International periodic scientific journal
ONLINE
www.sworldjournal.com
D.A.Tsenov Academy of Economics - Svishtov (Bulgaria)

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
(ICV: 73)
GOOGLESCHOLAR

SWorld Journal

Issue №34
Part 1
November 2025

Published by:
SWorld & D.A. Tsenov Academy of Economics, Svishtov,Bulgaria

ISSN 2663-5712
DOI: 10.30888/2663-5712

Editor: Shibaev Alexander Grigoryevich, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician*
Scientific Secretary: Kupriienko Sergiy, *PhD in Technical Sciences*

Editorial board: More than 400 doctors of science. Full list on page:
https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/about/editorialTeam

Expert-Peer Review Board of the journal: Full list on page:
https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/expertteam

The International Scientific Periodical Journal "SWorldJournal" has gained considerable recognition among domestic and foreign researchers and scholars. Today, the journal publishes authors from from different countries.

Journal Established in 2018. Periodicity of publication: 6 times a year

The journal activity is driven by the following objectives:

- Broadcasting young researchers and scholars outcomes to wide scientific audience
- Fostering knowledge exchange in scientific community
- Promotion of the unification in scientific approach
- Creation of basis for innovation and new scientific approaches as well as discoveries in unknown domains

The journal purposefully acquaints the reader with the original research of authors in various fields of science, the best examples of scientific journalism.

Publications of the journal are intended for a wide readership - all those who love science. The materials published in the journal reflect current problems and affect the interests of the entire public.

Each article in the journal includes general information in English.

The journal is registered in the INDEXCOPERNICUS, GoogleScholar.

DOI: 10.30888/2663-5712.2025-34-01

Published by:
SWorld &
D.A. Tsenov Academy of Economics
Svishtov, Bulgaria
e-mail: editor@sworldjournal.com

Copyright
© Authors, scientific texts 2025

https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj34-01-047
DOI: 10.30888/2663-5712.2025-34-01-047

UDC: 664-4:62-97

MODERN PACKAGING TECHNOLOGIES IN THE FOOD

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПАКУВАННЯ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Fedoriv V.M. / Федорів В.М.
c.t.s., as. prof. / к.т.н.,доц.
ORCID: 0000-0002-4499-0910
Stechyshyn M. S. / Стечишин М.С.
d.t.s ., prof. / д.т.н., проф.
ORCID: 0000-0001-5780-2790
Martynyuk A.V./ Мартинюк А.В.
c.t.s., as. prof. / к.т.н.,доц.
ORCID: 0000-0001-8277-1308
Liukhovets V.V. / Люховець В.В.
c.t.s. / к.т.н.
ORCID: 0000-0002-6978-7820
Tkach B. O. / Ткач Б. О.
student
Khmelnytskyi National University,
11 Instytutska St., Khmelnytskyi, 29016
Хмельницький національний університет,
вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016

Abstract. *The article discusses modern packaging technologies in the food industry that determine the competitiveness of products and their compliance with sustainable development requirements. The main trends in the development of packaging materials and technical means are analyzed, in particular the introduction of biopolymers, nanocomposites, active and «smart» packaging systems. It provides a description of technological solutions for the automation of packaging processes, digital marking, and the integration of intelligent quality control systems. It highlights the role of environmental aspects and regulatory requirements in shaping the modern strategy for food packaging. It justifies the need to transition to circular production models and implement the principles of a «green» economy.*

The main result of the study is the systematization of directions for technological improvement of packaging processes with the aim of increasing the efficiency, safety, and environmental friendliness of production. A conclusion is made about the prospects of a comprehensive approach to the selection of materials, technologies, and equipment, taking into account the life cycle of packaging and digital management technologies.

Key words: *packaging, food industry, biopolymers, automation, digitalization, sustainable development, innovative materials.*

Introduction.

Packaging is an integral part of the food industry, which not only performs protective and informational functions, but also determines the consumer appeal of a product, the economic feasibility of its manufacture, and its compliance with environmental standards. In the current context of food technology development, the introduction of the latest packaging solutions focused on product safety, logistics

optimization, resource reduction, and minimization of environmental impact is becoming particularly important.

