



VI Міжнародна науково-практична
конференція

ПРОБЛЕМИ ТА ДОСЯГНЕННЯ СУЧАСНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ

27 березня 2026 р.
м. Харків, Україна

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА БІОТЕХНОЛОГІЇ**

**MINISTRY OF HEALTH OF UKRAINE
NATIONAL UNIVERSITY OF PHARMACY
DEPARTMENT OF BIOTECHNOLOGY**

**ПРОБЛЕМИ ТА ДОСЯГНЕННЯ
СУЧАСНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ**

**PROBLEMS AND ACHIEVEMENTS
OF MODERN BIOTECHNOLOGY**

**Матеріали
VI міжнародної науково-практичної
конференції**

**Materials
of the VI International Scientific and Practical
Conference**

**ХАРКІВ
KHARKIV
2026**

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА БІОТЕХНОЛОГІЇ

**ПРОБЛЕМИ ТА ДОСЯГНЕННЯ
СУЧАСНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ**

**Матеріали
VI міжнародної науково-практичної
конференції**

**27 березня 2026 року
Харків**

Редакційна колегія: проф. Кухтенко О.С., проф. Рубан О.А., проф. Хохленкова Н.В., доц. Двінських Н.В., доц. Калюжная О.С.

С 89 Проблеми та досягнення сучасної біотехнології: матеріали VI міжнародної наук.-практ. конф. (27 березня 2026 р., м. Харків). – Електрон. дані. – Х. : НФаУ, 2026. – 473 с. – Назва з тит. екрана.

Збірка містить матеріали науково-практичної конференції, тематика якої охоплює такі напрями: фармацевтична та медична біотехнологія, перспективні біологічно активні речовини, харчова біотехнологія, продукти здорового харчування, екологічна біотехнологія, природоохоронні технології, біотехнологія у рослинництві, тваринництві та ветеринарії, сучасні біотехнології для народного господарства, розробка, виробництво, забезпечення та контроль якості лікарських засобів, мікробіологічні дослідження на етапах розробки, виробництва та контролі якості харчових продуктів, ветеринарних та лікарських препаратів, організаційно-економічні аспекти діяльності біотехнологічних та фармацевтичних підприємств у сучасних умовах, маркетингові дослідження у біотехнології та фармації, теорія та практика підготовки здобувачів вищої освіти спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія».

Для широкого кола науковців, магістрантів, аспірантів, докторантів, співробітників біотехнологічних та фармацевтичних підприємств та фірм, викладачів вищих навчальних закладів наукових і практичних працівників фармації та медицини.

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір, точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, власних імен та інших відомостей. Матеріали подаються мовою оригіналу.

A modern approach to developing specifications for a generic drug used to treat aromatic amino acid metabolism disorders

Afanasenko O., Nesterenko V.

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

olga.afanasenko@nmu.ua

Keywords: generic medicinal products, aromatic amino acid metabolism disorders, hereditary tyrosinemia type I, amino acid mixtures, quality specifications, quality control, pharmacopoeial requirements.

Introduction. Inherited disorders of aromatic amino acid metabolism, particularly hereditary tyrosinemia type I, are severe genetic diseases requiring lifelong dietary and pharmacological management. Specialized amino acid mixtures free of tyrosine represent the cornerstone of therapy, as they provide essential amino acids while preventing the accumulation of toxic metabolites.

In Ukraine, the regulatory framework for generic medicinal products is undergoing active harmonization with European standards; however, specific and unified approaches to the development of quality specifications for amino acid-based generics remain insufficiently elaborated. The absence of standardized specification models may lead to variability in product quality, dosing uniformity, and therapeutic effectiveness. Therefore, the development of a modern, scientifically substantiated approach to quality specifications for generic medicinal products based on amino acid mixtures without tyrosine is highly relevant for improving regulatory practice and ensuring patient safety.

Materials and Methods. The study was based on a comprehensive analysis of scientific literature, international and national regulatory documents, pharmacopoeial monographs, and European guidelines (including ICH Q6A). The physicochemical properties of individual amino acids included in the formulation (L-leucine, L-valine, L-methionine, L-tryptophan, and L-

arginine) were evaluated to justify critical quality attributes. Pharmacopoeial methods of analysis recommended by the State Pharmacopoeia of Ukraine were applied for the assessment of identification, content, moisture, dosage uniformity, disintegration time, and microbiological purity. A comparative analysis of quality specifications of reference amino acid products available on the pharmaceutical market was performed to substantiate acceptable limits and control strategies.

Results. A structured and scientifically grounded approach to the development of quality specifications for a generic medicinal product containing an amino acid mixture without tyrosine was proposed. Critical quality parameters were identified, taking into account the multicomponent nature of the formulation and the physicochemical diversity of the amino acids. Particular attention was paid to dosage uniformity, as variability in amino acid distribution poses a significant risk in complex mixtures. Appropriate analytical and pharmacotechnological control methods were selected in accordance with pharmacopoeial requirements. The proposed specification was shown to be consistent with the quality standards of reference products and aligned with modern regulatory principles.

Conclusions. The study substantiates a modern approach to the development of quality specifications for generic medicinal products based on amino acid mixtures used in the treatment of aromatic amino acid metabolism disorders. The proposed specification ensures product safety, stability, and reproducible therapeutic effectiveness and can be applied during pharmaceutical development, registration, and quality control of generic amino acid-based medicinal products. The results contribute to the harmonization of Ukrainian regulatory practice with international pharmaceutical standards.

Development of modern quality requirements for a dietary supplement containing silymarin

Afanasenko O., Vysotska D.

Department of Medicinal Chemistry and Toxicology
Bogomolets National Medical University,
Kyiv, Ukraine
olga.afanassenko@nmu.ua

Keywords: silymarin, dietary supplements, quality control, standardization, flavonolignans, pharmaceutical analysis

Introduction. Silymarin is a complex of biologically active flavonolignans derived from *Silybum marianum*, widely used in dietary supplements intended to support liver function and detoxification processes. Due to its antioxidant, anti-inflammatory, and membrane-stabilizing properties, silymarin-containing products are in high demand and are extensively represented on the pharmaceutical and consumer markets. However, dietary supplements in Ukraine are regulated as food products rather than medicinal products, which results in limited requirements for standardization, identification, and quantitative determination of active substances.

The chemical complexity of silymarin, variability of plant raw materials, and differences in extraction technologies lead to significant heterogeneity in the composition and quality of commercially available products. In many cases, the declared content of silymarin is not sufficiently substantiated by validated analytical methods. In contrast, international pharmacopoeias provide clear approaches to the quality control of *Silybum marianum* extracts, including chromatographic identification and quantitative analysis of flavonolignans.

Therefore, the development of modern, scientifically justified quality requirements for dietary supplements containing silymarin is highly relevant. Harmonization of national quality control approaches with international

standards is essential to ensure the safety, efficacy, and reproducibility of silymarin-based dietary supplements on the Ukrainian market.

Materials and Methods: The object of the study was dietary supplements containing silymarin and extracts of *Silybum marianum* available on the Ukrainian pharmaceutical market. The research was based on the analysis of scientific literature, regulatory documents, and international pharmacopoeias. Market analysis of silymarin-containing dietary supplements was conducted with regard to dosage forms and declared content of the active substance. Analytical approaches used for quality assessment included thin-layer chromatography (TLC), high-performance liquid chromatography (HPLC), optical rotation, mass uniformity testing, disintegration testing, and microbiological purity evaluation in accordance with the requirements of the State Pharmacopoeia of Ukraine and the European Pharmacopoeia.

Results: The study revealed significant variability in the composition and declared silymarin content of dietary supplements presented on the Ukrainian market, as well as the lack of unified requirements for their standardization. Based on the analysis of international pharmacopoeial approaches, a draft specification for a dietary supplement containing silymarin was developed. Key quality indicators and appropriate analytical control methods for identification, quantitative determination, physicochemical parameters, and microbiological purity were proposed.

Conclusions: Modern scientifically substantiated requirements for the quality control of dietary supplements containing silymarin were formulated. The proposed specification and analytical approaches may be used to improve quality assurance, harmonize national regulations with international standards, and enhance the safety and efficacy of silymarin-based dietary supplements.

**Water-salt extract of *Hirudo verbana* as a source of promising
biologically active compounds with reparative activity**

Aminov R. F., Aminova A. S.

Educational and research laboratory of cellular and organismal biotechnology,
research division, Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine

91_amin_91@ukr.net

Thermal skin injuries are accompanied by pronounced inflammation, tissue destruction, and delayed reparative processes, highlighting the need for new effective wound-healing agents. An important direction in pharmaceutical and medical biotechnology is the use of natural sources of biologically active compounds capable of exerting a complex effect on wound repair. In this context, the water-salt extract of *Hirudo verbana* represents considerable scientific and practical interest.

To evaluate the reparative activity of the water-salt extract of *Hirudo verbana* in an experimental model of thermal skin injury in rats.

The study was conducted on 30 outbred white rats divided into control and experimental groups. A grade IIIa–IIIb thermal burn was induced on a depilated dorsal skin area under ketamine anesthesia. Starting 24 hours after injury, animals in the experimental group received daily topical applications of the water-salt extract of *Hirudo verbana*.

Wound healing was assessed on days 3, 7, 14, and 30 using wound area dynamics, epithelialization degree, and wound healing rate coefficient. All experiments were conducted in accordance with established bioethical guidelines.

Application of the water-salt extract of *Hirudo verbana* significantly accelerated reparative processes, as evidenced by faster wound area reduction, enhanced epithelialization, and decreased inflammatory manifestations compared with controls.

These findings confirm the potential of *Hirudo verbana* extract as a promising source of biologically active compounds for the development of biotechnological and pharmaceutical wound-healing agents.

**Plant photobiotechnology: spectral regulation of morphogenesis
and metabolism in seedlings under hydroponic culture**

Avksentieva O., Batuieva Y., Kutsyk O., Hanzenko M.

V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

kucik2021b116@student.karazin.ua

Photobiotechnology represents a promising research frontier within the fields of plant science and biotechnology. The implementation of modern lighting technologies enables the effective management of growth and development in plants cultivated within controlled environment agriculture systems – specifically in vertical farming and urban agriculture – thereby increasing yields and enhancing biochemical composition. Light is a fundamental factor determining photosynthetic efficiency, growth rates, and the accumulation of biologically active substances in plant organisms. Modern trends in urbanized crop production and city farming necessitate the adoption of high-tech solutions to optimize plant production under controlled conditions. One of the most effective tools for managing biological parameters is the use of light-emitting diode (LED) systems, which allow for the precise modeling of the spectral composition of irradiation.

The purpose of this study is to establish the patterns of influence of monochromatic red (RL $\lambda=660$ nm) and blue (BL $\lambda=470$ nm) light on the ontogenesis of pea (*Pisum sativum* L.) seedlings, which serve as a valuable source of plant protein and vitamins. The research methodology based on a comparative analysis of two pea cultivars with contrasting photoperiodic sensitivities: the photoperiodically neutral cultivar "Haiduk" and the long-day cultivar "Otaman". Both cultivars are bred by Ukrainian selectors (originated by the V.Ya. Yuryev Institute of Plant Production of the NAAS of Ukraine) and are registered in the State Register of Plant Varieties of Ukraine. Plant cultivation was conducted in hydroponic culture using Knop's nutrient solution under closed artificial lighting conditions with strictly regulated microclimate parameters. Hydroponic systems facilitate soil-free cultivation using nutrient solutions, significantly reducing the risk of pathogen infection and increasing

the efficiency of water and nutrient utilization. The experimental design involved the differentiated application of various spectral regions to achieve targeted activation of specific plant photoreceptor systems: RL was used primarily to induce the phytochrome system, BL served as a stimulus for cryptochromes and phototropins. White light was employed as a control to provide an integrated spectral influence. This approach enabled a rigorous assessment of individual photoreceptor systems in regulating growth and biochemical processes, and revealed photomorphogenetic responses specific to the cultivars' photoperiodic status. The results demonstrate a clear dependence of morphophysiological parameters on both the spectral composition of light and the genotype. It was established that for the day-neutral cultivar "Haiduk", blue light acted as a potent stimulator for the formation of aboveground biomass and the development of a robust stem – a critical parameter for high-quality microgreen production. Conversely, the long-day cultivar "Otaman" exhibited specific sensitivity to red light, which induced intensive epicotyl elongation and active tendril response. This suggests that the phytochrome system in cultivars with different photoperiodic sensitivities interprets light signals differently, directly affecting plant development. Biochemical analysis confirmed the role of spectral composition in reprogramming metabolic processes. RL stimulated an increase in the content of easily soluble proteins, whereas BL activated the synthesis and transport of monosaccharides to the root system, ensuring superior root development and intensive energy metabolism. Furthermore, BL modulated the synthesis of primary photosynthetic pigments, namely chlorophylls a and b.

