

ABSTRACT AND REFERENCES

TECHNOLOGY AND EQUIPMENT OF FOOD PRODUCTION

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.339764

IMPROVING THE EFFICIENCY OF EVAPORATION PLANTS THAT PRODUCE CONDENSED MILK BY APPLYING LIQUID-VAPOR JET UNITS (p. 6–14)**Serhii Sharapov**

Sumy State University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8433-8580>**Sviatoslav Yevtushenko**

Sumy State University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4536-4046>**Anton Verbytskiy**

Sumy State University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7552-0142>**Maksym Skydanenko**

Sumy State University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3811-8154>**Serhii Khovanskyi**

Sumy State University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2435-7787>

This study's object is the evaporation unit that produces condensed milk.

The problem of low efficiency of evaporation units producing condensed milk has been solved by replacing steam jet ejectors with fundamentally new two-phase jet devices represented by liquid-vapor jet units. Their operational process is based on a jet thermocompression principle, which makes it possible to reduce the consumption of boiler steam, which is used in steam jet ejectors as a working jet of active flow. In liquid-vapor jet devices, boiler steam is used only to heat the working fluid of the active flow in a heat exchanger-heater. Given this, it is possible to reduce its consumption by 2.95 times and achieve the economic effect averaging USD 1,337.

Another advantage of liquid-vapor jet units is that the generation of working steam occurs in the supersonic part of the active flow nozzle. As a result, it is possible to improve the degree of increase in the pressure of the secondary flow and abandon its multi-stage compression as is implemented in steam jet ejectors. This further increases the efficiency of installations based on such units by 25–30% compared to steam jet ejectors.

And, most importantly, the use of liquid-vapor jet devices makes it possible to simplify the design of the evaporation unit and switch from a two-case to a single-case scheme. This provides a reduction in the cost of a product unit by an average of USD 450 per ton.

This paper reports the thermodynamical, exergy, and thermo-economic analyses. As a result of the study, it was found that the modernization of evaporation units that produce condensed milk by using liquid-vapor jet unit makes it possible to improve the efficiency of such systems by 2.1 times on average.

Keywords: evaporation unit, liquid-vapor jet unit, condensed milk, recompression, efficiency, thermal economics.

References

- Deeth, H. C., Lewis, M. J. (2017). High Temperature Processing of Milk and Milk Products. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118460467>
- Hamzaoui, M., Nesreddine, H., Aidoun, Z., Balistrrou, M. (2018). Experimental study of a low grade heat driven ejector cooling system using the working fluid R245fa. *International Journal of Refrigeration*, 86, 388–400. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2017.11.018>
- Śmierciew, K., Pawluczuk, A., Gagan, J., Butrymowicz, D. (2019). Thermodynamic analysis of two-phase injector for various working fluids. *Applied Thermal Engineering*, 157, 113713. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.113713>
- Prestes, A. A., Helm, C. V., Esmerino, E. A., Silva, R., Prudencio, E. S. (2022). Conventional and alternative concentration processes in milk manufacturing: a comparative study on dairy properties. *Food Science and Technology*, 42. <https://doi.org/10.1590/fst.08822>
- Yang, D., Leng, B., Li, T., Li, M. (2020). Energy Saving Research on Multi-effect Evaporation Crystallization Process of Bittern Based on MVR and TVR Heat Pump Technology. *American Journal of Chemical Engineering*, 8 (3), 54. <https://doi.org/10.11648/j.ajche.20200803.11>
- Croguennec, T., Jeantet, R., Schuck, P. (2016). From Milk to Dairy Products. *Handbook of Food Science and Technology* 3, 1–63. <https://doi.org/10.1002/9781119296225.ch1>
- Besagni, G., Mereu, R., Inzoli, F. (2016). Ejector refrigeration: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 373–407. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.08.059>
- Liang, L., Qi, C., Wang, X., Jin, Q., McClements, D. J. (2017). Influence of Homogenization and Thermal Processing on the Gastrointestinal Fate of Bovine Milk Fat: In Vitro Digestion Study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65 (50), 11109–11117. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04721>
- Dos Santos Morais, R., Louvet, N., Borges, F., Dumas, D., Cvetkovska-Ben Mohamed, L., Barrau, S. et al. (2021). Impact of Lactocaseibacillus rhamnosus GG on the Emulsion Stability of Raw Milk. *Foods*, 10 (5), 991. <https://doi.org/10.3390/foods10050991>
- Besagni, G., Cristiani, N., Croci, L., Guédon, G. R., Inzoli, F. (2021). Multi-scale evaluation of ejector performances: The influence of refrigerants and ejector design. *Applied Thermal Engineering*, 186, 116502. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.116502>
- Riaz, F., Yam, F. Z., Qyyum, M. A., Shahzad, M. W., Farooq, M., Lee, P. S., Lee, M. (2021). Direct Analytical Modeling for Optimal, On-Design Performance of Ejector for Simulating Heat-Driven Systems. *Energies*, 14 (10), 2819. <https://doi.org/10.3390/en14102819>
- Mahmoudian, J., Mazzelli, F., Milazzo, A., Malpress, R., Buttsworth, D. R. (2021). Experiments on water vapour condensation within supersonic nozzle flow generated by an impulse tunnel. *International Journal of Multiphase Flow*, 134, 103473. <https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2020.103473>
- Grazzini, G., Milazzo, A., Mazzelli, F. (2018). Ejectors for Efficient Refrigeration. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-75244-0>
- Milazzo, A., Rocchetti, A. (2015). Modelling of ejector chillers with steam and other working fluids. *International Journal of Refrigeration*, 57, 277–287. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2015.05.015>
- Sarevski, V. N., Sarevski, M. N. (2012). Characteristics Of R718 Thermocompression Refrigerating / Heat Pump Systems With Two-Phase Ejectors. *International Refrigeration and Air Conditioning Conference*. Available at: <https://docs.lib.purdue.edu/iracc/1214/>

16. Assari, M. R., Tabrizi, H. B., Beik, A. J. G., Shamesri, K. (2022). Numerical Study of Water-air Ejector using Mixture and Two-phase Models. *International Journal of Engineering*, 35 (2), 307–318. <https://doi.org/10.5829/ije.2022.35.02b.06>
17. Topal, H. İ., Tol, H. İ., Kopaç, M., Arabkoohsar, A. (2022). Energy, exergy and economic investigation of operating temperature impacts on district heating systems: Transition from high to low-temperature networks. *Energy*, 251, 123845. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123845>
18. Khoshgoftar Manesh, M. H., Onishi, V. C. (2021). Energy, Exergy, and Thermo-Economic Analysis of Renewable Energy-Driven Polygeneration Systems for Sustainable Desalination. *Processes*, 9 (2), 210. <https://doi.org/10.3390/pr9020210>
19. Sharapov, S., Yevtushenko, S., Panchenko, V., Kozin, V., Ivchenko, O. (2022). Improving the efficiency of condensation installations of steam turbines by applying liquid-vapor ejector. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (8 (118)), 44–51. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263331>
20. Sharapov, S., Krmela, J., Husiev, D., Verbytskyi, A., Bocko, J. (2024). Heat Utilization in Boiler Plants by Using Liquid-Vapor Jet Apparatus. *Journal of Engineering Sciences*, 11 (2), G1–G8. [https://doi.org/10.21272/jes.2024.11\(2\).g1](https://doi.org/10.21272/jes.2024.11(2).g1)
21. Sharapov, S., Mižáková, J., Husiev, D., Panchenko, V., Ivanov, V., Pavlenko, I., Židek, K. (2022). Vapor Overproduction Condition Monitoring in a Liquid–Vapor Ejector. *Processes*, 10 (11), 2383. <https://doi.org/10.3390/pr10112383>
22. Bergantini Botamede, B., Oliveira Salviano, L. (2023). Thermodynamic analysis of concentrated solar energy layouts integrated with combined power system. *Applied Thermal Engineering*, 229, 120618. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.120618>
23. Szablowski, L., Morosuk, T. (2022). Advanced Exergy Analysis of Adiabatic Underwater Compressed Air Energy Storage System. *Entropy*, 25 (1), 77. <https://doi.org/10.3390/e25010077>
24. Szablowski, L., Krawczyk, P., Wolowicz, M. (2021). Exergy Analysis of Adiabatic Liquid Air Energy Storage (A-LAES) System Based on Linde–Hampson Cycle. *Energies*, 14 (4), 945. <https://doi.org/10.3390/en14040945>
25. Tashtoush, B., Songa, I., Morosuk, T. (2022). Exergoeconomic Analysis of a Variable Area Solar Ejector Refrigeration System under Hot Climatic Conditions. *Energies*, 15 (24), 9540. <https://doi.org/10.3390/en15249540>
26. Elmorsy, L., Morosuk, T., Tsatsaronis, G. (2022). Comparative exergoeconomic evaluation of integrated solar combined-cycle (ISCC) configurations. *Renewable Energy*, 185, 680–691. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.12.108>
27. Tashtoush, B., Morosuk, T., Chudasama, J. (2020). Exergy and Exergoeconomic Analysis of a Cogeneration Hybrid Solar Organic Rankine Cycle with Ejector. *Entropy*, 22 (6), 702. <https://doi.org/10.3390/e22060702>
28. Elmorsy, L., Morosuk, T., Tsatsaronis, G. (2020). Exergy-Based Analysis and Optimization of an Integrated Solar Combined-Cycle Power Plant. *Entropy*, 22 (6), 655. <https://doi.org/10.3390/e22060655>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.339916

AN INTEGRATED SOLUTION: A CASCADE FLUIDIZER DRYER; DRYING FOR NEW GENERATION PRODUCTS (p. 15–24)

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, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1839-7275>

Larysa Bal-Prylypko

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9489-8610>

Andrii Marynin

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6692-7472>

Iryna Bozhydai

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2227-219X>

Maksym Smilyk

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3072-4945>

Eldar Ibaiev

Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3090-3553>

Nataliia Tytarenko

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9745-883X>

This study considers the process of drying raw materials (fruit, grain, mixed, dairy, and vegetable-fat) in an improved prototype of a cascade fluidization dryer, compared to the basic (control) model without Peltier elements and film-like electric heaters. The task addressed is to enable stable fluidization, resource saving, and preservation of the quality characteristics of raw materials during drying.

The proposed structure includes autonomous fan systems, warm air recirculation channels, air heating up to 75°C, and zoned temperature regime: sections A₁ (68...75°C), A₂ (58...65°C), and A₃ (48...55°C) with temperature adjustment using Peltier elements. The raw material moves by gravity through inclined channels, enabling consistent drying with humidity and air velocity control (2.3...2.6 m/s), which supports effective fluidization.

Experimental studies on apples, oatmeal, muesli, and lactose mixture have shown that the technology provides a reduction in drying time (from 22 to 60 min) while preserving nutrients and moisture uniformity (standard deviation up to 0.9...1.6%). Air recirculation (35...42%) and autonomous control over process parameters improve resource efficiency without compromising quality.

The results confirm the versatility of the improved cascade fluidized bed dryer for resource-saving drying of various types of food raw materials under optimized temperature conditions and automated process control. The devised technology could be implemented in the food industry for making high-quality dried products while maintaining functional properties.

Keywords: cascade dryer, fluidization, low-temperature electric heater, Peltier element, adaptive control, inclined channels.

References

1. Venkateswarlu, K., Reddy, S. V. K. (2024). Recent trends on energy-efficient solar dryers for food and agricultural products drying: a review. *Waste Disposal & Sustainable Energy*, 6 (3), 335–353. <https://doi.org/10.1007/s42768-024-00193-3>
2. Das, B., Singh, P., Kalita, P. (2025). Performance Evaluation of a Mixed-Mode solar dryer with PCM-based energy storage for efficient drying