According to analytical data from the European Packaging Manufacturers Association (EPBP, 2024), packaging accounts for 10 to 30% of the cost of food products, which requires its technical and economic improvement. Modern technologies are aimed at combining functionality, environmental friendliness, and digital data management capabilities throughout the product life cycle [1,2].

The purpose of this article is to summarize current technological solutions in the field of food packaging, outline the main trends in the development of the industry, and argue for the prospects of introducing innovative and sustainable technologies.

Research methodology.

The global packaging market is showing steady growth of 3–5% annually. Key trends include reducing packaging weight, increasing the use of recycled materials and biopolymers, and incorporating functional characteristics into materials.

The following technological vectors are common in the food industry:

- active packaging that comes into contact with the product or the external environment to extend shelf life (e.g., the use of oxygen or moisture absorbers);
- «smart» packaging equipped with sensors or indicators that monitor the condition of the product and notify of changes in temperature, humidity, or microbiological safety;
- multilayer composite structures that combine barrier, mechanical, and thermal properties.

At the same time, an important trend is the digitization of packaging processes, in particular the introduction of tracking systems based on QR codes, RFID tags, and blockchain platforms to ensure product traceability [3-7].

Research results.

The development of polymer chemistry and nanotechnology has opened up new opportunities for creating materials with specific properties. Biodegradable polymers based on polylactide, polyhydroxyalkanoates, and starch are becoming viable alternatives to traditional polyethylene and polypropylene. Their use reduces the

carbon footprint and facilitates the disposal of packaging waste.

Nanocomposite materials with admixtures of nanoclay, titanium dioxide, or silver improve the barrier properties of packaging and increase its antimicrobial potential.

In the field of paper and cardboard packaging, water-based bio-lacquers and barrier coatings are being introduced, which guarantee moisture and grease resistance without the use of a polyethylene layer [8-11].

Among the packaging methods, vacuum packaging, modified atmosphere packaging, and aseptic packaging have become particularly widespread, as they ensure the microbiological stability of products without heat treatment.

Automation of packaging lines is a key factor in increasing the productivity of food production. Modern systems provide not only high speed and accuracy of dosing, but also flexibility of settings for different product formats.

The development of Industry 4.0 promotes the integration of robotics, sensors, and intelligent control systems into packaging complexes. The use of vision systems allows for automatic monitoring of seam tightness, label integrity, and marking presence [12-15].

Digital twins of packaging lines are used to model processes, optimize energy consumption, and predict maintenance.

The application of Lean manufacturing principles in packaging processes minimizes the loss of time, materials, and energy, which directly affects the economic efficiency of enterprises.

The environmental safety of packaging materials is one of the key criteria for their modern assessment. Within the concept of a circular economy, manufacturers are moving from a «take–make–dispose» model to a «reuse–recycle–recover» model, which involves the reuse, recycling, and recovery of packaging [16-18].

The European strategy «Circular Packaging 2030» stipulates that by 2030, all packaging entering the EU market must be suitable for reuse or recycling. These requirements are also relevant for Ukraine in the process of harmonizing technical legislation with EU standards.

Sustainable development in the field of packaging involves:

– reducing the weight and thickness of packaging materials;

– transitioning to environmentally friendly dyes and adhesives;

– creating systems for the collection and recycling of secondary raw materials;

– using renewable resources and energy sources in production.

The use of eco-design in packaging allows for a combination of aesthetics, functionality, and reduced environmental impact. An important component is eco-information labeling, which contributes to raising environmental awareness among consumers.

An analysis of current trends in packaging technologies has shown that the effectiveness of innovation in the food industry is determined by a combination of three interrelated aspects: functional efficiency of packaging, energy efficiency of the technological process, and environmental safety of materials [19-22].

Calculations based on data from the international agencies Packaging Europe and European Bioplastics show that the use of biopolymers in food packaging reduces the consumption of primary polymers by 18–25% and reduces CO_2 emissions by an average of 30–35% compared to traditional polyethylene. At the same time, the cost of recycling biopackaging is reduced by 12–15% thanks to simplified disposal logistics.