In conclusion, the obtained data prove that selective LED irradiation is an effective biotechnological method for controlling plant growth, development, and productivity. For practical application in city farming, it is recommended to implement cultivar-specific lighting regimes: utilizing the blue spectrum for neutral-type cultivars to increase green mass yield, and the red spectrum for long-day cultivars to harmonize the shoot-to-root development ratio. This approach allows not only for increased yields but also for the purposeful enhancement of the qualitative characteristics of plant products in urbanized environments.

**Recombinant DNA technology for development of human alpha subunit
chorionic gonadotropin (A HCG) production in the yeast strain *Saccharomyces
cerevisiae* and methylotrophic yeast *Komagataella phaffii***

Bayraktar V. M.

Mechnikov National University, Odesa, Ukraine
virolviro6@gmail.com

Introduction. Absence of production of α -subunit human chorionic gonadotropin in the country is forcing scientists to develop a technology for producing this valuable product for medicinal purposes.

The recombinant α -subunit human chorionic gonadotropin alpha is glycoprotein hormone (hCG), produced using recombinant DNA technology. It is nearly identical to the alpha subunits of other pituitary hormones like luteinizing hormone (LH), which share the same alpha subunit but a bit different beta subunit that determine their biological function. The recombinant alpha subunit is used in the production of recombinant (hCG) and has applications in assisted reproductive technologies like IVF (treatments include intracytoplasmic sperm injection (ICSI), where a single sperm is injected directly into an egg, and intrauterine insemination (IUI), which places prepared sperm into the uterus around the time of ovulation), as well as in research.

Chorionic gonadotropin is a heterodimeric glycoprotein secreted by the trophoblast of the placenta. Its actions resemble those of luteinizing hormone (LH), which has close structural similarities. Accordingly, its main therapeutic uses are in the treatment of anovulatory infertility and male infertility associated with hypogonadism caused by reduced gonadotropin secretion. Currently, it is mainly derived from the urine of pregnant women, but this is likely to be superseded by the use of recombinant hormone (hCG).

Gonadotropin therapy for fertility restoration: this is the primarily treatment to induce fertility.

Mechanism: stimulates the testes to produce testosterone and sperm.

Medications: Human chorionic gonadotropin (hCG): it is exactly action as luteinizing hormone (LH) and stimulates testosterone production in male testicles.

Hypogonadotropic hypogonadism (HH) in males is a condition where the pituitary gland or hypothalamus doesn't produce enough gonadotropin hormones (LH and FSH), leading to low testosterone and sperm production. Symptoms vary by age and can include delayed puberty, infertility, low libido, and loss of muscle mass. Diagnosis involves blood tests for testosterone, LH, and FSH. Treatment depends on the individual's goals, such as using testosterone replacement therapy for symptoms or gonadotropin therapy for fertility.

Aim: To develop plasmid which able to produce α -subunit gonadotropine chorionic for the treatment of primary and secondary hypogonadism in male.

Material and Methods: To implement of this project it is necessary first of all necessary to have: 1) host yeast strains. 2) shuttle vectors for molecular biology. 3) PAGE gel electrophoresis, to control and confirm product secretion.

Strain *Komagataella phaffii* GS-115 NRRL Y- 11430; NRRL Y-15851 is a widely used methylotrophic yeast for recombinant protein production, known for high-density growth and strong AOX1 promoter-driven expression. *Komagataella phaffii* GS115 is a histidine-auxotroph (*his4*), making it suitable for selection using the HIS4 marker. Its genome is roughly 9.4 Mb. Sensinive to Ampicilline.

Strain *Saccharomyces cerevisiae* BY-4741 is a widely used laboratory strain of budding yeast derived from the S288C background, optimized for genetic research. It is a haploid, ATCC catalog #201388. MAT α auxotrophic strain with deletions in: *his3*, *leu2*, *met15*, and *ura3*, making it ideal for genetic engineering and transformation. **Genotype:** MAT α *his3 Δ 1 leu2 Δ met15 Δ ura3 Δ* .

Shuttle vectors used: pYES2 and PIC9K.

The production of recombinant protein in this *Komagataella phaffii* GS-115 system is regulated through two promoters: Promoter of glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase (P_{GAP}) and promoter of AOX (P_{AOX1}). Despite several advantages, both promoters have no tenability. Protein production in yeast systems is dependent on the consumption of methanol at least 0.5% concentration of methanol is required

for the expression of recombinant proteins. The production could reach to the maximum level of 2% (wt/vol) of methanol utilizing plus.

Komagataella phaffii GS-115 required growth temperature for 28–30°C. Temperatures above 32°C could be detrimental to protein expression induction and can even cause cell death. Several studies revealed that by lowering the cultivation temperature from 30°C to 20°C, protein production can be improved according to higher yeast cell viability, decreased folding stress and lower proteolytic activity against the target protein – α -subunit human recombinant chorionic gonadotropin.

We used shuttle vectors: for yeast strains *Komagataella phaffii* GS-115

– vector **pPIC9K**, marker gene: His4, Kan, Amp. For yeast strain *Saccharomyces cerevisiae* BY-4741 **vector - pYES2**.

Gene ID: 1081. The alpha subunit of human chorionic gonadotropin (hCG) has molecular weight approximately 14.9 kD.

High-fidelity PCR Polymerase (ServiceBio Biotechnology Co.Ltd. China).
DNA purification and recovery.

Ultracentrifuge TG-15 Angle Rotor 24 x 1.5/2.2ml Angle Rotor 12 x 5ml, centrifuge speed - 21630 Rcf. (Sichuan Shuke Instrument Co., Ltd., Sichuan, China).

Electrophoresis vertical for polyacrylamide electrophoresis (PAGE gel electrophoresis) (Bio-Rad, California, US).

Medium for yeast culture: Yeast peptone dextrose agar (YPD).

Result and discussion: For development of secretor producing plasmide few steps necessary to follow: 1) gene design; 2) gene synthesis/PCR amplification; 3) vector preparation (plasmid digestion); 4) ligation or recombinant assembly; 5) transformation into host cells; 6) colony screening and verification; 7) plasmid preparation.

The following steps are necessary for synthesis of secreted plasmid in yeast gene ID: 1081. 1) cloning of the α -subunit human chorionic gonadotropin target gene into an expression vector with a signal sequence for secretion; 2) transformation of yeast cells with this vector, cultivation of transformed yeast and subsequent isolation of the secreted protein α -subunit human chorionic gonadotropin to the culture liquid.

This process allows the yeast to synthesize and secrete necessary protein (α -subunit human chorionic gonadotropin) outside the cell, not inside as usual accumulate and collect inside of cell. To create a secreting plasmid it is necessary cloning of gene.

The α -subunit human chorionic gonadotropin gene is cloned into a plasmid containing: 1) A promoter for gene expression in yeast; 2) A signal sequence that directs the synthesized protein into the cell's secretory pathway; 3) An antibiotic resistance gene for selection of transformed cells. The signal sequence must be compatible with the yeast secretory system for efficient protein efflux.

Transformation in yeast: plasmid are introduced into yeast cells using methods such as chemical transformation (Lithium acetate). Cultivation temperature of yeast +30°C. For cultivation of *Komagataella phaffii* GS-115 in media necessary to add optimal concentration 1.5-2% of methanol, because *Komagataella phaffii* are methylotrophic yeast. Therefore in Yeast peptone dextrose Broth (YPD) add optimal concentration 2% of methanol. For yeast strains save method are amount 300 μ l in 20% glycerol or lyophilization. Storage temperature minus -80°C, gene resistance to antibiotic - kanamycine (Kan).

Glycerol culture (stored at minus 80 degrees, shelf life 90 days). After receiving the glycerol strain, shake the preservation tube yeast strain solution does not adsorb on the tube wall. Use the inoculation loop to mark the line in four zones on the solid plate, and add the corresponding resistance if there is resistance. Inverted culture in constant temperature incubator for 12-16 hours. Be sure to pick a single colony and inoculate it in the liquid medium (YPD Broth) and add the corresponding resistance if there is resistance. Shake to the shaker and culture in thermobox overnight, and culture the strains according to the needs of the recombinant α -subunit human chorionic gonadotropin production.

Key steps in producing recombinant α -subunit human chorionic gonadotropin:

Gene and plasmid isolation: Scientists isolate the human α -subunit human chorionic gonadotropin gene and extract a plasmid from yeast. Cutting DNA: restriction enzymes are used to cut α -subunit human chorionic gonadotropin

gene and the plasmid at specific sites, creating "sticky ends". Ligating the gene into the plasmid: An enzyme called ligase joins the α -subunit human chorionic gonadotropin gene into the opened plasmid, forming a recombinant plasmid.

Transformation: recombinant plasmids are inserted into new yeast strains by chemical method of Lithium acetate. Fermentation: The yeast are grown in large fermentation bottles, where they multiply and use the inserted human gene to produce α -subunit human chorionic gonadotropin. Purification: α -subunit human chorionic gonadotropins then collected from the yeast cultural solution and undergoes a multi-step purification process to ensure its purity and safety including dialysis and chromatography with confirmation of PAGE Electrophoresis.

Genetic basis: yeast strain *Komagataella phaffii* GS-115 has a mutation in the HIS4 gene, which is essential for histidine biosynthesis.

Growth requirement: To compensate for the genetic defect, histidine must be supplied in the growth medium YPD (40 mg/L) to allow for normal growth and protein expression.

Optimal minimal conditions: adding histidine is especially important for optimal growth in YPA medium, but its absence causes a significant growth defect. Without histidine, the strain can not grow efficiently.

Restoring growth: The growth defect can be restored either by adding histidine to the medium or by expressing the HIS4 gene in the strain.

At same time *Saccharomyces cerevisiae* strain do not require anything except of cultural media (YPD Broth).

Conclusion: Recombinant alpha subunit of human chorionic gonadotropin (hCG) is a genetically engineered product, produced using yeast culture *Pichia pastoris* GS-115 and *Saccharomyces cerevisiae* BY-4741 that been modified to contain alpha subunit of human chorionic gonadotropin (hCG) gene ID: 1081. This process allows for the creation of a highly pure, animal-free version of alpha subunit of human chorionic gonadotropin (hCG), which is used to treat hypogonadism in male by injecting insufficient regulating of chorionic gonadotropin.

Spontaneous chromosome doubling in anther culture *in vitro* of barley intervarietal and interspecific hybrids

Bilynska O. V.

Yuriev Plant Production Institute of NAAS, Kharkiv, Ukraine
bilynskaov@gmail.com

Anther culture *in vitro* belongs to the biotechnologies aimed at production of homozygous fertile plants and their seed progeny. At the same time, in this experimental system morphogenic structures (calli, embryoids) and regenerated plants are derived from microspores – precursors of the male gametes with haploid chromosome number. Haploid plants possessing a half of chromosome composition are characterized by complete sterility which is a consequence of the serious disturbances in meiosis. Therefore in order to obtain homozygous doubled haploid lines haploids should be subjected to chromosome doubling by treatment with antimitotic agent colchicine for restoring their fertility. Fortunately, a specific cytological phenomenon – spontaneous chromosome doubling – occurred in anther culture *in vitro* drastically facilitates doubled haploid production in many economically important crops.

The frequency of spontaneous chromosome doubling in barley anther culture *in vitro* is very high. Analysis of the literature devoted to barley haploid production has shown that the rates of spontaneous doubled haploids among regenerated barley plants could vary from 70 to 90 %. This opens the possibilities for exclusion colchicine treatment as well as ploidy level determination for separation diploid and haploid regenerated plants.

Our long-term investigations in the field of spring barley haploid production have confirmed high rates of spontaneous chromosome doubling in anther culture *in vitro*. In particular, the frequencies of spontaneous chromosome doubling in anther culture of intervarietal spring barley hybrids ranged from 64 to 80 %. In contrast to these results, the level of spontaneous genome duplication was sufficiently decreased in anther culture *in vitro* of interspecific hybrids between cultivated barley *Hordeum*

vulgare L. and wild species *Hordeum spontaneum* C. Koch. In our experiments carried out on 20 interspecific crosses the mean level of spontaneous chromosome doubling reached only 46 %. It should be noted that interspecific hybrids had low androgenetic capacities resulted in low yield of regenerated plants. This means that each plant derived from a wide hybrid was of great interest for barley breeding as a carrier of introgressions of valuable adaptive and grain quality characters from wild species to cultivated barley. Therefore, determination of ploidy level in regenerated plants and further colchicine treatment of haploids appeared to be very important. In order to simplify the procedure of ploidy determination, indirect method based on the measurements of stomatal guard cell lengths was improved (fig.).