- of *Baccaurea ramiflora*. *Solar Energy*, 288, 113279. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2025.113279>
3. Ostapenko, L., Vorontsova, A., Voronenko, I., Makarenko, I., Kozmenko, S. (2023). Coverage of the Russian armed aggression against Ukraine in scientific works: Bibliometric analysis. *Journal Of International Studies*, 16 (3), 9–33. <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2023/16-3/1>
 4. Galenko, O., Shevchenko, A., Ceccanti, C., Mignani, C., Litvynchuk, S. (2024). Transformative shifts in dough and bread structure with pumpkin seed protein concentrate enrichment. *European Food Research and Technology*, 250 (4), 1177–1188. <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04454-z>
 5. Nowacka, M., Matys, A., Witrowa-Rajchert, D. (2024). Innovative Technologies for Improving the Sustainability of the Food Drying Industry. *Current Food Science and Technology Reports*, 2 (2), 231–239. <https://doi.org/10.1007/s43555-024-00026-8>
 6. Chojnacka, K., Mikula, K., Izydorczyk, G., Skrzypczak, D., Witek-Krowiak, A., Moustakas, K. et al. (2021). Improvements in drying technologies - Efficient solutions for cleaner production with higher energy efficiency and reduced emission. *Journal of Cleaner Production*, 320, 128706. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128706>
 7. Majumder, P., Deb, B., Gupta, R., Sablani, S. S. (2022). A comprehensive review of fluidized bed drying: Sustainable design approaches, hydrodynamic and thermodynamic performance characteristics, and product quality. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 53, 102643. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102643>
 8. Park, Y., Chang, Y.-S., Park, J.-H., Yang, S.-Y., Chung, H., Jang, S.-K. et al. (2016). Energy Efficiency of Fluidized Bed Drying for Wood Particles. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 44 (6), 821–827. <https://doi.org/10.5658/wood.2016.44.6.821>
 9. Khanali, M., Banisharif, A., Rafiee, S. (2016). Modeling of moisture diffusivity, activation energy and energy consumption in fluidized bed drying of rough rice. *Heat and Mass Transfer*, 52 (11), 2541–2549. <https://doi.org/10.1007/s00231-016-1763-z>
 10. Haron, N. S., Zakaria, J. H., Mohideen Batcha, M. F. (2017). Recent advances in fluidized bed drying. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 243, 012038. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/243/1/012038>
 11. An, J., Xie, H., Yan, J., Wei, H., Wu, Y., Liao, X. (2024). A review of applications of energy analysis: Grain, fruit and vegetable drying technology. *Energy Reports*, 12, 5482–5506. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.11.037>
 12. Nejadi, J., Nikbakht, A. M. (2016). Numerical Simulation of Corn Drying in a Hybrid Fluidized Bed-Infrared Dryer. *Journal of Food Process Engineering*, 40 (2). <https://doi.org/10.1111/jfpe.12373>
 13. Borel, L. D. M. S., Marques, L. G., Prado, M. M. (2020). Performance evaluation of an infrared heating-assisted fluidized bed dryer for processing bee-pollen grains. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 155, 108044. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.108044>
 14. Syahrul, S., Hamdullahpur, F., Dincer, I. (2002). Thermal analysis in fluidized bed drying of moist particles. *Applied Thermal Engineering*, 22 (15), 1763–1775. [https://doi.org/10.1016/s1359-4311\(02\)00079-0](https://doi.org/10.1016/s1359-4311(02)00079-0)
 15. Mishra, L., Hauchhum, L., Gupta, R. (2022). Development and performance investigation of a novel solar-biomass hybrid dryer. *Applied Thermal Engineering*, 211, 118492. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.118492>
 16. Lv, W., Li, D., Lv, H., Jin, X., Han, Q., Su, D., Wang, Y. (2019). Recent development of microwave fluidization technology for drying of fresh fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.047>
 17. Momenzadeh, L., Zomorodian, A., Mowla, D. (2011). Experimental and theoretical investigation of shelled corn drying in a microwave-assisted fluidized bed dryer using Artificial Neural Network. *Food and Bioproducts Processing*, 89 (1), 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.03.007>
 18. Golmohammadi, M., Assar, M., Rajabi-Hamaneh, M., Hashemi, S. J. (2015). Energy efficiency investigation of intermittent paddy rice dryer: Modeling and experimental study. *Food and Bioproducts Processing*, 94, 275–283. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2014.03.004>
 19. Nazghelichi, T., Kianmehr, M. H., Aghbashlo, M. (2010). Thermodynamic analysis of fluidized bed drying of carrot cubes. *Energy*, 35 (12), 4679–4684. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.09.036>
 20. Ichise, T., Tatamoto, Y. (2022). Numerical analysis of drying characteristics of frozen material immersed in fluidized bed at low temperature under reduced pressure. *Advanced Powder Technology*, 33 (8), 103661. <https://doi.org/10.1016/j.appt.2022.103661>
 21. Potapyskiy, O. V., Fesiun, S. V., Pylypenko, O. Yu., Babych, I. M. (2020). Pat. No. 147229 UA. Bahatozonalna termoelektrychna susharka. No. u202007428; declared: 23.11.2020; published: 21.04.2021. Available at: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1589442/>
 22. Lee, D.-J., Jangam, S., Mujumdar, A. S. (2013). Some Recent Advances in Drying Technologies to Produce Particulate Solids. *KONA Powder and Particle Journal*, 30, 69–83. <https://doi.org/10.14356/kona.2013010>
 23. Waskale, H., Bhong, M. (2019). Forced Convective Drying Of Potato Chips with Air Recirculation. Available at: https://www.researchgate.net/publication/333338784_Forced_Convective_Drying_Of_Potato_Chips_with_Air_Recirculation
 24. Usama, M., Ali, Z., Ndukwu, M. C., Sathyamurthy, R. (2023). The energy, emissions, and drying kinetics of three-stage solar, microwave and desiccant absorption drying of potato slices. *Renewable Energy*, 219, 119509. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119509>
 25. Rakshamuthu, S., Jegan, S., Joel Benyameen, J., Selvakumar, V., Anandeeswaran, K., Iyahraja, S. (2021). Experimental analysis of small size solar dryer with phase change materials for food preservation. *Journal of Energy Storage*, 33, 102095. <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.102095>
 26. Zavidna, L., Trut, O., Slobodianuk, O., Voronenko, I., Vartsaba, V. (2022). Application of Anti-Crisis Measures for the Sustainable Development of the Regional Economy in the Context of Doing Local Business in a Post-COVID Environment. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 17 (5), 1685–1693. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.170535>
 27. Voronenko, I., Skrypnyk, A., Klymenko, N., Zherlitsyn, D., Starychenko, Y. (2020). Food security risk in Ukraine: assessment and forecast. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 6 (4), 63–75. <https://doi.org/10.51599/are.2020.06.04.04>
 28. Nikolaenko, M., Bal-Prylypko, L. (2020). Development of an integrated food quality management system. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14, 862–873. <https://doi.org/10.5219/1434>
 29. Bozhenko, V., Boyko, A., Voronenko, I. (2023). Corruption as an Obstacle of Sustainable Development. *Leadership, Entrepreneurship and Sustainable Development Post COVID-19*, 395–407. https://doi.org/10.1007/978-3-031-28131-0_27
 30. Cherednichenko, O., Bal-Prylypko, L. (2019). Modern condition and development of the specialized enterprises – rape producers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 315 (2), 022018. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/2/022018>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.336087

EVALUATION OF QUALITY INDICATORS AND COMPOSITION OF SEMI-SMOKED SAUSAGE FROM PLANT-BASED MEAT SUBSTITUTE ENRICHED WITH BLOOD OF SLAUGHTERED ANIMALS (p. 25–37)

Aibala TaspoltaevaSouth Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent,
Republic of KazakhstanORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0286-4721>**Zhazira Zheleuova**South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent,
Republic of KazakhstanORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5171-7392>**Elmira Kanseitova**South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent,
Republic of KazakhstanORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8275-5786>**Viktoriiia Yevlash**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

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

Object of the study is semi-smoked sausage from a plant-based meat substitute, enriched with blood of slaughtered animals in various proportions.

The problem to be solved is that the blood of farm animals, being a valuable source of protein, is thrown away by the tons as waste, and is aggravated by the emerging serious problems of environmental pollution. But in many countries, most of the blood proteins are used as binders, natural color enhancers, emulsifiers, fat substitutes and agents for salting meat.

The article presents the results of the study of organoleptic evaluation, mineral and physicochemical composition of semi-smoked sausage from plant-based meat substitute enriched with blood of slaughtered animals. Soybeans and chickpeas were selected as plant raw materials in a ratio of 70:30. According to the results of the organoleptic evaluation, it was found that the addition of blood of slaughtered animals into the recipe of investigational product in the amount of 2%, improves the taste and color of the finished product. In the course of the study it was proved that when 2% dry blood of slaughtered animals was added to a semi-smoked sausage from plant-based meat substitute, the amount of protein increased by 2.26% compared with the control sample. Also, the increased fat content in the investigational samples of semi-smoked sausage showed that the blood of slaughtered animals can be used as a fat substitute. Based on studies of the mineral composition of semi-smoked sausage from plant-based meat substitutes, it has been proven that adding 2–6% blood of slaughtered animal increases the content of mineral substances compared to the control sample. Studies have shown that adding 2%, 4%, 6% blood of slaughtered animals to a semi-smoked sausage from plant-based meat substitute increases the content of essential and non-essential amino acids compared to the control sample. It was found that in experimental samples with the addition of 2%, 4%, 6% blood of slaughtered animals, the content of saturated and polyunsaturated fatty acids increases compared with the control sample. Thereby enriching and increasing the biological and nutritional value of the finished product.

Keywords: semi-smoked sausage, meat substitute, blood of slaughtered animals, physicochemical composition.

References

1. Zheleuova, Z. S., Uzakov, Y. M., Shingisov, A. U., Alibekov, R. S., Khamitova, B. M. (2020). Development of halal cooked smoked beef and turkey sausage using a combined plant extracts. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45 (1). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15028>
2. Cha, S.-H., Shin, K.-O., Han, K.-S. (2020). A study on the physicochemical properties of sausage analogue made with mixed bean protein concentrate. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 52 (6), 641–648. <https://doi.org/10.9721/KJFST.2020.52.6.641>
3. Joshi, V., Kumar, S. (2015). Meat Analogues: Plant based alternatives to meat products- A review. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 5 (2), 107. <https://doi.org/10.5958/2277-9396.2016.00001.5>
4. Zheleuova, Z., Shingisov, A., Berdenbetova, A., Balabekova, A., Imanbayev, A. (2025). Developing a sausage product which have increased nutritional value and improved amino acid properties. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (11 (134)), 96–103. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.327439>
5. Padha, N., Salve, R. V., Gaurav, D. (2024). Legume-Based Meat Analog Products: A Comprehensive Analysis of Nutritional and Technological Aspects. *Bioscene*, 21 (02), 1117–1132. Available at: <https://explorebioscene.com/assets/uploads/doc/ae7e6-1116-1132.10000173.pdf>
6. Kurek, M. A., Onopiuk, A., Pogorzelska-Nowicka, E., Szpicer, A., Zalewska, M., Półtorak, A. (2022). Novel Protein Sources for Applications in Meat-Alternative Products – Insight and Challenges. *Foods*, 11 (7), 957. <https://doi.org/10.3390/foods11070957>
7. Mazumder, Md., Sujintonniti, N., Chaum, P., Ketnawa, S., Rawdkuen, S. (2023). Developments of Plant-Based Emulsion-Type Sausage by Using Grey Oyster Mushrooms and Chickpeas. *Foods*, 12 (8), 1564. <https://doi.org/10.3390/foods12081564>
8. Boukid, F. (2021). Chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein as a prospective plant-based ingredient: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 56 (11), 5435–5444. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15046>
9. Appiah, J., Peggy, Y.-H. (2012). The Use of Blood and Derived Products as Food Additives. *Food Additive*. <https://doi.org/10.5772/32374>
10. Bohrer, B. M. (2023). Blood and Blood Constituents for Meat Processing. *Current Food Science and Technology Reports*, 2 (1), 17–25. <https://doi.org/10.1007/s43555-023-00015-3>
11. Rodriguez Furlán, L. T., Padilla, A. P., Campderrós, M. E. (2014). Development of reduced fat minced meats using inulin and bovine plasma proteins as fat replacers. *Meat Science*, 96 (2), 762–768. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.09.015>
12. Kumari, S., Pandey, A., Soni, A., Sarkar, S., Kumar, A. (2024). Effect of plasma protein hydrolysates on fatty acids, colour, texture and oxidation stability of mutton sausage during refrigeration storage. *Indian Journal of Small Ruminants (The)*, 30 (1), 129–137. <https://doi.org/10.5958/0973-9718.2024.00030.8>
13. Oro, C. E. D., Rigo, D., Gaio, I., Valduga, E., Paliga, M., Silva, M. F. et al. (2018). Formulation of chicken sausages with broiler blood proteins and dye. *Journal of Food Science and Technology*, 55 (11), 4694–4699. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3403-8>
14. Goemaere, O., Glorieux, S., Govaert, M., Steen, L., Fraeye, I. (2021). Phosphate Elimination in Emulsified Meat Products: Impact of Protein-Based Ingredients on Quality Characteristics. *Foods*, 10 (4), 882. <https://doi.org/10.3390/foods10040882>
15. Cofrades, S., Guerra, M. A., Carballo, J., Fernández-Martín, F., Colmenero, F. J. (2000). Plasma Protein and Soy Fiber Content Effect on

- Bologna Sausage Properties as Influenced by Fat Level. *Journal of Food Science*, 65 (2), 281–287. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb15994.x>
16. Furlán, L. T. R., Padilla, A. P., Campderrós, M. E. (2010). Functional and physical properties of bovine plasma proteins as a function of processing and pH, application in a food formulation. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 2 (5), 256–267. Available at: <https://maxwellsci.com/print/ajfst/v2-256-267.pdf>
 17. Lennon, A. M., McDonald, K., Moon, S. S., Ward, P., Kenny, T. A. (2010). Performance of cold-set binding agents in re-formed beef steaks. *Meat Science*, 85 (4), 620–624. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.03.014>
 18. Bah, C. S., Bekhit, A. E. A., Carne, A., McConnell, M. A. (2015). Composition and biological activities of slaughterhouse blood from red deer, sheep, pig and cattle. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96 (1), 79–89. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7062>
 19. Bah, C. S. F., Bekhit, A. E. A., Carne, A., McConnell, M. A. (2013). Slaughterhouse Blood: An Emerging Source of Bioactive Compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12 (3), 314–331. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12013>
 20. ISO 12966-1:2014. Animal and vegetable fats and oils – Gas chromatography of fatty acid methyl esters – Part 1: Guidelines on modern gas chromatography of fatty acid methyl esters (2014). Geneva: International Organization for Standardization, 17.
 21. AOAC Official Method 994.12: Amino Acids in Feeds – Ion-exchange chromatography method. Chap. 45 (2000). Gaithersburg, MD: AOAC International.
 22. Mathi, P. (2016). Development of beef sausages through bovine blood utilization as fat replacer to reduce slaughterhouse by-product losses. University of Nairobi, 100.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.341379

OPTIMIZATION OF THE FORMULATION OF FUNCTIONAL COOKED SAUSAGE (p. 38–48)

Madina Kaldarbekova

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0103-307X>

Yasin Uzakov

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan,

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2878-7170>

Arsen Tortay

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0756-2766>

Aliya Yessengaziyeva

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2314-2995>

Madina Kozhakhhiyeva

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5767-5154>

The object of the study is the production technology of cooked sausage with improved functional properties. The study addressed the problem of ensuring the required set of functional properties of sausage products, which is associated with the lack of knowledge about the patterns of influence of the developed hydrolysate from secondary meat raw materials and the addition of a phytocomponent.