A comparative analysis of three types of packaging lines – traditional mechanical, automated modular, and robotic digital – showed that:

- ✓ productivity increases by 1.8–2.5 times when switching to fully automated systems;
- ✓ the defect rate decreases by 30–40% thanks to the use of visual control systems;
- ✓ energy consumption decreases by an average of 10–15% due to the use of frequency control of drives and optimization of operating cycles.

Additional results of modeling packaging processes using digital twins show that the introduction of Predictive Maintenance technologies reduces unplanned downtime by 25–30%, which directly affects the cost of finished products [23-26].

Discussion of the results shows that the greatest effect is achieved with a comprehensive approach – a combination of automation, digital control, and the use of sustainable packaging materials. At the same time, the economic feasibility of

innovations depends on the scale of production: for small enterprises, it is recommended to implement phased modernization, starting with quality control and energy management systems.

An environmental analysis of the packaging life cycle (LCA methodology – Life Cycle Assessment) shows that the largest contribution to the overall carbon footprint comes from the production of packaging materials (up to 70%), while transportation and disposal account for about 20% and 10%, respectively. This confirms the feasibility of developing lighter, biodegradable, and energy – efficient packaging.

The expansion of digitalization allows packaging to be integrated into the enterprise management system through ERP and IoT platforms, which creates opportunities for operational quality control, tracking of product batches, and implementation of traceability principles. This approach has already been implemented in EU companies and has resulted in a reduction in complaints to 0,2–0,4% of total deliveries.

Thus, research results show that the introduction of modern packaging technologies in the food industry is an economically, technologically, and environmentally sound direction for development. The synergy of innovative materials, automation, and sustainable development principles ensures increased production efficiency and competitiveness of enterprises in the global market [27-31].

Conclusions.

An analysis of modern packaging technologies in the food industry shows that the development of the industry is focused on the integration of innovative materials, digital technologies, and sustainable production approaches.

The main areas for further improvement are: the introduction of biopolymers and nanocomposites with high barrier properties; automation and robotization of packaging lines using machine vision systems; digitization of packaging life cycle management; implementation of the principles of circular economy and eco-design.

A comprehensive combination of technical, economic, and environmental approaches will ensure the formation of an innovative packaging production model focused on energy efficiency, safety, and sustainable development of the food industry.

References

1. ISO 18604:2013. *Packaging and the environment — Material recycling*. International Organization for Standardization, 2013.

2. Plastics Europe. *Plastics – the Facts 2023: An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Brussels, 2023

3. Piddubnyy V., Kahanets-Havrylko L., Fedoriv V., Senchishin V., Stadnyk I. Peculiarities of heat exchange in dough under rotary rollers action. Scientific Journal of TNTU (Tern.). –Vol 109, № 1.).–2023– P. 43-53.

4. Stadnyk I., Piddubnyy V., Chagaida A., Fedoriv V. Dynamics of interaction of components during mixing. Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, –2022. – Vol 107. № 3. – P. 86-98.

5. Stadnyk, I., Piddubnyi, V., Kolomiiets, O., Chahaida, A., Kravets, O., Fedoriv, V., Ieremeieva, O., Mihailik, V., Kravcheniuk, R., Radchenko, I. (2025). Determining the influence of drum mixer parameters on the change in dough components concentration at the initial mixing stage. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (11 (134)), 6–15.

6. Stadnyk I., Piddubnyi V., Mykhailyshyn R., Petrychenko I., Fedoriv V., Kaspruk V. The Influence of Rheology and Design of Modeling Rolls On the Flow and Specific Gravity During Dough Rolling and Injection. Journal of Advanced Manufacturing Systems.– 2023. –Vol. 22(02). – P.403–421.

7. Stechyshyn M.S., Martynyuk A.V., Oleksandrenko V.P., Bilyk Yu.M. Cavitation-Erosion Wear Resistance of Fluoroplasticics in Model Food Production Media. J. Frict. .–2019. –Vol. 40. P.468-474.

8. M. S. Stechyshyn, A. V. Martynyuk, Y. M. Bilyk, V. P. Oleksandrenko, N. M. Stechyshyna. Influence of the ionic nitriding of steels in glow discharge on the structure and properties of the coatings. Mater. Sci.,53, No. 3, 343–349 (2017).