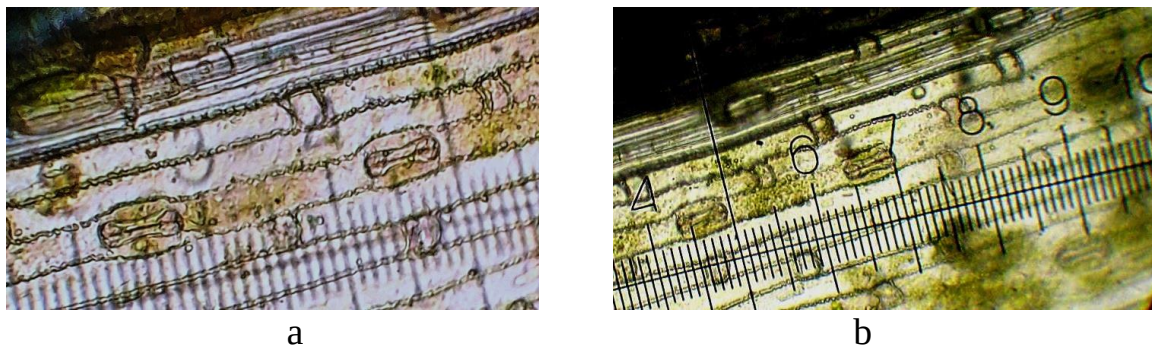


Fig. Guard cells of the stomata in diploid (a) and haploid (b) spring barley plants produced in anther culture *in vitro*. Light microscopy with ocular micrometer, $\times 150$.

This method is known to be time- and work-saving in comparison to chromosome counting in root tips, and it can be applied regardless cell cycle which is crucial one for chromosome counting. The other advantage of the developed method is that it allows cytological analysis on fresh plant material in contrast to technique based on chlorophyll extraction with boiled ethanol. Cytological preparations were made by careful removing upper layer of epidermis and mesophyll in the fresh leaves trying to prevent damage of the lower layer contacted with glass slide. After addition a drop of water, preparation was covered with slip. Epidermis can also be removed by means of scotch-tape. Sufficient quality of preparations for stomatal guard cell length determination can be obtained by replica technique using nail polish. All methods are simple and ensure highly efficient mass screening and selection of haploids for doubling their chromosome number.

Effect of cultivar on the chemical composition of blackberry (*Rubus fruticosus* L.) pomace

Čechovičienė I., Tarasevičienė Ž.

Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Kaunas, Lithuania

indre.cechovicene@vdu.lt

In the processing of fruits, berries, and vegetables, approximately 50% of the raw material is utilised for food production, while the remaining portion constitutes processing by-products.

The pomace remaining after the juicing of fruits and berries contains approximately 40% of the total solids and often possesses a higher concentration of bioactive and beneficial compounds than the juice itself. By-products of berry processing represent a valuable source of phenolic compounds, pigments, dietary fibres, essential oils, enzymes, vitamins, and fatty acids.

The chemical composition of fruits (berries) varies among different cultivars within the same genus, such as *Rubus fruticosus* L. (blackberries), which may lead to differences in the nutritional value and biochemical composition of the resulting pomace.

Figure 1 presents the blackberries (*Rubus fruticosus* L.) of the investigated ‘Polar’, ‘Orkan’, and ‘Brzezina’ cultivars and their corresponding lyophilized ground pomace.



Fig.1. Blackberry of different cultivars (1) and the lyophilized ground pomace (2)

The individual phenolic compounds were determined using the high-performance liquid chromatography (HPLC) method.

Epigallocatechin was identified as the predominant flavonoid, *p*-coumaric acid as the predominant phenolic acid and the cyanidin-3-*O*-glucoside as the predominant anthocyanin across all cultivars, all these compounds are noted for strong antioxidant activity (Table 1).

Table 1. Phenolic profile of blackberry pomace, mg g⁻¹ d.w.

Compound/ cultivar	‘Polar’	‘Orkan’	‘Brzezina’
<u>Flavonoids</u>			
Epigallocatechin	9.72 ± 0.40 a	7.28 ± 0.58 b	9.60 ± 0.24 a
Catechin	0.33 ± 0.01 c	0.48 ± 0.04 a	0.42 ± 0.01b
Epigallocatechin gallate	0.13 ± 0.02 a	0.12 ± 0.02 a	0.13 ± 0.00 a
Quercetin-3- <i>O</i> -rutinoside	0.26 ± 0.01 b	0.30 ± 0.01 a	0.25 ± 0.01 b
Kaempferol-3- <i>O</i> -glucoside	0.10 ± 0.01 b	0.04 ± 0.01 c	0.26 ± 0.01 a
Myricetin	0.01 ± 0.00 b	0.01 ± 0.00 b	0.02 ± 0.00 a
Quercetin	0.01 ± 0.00 a	0.01 ± 0.00 a	0.01 ± 0.00 a
Kaempferol	0.03 ± 0.00 b	0.05 ± 0.01 a	0.05 ± 0.00 a
Quercetin-3- <i>O</i> -glucoside	0.02 ± 0.00 b	0.03 ± 0.00 a	0.02 ± 0.00 b
<u>Phenolic acids</u>			
Chlorogenic acid	0.27 ± 0.01 b	0.30 ± 0.01 a	0.26 ± 0.01 b
Ellagic acid	0.28 ± 0.01 b	0.16 ± 0.00 c	0.30 ± 0.00 a
<i>p</i> -coumaric acid	1.05 ± 0.04 a	1.17 ± 1.14 a	1.16 ± 0.02 a
<u>Anthocyanins</u>			
Cyanidin-3- <i>O</i> -glucoside	8.93 ± 0.02 b	9.79 ± 0.05 a	6.19 ± 0.02 c
Cyanidin-3- <i>O</i> -rutinoside	7.65 ± 0.03 b	8.23 ± 0.03 a	5.33 ± 0.08 c

Note. Data expressed as means ± standard deviation. Different lowercase letters in the rows indicate significant differences between the mean values ($p \leq 0.05$).

The cultivar had a significant effect on the phenolic compound content in blackberry pomace. Among the cultivars, the pomace of ‘Brzezina’ exhibited the highest concentrations of certain polyphenols, specifically kaempferol-3-*O*-glucoside (0.26 mg g⁻¹), myricetin (0.02 mg g⁻¹), and ellagic acid (0.30 mg g⁻¹). In contrast, the pomace of the ‘Orkan’ cultivar contained higher levels of anthocyanins - cyanidin-3-*O*-glucoside and cyanidin-3-*O*-rutinoside - as well as other phenolic compounds, including catechin, chlorogenic acid, *p*-coumaric acid, quercetin-3-*O*-rutinoside, kaempferol, and quercetin-3-*O*-glucoside, compared to the other cultivars.

Enhancement of Lipophilic Compound Accumulation under Nitrogen Starvation in *Nostoc commune* Culture

Cheban B. A., Boiko K. V.

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

cheban.bohdan@chnu.edu.ua

Non-toxic representatives of the genus *Nostoc* are considered promising producers of biologically active substances and are attractive objects for modern biotechnology. Triacylglycerols, as precursors of biodiesel, attract special attention among energetically valuable metabolites. Quantitative indicators of lipid accumulation depend on taxonomic affiliation and physiological and biochemical characteristics of the strain. It has been shown that changes in nutrient medium parameters can significantly affect the lipid content in biomass. Regulation of temperature and pH also influences the fatty acid composition, promoting an increase in the proportion of unsaturated fatty acids. Considering the close integration of metabolic pathways in phototrophic organisms, changes in nitrogen supply affect not only triacylglycerol biosynthesis but also the production of other biologically valuable metabolites.

The aim of this study was to create conditions for enhancing the accumulation of lipophilic compounds in *Nostoc commune* for biodiesel production. The main influencing factor was determined to be nitrogen availability in the cyanobacterial culture. Nitrogen starvation is one of the key regulatory factors that determine metabolic processes in cyanobacterial cells, particularly in representatives of the genus *Nostoc*.

The material for the study was a collection culture of *Nostoc commune* Vaucher ex Bornet et Flahault. Cultivation was carried out under aseptic conditions using Zarrouk medium in 500 mL Erlenmeyer flasks. The culture was maintained at a temperature of 21 ± 2 °C under fluorescent light with an intensity of approximately 2500 lx and a photoperiod of 16 hours of light per day. The duration of cultivation was 14 days. The basic (control) medium contained 80 mg/L NaNO₃, corresponding

to 100% nitrogen source content. In experimental variants, the sodium nitrate concentration was gradually reduced to 75%, 50%, and 25% of the initial level. After cultivation, biochemical analysis of the samples was performed. The maximum biomass during cultivation was recorded under 100% nitrogen supply – 10 mg/mL on day 14. The biomass obtained under control conditions was characterized by the following parameters: total protein – 48.4%, lipids – 24.1%, chlorophyll a – 10.4 mg/g, and carotenoids – 10.95 mg/L.

A decrease in nitrogen availability resulted in a proportional decrease in biomass accumulation in the culture medium. The lowest biomass values were observed at 25% nitrogen supply. Under full nitrogen availability (100%), the triacylglycerol content was 24%. Reduction of nitrogen concentration in the medium led to increased accumulation of triacylglycerols in the cells. At 75% nitrogen supply, lipid content reached 32.1%. At 50% and 25% nitrogen supply, the production of these compounds approximately doubled. The difference between the 50% and 25% variants was not statistically significant, which indicates the possibility of reducing sodium nitrate consumption when focusing on triacylglycerol production. It was established that nitrogen limitation stimulates lipid accumulation. Due to their high energy value, cyanobacterial lipids are considered a promising component of biodiesel fuel.

A direct relationship between nitrogen concentration and protein content was observed. At the same time, the decrease in protein fraction was less pronounced compared to the increase in triacylglycerol levels.

Determination of carotenoid content in acetone extracts under different nitrogen conditions showed only a slight decrease in carotenoid levels.

Thus, nitrogen is a key factor regulating the biosynthesis of carbohydrates, proteins, lipids, and carotenoids, demonstrating a close relationship with cellular metabolic activity. Regulation of nitrogen content to 50–25% ensures an increase in neutral lipid synthesis without significant effects on carotenoid levels. This confirms the feasibility of using *Nostoc commune* as a promising producer of lipophilic compounds in bioenergy technologies.

**Synthesis of ethyl 2-{2-[(5-benzyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl)sulfanil]acetamido}-
4H,5H,6H-cyclopenta[b]thiophene-3-carboxylate
and its predicted activity against SARS-CoV-2 virus**

¹Chepurna O., ¹Tsyhankov S., ^{1,2}Sukhovieiev V.

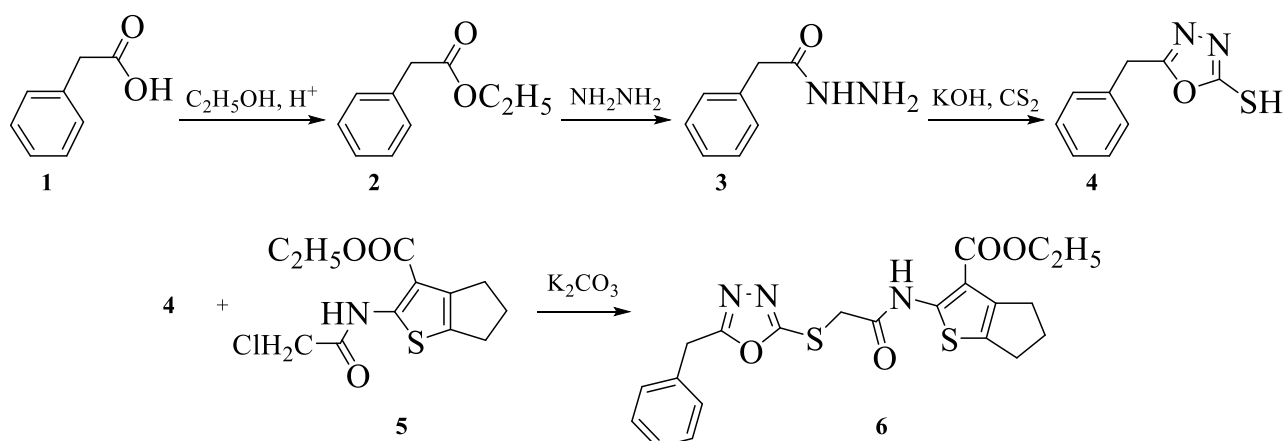
¹Department of Chemistry and Pharmacy, Mykola Gogol State University, Nizhyn, Ukraine

²V.P. Kukhar Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry, NAS of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
kaf.chem@ukr.net

The emergence of the new SARS-CoV-2 coronavirus at the end of 2019 and the subsequent development of the COVID-19 pandemic have posed unprecedented challenges for healthcare systems and pharmaceutical science. Despite the introduction of effective vaccines and the development of a number of antiviral drugs, the problem of finding new therapeutic strategies remains relevant due to the evolutionary variability of the virus, the emergence of new variants, and the risk of resistance to existing drugs.