The experimental results showed that the addition of 10% hydrolysate significantly increased the content of alkali-soluble proteins

and amino nitrogen, indicating improved protein digestibility and bioavailability. The addition of 3% barberry enhanced antioxidant activity (FRAP method) and stabilized color parameters (a, b) due to the presence of anthocyanins and phenolic compounds. The combined use of hydrolysate and barberry revealed a compensatory effect: hydrolysate improved digestibility but reduced product hardness, while barberry partially mitigated this effect by preserving elasticity and textural stability.

A distinctive feature of the study was the application of response surface methodology and the desirability function, which made it possible to determine the optimal conditions: 10% hydrolysate and 3% barberry. These levels ensured increased protein and amino nitrogen content, improved antioxidant activity, stabilized color, and acceptable textural parameters. The obtained results are explained by the destruction of collagen bonds during hydrolysis and the antioxidant effect of barberry polyphenols.

The practical significance of the study lies in the fact that the proposed ingredient combinations can be used not only in the technology of cooked sausages to enhance nutritional value, color stability, and shelf life, but also in feed production, where animal protein hydrolysates can increase protein digestibility and amino acid bioavailability.

Keywords: protein, hydrolysate, barberry, cooked sausages, desirability function, response surface methodology, feed production, antioxidant, bioavailability.

References

1. Alexandri, M., Kachrimanidou, V., Papapostolou, H., Papadaki, A., Kopsahelis, N. (2022). Sustainable Food Systems: The Case of Functional Compounds towards the Development of Clean Label Food Products. *Foods*, 11 (18), 2796. <https://doi.org/10.3390/foods11182796>
2. Kim, M., Bae, S. M., Yoo, Y., Park, J., Jeong, J. Y. (2025). Clean-Label Strategies for the Replacement of Nitrite, Ascorbate, and Phosphate in Meat Products: A Review. *Foods*, 14 (14), 2442. <https://doi.org/10.3390/foods14142442>
3. Barido, F. H., Kim, H. J., Kang, S. M., Jang, A., Pak, J. I., Lee, S. K. (2022). The Effect of Hydrolysis Pre-Treatment by Flavourzyme on Meat Quality, Antioxidative Profiles, and Taste-Related Compounds in Samgyetang Breast Supplemented with Black Garlic. *Food Science of Animal Resources*, 42 (4), 625–638. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2022.e26>
4. Saengsuk, N., Barbut, S., Laohakunjit, N. (2023). Texture modification of easily chewable pork meat batter for masticatory dysfunction people: effects and interactions of bromelain, κ -carrageenan, and plant protein hydrolysates. *International Journal of Food Science & Technology*, 59 (1), 197–207. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16794>
5. Rodionova, K. (2022). Efficiency of Using Plant Antioxidants in the Meat Processing Industry. *Scientific Horizons*, 25 (9). [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(9\).2022.75-83](https://doi.org/10.48077/scihor.25(9).2022.75-83)
6. Bakmohamadpor, M., Javadi, A., Azadmard-Damirchi, S., Jafarizadeh-Malmiri, H. (2021). Effect of barberry (*Berberis vulgaris*) fruit powder on the quality and shelf life stability of puffed corn extrude. *NFS Journal*, 22, 9–13. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.12.004>
7. Lorenzo, J. M., Pateiro, M., Domínguez, R., Barba, F. J., Putnik, P., Kovačević, D. B. et al. (2018). Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review. *Food Research International*, 106, 1095–1104. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.005>
8. Dragoev, S. G. (2024). Lipid Peroxidation in Muscle Foods: Impact on Quality, Safety and Human Health. *Foods*, 13 (5), 797. <https://doi.org/10.3390/foods13050797>

9. Czelej, M., Garbacz, K., Czernecki, T., Wawrzykowski, J., Waśko, A. (2022). Protein Hydrolysates Derived from Animals and Plants – A Review of Production Methods and Antioxidant Activity. *Foods*, 11 (13), 1953. <https://doi.org/10.3390/foods11131953>
10. Aktayeva, S., Baltin, K., Kiribayeva, A., Akishev, Z., Silayev, D., Ramankulov, Y., Khassenov, B. (2022). Isolation of *Bacillus* sp. A5.3 Strain with Keratinolytic Activity. *Biology*, 11 (2), 244. <https://doi.org/10.3390/biology11020244>
11. Yessengazyeva, A. N., Uzakov, Y. M., Kuzembayeva, G. K., Kaimbayeva, L. A., Tlevlessova, D. A. (2023). The Use of the Protepsin Enzyme in the Production of Semi-Smoked Sausages. *Journal of Culinary Science & Technology*, 23 (3), 547–558. <https://doi.org/10.1080/15428052.2023.2299027>
12. Kerimbayeva, A., Iztayev, A., Baigazyeva, G., Kekibaeva, A., Hrivna, L., Bayazitova, M. (2022). The impact of grain sorghum on the carbohydrate composition of wort for non-alcoholic beer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (11 (119)), 75–82. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265190>
13. Kurmanbayeva, I., Nabyeva, Z., Stoyanova, A., Zheldybayeva, A., Tlevlessova, D. (2022). Experimental substantiation of the application of plant extracts and enzymes to obtain safe raw materials for whole grain bread technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (11 (120)), 89–98. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.267230>
14. Chauhan, B., Singh, D. P., Sharma, P. (2025). Bioactive pigments in functional foods: Insights into their diversity, extraction, and applications. *Food Science and Biotechnology*. <https://doi.org/10.1007/s10068-025-01896-x>
15. Ding, N., Zhou, Y., Dou, P., Chang, S. K. C., Feng, R., Hong, H., Luo, Y., Tan, Y. (2024). Colorful and nutritious abundance: potential of natural pigment application in aquatic products. *Food Innovation and Advances*, 3 (3), 232–243. <https://doi.org/10.48130/fia-0024-0023>
16. Yang, X., Sun, X., Zhang, D., Wang, Z., Gao, X. (2024). Effect of Chlorogenic Acid and Cold Plasma Synergistic Treatment on Eating Quality, Antioxidant Properties and Safety Qualities of Roasted Meat. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4988461>
17. Chiodza, K., Goosen, N. J. (2023). Influence of mixing speed, solids concentration and enzyme dosage on dry solids yield and protein recovery during enzymatic hydrolysis of sardine (*Sardina pilchardus*) processing by-products using Alcalase 2.4L: a multivariable optimisation approach. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14 (22), 29045–29067. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-03829-2>
18. Khezri, S., Ghanbarzadeh, B., Ehsani, A. (2025). Barberry anthocyanins: recent advances in extraction, stability, biological activities, and utilisation in food systems – a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 60 (1). <https://doi.org/10.1093/ijfood/vvaf031>
19. Julkipli, J., Babel, S. (2025). Optimizing dilute sulfuric acid thermohydrolysis of dried food waste using the desirability function to produce a fermentation-friendly hydrolysate for biohydrogen production. *Biomass and Bioenergy*, 199, 107922. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2025.107922>
20. Kozhakhieva, M., Kaldarbekova, M., Yessengazyeva, A., Uzakov, Y., Medeubayeva, Z., Kuzembayeva, G., Aitbayeva, A. (2025). Devising a technology and optimizing processing parameters for making functional boiled sausage fortified with protein hydrolysates. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (11 (135)), 52–60. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.330002>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.340390

DESIGN OF EXTRUDED GRAIN SLICES WITH PHYTOCONCENTRATES (p. 49–59)**Assel Izembayeva**Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1246-2726>**Zilikha Moldakulova**Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3098-1340>**Togzhan Akhlan**Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7883-7228>**Dinara Tlevlessova**Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5084-6587>**Kasymkhan Koylanov**Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing,
Almalybak vil., Almaty reg., Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2419-0788>**Galiya Iskakova**Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2077-8755>**Asemkul Abdreeva**Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3567-8028>**Makpal Baigaiypkyzy**Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1092-1853>

This study's object is extruded cereal slices with added phytoconcentrates of wild plants (sea buckthorn and hawthorn). The task addressed is to provide a stable crispy structure while maintaining nutritional value and food safety.

A comprehensive physicochemical and mechanical assessment was conducted for nine formulations containing buckwheat, wheat, corn, millet, and rice, along with fruit components. Moisture content (7.8–8.5%), acidity (2.5–2.9 °T), and ash content (1.2–1.9%) have been determined. Instrumental texture analysis revealed that the highest hardness (up to 460 g/mm) and breaking force (up to 3922 g) were observed in samples containing corn and wheat, whereas buckwheat-based slices exhibited the highest deformation (up to 9.3 mm), indicating a softer and less brittle texture.

To quantify the contribution of formulation to texture, a regression model was built by using the partial least squares (PLS) method: coefficient of determination $R^2 = 0.69$, adjusted $R^2 = 0.64$, $p = 0.0056$. The key variables in the model were slice type (VIP = 0.913) and breaking force (VIP = 0.777).

Principal component analysis (PCA) confirmed that corn- and wheat-based samples correlate with crispness, whereas buckwheat and hawthorn acted as softening agents. Fruit additives moderately increased brittleness due to caramelization and acidity changes.

Process stability was confirmed using X and Moving R control maps. The results are attributed to low residual moisture (< 9%), porous structure, as well as balanced composition. The proposed instrumental approach allows for prediction of textural outcomes in new formulations and could be applied to devise functional snacks and bread substitutes for dietary nutrition.

Keywords: cereal slices, phytoconcentrates, textural properties, bioflavonoids, PLS regression, functional foods.

References

- Bresciani, A. (2022). Interplay between raw material and processing conditions for the formulation of pulse-based products. *Magazzini digitali*. Available at: <https://tesidottorato.depositolegale.it/handle/20.500.14242/173646>
- Xu, Y., Jia, F., Wu, Y., Jiang, J., Zheng, T., Zheng, H., Yang, Y. (2025). The Impact of Extrusion Cooking on the Physical Properties, Functional Components, and Pharmacological Activities of Natural Medicinal and Edible Plants: A Review. *Foods*, 14 (11), 1869. <https://doi.org/10.3390/foods14111869>
- Olakanmi, S. J., Jayas, D. S., Paliwal, J. (2022). Implications of Blending Pulse and Wheat Flours on Rheology and Quality Characteristics of Baked Goods: A Review. *Foods*, 11 (20), 3287. <https://doi.org/10.3390/foods11203287>
- Joardder, M. U. H., Rashid, F., Karim, M. A. (2022). The Relationships Between Structural Properties and Mechanical Properties of Plant-Based Food Materials: A Critical Review. *Food Reviews International*, 39 (9), 6272–6295. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2100415>
- van der Sman, R. G. M., van der Goot, A. J. (2023). Hypotheses concerning structuring of extruded meat analogs. *Current Research in Food Science*, 6, 100510. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100510>
- Ranjan Purohit, S., Sharma, V., Kumari, M., Muthukumarappan, K., Kane-Potaka, J. (2024). Future Crops and Processing Technologies for Sustainability and Nutritional Security. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003280170>
- Menon, S. C., Dhaliwal, H. K., Du, L., Zhang, S., Wolodko, J., Chen, L., Roopesh, M. S. (2024). Improvement in 3D printability, rheological and mechanical properties of pea protein gels prepared by plasma activated microbubble water. *Food Bioscience*, 59, 104050. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104050>
- SDG 1: No poverty. World Health Organization. Available at: <https://www.who.int/ru/tools/your-life-your-health/a-healthy-world/prosperity/SDG-1-No-Poverty>
- Mishra, G., Sahni, P., Pandiselvam, R., Panda, B. K., Bhati, D., Mahanti, N. K. et al. (2023). Emerging nondestructive techniques to quantify the textural properties of food: A state-of-art review. *Journal of Texture Studies*, 54 (2), 173–205. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12741>
- Sarkar, T., Salauddin, M., Kirtonia, K., Pati, S., Rebezov, M., Khayrullin, M. et al. (2022). A Review on the Commonly Used Methods for Analysis of Physical Properties of Food Materials. *Applied Sciences*, 12 (4), 2004. <https://doi.org/10.3390/app12042004>
- Chua, C. K., Yeong, W. Y., Tan, H. W., Zhang, Y., Tan, U.-X., Leo, C. H. et al. (2022). Digital Gastronomy. *WORLD SCIENTIFIC*. <https://doi.org/10.1142/12824>
- Blutinger, J. D. (2022). Digital Cuisine: Food Printing and Laser Cooking. Columbia University. <https://doi.org/10.7916/G0A3-JF27>
- Vilgis, T. A. (2023). Physical Chemistry of Nutrition and Dietary Forms. *Nutrition Biophysics*, 273–384. https://doi.org/10.1007/978-3-662-67597-7_5
- Dhull, S. B., Bains, A., Chawla, P., Kaur, S. (2024). Pseudocereals. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/978100325277>
- Kontogiorgos, V. (2023). Hydrocolloids as Texture Modifiers. *Food Texturology: Measurement and Perception of Food Textural Properties*, 421–435. https://doi.org/10.1007/978-3-031-41900-3_20
- Chen, Y., Chen, L., Xiao, Z., Gao, L. (2022). Effects of enzymolysis and fermentation on the antioxidant activity and functional components of a coarse cereal compound powder based on principal component analysis and microstructure study. *Journal of Food Science*, 87 (8), 3573–3587. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16217>
- Wójtowicz, A., Kolasa, A., Mościcki, L. (2013). Influence of Buckwheat Addition on Physical Properties, Texture and Sensory Characteristics of Extruded Corn Snacks. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63 (4), 239–244. <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0076-2>
- van der Sman, R. G. M., Vollebregt, H. M., Meinders, M. B. J., Beri, A. (2018). Effects of filler ingredients on the structure and texture of starchy, extruded snacks. *Food Structure*, 18, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2018.10.001>
- Lazou, A., Krokida, M. (2010). Structural and textural characterization of corn–lentil extruded snacks. *Journal of Food Engineering*, 100 (3), 392–408. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.04.024>
- Azzollini, D., Derossi, A., Fogliano, V., Lakemond, C. M. M., Severini, C. (2018). Effects of formulation and process conditions on microstructure, texture and digestibility of extruded insect-riched snacks. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 45, 344–353. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.11.017>
- Lewko, P., Wójtowicz, A., Kamiński, D. M. (2024). The Influence of Processing Using Conventional and Hybrid Methods on the Composition, Polysaccharide Profiles and Selected Properties of Wheat Flour Enriched with Baking Enzymes. *Foods*, 13 (18), 2957. <https://doi.org/10.3390/foods13182957>
- Sharanagat, V. S., Singh, L., Nema, P. K. (2022). Approaches for development of functional and low gluten bread from sorghum: A review. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46 (11). <https://doi.org/10.1111/jfpp.17089>
- Li, J., Huang, Y., Gao, M., Tie, J., Wang, G. (2024). Shrinkage properties of porous materials during drying: a review. *Frontiers in Materials*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmats.2024.1330599>
- Tlevlessova, D., Syzdykova, L., Abdiyeva, K., Kozhakhiyeva, M., Yessengazyeva, A., Sabit, R., Bisengaliyeva, A. (2025). Optimization of melon preservation technology using texture stabilizers and antioxidants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(11(133)), 51–62. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.323610>
- Saleena Taip, F., Tlevlessova, D., Khamitova, B., Azimova, S., Kuzembayeva, G., Kuzembayev, K., Ablayeva, A. (2025). Devising a production technology and assessing the quality of gluten-free energy bars with a gelled layer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (11 (135)), 17–26. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.329265>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.337473