9. Fedoriv V.M., Liukhovets V.V., Mankov V.I., Stepanets O.V. Обгрунтування конструкцій хлібопекарських печей з рециркуляцією продуктів згоряння. Modern Engineering and Innovative Technologies. – Issue №35, Part 1,– Karlsruhe.–2024.– P.30-36.

10. Fedoriv V.M., Stechyshyn M.S., Martynyuk A.V., Kurskoi V.S., Pereima A.R. Обгрунтування конструктивних параметрів віброзмішувачів для борошняних компонентів. Modern Engineering and Innovative Technologies. – Issue №32, Part 1,– Karlsruhe.–2024.–P.11-19.

11. Fedoriv V.M., Stechyshyn M.S., Martynyuk A.V., Liukhovets V.V., Honcharuk V., Matsiuk I. Проєктування впливу експлуатаційних параметрів на деформацію тіста при нагнітанні. Modern Engineering and Innovative Technologies. Issue №37, Part 1,– Karlsruhe.–2025.–P.36-46.

12. Prylipko T.M., Fedoriv V.M., Kostash V.B. Упаковка свіжого м'яса у модифікуваній атмосфері. Modern Engineering and Innovative Technologies. Issue №23, Part 1,– Karlsruhe.–2022.–P.26-35.

13. Fedoriv, V., Stechyshyn, M., Martynyuk, A., Liukhovets, V., Lysenko, I., Trofymchuk, M. Design and construction of operational performance of modern flour mixers. SWorld-Ger Conference Proceedings.The current stage of development of scientific and technological progress '2025 . –No. gec37-00(2025). – C. 7–11.

14. Fedoriv V.M., Liukhovets V.V., Lisevych D.V., Manita I.M. Substantiation of structural and mechanical characteristics of baking bakery products. SWorld-Ger Conference Proceedings. Technique and technology of the future '2024. –No. gec35-00(2024). – C. 9–13.

15. Fedoriv V.M., Stechyshyn M.S., Martynyuk A.V., Kurskoi V.S., Pereima A.R. Determination of the relative speed for screening bulk materials. SWorld-Ger Conference Proceedings. Scientific and technological revolution of the XXI century '2024. –No. gec32-00(2024). – C. 5–9.

16. Артеменко, О. В. Тенденції розвитку екологічного пакування у харчовій промисловості. *Харчова промисловість*, 2021, №4, с. 15–21.

17. Доломакин Ю.Ю., Ковалёв А.В., Глуздань А.А., Федоров В.М. Теплопоглощение тестовой заготовкой в процессе выпечки в конвективных хлебопекарных печах // Ukrainian Food Journal. – 2012. – № 2. – С. 84-87.

18. Експлуатація та обслуговування обладнання. Лабораторний практикум: навчальний посібник. / В.М. Федорів, В.П. Олександренко, А.В. Мартинюк, В.В.

Люховець. – Київ: Видавництво «Центр учбової літератури», 2025. – 198с.

19. Каплун П. В. Енергозберігаючі технології підвищення довговічності та надійності деталей машин. / П. В. Каплун, В. А. Гончар, В. В. Люховець. // Підвищення надійності машин і обладнання. 1-а Міжнародна науково-практична конференція. – Кропивницький. 2019. – С. 113-114.

20. Ковальов О.В., Бабко Є.М., Місечко М.О., Федорів В.М. Zeovac вакуумне охолодження – технологія майбутнього //Хлебопекарное и кондитерское дело. – 2010. –№2. – С.28-30.

21. Ковалёв А.В., Бурлака Е.Н., Мисечко Н.О., Федоров В.М. Теплопоглощение тестовой заготовкой в процессе выпечки // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. –№ 5, – 2008. – С. 36-37.

22. Ковалёв А.В., Бурлака Е.Н., Леметар С.Ю., Федоров В.М. Теплопоглощение тестовой заготовкой в конвективних хлебопекарных печах // Хлебопекарское и кондитерское дело. –№ 3. – 2008. – С. 48 - 49.