SARS-CoV-2 is a single-stranded RNA virus. Its genome encodes both structural and non-structural proteins that enable it to penetrate the host cell, replicate its genetic material, and form new viral particles. Non-structural proteins are particularly important for the replication cycle, in particular RNA-dependent RNA polymerase (NSP12), main protease (3CLpro), papain-like protease (PLpro), and helicase (NSP13), which are involved in the processing of polyproteins and the synthesis of viral RNA. Inhibition of the functional activity of these proteins is considered to be the most promising approach to the development of etiotropic antiviral drugs.

Given the key role of these enzymes in the virus life cycle, current research focuses on finding low-molecular-weight compounds capable of effectively interacting with their active sites and disrupting SARS-CoV-2 replication processes. Therefore, to achieve this goal, we synthesized ethyl 2-{2-[(5-benzyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl)sulfanil]acetamido}-4H,5H,6H-cyclopenta[b]thiophene-3-carboxylate according to the scheme:



The interaction of 2-phenylacetic acid **1** with ethanol in an acidic medium produces 2-phenylacetate **2**, which is used to obtain phenylacetic acid hydrazide **3**. The specified hydrazide **3** with an equimolar amount of KOH and CS₂ is capable of forming 5-benzyl-1,3,4-oxadiazole-2-thiol **4** when the reaction mixture is boiled for 4-5 hours. The latter readily reacts with ethyl 2-(2-chloroacetamido)-4*H*,5*H*,6*H*-cyclopenta[*b*]thiophene-3-carboxylate **5** in the presence of an equimolar amount of K₂CO₃ in acetonitrile to form ethyl 2-{2-[(5-benzyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl)sulfanyl]acetamido}-4*H*,5*H*,6*H*-cyclopenta[*b*]thiophene-3-carboxylate **6**, which is recrystallized from propanol-2. The structure of compound **6** was confirmed by ¹H NMR spectroscopy and mass spectrometry.

Computer docking on targets 3CLpro, PLpro, NSP12, and NSP13 of the SARS-CoV-2 virus was performed by Dr. Candida Manelfi (Computational Chemist - R&D Platforms & Services). Calculations showed that the binding energies of the synthesized compound **6** are strongest for the PLpro target (see table).

Compound	Total	NSP12	PLpro	3CLpro	NSP13
6	17,15	3,84	5,03	4,18	4,10

Thus, we synthesized and characterized a new ethyl 2-{2-[(5-benzyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl)sulfanyl]acetamido}-4*H*,5*H*,6*H*-cyclopenta[*b*]thiophene-3-carboxylate, which has been modelled to affect the processing and functional activity of SARS-CoV-2 proteins expressed from viral RNA. The study expands the range of heterocyclic structures with potential antiviral properties and lays the foundation for the development of new candidates for antiviral drugs for the treatment of COVID-19.

Self-organization of polymeric nanoparticles for drug delivery

Chesniuk K. O., Masalitina N. Yu., Bliznjuk O. M.

Department of Biotechnology, Biophysics and Analytical Chemistry
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
chesniukkatya@gmail.com

Modern pharmaceutical biotechnology is focused on the development of advanced drug delivery systems that improve therapeutic efficacy, reduce toxicity, and enable controlled release of active pharmaceutical ingredients. Conventional dosage forms often exhibit rapid drug clearance, low bioavailability, and non-specific distribution, limiting their effectiveness. In this context, polymeric nanoparticles are among the most promising platforms for targeted drug delivery.

Polymeric nanoparticles are nanoscale carriers typically in the range of 10–1000 nm composed of biodegradable polymers such as poly(lactic acid) (PLA), poly(glycolic acid) (PGA), poly(lactide-co-glycolide) (PLGA), polycaprolactone (PCL), as well as natural polymers including chitosan and alginate. These materials are widely utilized due to their biocompatibility, biodegradability, low toxicity, and ability to provide sustained drug release. PLGA-based systems are particularly important due to their tunable properties and capacity to encapsulate proteins, peptides, nucleic acids, and small-molecule drugs.

One of the key advantages of polymeric nanoparticles is their ability to form organized nanostructures through spontaneous self-organization. From the perspective of synergetics, such systems represent complex nonlinear structures in which order emerges from cooperative molecular interactions. Self-organization is driven by free energy minimization and involves hydrophobic interactions, hydrogen bonding, van der Waals forces, and electrostatic interactions.

A typical example of self-assembly is the formation of polymeric micelles from amphiphilic block copolymers containing both hydrophilic and hydrophobic segments. These structures spontaneously assemble in aqueous environments above the critical micelle concentration. Hydrophobic segments form a core capable of

encapsulating poorly soluble drugs, while hydrophilic shells stabilize nanoparticles in biological media and prolong circulation time.

Self-assembly mechanisms involve cooperative intermolecular interactions. Hydrophobic interactions promote aggregation of nonpolar segments, hydrogen bonding stabilizes polymer–drug complexes, and electrostatic interactions enable encapsulation of charged biomolecules such as proteins and nucleic acids. The interplay of these forces determines nanoparticle size, morphology, stability, and drug loading efficiency.

Furthermore, from the viewpoint of biophysical synergetics, nanoparticle formation represents the emergence of ordered structures from molecular fluctuations. Variations in polymer concentration and environmental conditions (pH, temperature, ionic strength) may induce transitions between micelles, vesicles, and other supramolecular assemblies, reflecting nonlinear behavior typical of self-organizing systems.

In pharmaceutical biotechnology, polymeric nanoparticles are widely studied for the delivery of anticancer drugs, vaccines, and biopharmaceuticals. These systems protect active molecules from degradation, improve pharmacokinetics, and enable targeted delivery. Surface functionalization with ligands, antibodies, or peptides enhances receptor-mediated targeting and therapeutic selectivity. Additionally, stimuli-responsive systems enable controlled drug release under specific physiological conditions.

Recent studies have demonstrated that polymeric nanoparticles enhance drug bioavailability, improve therapeutic efficacy, and reduce side effects. Their small size enables penetration through biological barriers, while controlled release maintains effective drug concentrations over time.

Thus, the study of self-organization and self-assembly of polymeric nanoparticles represents a key interdisciplinary field at the intersection of pharmaceutical biotechnology, nanomedicine, and biophysical synergetics. Understanding self-assembly mechanisms enables rational design of drug delivery systems with predictable properties and improved performance.

Targeted therapy of autoimmune diseases using monoclonal antibodies

Dabizha M. Y., Kaliuzhnaia O. S.

National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine

mdabizha@yahoo.com

Autoimmune diseases are chronic immune-mediated disorders characterized by loss of tolerance to self-antigens and persistent inflammation that leads to progressive tissue damage. Rheumatoid arthritis, multiple sclerosis, and Crohn's disease belong to the most clinically significant autoimmune conditions because of their chronic course, relapsing activity, and major impact on quality of life. Over the last decades, monoclonal antibodies (mAbs) have become one of the most important classes of biological therapeutics in modern medicine. Their clinical value is based on high specificity toward defined molecular targets and the possibility of selective modulation of pathogenic immune pathways rather than nonspecific immunosuppression. European Medicines Agency (EMA) recognizes mAbs as a large and important class of therapeutic biologicals with a very broad range of clinical indications, while also emphasizing that many mAbs are associated with unwanted immunogenicity that may impair response or contribute to adverse reactions. The therapeutic significance of mAbs in autoimmune diseases is determined by their ability to interfere with key pathogenic mechanisms.

In rheumatoid arthritis, one of the central molecular drivers is tumor necrosis factor alpha (TNF- α), which sustains synovial inflammation, pannus formation, and progressive joint destruction. Anti-TNF mAbs such as adalimumab and infliximab substantially reduce inflammatory activity and slow structural damage. In addition, targeting the interleukin-6 receptor with tocilizumab provides another effective strategy because IL-6 contributes to synovial inflammation, systemic manifestations, and chronic immune activation. B-cell depletion with rituximab is clinically relevant in patients with severe or refractory disease, confirming the pathogenic role of B cells in autoantibody production and antigen presentation.

In multiple sclerosis, the modern mAb-based therapeutic strategy is especially strongly associated with B-cell-directed treatment. Anti-CD20 mAbs therefore became one of the most important advances in disease-modifying therapy. In the OPERA I and II trials, ocrelizumab was associated with lower disease activity and less progression than interferon beta-1a in relapsing multiple sclerosis, while in the ORATORIO trial it reduced progression compared with placebo in primary progressive disease.

In Crohn's disease, targeted therapy with mAbs has transformed the treatment of moderate-to-severe inflammatory bowel disease. TNF- α is one of the pivotal cytokines in intestinal inflammation, and infliximab became one of the landmark antibodies proving that selective biologic intervention can induce and maintain remission. Clinical studies showed that infliximab supports sustained response and steroid-sparing effects when used as maintenance therapy. Adalimumab later extended this anti-TNF strategy. Another important direction is blockade of leukocyte trafficking: vedolizumab targets $\alpha 4\beta 7$ integrin and limits migration of inflammatory cells into gut mucosa, thereby reducing tissue damage with a more gut-selective mechanism. The pivotal studies of infliximab in Crohn's disease established anti-TNF antibodies as a cornerstone of targeted therapy in this indication.

mAbs represent a key strategy in the targeted treatment of autoimmune diseases by enabling precise intervention in specific immunopathological pathways. The analysis of rheumatoid arthritis, multiple sclerosis, and Crohn's disease demonstrates that different molecular targets, including TNF- α , interleukins, CD20, and integrins, determine the effectiveness of therapy depending on disease pathogenesis. The success of monoclonal antibody therapy highlights the transition from nonspecific immunosuppression to mechanism-based treatment approaches. However, issues such as immunogenicity, variability of clinical response, and safety concerns remain significant challenges. Thus, future development of monoclonal antibodies should focus on improving selectivity, reducing adverse effects, and optimizing individualized treatment strategies, which will further strengthen their role in modern targeted and personalized therapy.

Technological Potential of Probiotic Yeasts in the Production of Fermented Beverages

Dębska K., Patelski A., Dziekońska U.

Lodz University of Technology, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Łódź, Poland
katarzyna.debska@dokt.p.lodz.pl, andrea.patelski@p.lodz.pl, urszula.dziekonska@p.lodz.pl

Probiotics are a worthwhile group of microorganisms whose unique properties have been appreciated for several hundred years. According to definition developed by the World Health Organization, probiotics are «live microorganisms which, when administered in adequate amounts, confer a health benefit on the host». In the literature, the most widely recognized and studied group of probiotics are bacterial probiotics such as *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, as well as less well-known strains belonging to the genera *Bacillus* and *Escherichia*.

In food production, probiotics constitute a group of microorganisms that provide unique properties and ensure the desired course of fermented food processing. The main group of fermented products obtained with the use of bacteria are those based on a dairy matrix, such as yogurt or kefir, which serve as carriers for probiotic cultures. These products are widely accepted by consumers, and their production represents a well-developed industrial sector; however, from a technological standpoint and in terms of process stability, they require strictly controlled environmental conditions. An alternative group of microorganisms may offer solutions to some of these challenges. In the ranking of probiotic microorganisms, alongside the bacterial strains mentioned above, yeasts occupy an important position, as they exhibit technological properties distinct from those of bacteria.

The only yeast strain with documented probiotic properties confirmed in clinical studies is *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*. Other yeast strains belonging to the genus *Saccharomyces* and to other genera can be classified only as

potential probiotics, and their beneficial effects on the host, as well as their safety and efficacy, require further investigation. Numerous studies emphasize that probiotic yeasts naturally tolerate the acidic environment of the gastrointestinal tract and remain stable during storage, which contributes to their survival both in the product itself and after consumption. They maintain viability at pH 3 for 24 hours at approximately 6 log CFU/mL and tolerate 1% bile salts, keeping their population at 6.41–7.34 log CFU/mL. Moreover, yeasts are resistant to antibiotics, eliminating the risk of transferring resistance genes. Another unique feature of probiotic yeasts is their ability to synthesize bioactive metabolites such as manno-oligosaccharides (MOS), β -glucans, glutathione, folic acid, as well as metabolites like phenylacetic acid and 2-hydroxyisocaproic acid, which exhibit antioxidant and anti-inflammatory properties.

Recent scientific publications highlight the growing interest in the use of probiotic yeasts in the food industry. Some reports describe the application of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* as a starter culture for producing fermented beverages based on fruit juices or honey. In addition to their health-promoting properties, such products also exhibit a unique sensory profile. Although research on the use of probiotics in fermentation has intensified significantly, the studies conducted so far are preliminary and focus mainly on the applicative characteristics of yeasts. The literature still lacks metagenomic analyses of microbial populations in products containing probiotic yeasts, and the number of studies on strains other than *S. boulardii* remains limited. Currently, there is no detailed information regarding interactions between microorganisms present in fermented beverages or the dynamics of individual populations. Furthermore, there are no reports on product stability and cell viability, which are crucial from the perspective of probiotic functionality. Probiotic yeasts therefore represent a promising topic for scientific research and development efforts.