DETERMINING THE INFLUENCE OF ENZYMES AND SOURDOUGH OF LACTIC ACID BACTERIA ON THE QUALITY OF WHEAT-HEMP BREAD (p. 60–70)

Sergiy Gunko

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8264-5176>

Oksana Naumenko

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1691-1381>

Inna Hetman

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9448-9956>

Lubomyr Khomichak

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9003-0315>

Ivanna Lukianchuk

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

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4876-0470>

Marina Bilko

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1122-4937>

Anatolii Bober

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1660-1743>

Oksana Zavadska

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5409-0115>

Nadiya Yashchuk

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5819-2813>

Svitlana Liashenko

Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6371-230X>

The object of this study is wheat bread with the addition of whole grain hemp flour. The principal issue related to using hemp flour in bread baking is its high oil and dietary fiber content. The inclusion of such raw materials in the recipe worsens the structural and mechanical properties of the dough and the quality of the bread.

It was established that hemp flour is a valuable raw material for increasing the nutritional value of wheat bread as it contains 22.3% protein, 34.4% oil, and 16.5% fiber. It has been established that the rational dosage of such raw materials in bread recipes is 5–10%. However, even this amount affects the quality of the dough and bread. The content of raw gluten decreases by 2.8% and its quality deteriorates, the color of the crust improves, the crumb darkens slightly, and notes of walnut appear in the aroma.

The effectiveness of using sourdough of lactic acid bacteria and enzymes α -amylase, lipase, cellulase, transglutaminase to improve the bread quality and its nutritional and physiological value, has been confirmed. In particular, the specific volume of bread increased from 4.3 to 39.1%. Its freshness improved, as evidenced by a decrease in crumbly texture, from 9.9 to 29.6%, and an increase in water absorption capacity from 16.9 to 44.5%, depending on the variant.

The results could be used in the technology of producing wheat-hemp bread for health and preventive purposes with increased nutritional and physiological value. The proposed technological solutions make it possible to expand the range of such products for mass production.

Keywords: hemp flour, enzyme treatment, lactic acid bacteria, bread quality.

References

- Švec, I., Hrušková, M. (2010). Evaluation of wheat bread features. *Journal of Food Engineering*, 99 (4), 505–510. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.09.022>
- Dewettinck, K., Van Bockstaele, F., Kühne, B., Van de Walle, D., Courtens, T. M., Gellynck, X. (2008). Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *Journal of Cereal Science*, 48 (2), 243–257. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.01.003>
- Brouns, F., van Rooy, G., Shewry, P., Rustgi, S., Jonkers, D. (2019). Adverse Reactions to Wheat or Wheat Components. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18 (5), 1437–1452. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12475>
- Torbica, A., Radosavljević, M., Belović, M., Djukić, N., Marković, S. (2022). Overview of nature, frequency and technological role of dietary fibre from cereals and pseudocereals from grain to bread. *Carbohydrate Polymers*, 290, 119470. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119470>
- Wirkijowska, A., Zarzycki, P., Teterycz, D., Nawrocka, A., Blicharz-Kania, A., Łysakowska, P. (2023). The Influence of Tomato and Pepper Processing Waste on Bread Quality. *Applied Sciences*, 13 (16), 9312. <https://doi.org/10.3390/app13169312>
- Naumenko, O., Hetman, I., Chyzh, V., Gunko, S., Bal-Prylypko, L., Bilko, M. et al. (2023). Improving the quality of wheat bread by enriching teff flour. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (11 (123)), 33–41. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.279286>
- Mikulec, A., Kowalski, S., Sabat, R., Skoczylas, Ł., Tabaszewska, M., Wywrocka-Gurgul, A. (2019). Hemp flour as a valuable component for enriching physicochemical and antioxidant properties of wheat bread. *LWT*, 102, 164–172. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.028>
- Siudem, P., Wawer, I., Paradowska, K. (2019). Rapid evaluation of edible hemp oil quality using NMR and FT-IR spectroscopy. *Journal of Molecular Structure*, 1177, 204–208. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2018.09.057>
- Istrate, A. M., Dabija, A., Codină, G. G., Rusu, L. (2021). Influence of hemp flour on dough rheology and bread quality. *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 22 (4), 521–531. Available at: <https://www.proquest.com/openview/4151dca98bc790ff599d9b607b60e214/1?pq-origsite=gscholar&cbl=716381>
- Tebben, L., Shen, Y., Li, Y. (2018). Improvers and functional ingredients in whole wheat bread: A review of their effects on dough properties and bread quality. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 10–24. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.015>
- Korzhenivska, A., Danylenko, S., Gunko, S., Kozlovska, G., Lukiyanets, A. (2023). Application of bacterial sourdough and enzymes in the production of bread from a mixture of rye and wheat flour. *Food Science and Technology*, 17 (4). <https://doi.org/10.15673/fst.v17i4.2761>
- Leonard, W., Zhang, P., Ying, D., Fang, Z. (2019). Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19 (1), 282–308. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12517>
- Gunko, S., Naumenko, O., Hetman, I., Korolyuk, K., Lukianchuk, I., Kuznietsova, I. (2024). Use of products of hemp seed processing for bread production. *Food Resources*, 12 (22), 50–60. <https://doi.org/10.31073/foodresources2024-22-06>
- Alonso-Esteban, J. I., Pinela, J., Čirić, A., Calhelha, R. C., Soković, M., Ferreira, I. C. F. R. et al. (2022). Chemical composition and bi-

- ological activities of whole and dehulled hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds. *Food Chemistry*, 374, 131754. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131754>
15. Promhuad, K., Srisa, A., San, H., Laorenza, Y., Wongphan, P., Sod-sai, J. et al. (2022). Applications of Hemp Polymers and Extracts in Food, Textile and Packaging: A Review. *Polymers*, 14 (20), 4274. <https://doi.org/10.3390/polym14204274>
 16. Pojić, M., Dapčević Hadnadev, T., Hadnadev, M., Rakita, S., Brlek, T. (2015). Bread Supplementation with Hemp Seed Cake: A By-Product of Hemp Oil Processing. *Journal of Food Quality*, 38 (6), 431–440. <https://doi.org/10.1111/jfq.12159>
 17. Ropciuc, S., Apostol, L. C., Damian, C., Prisacaru, A. E. (2022). Effect of Hemp Seed Oil Addition on the Rheological Properties of Dough and Bread. *Applied Sciences*, 12 (6), 2764. <https://doi.org/10.3390/app12062764>
 18. Sciacca, F., Virzi, N., Pecchioni, N., Melilli, M. G., Buzzanca, C., Bonacci, S., Di Stefano, V. (2023). Functional End-Use of Hemp Seed Waste: Technological, Qualitative, Nutritional, and Sensorial Characterization of Fortified Bread. *Sustainability*, 15 (17), 12899. <https://doi.org/10.3390/su151712899>
 19. Blazhenko, M., Falendysh, N. (2023). Use of products of hemp seed processing in the production of bread. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 325 (5 (1)), 35–39. Available at: <https://heraldts.khmnu.edu.ua/index.php/heraldts/article/view/453/453>
 20. Wiedemair, V., Gruber, K., Knöpfle, N., Bach, K. E. (2022). Technological Changes in Wheat-Based Breads Enriched with Hemp Seed Press Cakes and Hemp Seed Grit. *Molecules*, 27 (6), 1840. <https://doi.org/10.3390/molecules27061840>
 21. Liliana, B. C., Livia, A., Laura, M. (2018). Effects of hemp flour, seeds and oil additions on bread quality. *J. Eng. Res. Appl.*, 8 (5), 73–78. Available at: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56938230/J0805037378-libre.pdf?1530852067=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEffects_of_Hemp_Flour_Seeds_And_Oil_Addi.pdf&Expires=1756205900&Signature=ggGhfWCGWep4IQDwKJnb-AMh-HoKZHjTHY0-tWbu1Y2mp2C7Si1BfmwLg8cniGUNo8-HaLn9P2Xdk-66giMtt6gxjMLrU2zd25YULSeILYMV24JiFoeEfAb73~4p8Euuj6RyktYx-etIS5x7aREqjQkS1kVLghJb~mYrA5uroZ6ZOV2cfWCFUC~2kj3tJnuvJvuvTVWYd8XoXEytGM32gsIMChuDlvp2n~RTJLnac-2O0mYQpUnb a6ltesFmY-TWWWhG5U9KGLBrR2fdUHLpvlNPxgaZYSCkGTotVL~ckm38SceoNMSrYgfyPebKfVN-bY~gnykkw68uq5nzOj6DA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
 22. Drobot, V. I. (2019). *Dovidnyk z tekhnolohiyi khlibopekarskoho vyrobnytstva*. Kyiv: ProfKnyha, 580. Available at: https://profbook.com.ua/index.php?route=product/product/download&product_id=3131&download_id=1203&srsId=AfmBOooECYMODrpJzFA1M_zWzNBty4i0RjCSSGTfAY_M0uzAV9ihH3v
 23. Lebedenko, T. Ye., Pshenyshniuk, H. F., Sokolova, N. Yu. (2014). *Tekhnolohiya khlibopekarskoho vyrobnytstva. Praktykum*. Odesa: Osvita Ukrainy, 392. Available at: <https://card-file.ontu.edu.ua/items/8a80be78-001c-40d9-a833-766805a31273>
 24. Drobot, V. I. (Ed.) (2015). *Tekhnokhimichniy kontrol syrovyny ta khlibobulochnykh i makaronnykh vyrobiv*. Kyiv: Kondor-Vydavnytstvo, 948. Available at: <https://condor-books.com.ua/pryrodnychy-literatura/tekhnokhimichnyy-kontrol-syrovyny-ta-khlibobulochnykh-i-makaronnykh-vyrobiv>
 25. Zhang, M., Jia, R., Ma, M., Yang, T., Sun, Q., Li, M. (2022). Versatile wheat gluten: functional properties and application in the food-related industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63 (30), 10444–10460. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2078785>
 26. Hayward, L., McSweeney, M. B. (2020). Acceptability of bread made with hemp (*Cannabis sativa* subsp. *sativa*) flour evaluated fresh and following a partial bake method. *Journal of Food Science*, 85 (9), 2915–2922. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15372>
 27. Sanfilippo, R., Canale, M., Fascella, G., Scarangella, M., Strano, M. C., Mangione, G. et al. (2025). Nutritional and technological characterization of rosehip seed flours as a functional ingredient in common wheat bread. *European Food Research and Technology*, 251 (6), 1033–1045. <https://doi.org/10.1007/s00217-025-04686-1>
 28. Rusu, I. E., Marc (Vlaic), R. A., Mureșan, C. C., Mureșan, A. E., Mureșan, V., Pop, C. R. et al. (2021). Hemp (*Cannabis sativa* L.) Flour-Based Wheat Bread as Fortified Bakery Product. *Plants*, 10 (8), 1558. <https://doi.org/10.3390/plants10081558>
 29. Gómez, M., Gutkoski, L. C., Bravo-Núñez, Á. (2020). Understanding whole-wheat flour and its effect in breads: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19 (6), 3241–3265. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12625>
 30. Tebben, L., Chen, G., Tilley, M., Li, Y. (2020). Individual effects of enzymes and vital wheat gluten on whole wheat dough and bread properties. *Journal of Food Science*, 85 (12), 4201–4208. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15517>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.339914

DETERMINING THE EFFECT OF NANOFILTRATION ON THE NUTRITIONAL AND BIOLOGICAL VALUE OF WHEY (p. 71–78)

Ivan Puryhin

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3546-4369>

Yuliya Nazarenko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4870-4667>

Tetiana Synenko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5300-5142>

Nataliia Bolhova

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0201-0769>

Yevheniia Demydova

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7933-4251>

The object of this study is the nutritional and biological value of whey subjected to nanofiltration treatment. The problem addressed is the insufficient efficiency of traditional methods of whey processing to increase its nutritional and biological value without losing useful components.