23. Логвінський Р.В., Доломакін Ю.Ю., Ковальов О.В., Федорів В.М. Теоретичні розрахунки і практичні вимірювання параметрів теплообміну в конвективних хлібопекарських печах // Ukrainian Food Journal. – 2012. – № 1. – С. 86-90.

24. Мельник, І. А., Романюк, Ю. В. Інноваційні рішення у пакуванні харчових продуктів. *Вісник НУХТ*, 2020, Т. 26, №2, с. 142–150.

25. Приліпко Т.М., Федорів В.М. Методи сучасних видів експертизи якості, ідентифікації фальсифікації продовольчої сировини тваринного походження Вісник Львівського торговельно-економічного університету Технічні науки. Харчові технології. 2023. № 35. С. 43–48.

26. Приліпко Т. М., Косташ В. Б., Федорів В. М. Вплив режимів стерилізації на динаміку окислення жиру при виробництві і зберіганні консервів. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки.– 2022.– № 31. – С. 126–131.

27. Приліпко Т. М., Косташ В. Б., Федорів В. М. Розробка технології напівфабрикатів рублених м’ясних збагачених виробів з пролонгованими

термінами придатності для харчування в дитячих закладах. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки.– 2023.– № 33. – С. 60–65.

28. Стадник І., Деркач А., Кравченюк Х., Федорів В. Вплив технологічного середовища на механічне зношування робочих органів машини. SWorldJournal. –2024. –№ 1(23-01). –С. 31–38.

29. Стечишин М. С. Технологія азотування в тліючому розряді сталей різального комплекту м'ясоподрібнювальних машин / М. С. Стечишин, В. П. Олександренко, М. В. Лук'янюк, В. В. Люховець, М. М. Лук'янюк // Проблеми трибології. – Хмельницький: ХНУ. 2017. – № 2. – С.50-55.

30. Федорів В.М., Олександренко В.П., Мартинюк А.В. Експлуатація та обслуговування обладнання: навч.посіб. Хмельницький: ХНУ, 2024. 335 с.

31. Проєктування підприємств харчової промисловості: навчальний посібник / В.М. Федорів, М.С. Стечишин, А.В. Мартинюк, Н.К. Медведчук – Київ: Видавництво «Центр учбової літератури», 2025. –394 с.

Анотація. *У статті розглянуто сучасні технології пакування у харчовій промисловості, які визначають конкурентоспроможність продукції та її відповідність вимогам сталого розвитку. Проаналізовано головні тенденції розвитку пакувальних матеріалів і технічних засобів, зокрема впровадження біополімерів, нанокомпозитів, активних та «розумних» пакувальних систем. Наведено характеристику технологічних рішень щодо автоматизації пакувальних процесів, цифрового маркування та інтеграції інтелектуальних систем контролю якості. Висвітлено роль екологічних аспектів та нормативних приписів у формуванні сучасної стратегії пакування харчових продуктів. Обґрунтовано необхідність переходу до циклічних моделей виробництва та впровадження принципів «зеленої» економіки.*

Основним результатом дослідження є систематизація напрямів технологічного вдосконалення пакувальних процесів із метою підвищення ефективності, безпечності та екологічності виробництва. Зроблено висновок про перспективність комплексного підходу до вибору матеріалів, технологій та обладнання з урахуванням життєвого циклу пакування та цифрових технологій управління.

Ключові слова: *пакування, харчова промисловість, біополімери, автоматизація, цифровізація, сталий розвиток, інноваційні матеріали.*

Article sent: 18.11.2025

© Fedoriv V.M., Stechyshyn M.S., Martynyuk A.V., Liukhovets V.V., Tkach B.O.

SOLVING A LINEAR DIFFERENCE EQUATION OF FINITE ORDER

Kruglov V.

Scientific publication

International periodic scientific journal

ScientificWorldJournal

Issue №34
Part 1
November 2025

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
high impact factor (ICV: 73)

Articles published in the author's edition

Academy of Economics named after D.A. Tsenov Bulgaria jointly with SWorld

Signed: November 30, 2025

e-mail: editor@sworldjournal.com
site: www.sworldjournal.com

www.sworldjournal.com

ISSN 2663-5712