Synthesis of 4,6-bis(pyrrolidin-1-yl)-1,3,5-triazines, their antiviral activity against Yellow Fever virus and complexes with nitrogen-doped graphene quantum dots (N-GQDs)

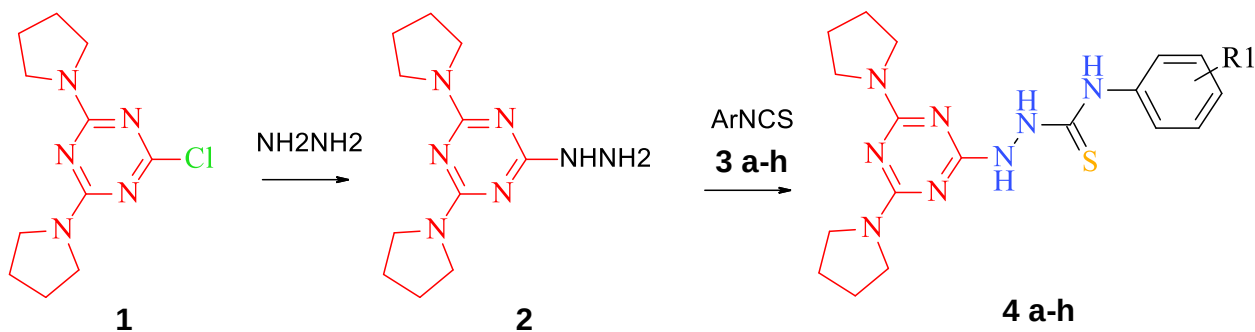
^{1,2}Demchenko A., ²Tsyhankov A., ¹Zaitsev V.

¹Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro (PUC-Rio),
Department of Chemistry, Rio de Janeiro, RJ, Brazil,

²Nizhyn Mykola Gogol State University, Department of Chemistry and Pharmacy, Nizhyn, Ukraine
demchenko@esp.puc-rio.br

According to World Health Organization reports, roughly 200,000 cases of Yellow fever virus (YFV) are reported worldwide each year. The death rate among those reaching the intoxication stage can vary from 20% to 50% in different outbreaks and studies.

By condensation of equimolar amounts of 2-hydrazino-4,6-bis(pyrrolidin-1-yl)-1,3,5-triazine **2** and the corresponding arylisothiocyanate **3a-h** by boiling in dry methanole, 4,6-bis(pyrrolidin-1-yl)-1,3,5-triazine derivatives **4a-h** were synthesized and characterized by ¹H NMR, ¹³C NMR.



Where $\text{R}_1 =$ **a**) 2- OCH_3 , **b**) 4- OC_2H_5 , **c**) 2- CH_3 , **d**) 4- CH_3 , **e**) 2,3(CH_3)₂, **f**) 2,4(CH_3)₂, **g**) 2,5(CH_3)₂,
h) 2,6(CH_3)₂

The antiviral activity of the synthesized compounds was evaluated at the Screening Center of Southern Research Institute (SRI). The studies the YFV 17D strain from the AACF Biodefense Panel Assay collection of SRI (Birmingham, Alabama, USA).

The compounds were then screened in vitro for cytotoxicity (IC_{50}) and antiviral activity (EC_{50}). *In vitro* assays confirmed the antiviral potency of several derivatives

against YFV. Compound **4a** emerged as the most promising lead, with a Selectivity Index (SI) of 61 ($EC_{50} = 2.8 \mu\text{g/mL}$; $IC_{50} = 170 \mu\text{g/mL}$). Other active derivatives with SI values ranging from 22 to 45.

Based on graphene oxide, we synthesized nitrogen-doped graphene quantum dots (N-GQDs) nanoparticles. In order to reduce the toxicity of 4,6-bis(pyrrolidin-1-yl)-1,3,5-triazine derivatives **4a-h** and increase the bioavailability of active compounds, we synthesized their complexes with nitrogen-doped graphene quantum dots (N-GQDs). When these compounds came into contact with N-GQDs, we observed changes in the UV-Vis and photoluminescence spectra at different wavelengths.

Species composition of microorganisms in modern combat wounds

Deminskyi B. O., Konechna R. T.

Department of TBCPB, National University «Lviv Polytechnic», Lviv, Ukraine

Bohdan.Deminskyi.BT.2024@lpnu.ua

The full-scale invasion of the Russian Federation into Ukraine has led to an increase in the number and variety of modern combat wounds among both military personnel and civilians. It is important to study the types of microorganisms present in these combat wounds to understand the wound microflora better and to ensure the appropriate selection of treatment and preventive measures.

The aim of this research is to examine the existing literature on the species composition of microorganisms found in modern combat wounds, assess its relevance, and explore potential improvements.

To achieve this aim, scientific articles and publications were sourced from Google Scholar and PubMed. We reviewed literature ranging from the early stages of the conflict in Ukraine to the latest studies conducted in 2016, highlighting key findings regarding shifts in microbial populations due to various environmental conditions encountered in combat zones.

According to research from the Military Medical Clinical Center of the Central Region in Vinnytsia, the following results were obtained: microbiological monitoring

of wounded soldiers treated in three military medical centers in Ukraine revealed that gram-negative microorganisms are the most prevalent in wound infections. In the Kyiv and Lviv centers, the Enterobacteriaceae family is predominant, accounting for 45% and 39.7% of cases, respectively, with *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp., and *Enterobacter* spp. being the most common. In contrast, the Vinnytsia center largely reports non-fermenting gram-negative bacteria, specifically *Acinetobacter* spp. (53%) and *Pseudomonas aeruginosa*, as the primary causes of infection. The gram-positive flora mainly consists of enterococci and staphylococci (including both *Staphylococcus aureus* and coagulase-negative staphylococci), with the highest rate of gram-positive cocci observed in Lviv, at 32%.

After analyzing another set of data from scientists from: State Institution "Institute of Dermatology and Venereology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine"; Military Medical Clinical Center of the Northern Region of the Command of the Medical Forces of the Armed Forces of Ukraine; Kharkiv National Medical University; State Medical University "Scientific and Technological Complex "Institute of Single Crystals" of the National Academy of Sciences of Ukraine;

We got a result that states next: microflora analysis of patients revealed a predominance of gram-negative bacilli, which were present in 59.5% of cases. Among these, 32.5% of the identified bacteria belonged to the genus *Klebsiella*, while *Pseudomonas aeruginosa* was found in 16.4% of cases. Additionally, other microorganisms from the Enterobacteriaceae family accounted for 10.3%, with species distribution as follows: *Enterobacter* – 1.6%, *Citrobacter* – 4.8%, and *Escherichia coli* (*E. coli*) identified in 3.9% of the studies. In the bacteriological examinations of combat injury victims, gram-positive cocci from the genera *Enterococcus* and *Staphylococcus* were isolated in 23.8% of cases, with both genera representing 11.9% each. Notably, *Staphylococcus aureus* was detected in only 3.9% of studies. Among the staphylococci that did not coagulate plasma, 10 strains (7.8%) were identified as *Staphylococcus haemolyticus*. Furthermore, gram-positive rods from the genus *Bacillus* were found in 16.4% of the studies. The composition varies

by region, with data from Vinnytsia showing 53% non-fermenting bacteria, primarily *Acinetobacter* spp., while Kyiv and Lviv report Enterobacteriaceae at up to 45%. In the Northern Region, 59.5% of cases involved gram-negative bacilli, mainly *Klebsiella* spp. (32.5%) and *Pseudomonas aeruginosa* (16.4%). Gram-positive bacteria, such as *Staphylococcus* and *Enterococcus*, were also present but less dominant.

Results: These findings reveal the complex microbiological profile of combat injuries and emphasize the need for ongoing research, particularly given the influence of factors like conflict evolution and environmental conditions. Such efforts will help ensure effective treatment protocols and protect the health of military personnel and civilians in conflict zones.

The role of proline in maintaining and growing cultivated plants

¹Domnytska I. L., ^{2,3}Bronnikova L. I.

¹Laboratory of Tropics and Subtropics, Botanical Garden

²Department of Plant Physiology and Introduction,
Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

³Department of Genetic Engineering, Institute of Plant Physiology and Genetics,
NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Zlenkolora@gmail.com

The climatic changes that have been occurring in recent decades have a significant impact on plant growth and development. Determining the resistance of all living organisms to environmental influences is one of the most fundamental and complex problems in biological science. Among abiotic stresses, osmotic stresses – salinisation and water deficiency – attract particular attention due to their global distribution. The current radical climate changes are stimulating the emergence of new anthropogenic factors, which, in combination with unfavourable environmental factors, increase stress loads and cause combined stresses.

In this regard, there is an urgent need to obtain plant forms with increased stress resistance. Resistance mechanisms that are implemented at the cellular level have

significant advantages. The main indicators in assessing climate change are average annual air temperature and precipitation. There has been an increase in the frequency of extreme temperatures and a decline in the cultivation of crops.

The impact of stress factors has been well studied, but in natural conditions, living organisms are exposed to their combined effects, which can affect the overall condition and development of plants. When response strategies to each of the stress factors are combined, biochemical pathways of metabolism are formed to enable the organism to react actively.

The non-specificity and specificity of plant responses to various stressors are aimed at overcoming or eliminating their harmful effects on the plant organism. In this case, the predominant role of organic cell osmolytes is emphasised: carbohydrates, polyamines, proline.

Proline (pyrrolidine- α -carboxylic acid) is one of the most multifunctional stress metabolites in plants. It is believed to perform chaperone, antioxidant, signalling and regulatory functions, exert osmotic and membrane-protective effects, participate in the binding of metals with variable valence, and influence the NAD(P)H/NAD(P) balance.

Under stress, conditions are created for the most pronounced manifestation of these effects of proline in plant organs. The criterion of proline concentration change is taken into account when assessing the physiological state of plant organisms. In particular, the process of proline synthesis itself can act as a mechanism for consuming excess NAFH, which is formed during the functioning of the photosynthetic apparatus under stressful conditions, when CO₂ assimilation decreases due to the closure of stomata and, accordingly, the consumption of relative equivalents slows down.

At the same time, the oxidation of proline in non-photosynthetic organs, primarily in the roots, can cause increased generation of FADH₂ and NADH reducing agents for the delivery of electrons to the mitochondrial electron transport chain. Accumulating in large quantities, proline acts primarily as an osmotic potential that prevents dehydration and denaturation of proteins. Proline is capable of regulating cytosol acidity and influencing the NAD⁺/NADH ratio.

In conditions of significant climate change, it is necessary to introduce advanced technologies (biological plant protection) for traditional crops and new plant species adapted to a specific region.

Prospects for the application of nanoparticles in modern biotechnological processes

¹Dovzhenko K., ¹Koziko N. O., ¹Nehoda T. S., ²Tarasenko V. O.

¹Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

²Ukrainian Military Medical Academy, Kyiv, Ukraine

nata.koziko77@gmail.com, vika_tarasenko83@ukr.net

Introduction. Nanobiotechnology is one of the most dynamic areas of modern science, combining the capabilities of molecular biology and nanoengineering. The use of nanoparticles (NPs) allows us to radically change approaches to cultivating producers, purifying biologically active substances (BAS) and creating targeted drug delivery systems. Of particular interest are magnetic nanoparticles, metal NPs (gold, silver) and liposomal structures, which, due to their high surface area to volume ratio, are able to effectively interact with biological objects at the molecular level. This opens up unique opportunities for overcoming biological barriers, increasing the stability of enzymes and developing biocompatible nanodrugs with specified pharmacokinetic properties.

The aim of the work was to analyze the main directions and advantages of introducing nanoparticles into biotechnological production and assess their impact on the efficiency of bioprocesses. A critical analysis of scientific publications and patent documentation for the period 2020–2026 was conducted on the synthesis and use of nanocarriers in the biotechnology of enzymes, antibiotics and recombinant proteins. Results and their discussion. The use of nanoparticles in biotechnology is developing along three key vectors: Immobilization of enzymes on nanocarriers: The use of magnetic iron oxide NPs (Fe₃O₄) allows for easy removal of the enzyme from the reaction mixture using an external magnetic field. This increases the stability of enzymes to temperature fluctuations and pH changes, and also provides the

possibility of their repeated use, which reduces the cost of the product by 25–40%. Stimulation of biosynthesis: It has been established that the addition of metal nanoparticles (Ag, Au, Cu) in microconcentrations to nutrient media can act as an elicitor, stimulating producers to intensively synthesize secondary metabolites. For example, silver nanoparticles can increase the yield of antibiotics of certain strains of actinomycetes. Nanocontainers for delivery: Liposomal and polymeric nanoparticles provide prolonged release of BAS and their protection from premature degradation by body enzymes. This is critically important for peptide and protein drugs, which have low bioavailability when administered orally.

However, the widespread introduction of NPs is constrained by issues of their genotoxicity and ecotoxicity, which requires careful biological screening of each new type of nanomaterial.