The study found that the use of nanofiltration significantly affects the consistency of whey, which becomes thicker and more viscous. The taste and smell change from sour-milk to sweet, with pleasant whey notes. Nanofiltration leads to an increased concentration of dry matter, by 3.3 times; protein, by 3.8 times; and minerals, by 2 times. Active acidity also increases, which indicates changes in acid-alkaline balance. Analysis of the amino acid composition revealed an average increase in both essential (threonine +31.24%, leucine +31.13%, methionine +24.12%, lysine +28.65%) and non-essential amino acids

(serine +69.08%, glycine +54.43%, alanine +67.36%, and aspartic acid +21.46%). The amino acid score of most essential amino acids exceeded 110% while the coefficient of variation decreased, indicating a more balanced composition.

The increase in the biological value of whey to 60.4% indicates its increased nutritional value and potential as a functional ingredient in food products. The results obtained are explained by the selective permeability of nanofiltration membranes. In particular, those that retain protein substances and allow water and low-molecular components to pass through.

The results have practical significance since the ability of nanofiltration to selectively separate substances enables effective processing of whey, while preserving its nutritional and biological properties.

Keywords: whey, membrane technologies, nanofiltration, biological value, amino acids, waste-free technologies.

References

- Achaw, O.-W., Danso-Boateng, E. (2021). Milk and Dairy Products Manufacture. Chemical and Process Industries, 293–374. https://doi.org/10.1007/978-3-030-79139-1_11
- Yiğit, A., Bielska, P., Cais-Sokolińska, D., Samur, G. (2023). Whey proteins as a functional food: Health effects, functional properties, and applications in food. Journal of the American Nutrition Association, 42 (8), 758–768. <https://doi.org/10.1080/27697061.2023.2169208>
- Tsermoula, P., Khakimov, B., Nielsen, J. H., Engelsens, S. B. (2021). WHEY - The waste-stream that became more valuable than the food product. Trends in Food Science & Technology, 118, 230–241. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.025>
- Reig, M., Vecino, X., Cortina, J. L. (2021). Use of Membrane Technologies in Dairy Industry: An Overview. Foods, 10 (11), 2768. <https://doi.org/10.3390/foods10112768>
- El-Aidie, S. A. M., Khalifa, G. S. A. (2024). Innovative applications of whey protein for sustainable dairy industry: Environmental and technological perspectives – A comprehensive review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 23 (2). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13319>
- Buchanan, D., Martindale, W., Romeih, E., Hebishy, E. (2023). Recent advances in whey processing and valorisation: Technological and environmental perspectives. International Journal of Dairy Technology, 76 (2), 291–312. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12935>
- Pires, A. F., Marnotes, N. G., Rubio, O. D., Garcia, A. C., Pereira, C. D. (2021). Dairy By-Products: A Review on the Valorization of Whey and Second Cheese Whey. Foods, 10 (5), 1067. <https://doi.org/10.3390/foods10051067>
- O'Donoghue, L. T., Murphy, E. G. (2023). Nondairy food applications of whey and milk permeates: Direct and indirect uses. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 22 (4), 2652–2677. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13157>
- Uribarrena, M., Rovira-Cal, E., Urbina, L., Suárez, M. J., Aymerich, E., Guerrero, P. et al. (2024). Valorization of cheese whey: closing the loop from protein extraction to whey protein film composting. Green Chemistry, 26 (7), 4103–4111. <https://doi.org/10.1039/d3gc04304e>
- Rocha-Mendoza, D., Kosmerl, E., Krentz, A., Zhang, L., Badiger, S., Miyagusuku-Cruzado, G. et al. (2021). Invited review: Acid whey trends and health benefits. Journal of Dairy Science, 104 (2), 1262–1275. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19038>
- Abish, Z. A., Alibekov, R. S., Tarapoulouzi, M., Bakhtybekova, A. R., Kobzhasarova, Z. I. (2024). Review in deep processing of whey. Co-gent Food & Agriculture, 10 (1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2415380>
- Beldie, A. A., Moraru, C. I. (2021). Forward osmosis concentration of milk: Product quality and processing considerations. Journal of Dairy Science, 104 (7), 7522–7533. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20019>
- Merkel, A., Voropaeva, D., Ondrušek, M. (2021). The impact of integrated nanofiltration and electrodialytic processes on the chemical composition of sweet and acid whey streams. Journal of Food Engineering, 298, 110500. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110500>
- Shahgodari, S., Labanda, J., Llorens, J. (2023). Experimental and Modeling Study of the Nanofiltration of Alcohol-Based Molecules and Amino Acids by Commercial Membranes. Membranes, 13 (7), 631. <https://doi.org/10.3390/membranes13070631>
- Sayel, M. F., Khalid, N. T., Rashid, K. T. (2023). Comparative Study of Nanofiltration and Evaporation Technologies on the Milk Concentration. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1158 (11), 112022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1158/11/112022>
- Castro-Muñoz, R., Gontarek, E. (2020). Nanofiltration in the food industry. Handbook of Food Nanotechnology, 73–106. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815866-1.00003-0>
- Ratnaningsih, E., Reynard, R., Khoiruddin, K., Wenten, I. G., Boopathy, R. (2021). Recent Advancements of UF-Based Separation for Selective Enrichment of Proteins and Bioactive Peptides – A Review. Applied Sciences, 11 (3), 1078. <https://doi.org/10.3390/app11031078>
- Ghalamara, S., Coscueta, E. R., Silva, S., Brazinha, C., Pereira, C. D., Pintado, M. E. (2022). Integrated ultrafiltration, nanofiltration, and reverse osmosis pilot process to produce bioactive protein/peptide fractions from sardine cooking effluent. Journal of Environmental Management, 317, 115344. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115344>
- Sathya, R., Singh, A., Rasane, P., Poonia, A., Singh, J., Kaur, S. et al. (2023). Recent Trends in Membrane Processing of Whey. Whey Valorization, 323–353. https://doi.org/10.1007/978-981-99-5459-9_16
- Chen, G. Q., Qu, Y., Gras, S. L., Kentish, S. E. (2023). Separation Technologies for Whey Protein Fractionation. Food Engineering Reviews, 15 (3), 438–465. <https://doi.org/10.1007/s12393-022-09330-2>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.338604

COMBINATION OF ELECTROPHORETIC SYSTEMS FOR DETERMINING OF THE FRACTIONAL COMPOSITION OF PROTEINS IN LACTOFERRIN PREPARATIONS (p. 79–85)

Volodymyr Yukalo

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3553-6713>

Kateryna Datsyshyn

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9229-9059>

Olha Krupa

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3445-2470>

Liudmyla Storozh

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3635-2900>

The object of this study is three lactoferrin (LF) preparations used as bioactive supplements. The problem of determining the fractional composition of proteins in lactoferrin preparations was solved.

The molecular weights of proteins in LF preparations have been determined by gel filtration on Sephadex G-25 and G-100. It was es-

tablished that all three preparations contain proteins which molecular weights, including LF, are in the range from 5000 to 100000 Da. Low-molecular-weight (about 1000 Da) peptides were found in one preparation, which constitute $9 \pm 3\%$ of all protein impurities. Four different electrophoretic systems in polyacrylamide gel (PAG) were used to identify proteins in LF preparations. It was found that in order to detect whey protein fractions in preparations it is advisable to combine electrophoretic systems under native conditions with a disc electrophoresis system in the presence of sodium dodecylsulfate (SDS). Casein fractions can be detected by combining electrophoresis in the presence of urea and disc electrophoresis with SDS. Quantitative analysis of the relative content of impurity proteins was performed by the densitometry of PAG plates after disc electrophoresis in the presence of SDS. In the studied preparations (LF₁, LF₂, LF₃), in addition to LF, β -lactoglobulin (β -Lg), blood serum albumin (BSA), and α _{S1}-casein (α _{S1}-CN) were detected. The relative content of these fractions from all proteins in the preparations is as follows: in LF₁ – β -Lg ($3 \pm 0.4\%$), α _{S1}-CN ($< 1\%$), BSA ($< 1\%$); in LF₂ – β -Lg ($3 \pm 0.3\%$), α _{S1}-CN ($1 \pm 0.2\%$), BSA ($1 \pm 0.3\%$) and in LF₃ – β -Lg ($3 \pm 0.4\%$), α _{S1}-CN ($1 \pm 0.2\%$), BSA ($5 \pm 0.6\%$). All the studied LF preparations differ in the content and ratio of protein fractions, which may indicate the need to analyze the protein composition of each batch of the preparation.

Keywords: lactoferrin preparations, gel filtration, electrophoresis, protein fractions, whey proteins, caseins.

References

- Kell, D. B., Heyden, E. L., Pretorius, E. (2020). The Biology of Lactoferrin, an Iron-Binding Protein That Can Help Defend Against Viruses and Bacteria. *Frontiers in Immunology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.01221>
- Cutone, A., Rosa, L., Ianiro, G., Lepanto, M. S., Bonaccorsi di Patì, M. C., Valenti, P., Musci, G. (2020). Lactoferrin's Anti-Cancer Properties: Safety, Selectivity, and Wide Range of Action. *Biomolecules*, 10 (3), 456. <https://doi.org/10.3390/biom10030456>
- Min, Q.-Q., Qin, L.-Q., Sun, Z.-Z., Zuo, W.-T., Zhao, L., Xu, J.-Y. (2018). Effects of Metformin Combined with Lactoferrin on Lipid Accumulation and Metabolism in Mice Fed with High-Fat Diet. *Nutrients*, 10 (11), 1628. <https://doi.org/10.3390/nu10111628>
- Superti, F. (2020). Lactoferrin from Bovine Milk: A Protective Companion for Life. *Nutrients*, 12 (9), 2562. <https://doi.org/10.3390/nu12092562>
- Duran, A., Kahve, H. I. (2017). The use of lactoferrin in food industry. *Academic Journal of Science*, 07 (02), 89–94. Available at: <https://universitypublications.net/ajs/0702/html/DE6C406.xml>
- Slyvka, I., Tsisaryk, O., Musii, L., Kushnir, I., Koziorowski, M., Koziorowska, A. (2022). Identification and Investigation of properties of strains *Enterococcus* spp. Isolated from artisanal Carpathian cheese. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 39, 102259. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102259>
- Tsizh, B., Skulska, I., Tsisaryk, O., Slyvka, N., Musiy, L., Slyvka, I. (2024). Characteristics of the course of proteolytic processes in brynza with reduced common salt content. *Zywnosc Nauka Technologia Jakosc/Food Science Technology Quality*, 31 (4), 23–44. <https://doi.org/10.15193/zntj/2024/141/519>
- Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., O'Mahony, J. A. (2015). *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14892-2>
- Krolitzki, E., Schwaminger, S. P., Pagel, M., Ostertag, F., Hinrichs, J., Berensmeier, S. (2022). Current practices with commercial scale bovine lactoferrin production and alternative approaches. *International Dairy Journal*, 126, 105263. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105263>
- Wakabayashi, H., Yamauchi, K., Abe, F. (2018). Quality control of commercial bovine lactoferrin. *BioMetals*, 31 (3), 313–319. <https://doi.org/10.1007/s10534-018-0098-2>
- Yukalo, V. H. (2021). *Bioloichna aktyvnist proteiniv i peptydiv moloka*. Ternopil: Vyd-vo TNTU imeni Ivana Puliuia, 372. Available at: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/36801>
- Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4. *Nature*, 227 (5259), 680–685. <https://doi.org/10.1038/227680a0>
- Perraudin, J.-P., Valck, L. D. (2020). Lactoferrin Production from Bovine Milk or Cheese Whey. *Journal of Engineering and Applied Sciences Technology*, 2 (1), 1–9. [https://doi.org/10.47363/jeast/2020\(2\)103](https://doi.org/10.47363/jeast/2020(2)103)
- Deeth, H. C., Bansal, N. (Eds.) (2019). *Whey Proteins: From Milk to Medicine*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/c2016-0-02581-0>
- Sharma, N., Sharma, R., Rajput, Y. S., Mann, B., Singh, R., Gandhi, K. (2021). Separation methods for milk proteins on polyacrylamide gel electrophoresis: Critical analysis and options for better resolution. *International Dairy Journal*, 114, 104920. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104920>
- Yukalo, V., Datsyshyn, K., Krupa, O., Storozh, L. (2024). Adaptation of Stadler's apparatus for electrophoresis of main milk proteins. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (11 (127)), 73–80. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.296753>
- Yukalo, V., Datsyshyn, K., Storozh, L. (2019). Electrophoretic system for express analysis of whey protein fractions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (11 (98)), 37–44. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.160186>
- Tarapata, J., Maciejczyk, M., Zulewska, J. (2022). Microfiltration of buttermilk: Partitioning of proteins and modelling using a resistance-in-series model. *International Dairy Journal*, 134, 105445. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105445>
- Kukhtyn, M., Kremenchuk, I., Horiuk, Y., Salata, V., Kochetova, H., Kladnytska, L. et al. (2025). Development and evaluation of technology for preserving hard cheese with staphylococcal bacteriophage. *SciFood*, 19, 208–223. <https://doi.org/10.5219/sciFood.16>
- Kukhtyn, M., Arutiunian, D., Pokotylo, O., Kravcheniuk, K., Salata, V., Horiuk, Y. et al. (2024). Microbiological characteristics of hard cheese with flax seeds. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 18, 281–296. <https://doi.org/10.5219/1956>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.338568