Conclusions. The introduction of nanoparticles into biotechnological processes opens the way to the creation of high-performance systems for the synthesis and purification of biological products. The most promising is the use of functionalized nanocarriers for the stabilization of unstable biomolecules and the development of targeted therapeutic systems.

Determination of the binding site of the long non-coding RNA ANRASSF1 for its inhibitor

Franchuk Ye. R.

Department of Molecular Biotechnology and Bioinformatics,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine;

Department of Molecular Oncogenetics,
Institute of Molecular Biology and Genetics NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
franchukye@gmail.com

There are even more reports that overexpression of the long non-coding RNA (lncRNA) ANRASSF1 is associated with the pathogenesis of various types of cancer diseases. When studying prostate cancer the following correlation was found: elevated expression of lncRNA ANRASSF1 and decreased expression of the RASSF1A protein

matrix RNA. The latter is an oncogene suppressor protein. It is most likely that lncRNA ANRASSF1 epigenetically reduces the level of RASSF1A. The question arose of developing a highly effective selective inhibitor for lncRNA ANRASSF1.

To this end, the secondary structure was studied using ViennaFold, UNAFold, RNA-FM, and IPknot methods. The structures differed significantly in terms of the presence and location of loops, protrusions, hairpins, and pseudo-loops.

It was noted that C378 was directly involved in the formation of a multi-branched loop in most cases. Moreover, it was always located next to A133 and C376, which were often found in the same motif of a double-stranded helix, forming a pair with U and G, respectively. In some cases, A133 participated in the formation of a multi-branched loop, and C376 participated in the formation of a pseudo-loop.

The tertiary structures obtained using both traditional template modelling methods and using generative artificial intelligence, allowed to analyse the surface for the presence of cryptonic pockets using Schrödinger SiteMap and perform blind docking of a library of potential drugs using Glide.

Thus, the formation of the spatial loop A133, G134, A373, C374, G375, C376, C377, C378, U379, C380 by nucleotides was demonstrated, what can serve as the basis for creating a pharmacophore model.

Using magnetic beads for DNA purification

Franchuk Ye. R.

Department of Molecular Biotechnology and Bioinformatics,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

Department of Molecular Oncogenetics,
Institute of Molecular Biology and Genetics NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
franchukye@gmail.com

In prokaryotic transformation protocols, particularly those involving *Escherichia coli* competent cells, the use of high-purity complementary DNA (cDNA) is critical to maximize transformation efficiency and minimize background noise from contaminants or non-specific DNA species. Impurities such as residual

primers, dNTPs, salts, enzymes, or short oligonucleotide by-products can interfere with ligation (if cloning is involved), uptake by competent cells, or subsequent plasmid replication and expression.

To achieve this purity, a solid-phase reversible immobilization (SPRI)-based purification method utilizing carboxylated paramagnetic beads is commonly employed for post-amplification cleanup of cDNA or PCR amplicons. This approach leverages the size-selective binding of nucleic acids to the bead surface under high polyethylene glycol (PEG) and salt conditions, followed by reversible elution in low-salt aqueous buffer.

The optimized protocol implemented here consists of the following sequential steps.

1. Binding: An equal volume (typically 50 μ l) of magnetic bead suspension is added to 50 μ l of cDNA/amplicon solution, provided the target amplicon length is <300 base pairs. This corresponds to a 1:1 (v/v) bead-to-sample ratio, which ensures efficient capture of fragments in the desired size range while allowing smaller contaminants to remain in solution.
2. Incubation: The mixture is thoroughly vortexed and incubated for 5 minutes at room temperature, with intermittent vortexing to promote homogeneous binding. During this phase, PEG and salt in the bead buffer induce a crowding effect that drives reversible precipitation and adsorption of DNA onto the carboxyl groups of the beads.
3. Magnetic separation: The beads are immobilized using a permanent magnet, allowing removal of the supernatant containing unbound impurities (non-target oligonucleotides, primers, nucleotides, and buffer components).
4. Washing: The bead pellet undergoes two successive washes with 100 μ l of TE buffer (10 mM Tris-HCl, 1 mM EDTA, pH 8.0) each. After each addition, the

suspension is incubated for 30 seconds (with mild agitation if needed), followed by magnetic precipitation and careful supernatant removal. These ethanol-free TE washes effectively remove residual salts and PEG without causing significant DNA loss.

5. Elution: Purified DNA is eluted by resuspending the beads in 40 μ l of nuclease-free water, vortexing, and incubating for 5 minutes (optionally at 65 °C to enhance release kinetics). Following magnetic separation, approximately 30 μ l of the eluate (containing purified cDNA) is transferred to a fresh tube to avoid carryover of beads.

A small aliquot (typically 2 μ l) of the final eluate is then quantified using fluorometric (e.g., Qubit) or spectrophotometric (e.g., NanoDrop) methods to assess concentration and purity prior to transformation.

Comparative evaluations demonstrated that the newly tested magnetic beads yielded more consistent and reproducible amplicon concentrations compared to previous batches or alternative formulations.

During protocol optimization, systematic titration identified 50 μ l of beads (1:1 ratio for 50 μ l input) as the optimal volume for amplicons in this size regime.

This parabolic profile underscores the importance of empirical bead titration for each amplicon length class and bead formulation to identify the apex of recovery efficiency.

In summary, this SPRI-based purification strategy provides a rapid, scalable, and high-recovery method for preparing transformation-grade cDNA, with demonstrated advantages in reproducibility and performance when using the optimized bead system.

Identification of binding sites for potential modulators of phospholipid transport ATPase ABCA7

^{1,2}Franchuk Ye. R., ³Zbrotskyi A. O., ⁴Naum Yu. Ye.,

⁵Aleksandrovych D. O., ⁶Zhuromskyi Ye. O.

¹Department of Molecular Biotechnology and Bioinformatics,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine;

²Department of Molecular Oncogenetics,
Institute of Molecular Biology and Genetics NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

³Department of Biochemistry, Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine

⁴MEDCOSWISS, LLC, Lviv, Ukraine

⁵Department of Microbiology, Virology and Bacteriology,
Odesa I.I. Mechnikov National University, Odessa, Ukraine

⁶Department of Biotechnics and Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor
Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
franchukye@gmail.com

Despite the absence of robust disease-modifying therapies for Alzheimer's disease (AD), where approved agents primarily provide limited symptomatic benefits, emerging research underscores the critical involvement of lipid dysregulation and impaired amyloid- β (A β) clearance in disease progression.

Notwithstanding these advances, publicly deposited cryo-EM structures of ABCA7 suffer from limitations that hinder their direct utility in rational drug design. These include moderate-to-high local flexibility in regulatory and cytosolic-facing regions, conformational averaging, and suboptimal atomic precision around putative allosteric modulator pockets (particularly on the cytosolic interface), which compromise accurate binding-site delineation, pose prediction, and *de novo* ligand optimization for molecular docking or generative modeling.

To surmount these constraints, a multifaceted computational strategy was implemented, combining generative artificial intelligence platforms (successive iterations of AlphaFold, encompassing AlphaFold2/3-inspired methodologies for multimer and ligand-aware prediction), the Boltz-2 foundation model (engineered for simultaneous high-fidelity structure generation and quantitative affinity/functional

potency estimation), and classical homology/template-based modeling anchored on available ABCA7 and homologous ABCA (e.g., ABCA1, ABCA4, ABCA5, ABCA9) cryo-EM templates. This integrative ensemble produced three highly coherent ABCA7 structural models exhibiting exceptional structural conservation, with pairwise root-mean-square deviation (RMSD) values of 6–8 Å over aligned core domains — a testament to the evolutionary rigidity of the transporter's architecture despite sequence divergence.

Comprehensive multiple sequence alignment across ABCA7 orthologs, paralogs, and related ABC-A transporters illuminated conserved structural invariants and functionally critical motifs, notably within residue stretches ~800–1000 (encompassing RD1 segments, NBD1 interfaces, and intracellular linking helices) and ~1800–2000 (proximal to TMD2, NBD2, and RD2 junction regions).

Systematic sampling of the conformational potential energy surface, augmented by cavity detection and druggability scoring via the SiteMap module in the Schrödinger Suite, identified 10 plausible binding pockets. High-throughput virtual screening campaigns, coupled with Boltz-2's predictive capacity for functional modulation (including estimated EC₅₀ values for allosteric enhancement or stabilization), prioritized a dominant modulator-binding site on the cytosolic face. This pocket is principally constituted by regulatory domain 2 (RD2) and cytosolic-proximal elements of transmembrane domain 2 (TMD2), incorporating intracellular helices, cytosolic loops, and NBD2-adjacent interfaces that critically influence TMD gating, lipid entry dynamics, and conformational transitions during the transport cycle.

These refined structural insights establish RD2 and cytosolic TMD2 as the primary architectural determinants of an allosteric pocket suitable for small-molecule modulators capable of augmenting of phospholipid transport ATPase ABCA7. This precise pocket characterization facilitates the construction of tailored, high-resolution docking grids for site-directed virtual screening, enabling more selective hit identification and lead optimization. Moreover, it provides an atomic-level foundation for advanced hybrid quantum mechanics/molecular mechanics methodologies.

Rheological Characterization of Yogurt with Enhanced Probiotic Activity

Gavrilov S. V., Masalitina N. Yu., Bliznjuk O. M.

Department of Biotechnology, Biophysics and Analytical Chemistry,

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,

Kharkiv, Ukraine

nat_masalitina@ukr.net

Environmental pollution, exposure to stress factors, and the extensive use of pharmaceuticals adversely affect human health, thereby increasing the demand for functional foods with enhanced probiotic properties. Fermented dairy products, particularly yogurt, represent a promising matrix for delivering beneficial microorganisms. This study focuses on the rheological behavior of yogurt with enhanced probiotic activity obtained through modification of the starter culture composition.

Traditional yogurt starter cultures consist of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. In this study, the probiotic potential of yogurt was enhanced by supplementing the starter culture with *Bifidobacterium spp.* and *Lactobacillus acidophilus*. The total inoculum concentration was 3%, and no stabilizers were used to avoid interference with the intrinsic structural properties of the acid gel.

Rheological properties, particularly effective (dynamic) viscosity, were investigated during the fermentation process. The results demonstrate a gradual increase in viscosity during acid-induced coagulation, reaching a maximum value of 4.8 Pa·s after 9 hours of incubation. A subsequent decrease in viscosity after 24 hours is attributed to over-acidification, leading to partial degradation of the gel network due to disruption of protein-protein interactions. Compared to conventional yogurt, the probiotic-enriched product exhibited lower viscosity, indicating a more delicate and homogeneous structure.

In addition, the effect of milk pasteurization temperature on yogurt rheology was evaluated. Goat milk was subjected to thermal treatment at 60, 70, 80, and 90°C

without holding time. The obtained results indicate that increasing the pasteurization temperature significantly affects protein interactions and gel formation. Heating above 70 °C induces denaturation of whey proteins, while at 90 °C more than 80% of whey proteins undergo denaturation.

These proteins interact with casein via disulfide bonds, forming filamentous structures extending from casein micelles. During subsequent acidification, these structures contribute to the formation of a three-dimensional network capable of retaining serum, thereby enhancing gel strength.

The change in effective (dynamic) viscosity during fermentation is presented in Figure 1a. The dependence of yogurt viscosity on the shear rate gradient under different pasteurization regimes is shown in Figure 1b.

As a result, yogurt produced from milk pasteurized at 90 °C exhibited a sixfold increase in dynamic viscosity compared to samples treated at 60 °C. However, excessive thermal treatment (sterilization at 0.5 atm for 30 minutes) resulted in a decrease in viscosity due to irreversible degradation of the casein–whey protein network.

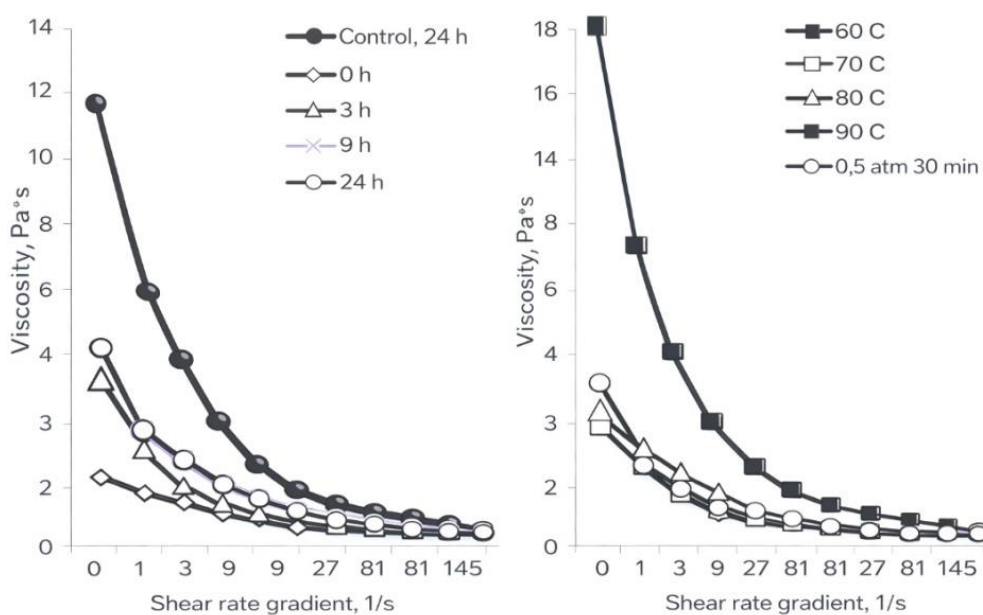


Figure 1. Change in effective viscosity of yogurt with enhanced probiotic activity: (a) during fermentation; (b) as a function of milk pasteurization temperature.

Based on the obtained data, optimal technological parameters for producing a stable viscoplastic yogurt structure include milk pasteurization at 90 °C without holding time, followed by fermentation at 40 °C for 6–9 hours. The implementation of this approach can expand the range of functional fermented dairy products, improve product quality, and enhance the economic efficiency of dairy production.

**State regulation of biological safety and biosecurity in Ukraine
in the context of implementation of the joint
WOAH -WHO-FAO «One Health» approach**

^{1,2}**Gerilovych A. P.**

¹One Health Scientific and Research Institute, PSI, Kharkiv, Ukraine

²Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine
of NAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
antger2011@gmail.com

Against the backdrop of the full-scale military aggression of the Russian Federation against the people of Ukraine and Ukrainian statehood, as well as the growing threat of military terrorist attacks on critical infrastructure, threats to food and energy security, aspects of biological security and biological defence are becoming extremely important.

The globalization of the modern world, the increase in the volume of international trade operations, transportation of people, animals, and agricultural products, the risks of the emergence and spread of infectious diseases, as well as the spread of pathogens that cause them, are significantly exacerbated. This explains the fact that biological security is a key component of national security.

International organizations deal with biosecurity issues in the world: The World Health Organization (WHO), the International Office for Epizootics – World Health Organization (OIE) and the Food and Agriculture Organization of

the United Nations (FAO) in the context of implementing the One Health approach, which considers the processes of homeostasis in the living world as a whole.

The key role in the list of biological threats today belongs to emergent infections, which are accompanied by emergencies in a country or region, posing a threat to biological and food security, with certain economic and social consequences.

Ukraine participates in multiple international initiatives and implements different international projects and programs regarding biosafety and security.

The main baselines for biosafety and security regulation include:

- Harmonization of Ukrainian legislation governing biological safety and biological security in accordance with international requirements;
- Improvement physical protection of places where hazardous and valuable biological materials are stored and handled, including such measures as bars on windows, reinforced doors, electronic access control, security, alarms and volume sensors, video surveillance, etc;
- Improvement the material support (equipment and diagnostics) of laboratories responsible for detecting dangerous infectious diseases;
- Introduction of a unified system of electronic accounting of biological materials and control over the movement of hazardous biological materials;
- Conducting training for specialists of laboratories working with hazardous biological materials on new diagnostic approaches, as well as on biosafety and biosecurity issues.

These activities are implementing under support and supervision of Biological Threats Reduction Program (U.S.), German Biosecurity Program (Germany), Bioengagement Program (U.S.), Global Partnership (G7), and other international initiatives.

Development of relevant quality criteria for a dietary supplement used in the management of decreased bone mineral density

Golovchenko O., Afanasenko O., Nychporuk T.

Department of Medicinal Chemistry and Toxicology

Bogomolets National Medical University,

Kyiv, Ukraine

olga.afanasenko@nmu.ua

Keywords: calcium, vitamin D, vitamin K, bone mineral density, dietary supplements, quality criteria, osteoporosis prevention

Introduction: Decreased bone mineral density is a significant medical and social problem associated with an increased risk of fractures and deterioration in quality of life, particularly among elderly populations and postmenopausal women. Adequate intake of calcium is essential for bone formation; however, its effective absorption and incorporation into bone tissue depend on vitamin D and vitamin K. Vitamin D regulates intestinal calcium absorption, while vitamin K is involved in the activation of osteocalcin, a key protein responsible for calcium binding in bone matrix.

Dietary supplements containing calcium in combination with vitamins D and K are therefore considered a physiologically justified approach to maintaining bone health. At the same time, the growing assortment of such supplements on the Ukrainian market is characterized by considerable variability in composition, dosage forms, and quality parameters, highlighting the need for scientifically substantiated quality criteria.

Materials and Methods: The study was based on the analysis of scientific publications, clinical data, and regulatory documents concerning calcium, vitamin D, and vitamin K. A market analysis of dietary supplements containing calcium in combination with vitamins D and K on the global and Ukrainian markets was conducted, focusing on dosage forms, composition, and declared content of active ingredients. Quality control approaches were evaluated using pharmacopoeial and

analytical methods, including visual inspection, mass uniformity testing, disintegration testing, complexometric titration, high-performance liquid chromatography (HPLC), atomic absorption spectroscopy, and microbiological purity testing in accordance with national and international requirements.

Results: The analysis revealed significant heterogeneity in the composition, dosage, and quality characteristics of dietary supplements intended to support bone mineral density. It was shown that many products lack unified quality indicators and standardized analytical control methods. Based on the obtained data, a scientifically grounded set of quality criteria for dietary supplements containing calcium, vitamin D, and vitamin K was developed.

Key parameters for identification, quantitative determination, safety, and stability of active components were proposed.

Conclusions: Modern quality criteria for dietary supplements containing calcium in combination with vitamins D and K were scientifically substantiated. The proposed indicators and control methods may be used to improve product standardization, ensure compliance with declared composition, and enhance the safety and effectiveness of dietary supplements intended to support bone mineral density.

Development of modern approaches to assessing the quality of dietary supplements used to treat memory and cognitive impairment

Golovchenko O., Afanasenko O., Nesterenko V.

Department of Medicinal Chemistry and Toxicology
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine
olga.afanasenko@nmu.ua

Keywords: dietary supplements, amino acids, quality control, specification, physicochemical analysis, nutritional formulations, safety assessment

Introduction. The growing demand for specialized dietary supplements requires scientifically justified approaches to their formulation, standardization, and

quality control. Products containing amino acids and biologically active components are widely used to support metabolic processes, nutritional status, and functional health, particularly in conditions requiring controlled amino acid intake. Therefore, the development of a rational composition and an appropriate quality control system is an important task in pharmaceutical and nutritional sciences.

The aim of this study was to analyze the composition of amino acid–based dietary supplements, substantiate quality specifications, and propose suitable methods for quality control in accordance with current regulatory requirements.

Materials and Methods. The study was based on analytical, comparative, and systematic approaches. The composition of dietary supplements containing amino acids was analyzed using regulatory documentation, scientific literature, and market data. Physicochemical quality indicators were evaluated using standard pharmacopoeial and generally accepted analytical methods, including organoleptic assessment, identification reactions, quantitative determination, and impurity control.

Methods of quality control were selected in accordance with international and national guidelines for dietary supplements, taking into account the nature of active substances, excipients, and technological features of production.

Results. The qualitative and quantitative composition of amino acid–based dietary supplements was analyzed, and key components influencing their nutritional and functional properties were identified. A draft specification for the finished product was developed, including parameters such as appearance, identification, content of active ingredients, physicochemical characteristics, microbiological purity, and safety indicators.

Appropriate analytical methods for quality control were proposed, ensuring reliability, reproducibility, and compliance with regulatory requirements. The results demonstrate the feasibility of implementing a comprehensive quality control system for dietary supplements with complex amino acid compositions.

Conclusions. A scientific analysis of amino acid–containing dietary supplements was conducted, and their key quality attributes were identified. A draft specification and a set of quality control methods were developed, enabling effective

assessment of product safety and consistency. The proposed approaches can be used in the development, standardization, and quality assurance of dietary supplements with specialized amino acid compositions.

Ensuring blood safety: comprehensive donor qualification and advanced screening strategies in modern transfusion medicine

^{1,2}**Gradziuk M., ²Tkaczenko H., ²Kurhaluk N.**

¹Regional Centre for Blood Donation and Blood Treatment named after John Paul II in Słupsk, Słupsk, Poland;

²Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland

The safety of blood transfusions is one of the most fundamental aspects of modern healthcare systems, directly influencing patient outcomes and public health. The qualification of blood donors and the subsequent laboratory testing of donated blood are critical in minimising the risk of transfusion-transmitted infections and ensuring compatibility between donors and recipients (Harris and Crookston, 2023). A physician conducts the qualification of a blood donor, which is a multifactorial process that includes evaluating laboratory test results, completing a detailed donor questionnaire and conducting a physical examination. The questionnaire plays a crucial role in identifying potential risk factors by addressing past and present health conditions and behaviours associated with an increased risk of infection (WHO, 2012). This is complemented by a focused medical examination, which includes subjective and objective assessments of the donor's health. Together, these steps form the first line of defence in preventing the collection of blood that may pose a risk to recipients.

In addition to clinical evaluation, laboratory testing is performed on every blood donation. One of the key eligibility criteria is measuring haemoglobin concentration, which is usually done using a sample of capillary blood (Drews et al., 2021). In Poland, donors are eligible if their haemoglobin level is ≥ 12 g/dL for women and ≥ 13.5 g/dL for men – comparable values to those used in several other

European countries (Journal of Laws of the Republic of Poland, Warsaw, June 20, 2022, Item 1279). In North America, however, slightly different thresholds are applied: minimum levels of 12.5 g/dL for women and 13 g/dL for men, with donation intervals of 56 days (Spencer et al., 2016). Furthermore, a complete blood count is performed annually for each donor to ensure continuous monitoring of haematological health (Myers and Collins, 2026).

The collection and handling of blood samples adheres to strict standards to ensure reliability and safety. Blood is drawn using single-use equipment into vacuum tubes containing K₃EDTA as an anticoagulant. Collected venous blood remains stable for up to 24 hours when stored at 2-8 °C. Prior to analysis, the samples are thoroughly mixed, and haematological parameters are measured using automated analysers capable of five-part leukocyte differentiation (CLSI, 2003). These standardised procedures reduce variability and enhance the accuracy of diagnostic results.

A fundamental aspect of transfusion safety is determining blood group antigens, particularly within the ABO and RhD systems. Blood typing involves forward and reverse grouping, which involves identifying A and B antigens on red blood cells and detecting the corresponding natural antibodies in plasma or serum. The RhD antigen is determined using IgM anti-D reagents through direct agglutination. Accurate blood group determination is essential and confirmation requires testing two independently collected samples. Only then can the result be permanently recorded and used in clinical decision-making, particularly prior to transfusion (Korsak and Łętowska, 2009).

It is equally important to detect immune alloantibodies, which may be present following previous transfusions or pregnancies. Screening is performed using antiglobulin techniques with panels of standardised Group O red blood cells that express clinically significant antigens. The aim is to detect even the weakest antibody reactions. If alloantibodies are identified, their specificity is determined using extended panels to ensure compatibility and prevent adverse transfusion reactions (Korsak and Łętowska, 2009).

The cornerstone of blood safety lies in the detection of infectious agents transmitted via blood. Each blood donation is tested for markers of the hepatitis B virus (HBV), the hepatitis C virus (HCV), the human immunodeficiency virus (HIV) and the bacterium *Treponema pallidum*, which causes syphilis. These tests are mandatory for every donation and form the basis for the qualification or rejection of collected blood (Mikulska et al., 2008). The implementation of such screening programmes has dramatically reduced the incidence of transfusion-transmitted infections in recent decades.

Historically, serological testing marked the beginning of systematic infectious disease screening in blood donation, starting with the introduction of HBsAg testing in the 1970s, followed by anti-HIV testing in 1981 and anti-HCV testing in 1992. A major breakthrough occurred with the introduction of nucleic acid testing (NAT) in the early 2000s, which enables the direct detection of viral genetic material. Poland was among the first countries to implement NAT screening on a national scale, initially for HCV RNA, later extending this to include HIV RNA and HBV DNA (Grabarczyk, 2011; Grabarczyk and Tkaczuk, 2016).

NAT methods, including polymerase chain reaction (PCR) and transcription-mediated amplification (TMA), offer exceptional sensitivity by amplifying viral nucleic acids in vitro. These techniques enable the detection of infections during the diagnostic window period, when serological markers are not yet present. For instance, HIV RNA can be identified within 10-14 days after infection, which is significantly earlier than with antibody-based methods. Similarly, NAT reduces the window period for HBV and HCV, thereby substantially lowering the residual risk of transmission (Grabarczyk and Sulkowska, 2023).