DEVELOPMENT OF A PRODUCTION TECHNOLOGY FOR FUNCTIONAL BEVERAGES BASED ON WHEY ENRICHED WITH NATURAL JUICES FROM PLANT-BASED RAW MATERIALS (p. 86–93)

Nazilya Akhundova

Azerbaijan State University of Economics (UNEC), Baku, Azerbaijan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9769-2741>

Aynur Babashli

Azerbaijan State University of Economics (UNEC), Baku, Azerbaijan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1694-8504>

Due to environmental concerns, increasing attention is given to whey as a valuable secondary raw material. Modern research confirms its high nutritional and biological value due to its content of lac-

tose, proteins, and minerals. The object of this study is the production of functional beverages based on whey enriched with natural juices from apples, sea buckthorn, and pears grown in the northern regions of Azerbaijan. The problem to be solved is the creation of a zero-waste processing technology that transforms whey into a functional product with enhanced organoleptic and nutritional properties. The development of such technologies contributes to the rational use of resources and the reduction of negative environmental impacts.

In the course of the study, the organoleptic and physicochemical properties of both the control whey sample and the experimental samples with added juices were examined. It was found that the addition of plant-based components enhances the taste, aroma, and appearance of the beverage, while also increasing its nutritional value. The article presents the formulation and technological scheme for producing beverages with improved organoleptic properties and storage stability. Physicochemical analysis confirms that the developed beverages meet GOST R 56543-2015 and monitoring changes in acidity, dry matter, and sugars over a 5-day storage period in fridge (0...+6°C) demonstrates satisfactory product stability. Thus, the proposed technology for processing whey into functional beverages not only contributes to the expansion of the range of high value-added products but also addresses environmental issues related to the disposal of dairy waste. All of the above makes it possible to assert the necessity of implementing this technology in industrial production.

Keywords: milk whey, dairy waste, functional beverages, waste disposal, environmental problems.

References

- Brew, K. (2011). Milk Proteins | α -Lactalbumin. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 780–786. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374407-4.00432-5>
- Zotta, T., Solieri, L., Iacumin, L., Picozzi, C., Gullo, M. (2020). Valorization of cheese whey using microbial fermentations. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104 (7), 2749–2764. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10408-2>
- Hasanova, G. M., Babashli, A. A., Akhundova, N. A. (2025). The role of microorganisms isolated from some river waters of Azerbaijan in bioremediation. *Journal of Ecological Engineering*, 26 (4), 323–333. <https://doi.org/10.12911/22998993/200429>
- Macwan, S. R., Dabhi, B. K., Parmar, S. C., Aparnathi, K. D. (2016). Whey and its Utilization. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5 (8), 134–155. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2016.508.016>
- Soumati, B., Atmani, M., Benabderrahmane, A., Benjelloun, M. (2023). Whey Valorization – Innovative Strategies for Sustainable Development and Value-Added Product Creation. *Journal of Ecological Engineering*, 24 (10), 86–104. <https://doi.org/10.12911/22998993/169505>
- Prazeres, A. R., Carvalho, F., Rivas, J. (2012). Cheese whey management: A review. *Journal of Environmental Management*, 110, 48–68. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.05.018>
- Rivas, J., Prazeres, A. R., Carvalho, F. (2011). Aerobic Biodegradation of Precoagulated Cheese Whey Wastewater. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 (6), 2511–2517. <https://doi.org/10.1021/jf104252w>
- Gurbanov, N., Gadimova, N., Osmanova, S., Ismailov, E., Akhundova, N. (2022). Chemical composition, thermal stability of pomegranate peel and seed powders and their application in food production. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (11 (120)), 24–33. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268983>
- Anand, S., Som Nath, K., Chenchaiiah, M. (2013). Whey and Whey Products. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*, 477–497. <https://doi.org/10.1002/9781118534168.ch22>
- Costa, M. A., Kuhn, D., Rama, G. R., Lehn, D. N., Souza, C. F. V. de. (2022). Whey butter: a promising perspective for the dairy industry. *Brazilian Journal of Food Technology*, 25. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.08821>
- Lapytska, N., Shklyayev, O., Stepankova, G., Novik, A., Hrevtseva, N., Shydakova-Kamieniuka, O. et al. (2025). Determining the influence of vegetable powders on the formation of ginger cookie quality. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (11 (135)), 6–16. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.331105>
- Yarmosh, T., Pertsevoi, F., Melnyk, O., Gurskyi, P., Marenkova, T., Smetanska, I. et al. (2025). Investigating polyols to improve the efficiency of extracting anthocyanins from elderberry (*Sambucus nigra* L.) pomace. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (11 (135)), 61–70. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.330457>
- Ibadullayeva, S., Mamedova, S. E., Sultanova, Z. R., Movsumova, N. V., Jafarli, I. A. (2010). Medicinal plants of Azerbaijan flora used in the treatment of certain diseases. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 4 (8), 545–548. Available at: https://www.researchgate.net/publication/361207542_Medicinal_plants_of_Azerbaijan_flora_used_in_the_treatment_of_certain_diseases
- Ivanova, I., Serdyuk, M., Tymoshchuk, T., Stotska, S., Smahlii, V., Slobodyanyuk, N. et al. (2025). Substantiating the criteria for evaluating the quality of frozen sweet cherry fruits using the method of multi-criteria optimization. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (11 (135)), 71–81. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.331599>
- Magri, A., Malorni, L., Cozzolino, R., Adiletta, G., Siano, F., Picariello, G. et al. (2023). Agronomic, Physicochemical, Aromatic and Sensory Characterization of Four Sweet Cherry Accessions of the Campania Region. *Plants*, 12 (3), 610. <https://doi.org/10.3390/plants12030610>
- González-Gómez, D., Bernalte, M. J., Ayuso, M. C., Fernández-León, M. F., Lozano, M., Rato, A. E. et al. (2017). Evaluation of different postharvest conditions to preserve the amount of bioactive compounds, physicochemical quality parameters and sensory attributes of ‘Sweetheart’ cherries. *Acta Horticulturae*, 1161, 581–586. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2017.1161.92>
- Yadav, J. S. S., Yan, S., Pilli, S., Kumar, L., Tyagi, R. D., Surampalli, R. Y. (2015). Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology Advances*, 33 (6), 756–774. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.07.002>
- Bintsis, T., Papademas, P. (2023). Sustainable Approaches in Whey Cheese Production: A Review. *Dairy*, 4 (2), 249–270. <https://doi.org/10.3390/dairy4020018>
- Chavan, R. S., Shraddha, R. C., Kumar, A., Nalawade, T. (2015). Whey Based Beverage: Its Functionality, Formulations, Health Benefits and Applications. *Journal of Food Processing & Technology*, 6 (10). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000495>
- Gregg, J. S., Jürgens, J., Happel, M. K., Strøm-Andersen, N., Tanner, A. N., Bolwig, S., Klitkou, A. (2020). Valorization of bio-residuals in the food and forestry sectors in support of a circular bioeconomy: A review. *Journal of Cleaner Production*, 267, 122093. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122093>
- Flora of Azerbaijan. Wikipedia. Available at: https://simple.wikipedia.org/wiki/Flora_of_Azerbaijan

22. Akhundova, N., Babashli, A., Gadimova, N. (2024). Development of technology for fermented milk product "Gatyg" based on buckwheat varieties grown in Azerbaijan. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (11 (131)), 16–23. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.312155>
23. Ranucci, D., Roila, R., Andoni, E., Braconi, P., Branciari, R. (2019). Punica granatum and Citrus spp. Extract Mix Affects Spoilage Microorganisms Growth Rate in Vacuum-Packaged Cooked Sausages Made from Pork Meat, Emmer Wheat (*Triticum dicoccum* Schübler), Almond (*Prunus dulcis* Mill.) and Hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Foods*, 8 (12), 664. <https://doi.org/10.3390/foods8120664>
24. Akhundova, N., Babashli, A. (2025). Development of a production technology for cooked sausages using buckwheat extracts and their impact on quality and storage life. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (11 (133)), 63–70. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.323144>
25. Dullius, A., Goettert, M. I., de Souza, C. F. V. (2018). Whey protein hydrolysates as a source of bioactive peptides for functional foods – Biotechnological facilitation of industrial scale-up. *Journal of Functional Foods*, 42, 58–74. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.12.063>
26. Buchanan, D., Martindale, W., Romeih, E., Hebishy, E. (2023). Recent advances in whey processing and valorisation: Technological and environmental perspectives. *International Journal of Dairy Technology*, 76 (2), 291–312. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12935>
27. Asunis, F., De Giannis, G., Dessi, P., Isipato, M., Lens, P. N. L., Muntoni, A. et al. (2020). The dairy biorefinery: Integrating treatment processes for cheese whey valorisation. *Journal of Environmental Management*, 276, 111240. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111240>
28. García-Garibay, M., Jiménez-Guzmán, J., Hernández-Sánchez, H. (2008). Whey Proteins: Bioengineering and Health. *Food Engineering: Integrated Approaches*, 415–430. https://doi.org/10.1007/978-0-387-75430-7_31
29. Nabyev, A., Kazimova, I., Kazimova, I., Gasimova, A., Yusifova, M., Nasrullayeva, G. (2025). Development of technology for producing juices from pumpkin, persimmon, and rosehip considering various extraction methods. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (11 (134)), 42–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.324425>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.339809

IMPACT OF PREBIOTIC ADDITIVES COMPOSITION ON TECHNOLOGICAL AND SENSORY PROPERTIES OF DRESSINGS IN HORECA SECTOR (p. 94–101)

Katerina Kunitsa

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5577-7026>

Nataliia Yakymenko-Tereshchenko

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2927-7989>

Nadiia Lapytska

T. H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium",
Chernihiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2431-4373>

Tatiana Gontar

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0758-1752>

Denis Lypovyi

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9143-4896>

Svitlana Iurchenko

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1286-081X>

Iryna Balandina

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3964-4447>

Anton Ryabev

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2220-3282>

Natalya Kibenko

State Biotechnology University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6268-8661>

Larysa Obolentseva

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7085-6902>

The object of the study is the process of forming the quality characteristics of emulsion sauces-dressings for the HoReCa system, enriched with prebiotic additives. The problem of rationalizing the stability and improving the organoleptic profile of model emulsion systems for sauces-dressings containing valuable hemp oil, prone to oxidation due to the content of ω -3 polyunsaturated fatty acids, is considered. The concentration of prebiotic additives in the model emulsion system of the sauce-dressing is justified (inulin – 3.5%, oligofructose – 4.0%). It was established that the combined use of these additives not only stabilizes the consistency of the product, but also significantly reduces bitterness (by 44%) and increases the creaminess of the texture (by 21%) compared to the control sample. This phenomenon is due to the complex effect of prebiotic additives, which exhibit both stabilizing and antioxidant activity. The mechanism of action consists in modulating the rheological properties of the system by changing the interfacial tension and forming additional water-binding complexes. In parallel, selective binding of free radicals is observed at the interface of the oil and water phases, which inhibits the processes of lipid oxidation. Such structural changes lead to increased stability of the emulsion and improvement of its textural characteristics. A feature of the obtained results is an integrated approach that combines improved sensory qualities with increased stability of the finished product. Economic calculations confirm that the increase in the cost of the sauce-dressing of the proposed composition by 21% is compensated by the possibility of premium pricing and reduced logistics costs for sales. Practical application of the results allows developing health dressings with improved consumer qualities, adapted to the requirements of the modern catering market.

Keywords: sauces-dressings, prebiotic additives, inulin, oligofructose, rheological characteristics, sensory profile.

References

1. Lakshmayya, N. S. V., Mishra, A. K., Mohanta, Y. K., Panda, J., Naik, B., Mishra, B., Varma, R. S. (2023). Essential oils-based nano-emulsion system for food safety and preservation: Current status and future prospects. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 53, 102897. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102897>

2. Ali, S., Hamayun, M., Siraj, M., Khan, S. A., Kim, H.-Y., Lee, B. (2025). Recent advances in prebiotics: Classification, mechanisms, and health applications. *Future Foods*, 12, 100680. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100680>
3. Kunitsa, K., Dikhtyar, A., Kotliar, O., Andrieieva, S., Gontar, T., Stankevych, S. et al. (2025). Development of a stabilization system composition for sauces and dressings. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (11 (134)), 26–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.325772>
4. Gautam, A. R., Junarto, A. W., Benjakul, S., Mittal, A., Baloch, K. A., Singh, A. (2024). Omega-3 and unsaturated fatty acid enrichment of shrimp oil: Preparation, characterization, and its application in salad dressings. *LWT*, 212, 116993. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116993>
5. Ge, R., Pu, Y., Long, Y., Xu, D., Zhu, H., Tao, N., Wang, H. (2024). Mechanisms of Pickering emulsion formation and stabilization by composite arabinoxylan–whey protein isolate particles. *LWT*, 209, 116774. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116774>
6. Ferreira da Silva, E., Rafaela da Silva Monteiro Wanderley, B., Duarte de Lima, N., Bettim Bianchini, C., Beddin Fritzen-Freire, C., Dias de Mello Castanho Amboni, R. et al. (2025). Vegan salad dressing based on cashew nuts with or without *Spirulina platensis*: Physicochemical, rheological, and sensory characterization and in vitro digestion of phenolic compounds. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 41, 101199. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2025.101199>
7. Joshi, T., Kapoor, S., Rana, S., Bala, M., Singh, A., Mahajan, B. V. C. (2024). Valorization of guava seed oil as a functional ingredient in salad dressing: implications on quality characteristics, rheological behaviour, morphology, oxidative stability and shelf life. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 18 (8), 6698–6710. <https://doi.org/10.1007/s11694-024-02683-8>
8. Mohamad, R., Putri Agus, B. A., Hussain, N. (2019). Changes of Phytosterols, Rheology, Antioxidant Activity and Emulsion Stability of Salad Dressing with Cocoa Butter During Storage. *Food Technology and Biotechnology*, 57 (1), 59–67. <https://doi.org/10.17113/ftb.57.01.19.5692>
9. Dehghan Manshadi, A., Peighambaroust, S. H., Azadmard-Damirchi, S., Niakosari, M. (2018). Oxidative and physical stability, rheological properties and sensory characteristics of 'salad dressing' samples formulated with flaxseed oil and n-OSA starch. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13 (1), 26–33. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9915-0>
10. Kunitsia, E., Popov, M., Gontar, T., Stankevych, S., Zabrodina, I., Stepankova, G. et al. (2024). Determination of the influence of hemp oil-based emulsion systems composition on the oxidation products content during storage. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (129)), 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304466>
11. Naknaen, P., Chinnapitiwong, N., Kruayoo, P. (2018). Enhancing the quality attributes of salad dressing by incorporating Gac aril as a biologically active ingredient. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.12917>
12. Nasiri, F., Mohtarami, F., Esmaili, M., Pirs, S. (2023). Production of gluten-free biscuits with inulin and flaxseed powder: investigation of physicochemical properties and formulation optimization. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14 (17), 21443–21459. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04297-4>
13. Kalyna, V., Stankevych, S., Zabrodina, I., Shubina, L., Chuiko, M., Mikheeva, O. et al. (2024). Development of the composition of an oxidation-stable dressing with high nutritional value. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (11 (127)), 29–37. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.296621>
14. Stankevych, S., Yakymenko-Tereshchenko, N., Panasenko, V., Gontar, T., Zabrodina, I., Kolontaievskyi, O. et al. (2024). Development of a complex antioxidant for stabilization of dressing enriched with omega-3 fatty acids. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (6 (131)), 6–14. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.311326>
15. Singh, P., Ban, Y. G., Kashyap, L., Siraree, A., Singh, J. (2020). Sugar and Sugar Substitutes: Recent Developments and Future Prospects. *Sugar and Sugar Derivatives: Changing Consumer Preferences*, 39–75. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6663-9_4

Анотації
TECHNOLOGY AND EQUIPMENT OF FOOD PRODUCTION

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.339764

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИПАРНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЗГУЩЕНОГО МОЛОКА ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ РІДИННО-ПАРОВИХ СТРУМИННИХ АПАРАТІВ (с. 6–14)

С. О. Шарапов, С. О. Євтушенко, А. Р. Вербицький, М. С. Скиданенко, С. О. Хованський

Об'єктом дослідження була випарна установка для виробництва згущеного молока. Вирішувалась проблема низької ефективності випарних установок для виробництва згущеного молока шляхом заміни пароструминних ежекторів на принципово нові двофазні струминні апарати, якими є рідинно-парові струминні апарати. Вони працюють за принципом струминної термокомпресії, що дає змогу знизити споживання котельної пари, яка використовується в пароструминних ежекторах у якості робочого струменя активного потоку. В рідинно-парових струминних апаратах котельна пара використовується лише для підігрівання робочої рідини активного потоку в теплообміннику-підігрівачі. Завдяки цьому вдається зменшити її споживання у 2,95 рази та одержати економічний ефект, який в середньому становить 1337 у. о. Наступною перевагою рідинно-парових струминних апаратів є те, що генерація робочої пари відбувається в надзвуковій частині сопла активного потоку. В результаті цього можна збільшити ступінь підвищення тиску пасивного потоку і відмовитися від багатоступеневого його стиснення, як це реалізується в пароструминних ежекторах. Це додатково підвищує ефективність установок на базі таких агрегатів на 25–30 % порівняно з пароструминними ежекторами. І, головне, застосування рідинно-парових струминних апаратів дає змогу спростити конструкцію випарної установки і перейти від двокорпусної до однокорпусної схеми. Це дає змогу знизити вартість одиниці продукту в середньому на 450 у. о./т. Виконано термодинамічний, ексергетичний та термoeкономічний аналізи. В результаті проведеного дослідження було з'ясовано, що модернізація випарних установок для виробництва згущеного молока шляхом застосування рідинно-парових струминних апаратів дає змогу підвищити ефективність таких систем в середньому у 2,1 рази.

Ключові слова: випарна установка, рідинно-паровий струминний апарат, згущене молоко, рекомпресія, ефективність, термoeкономіка.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.339916

ІНТЕГРОВАНЕ РІШЕННЯ: КАСКАДНА ФЛЮЇДИЗАЦІЙНА СУШАРКА Й СУШІННЯ ДЛЯ ПРОДУКТІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ (с. 15–24)

А. М. Загорулько, І. В. Вороненко, Л. В. Баль-Прилипка, А. І. Маринін, І. І. Божидай, М. М. Смілик, Е. Б. Ібасєв, Н. В. Титатеренко

Об'єктом дослідження є процес сушіння сировини (фруктової, зернової, змішаної, молочної та рослинно-жирової) у вдосконаленій макетній конструкції каскадної флюїдизаційної сушарки, порівняно з базовою (контрольною) моделлю без елементів Пельтьє та плівкоподібних електронагрівачів. Основна проблема полягає у забезпеченні стабільної флюїдизації, ресурсоощадності та збереженні якісних характеристик сировини під час сушіння. Запропонована конструкція включає автономні вентиляторні системи, канали рециркуляції теплого повітря, підігрів повітря до 75°C і зонований температурний режим: секції А₁ (68...75°C), А₂ (58...65°C) та А₃ (48...55°C) з терморегуляцією за допомогою Пельтьє-елементів. Сировина рухається гравітаційно через похилі канали, забезпечуючи послідовне сушіння з контролем вологості та швидкості повітря (2,3...2,6 м/с), що підтримує ефективну флюїдизацію.

Експериментальні дослідження для яблук, вівсяних пластівців, м'ясу та лактозної суміші показали, що технологія забезпечує скорочення тривалості сушіння (від 22 до 60 хв) при збереженні поживних речовин і однорідності вологості (стандартне відхилення до 0,9...1,6%). Рециркуляція повітря (35...42%) і автономний контроль параметрів процесу підвищують ресурсоощадність без втрати якості.

Отримані результати підтверджують універсальність вдосконаленої каскадної флюїдизаційної сушарки для ресурсоощадного сушіння харчової сировини різного типу з оптимізованим температурним режимом і автоматизованим контролем процесу. Розроблена технологія може бути впроваджена у харчову промисловість для виробництва якісних сушених продуктів із збереженням функціональних властивостей.

Ключові слова: каскадна сушарка, флюїдизація, низькотемпературний електронагрівач, елемент Пельтьє, адаптивний контроль, похилі канали.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.336087

ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА СКЛАДУ НАПІВКОПЧЕНОЇ КОВБАСИ З РОСЛИННОГО ЗАМІННИКА М'ЯСА, ЗБАГАЧЕНОЇ КРОВ'Ю ЗАБИТИХ ТВАРИН (р. 25–37)

Aibala Taspoltaeva, Zhazira Zheleuova, Elmira Kanseitova, Viktoriia Yevlash

Об'єктом дослідження є напівкопчена ковбаса з рослинного замітника м'яса, збагачена кров'ю забитих тварин у різних пропорціях.

Проблема, яку необхідно вирішити, полягає в тому, що кров сільськогосподарських тварин, будучи цінним джерелом білка, викидається тоннами як відходи, і посилюється виникаючими серйозними проблемами забруднення навколишнього середовища. Але в багатьох країнах більшість білків крові використовуються як сполучні речовини, натуральні підсилювачі кольору, емульгатори, замітники жиру та агенти для засолювання м'яса.

У статті представлені результати дослідження органолептичної оцінки, мінерального та фізико-хімічного складу напівкопченої ковбаси з рослинного замітника м'яса, збагаченої кров'ю забитих тварин. Як рослинну сировину були обрані сої та нут у співвідношенні 70:30. За результатами органолептичної оцінки було встановлено, що додавання крові забитих тварин до рецептури досліджуваного продукту в кількості 2% покращує смак та колір готового продукту. У процесі дослідження було доведено, що при додаванні 2% сухої крові забитих тварин до напівкопченої ковбаси з рослинного замітника м'яса кількість білка збільшується на 2,26% порівняно з контрольним зразком. Також підвищений вміст жиру в дослідних зразках напівкопченої ковбаси показав, що кров забитих тварин може бути використана як замітник жиру. На основі досліджень мінерального складу напівкопченої ковбаси з рослинних заміників м'яса доведено, що додавання 2–6% крові забитих тварин збільшує вміст мінеральних речовин порівняно з контрольним зразком. Дослідження показали, що додавання 2%, 4%, 6% крові забитих тварин до напівкопченої ковбаси з рослинного замітника м'яса збільшує вміст незамінних та замінних амінокислот порівняно з контрольним зразком. Було виявлено, що в дослідних зразках з додаванням 2%, 4%, 6% крові забитих тварин вміст насичених та поліненасичених жирних кислот збільшується порівняно з контрольним зразком. Тим самим збагачуючи та підвищуючи біологічну та харчову цінність готового продукту.

Ключові слова: напівкопчена ковбаса, замітник м'яса, кров забитих тварин, фізико-хімічний склад.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.341379

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЦЕПТУРИ ВАРЕНОЇ КОВБАСИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ (с. 38–48)

Madinat Kaldarbekova, Yasin Uzakov, Arsen Tortay, Aliya Yessengazyeva, Madina Kozhakhieva

Об'єктом дослідження є технологія виробництва вареної ковбаси з покращеними функціональними властивостями. Досліджувалася проблема забезпечення заданого комплексу функціональних характеристик ковбасних виробів, пов'язана з відсутністю знань про закономірності впливу розробленого гідролізату з побічної м'ясної сировини та додавання фітокомпонента.

У результаті експериментальних досліджень встановлено, що внесення 10% гідролізату підвищує вміст лужнорозчинних білків і амінного азоту, що свідчить про поліпшення перетравлюваності та біодоступності білка. Додавання 3% барбарису підвищувало антиоксидантну активність за методом FRAP і стабілізувало колірні показники (а, b) завдяки наявності антоціанів і фенольних сполук. Спільне використання гідролізату та барбарису виявило компенсаторний ефект: гідролізат покращував засвоюваність, але знижував твердість продукту, тоді як барбарис частково нівелював цей вплив, зберігаючи еластичність і текстурну стійкість.

Відмінною особливістю дослідження стало застосування методу поверхні відгуку та функції desirability, що дозволило визначити оптимальні умови: 10% гідролізату та 3% барбарису. Ці рівні забезпечували підвищення вмісту білка й амінного азоту, зростання антиоксидантної активності, стабілізацію забарвлення та прийнятні показники текстури. Отримані результати пояснюються руйнуванням колагенових зв'язків під час гідролізу та антиоксидантною дією поліфенолів барбарису.

Практична цінність роботи полягає у запропонованні комбінації інгредієнтів, яку можна використовувати не лише у технології варених ковбас для підвищення їхньої харчової цінності, стабільності кольору та подовження терміну зберігання, а й у кормовиробництві, де гідролізати тваринного походження здатні підвищувати засвоюваність протеїну та біологічну доступність амінокислот.

Ключові слова: гідролізат, білки, барбарис, варені ковбаси, метод поверхні відгуку, антиоксидант, засвоюваність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.340390

РОЗРОБЛЕННЯ ЕКСТРУЗІЙНИХ ЗЕРНОВИХ СЛАЙСІВ ІЗ ФІТОКОНЦЕНТРАТАМИ (с. 49–59)

Assel Izembayeva, Zilikha Moldakulova, Togzhan Akhlan, Dinara Tlevlessova, Kasymkhan Koylanov, Galiya Iskakova, Asemkul Abdreeva, Makpal Baigaiypkyzy

Об'єктом дослідження є екструзійні зернові слайси з додаванням фітоконцентратів дикорослих рослин (обліпихи та глоду). У межах роботи розв'язувалася проблема забезпечення стабільної хрусткої структури за збереження поживної цінності та безпечності. Проведено комплексну фізико-хімічну та механічну оцінку дев'яти рецептур, що включали гречку, пшеницю, кукурудзу, просо й рис, а також фруктові компоненти. Визначено значення вологості (7,8–8,5%), кислотності (2,5–2,9°Т) та зольності (1,2–1,9%). Інструментальна текстурометрія показала, що найбільшу жорсткість (до 460 г/мм) та зусилля руйнування (до 3922 г) демонструють слайси з кукурудзи та пшениці, тоді як гречані зразки мали найбільшу деформацію (до 9,3 мм), що свідчить про м'якішу, менш крихку структуру.

Для кількісної оцінки внеску складу в текстурні властивості побудовано регресійну модель методом часткових найменших квадратів (PLS): коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,69$, $\text{Adj. } R^2 = 0,64$, $p = 0,0056$. Ключовими змінними моделі виступили тип слайсу ($\text{VIP} = 0,913$) і зусилля руйнування ($\text{VIP} = 0,777$). Метод головних компонент (PCA) підтвердив, що компоненти на основі кукурудзи та пшениці корелюють із хрусткістю, тоді як гречка й глід діють як пом'якшувальні агенти. Фруктові добавки помірно підсилювали крихкість за рахунок карамелізації та зміни кислотності.

Стабільність процесу підтверджено контрольними картами $\bar{X}$ та Moving R. Отримані результати пояснюються низькою залишковою вологістю ($< 9\%$), пористою структурою та збалансованим складом. Запропонований інструментальний підхід дає змогу прогнозувати текстуру нових рецептур і може бути використаний під час розроблення функціональних снєків і хлібозамінників у дієтичному харчуванні.

Ключові слова: зернові слайси, фітоконцентрати, текстурні властивості, біофлавоноїди, PLS-регресія, функціональні продукти.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.337473

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЗИМІВ ТА ЗАКВАСКИ МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ НА ЯКІСТЬ ПШЕНИЧНО-КОНОПЛЯНОГО ХЛІБА (с. 60–70)

С. М. Гунько, О. В. Науменко, І. А. Гетьман, Л. М. Хомічак, І. В. Лук'янчук, М. В. Білько, А. В. Бобер, О. В. Завадська, Н. О. Ящук, С. О. Ляшенко

Об'єктом дослідження був пшеничний хліб з додаванням борошна конопляного цільнозернового. Основною проблемою використання конопляного борошна у хлібопеченні є високий вміст олії та харчових волокон. Включення такої сировини до рецептури погіршує структурно-механічні властивості тіста та якість хліба.

Встановлено, що борошно конопляне є цінною сировиною для збільшення харчової цінності пшеничного хліба, так як містить 22,3% білків, 34,4% олії та 16,5% клітковини. Встановлено, що раціональне дозування такої сировини до рецептури хліба становить 5–10%. Однак навіть така кількість впливає на якість тіста та хліба. На 2,8% зменшується кількість сирової клейковини та погіршується її якість, покращується колір скоринки, м'якушка дещо темніє, а в ароматі з'являються нотки волоського горіха. Доведено ефективність використання закваски молочнокислих бактерій та ензимів α -амілази, ліпази, целюлази та трансглютамінази для покращення якості такого хліба, його харчової та фізіологічної цінності. Зокрема, питомий об'єм хліба виріс від 4,3 до 39,1%. Покращилася його свіжість, що підтверджується зниженням крихкуватості від 9,9 до 29,6% та збільшенням водопоглинальної здатності від 16,9 до 44,5%, в залежності від варіанту.

Результати можуть бути використані у технології виробництва пшенично-конопляного хліба оздоровчого-профілактичного призначення з підвищеною харчовою та фізіологічною цінністю. Запропоновані технологічні рішення дозволяють розширити асортимент такої продукції для масово виробництва.

Ключові слова: конопляне борошно, ензимна обробка, молочнокислі бактерії, якість хліба.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.339914

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ НАНОФІЛЬТРАЦІЇ НА ПОЖИВНУ ТА БІОЛОГІЧНУ ЦІННІСТЬ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ (с. 71–78)

І. О. Пуригін, Ю. В. Назаренко, Т. П. Синенко, Н. В. Болгова, Є. В. Демидова

Об'єктом дослідження є поживна та біологічна цінність молочної сироватки, що піддається нанофільтраційній обробці. Проблема полягала у недостатній ефективності традиційних способів переробки сироватки для підвищення її поживної та біологічної цінності без втрати корисних компонентів. У проведеному дослідженні встановлено, що застосування нанофільтрації суттєво впливає на консистенцію сироватки, яка стає більш густою і в'язкою. Смак і запах змінюється від кисломолочного до солодкого, з приємними сироватковими нотками. Нанофільтрація призводить до концентрації сухих речовин у 3,3 рази, білка – у 3,8 рази, мінеральних речовин – у 2 рази. Також підвищується активна кислотність, що свідчить про зміни кислотно-лужного балансу. Аналіз амінокислотного складу показав усереднене збільшення як незамінних (треоніну +31,24%, лейцину +31,13%, метіоніну +24,12%, лізину +28,65%), так і замінних амінокислот (серину +69,08%, гліцину +54,43%, аланіну +67,36% та аспарагінової кислоти +21,46%). Амінокислотний скор більшості незамінних амінокислот перевищував 110%, а коефіцієнт розбіжності знизився, що вказує на більш збалансований склад. Збільшення біологічної цінності сироватки до 60,4% свідчить про її підвищену харчову цінність та потенціал як функціонального інгредієнта харчових продуктів. Отримані результати пояснюються вибірковою проникністю мембран нанофільтрації, зокрема, які затримують білкові речовини та пропускають воду і низькомолекулярні компоненти. Отримані результати мають практичне значення, оскільки здатність нанофільтрації до селективного розділення речовин забезпечує ефективну переробку молочної сироватки, зберігаючи при цьому її поживні та біологічні властивості.

Ключові слова: сироватка, мембранні технології, нанофільтрація, біологічна цінність, амінокислоти, безвідходні технології.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.338604

КОМБІНАЦІЯ ЕЛЕКТРОФОРЕТИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ ПРОТЕЇНІВ У ПРЕПАРАТАХ ЛАКТОФЕРИНУ (с. 79–85)

В. Г. Юкало, К. Є. Дацишин, О. М. Крупа, Л. А. Сторож

Об'єктом дослідження є три препарати лактоферину (LF), які використовуються як біоактивні добавки. Вирішувалась проблема визначення фракційного складу білків у препаратах лактоферину. Молекулярні маси білків у препаратах LF визначались гел'фільтрацією на сефадексах G-25 і G-100. Було встановлено, що до складу всіх трьох препаратів входять білки, значення молекулярних мас яких, включаючи LF, знаходяться в діапазоні від 5000 до 100 000 Да. В одному препараті знайдені низькомолекулярні (близько 1000 Да) пептиди, які становлять $9 \pm 3\%$ від всіх білкових домішок. Для ідентифікації білків у препаратах LF використано чотири різні електрофоретичні системи в поліакриламідному гелі (ПАГ). Встановлено, що для виявлення фракцій білків сироватки молока в препаратах доцільно поєднувати електрофоретичні системи в нативних умовах з системою диск-електрофореzu в присутності додецилсульфату натрію (ДСН). Казеїнові фракції можна виявити при поєднанні електрофореzu в присутності сечовини і диск-електрофореzu з ДСН. Кількісний аналіз відносного вмісту білків домішок проводився денситометрією пластинок ПАГ після диск-електрофореzu в присутності ДСН. В досліджуваних препаратах (LF₁, LF₂, LF₃), окрім LF, виявлено β -лактоглобулін (β -Lg), альбумін сироватки (BSA) і α_{S1} -казеїн (α_{S1} -CN). Відносний вміст цих фракцій від усіх білків препаратів становить: в LF₁ – β -Lg ($3 \pm 0,4\%$), α_{S1} -CN ($< 1\%$), BSA ($< 1\%$); в LF₂ – β -Lg ($3 \pm 0,3\%$), α_{S1} -CN ($1 \pm 0,2\%$), BSA ($1 \pm 0,3\%$) і в LF₃ – β -Lg ($3 \pm 0,4\%$), α_{S1} -CN ($1 \pm 0,2\%$), BSA ($5 \pm 0,6\%$). Усі досліджувані препарати LF відрізняються вмістом і співвідношенням білкових фракцій, що може свідчити про необхідність аналізу білкового складу кожної партії препарату.

Ключові слова: препарати лактоферину, гел'фільтрація, електрофорез, білкові фракції, білки сироватки, казеїни.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.338568

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ НАПОЇВ НА ОСНОВІ СИРОВАТКИ, ЗБАГАЧЕНОЇ НАТУРАЛЬНИМИ СОКАМИ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ (с. 86–93)

Nazilya Akhundova, Aynur Babashli

Через екологічні проблеми дедалі більша увага приділяється молочній сироватці як цінній вторинній сировині. Сучасні дослідження підтверджують її високу харчову та біологічну цінність завдяки вмісту лактози, білків та мінералів. Об'єктом цього дослідження є виробництво функціональних напоїв на основі молочної сироватки, збагаченої натуральними соками з яблук, обліпихи та груш, вирощених у північних регіонах Азербайджану. Проблема, яку необхідно вирішити, полягає у створенні безвідходної технології переробки, яка перетворює молочну сироватку на функціональний продукт з покращеними органолептичними та поживними властивостями. Розробка таких технологій сприяє раціональному використанню ресурсів та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

Були досліджені органолептичні та фізико-хімічні властивості як контрольного зразка молочної сироватки, так і експериментальних зразків з додаванням соків. Було виявлено, що додавання рослинних компонентів покращує смак, аромат та зовнішній вигляд напою, а також підвищує його харчову цінність. У статті представлено рецептуру та технологічну схему виробництва напоїв з покращеними органолептичними властивостями та стабільністю зберігання. Фізико-хімічний аналіз підтверджує відповідність розроблених напоїв ГОСТ Р 56543-2015, а моніторинг змін кислотності, сухої речовини та цукру протягом 5-денного періоду зберігання в холодильнику ($0...+6^{\circ}\text{C}$) демонструє задовільну стабільність продукту. Таким чином, запропонована технологія переробки молочної сироватки на функціональні напої не лише сприяє розширенню асортименту продуктів з високою доданою вартістю, але й вирішує екологічні проблеми, пов'язані з утилізацією молочних відходів. Все вищезазначене дозволяє стверджувати про необхідність впровадження цієї технології в промислове виробництво.

Ключові слова: молочна сироватка, молочні відходи, функціональні напої, утилізація відходів, екологічні проблеми.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.339809

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДУ ПРЕБІОТИЧНИХ ДОБАВОК НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА СЕНСОРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРЕСІНГІВ В NORECA (с. 94–101)

К. В. Куниця, Н. В. Якименко-Терещенко, Н. В. Лапицька, Т. Б. Гонтар, Д. В. Липовий, С. Л. Юрченко, І. С. Баландіна, А. А. Рябев, Н. Ю. Кібенко, Л. В. Оболенцева

Об'єктом дослідження є процес формування якісних характеристик емульсійних соусів-дресінгів для системи NoReCa, збагачених пребіотичними добавками. Розглянуто проблему раціоналізації стабільності та покращення органолептичного профілю модельних емульсійних систем для соусів-дресінгів, що містять цінну конопляну олію, схильну до окиснення через вміст ω -3 поліненасичених жирних кислот. Обґрунтовано концентрацію пребіотичних добавок в модельній емульсійній системі соусу-дресінгу (инулін – $3,5\%$, олігофруктоза – $4,0\%$). Встановлено, що комбіноване використання даних добавок не тільки стабілізує консистенцію

продукту, а й суттєво знижує гіркоту (на 44%) та підвищує кремовість текстури (на 21%) порівняно з контрольним зразком. Це явище обумовлено комплексним впливом пребіотичних добавок, що проявляють одночасно стабілізуючу та антиоксидантну активність. Механізм дії полягає у модуляції реологічних властивостей системи за рахунок зміни міжфазного натягу та формування додаткових водозв'язуючих комплексів. Паралельно спостерігається селективне зв'язування вільних радикалів на межі розподілу олійної та водної фаз, що інгібує процеси окиснення ліпідів. Такі структурні зміни призводять до підвищення стабільності емульсії та поліпшення її текстурних характеристик. Особливістю отриманих результатів є комплексний підхід, який поєднує покращення сенсорних якостей із підвищенням стабільності готового продукту. Економічні розрахунки підтверджують, що зростання собівартості соусу-дресингу запропонованого складу на 21% компенсується можливістю преміального ціноутворення та зниженням логістичних витрат на реалізацію. Практичне застосування результатів дозволяє розробляти дрсинги оздоровчого призначення з покращеними споживчими якостями, адаптовані до вимог сучасного ринку громадського харчування.

Ключові слова: соуси-дресинги, пребіотичні добавки, інулін, олігофруктоза, реологічні характеристики, сенсорний профіль.