Immunological assays based on antigen-antibody interactions remain widely used due to their high sensitivity and automation. Over time, these tests have evolved from first-generation assays utilising native viral proteins and exhibiting limited sensitivity and specificity, to fourth-generation assays capable of detecting both antigens and antibodies. This evolution has significantly shortened the serological window period and improved diagnostic accuracy (Brojer et al., 2015). However,

increased sensitivity can lead to reduced specificity and false-positive results that require further verification.

In cases of reactive screening results, confirmatory testing is mandatory. Samples are retested and, if reactivity persists, are referred to specialised laboratories for verification using alternative, higher-specificity methods. Confirmatory assays may include neutralisation tests, Western blot analysis or additional NAT procedures. Only results confirmed through such rigorous processes are considered indicative of infection, and affected donors are permanently excluded to ensure the safety of recipients (Mikulska et al., 2008).

Beyond standard viral screening, additional tests are carried out in specific situations. For example, in Poland, plasma intended for the production of anti-RhD immunoglobulin is tested for parvovirus B19 DNA, and strict thresholds are in place to prevent contamination of plasma pools. Screening practices vary internationally, with some countries testing for pathogens such as the human T-lymphotropic virus (HTLV), the West Nile virus or *Trypanosoma cruzi*, depending on the regional epidemiology (Korsak and Łętowska, 2009).

Despite these extensive measures, the risk of transfusion-transmitted infections cannot be entirely eliminated. The existence of the diagnostic window period, during which infections may remain undetectable, continues to pose a challenge. This window period varies in length depending on the pathogen – for example, it lasts 30-60 days for HBV serological markers, several months for HCV antibodies, and a few weeks for HIV antibodies – although NAT significantly reduces these intervals (Grabarczyk et al., 2015; Antoniewicz-Papis, 2016). Additionally, “test seekers”, who donate blood primarily to obtain infection test results, represent a potential risk factor, particularly if they donate during the early stages of an infection.

Blood transfusion safety has improved dramatically in recent decades thanks to continuous advancements in diagnostic technologies, automation and regulatory frameworks. In Poland, the system is governed by national regulations that are aligned with European Union directives and World Health Organization (WHO)

recommendations. The Institute of Hematology and Transfusion Medicine provides oversight and ensures the validation and quality control of all diagnostic methods used in blood screening (Antoniewicz-Papis et al., 2021).

Nevertheless, transfusion medicine continues to face challenges, including emerging infectious diseases, changing epidemiological patterns and evolving donor behaviours. Identifying new pathogens and rapidly implementing appropriate screening strategies requires continuous research and adaptation. According to WHO reports, several emerging infectious diseases pose a potential threat to blood safety, highlighting the importance of vigilance and innovation in this area (Grabarczyk et al., 2017).

In conclusion, the safety of blood and its components is ensured by a comprehensive system that integrates donor selection, advanced laboratory diagnostics and stringent regulatory oversight. Combining immunological and molecular methods has significantly reduced the risk of transfusion-transmitted infections, making modern transfusion practices safer than ever before. However, continuous improvement and adaptation to emerging challenges are essential to maintaining and enhancing the safety and effectiveness of blood transfusion therapy.

Comparative characteristics of BSH activity in lactic acid bacteria and bifidobacteria

^{1,2}**Holubchyk D. S., ²Danylenko S. G., ¹Dugan O. M.**

¹Department of Industrial Biotechnology and Biopharmacy, Faculty of Biotechnology and Biotechnics, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine

²Department of Biotechnology, Institute of Food Resources of the NAAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
khronosuranovich@gmail.com

BSH (Bile Salt Hydrolase) activity is one of the principal mechanisms underlying the hypocholesterolemic activity of probiotic microorganisms, i.e., their ability to reduce serum cholesterol levels in humans. The action of this enzyme is based on the hydrolysis of bile acid salts conjugated with various amino acids

(primarily glycine or taurine). Deconjugated bile salts are not reabsorbed by intestinal enterocytes and therefore do not re-enter enterohepatic circulation but are excreted from the body. Cholesterol is then utilized for the synthesis of new bile acids, which results in a decrease in its level in the blood.

Since BSH activity promotes bacterial survival in the presence of bile, it is predominantly found in microorganisms isolated from the gastrointestinal tract (GIT) of humans and animals. Thus, bifidobacteria, whose lifestyle is associated with vertebrates and their GIT, mostly contain the *bsh* gene (approximately 98% of strains isolated from the intestine and 83% of strains from other sources). In contrast, lactic acid bacteria (LAB), which occupy a much broader range of ecological niches, exhibit BSH activity considerably less frequently (for lactobacilli, approximately 59% of intestinal strains and 27% of strains from other sources). Moreover, in most cocci (genera *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*), the ability to deconjugate bile salts occurs about 2.5 times less frequently than in lactobacilli, which is also consistent with their ecological characteristics – they are poorly adapted to conditions of the GIT and rarely act as probiotics. Enterococci, however, often colonize the intestine and are capable of surviving under stressful conditions; therefore, BSH activity is detected in them more regularly (approximately 93% of intestinal strains and 42% of strains from other sources).

Structurally, BSH is not a single enzyme but a group of enzymes with minor variations in structure and, accordingly, in substrate specificity. The particular type of enzyme produced is determined at the genetic level, and a single strain may simultaneously contain from one to four different genes. In most cases, the structure of the BSH active site determines whether it is capable of hydrolyzing glycine- or taurine-conjugated bile salts, although in some cases its activity also depends on the type of bile acid (cholic, deoxycholic, etc.). As a result of enzyme structure, bifidobacteria tend to hydrolyze glycine conjugates more readily, whereas LAB more often act on taurine conjugates; however, in practice, strains with high BSH activity generally exhibit broader substrate specificity and hydrolyze both groups of salts.

In a large-scale study, Song et al. (2019) established that, depending on

nucleotide sequence, all bacterial *bsh* genes can be divided into eight phylotypes (T0-T7). Building on this earlier work, Song et al. (2023) confirmed that a single strain may simultaneously contain several genes belonging to different phylogenetic groups. Among the eight phylotypes, T3 demonstrates the highest enzymatic activity toward all major types of bile salts, and these genes occur exclusively in representatives of *Lactobacillus* (*sensu lato*). The next most active phylotype among LAB and bifidobacteria is T2, which includes genes characteristic of *Streptococcus* spp., the majority of *Enterococcus* spp., and a small proportion of *Lactobacillus* (*sensu lato*). This is followed by phylotype T0, which is occasionally found in enterococci and lactobacilli. In contrast, bifidobacteria possess *bsh* genes of phylotype T4, which, unlike the previously mentioned groups, exhibits lower activity.

Thus, the study of LAB, particularly representatives of the genus *Lactobacillus* (*sensu lato*), from the perspective of BSH activity appears more promising, as their specific enzymatic activity is higher compared with bifidobacteria. At the same time, bifidobacteria almost always contain *bsh* genes, which reduces the time and cost required to identify BSH-positive strains. Representatives of *Enterococcus* spp. appear highly promising, as they combine both of these characteristics.

Ensuring GMP compliance in AI-powered platforms for next-generation cancer diagnostics and therapeutics

Hu G., Bielykh I.

Department of Biotechnology, Biophysics, and Analytical Chemistry, National Technical
University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
Gaolin.Hu@ihti.khpi.edu.ua

The integration of artificial intelligence (AI) into the manufacturing of biotechnological products in accordance with GMP opens new horizons for the development of next-generation diagnostic and therapeutic tools against oncological diseases. This combination of advanced computational methods with stringent regulatory requirements is not merely a trend but an urgent necessity to ensure the quality, safety, and efficacy of innovative medicines. Contemporary research,

particularly the analysis of international approaches to biosimilar regulation and the application of AI in oncology, demonstrates the complexity and multifaceted nature of this process. Examining the experience of different countries shows that despite differences in regulatory frameworks, the common goal remains achieving a high degree of similarity between biosimilars and original biological products, which is especially critical in the treatment of oncological diseases. AI offers powerful tools to address this task: from optimizing manufacturing processes and predicting molecular stability to analyzing large datasets from preclinical and clinical studies.

Implementing GMP principles within AI-based platforms requires a rethinking of traditional approaches to validation and quality control. Whereas previously the primary focus was on the physicochemical and biological characteristics of the final product, the challenge now arises of validating the algorithms themselves, which influence every stage of the product lifecycle. This concerns, for example, the use of machine learning methods to model the behavior of active pharmaceutical ingredients used in oncology, or the application of natural language processing to analyze scientific literature and regulatory documents. Ensuring compliance with GMP requirements in such a context means not merely controlling the final outcome, but creating transparent, interpretable, and reproducible algorithmic processes that are auditable just like any other manufacturing operation. This includes developing clear criteria for training datasets, documenting model architectures and their training procedures, as well as continuous real-time monitoring of algorithm performance to detect potential deviations or model drift.

The application of AI acquires particular significance in the context of enhancing pharmacovigilance for anti-cancer drugs, a critically important component of GMP post-marketing. Traditional pharmacovigilance systems, while effective for detecting common side effects, often have limited sensitivity to rare adverse events that may only manifest in a broad and heterogeneous patient population. The use of machine learning to analyze both structured data from official reports and unstructured information from sources such as electronic health records allows for achieving fundamentally higher sensitivity in detecting these rare events.

Furthermore, these methods enable multifactorial analysis to assess the probable causal relationship between the use of a specific biosimilar and the occurrence of an adverse reaction, particularly in comparison with the reference product. This approach is essential in oncology, where therapeutic regimens are often accompanied by significant toxicity, and any additional increase in risk is unacceptable given patient vulnerability and the potential impact on treatment outcomes.

The creation of collaborative AI-based platforms enabling global, standardized access to heterogeneous pharmacovigilance data from various regulatory jurisdictions is essential. Implementing automated multilingual causality analysis within such platforms would overcome language barriers and reporting discrepancies, facilitating near real-time detection of global safety signals and identification of new safety profiles for regulatory authorities, manufacturers, and clinicians. This represents not merely a technological advancement but a prerequisite for enhancing patient safety and meeting modern regulatory expectations increasingly focused on real-world evidence. Ultimately, only the synergistic integration of innovative computational approaches with the foundational quality assurance principles of GMP can ensure that next-generation AI-driven diagnostic and therapeutic platforms are not only technologically sophisticated but also safe, effective, and accessible for oncological patients.

**Possibilities of combining inulin and betulin as means
for the treatment of seborrhea of various etiologies**

Kalachov I. O., Koziko N. O.

O.O. Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine
ivan.kalachov.2003@gmail.com, natakoziko77@gmail.com

Today, many people suffer from seborrhea, which from the initial stage has turned into a chronic form and regularly recurs. The most common causative agent of the disease remains the fungus of the genus *Malassezia*. The most unpleasant symptoms of the pathology are inflammation and redness of the skin, a feeling of

itching and burning followed by peeling of the epidermis (dandruff), which causes significant physical and psychological discomfort.

Dermatologists often prescribe cosmetic products without taking into account the individual characteristics of the patient, which can lead to unpredictable side effects. Such reactions are usually caused by aggressive components, which, although effective, can damage the skin barrier. For example, ketoconazole or zinc pyrithione have proven their effectiveness for a long time, but they can provoke allergic reactions.

Given the modern development of medical, dermatological and pharmaceutical sciences, it is advisable to pay attention to plant components. They are able to provide high clinical efficiency with minimal risk of side effects.

Extracts of betulin (*Betula pendula*) and inulin (*Inula helenium* or *Cichorium intybus*) are proposed as the main active substances for the development of the dosage form.

- Betulin extract exhibits antioxidant and anti-inflammatory activity against *Malassezia* fungi. These properties make it possible to ease the course of the disease, reduce itching and peeling, and suppress the activity of pathogenic microflora.
- Inulin extract reduces the activity of fungi, reduces the number of opportunistic pathogens and indirectly reduces systemic inflammation. It helps restore the skin's microbiome and provides additional hydration, which is critical in the treatment of seborrhea.

Conclusion: The combination of betulin and inulin in the composition of a cosmetic product provides a complex anti-inflammatory, seoregulating and antifungal effect. This contributes to the normalization of the microflora and restoration of the epidermal barrier, which allows considering these substances as full-fledged components of therapy in the treatment of seborrhea.

Vitamin D₃ auto/paracrine system in cholecalciferol deficiency

Khomenko A. V., Veliky M. M., Parkhomenko Y. M.,

Bilous V. L., Kucheriavyi Y. P., Shymanskyi I. O.

Palladin Institute of Biochemistry of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

victanna@gmail.com

Vitamin D deficiency is one of the most common disorders of micronutrient status in the world. In the current clinical paradigm, vitamin D is recognized as the precursor to calcitriol ($1\alpha,25(\text{OH})_2\text{D}_3$), a multipotent hormone with pleiotropic effects across nearly every physiological system. As the central effector of the D-endocrine system, this hormonally active form regulates genetic stability, metabolic health and systemic resistance to pathogens. This shift in understanding has moved the medical focus from simply preventing deficiency to optimizing the endocrine activity of the ligand. The biological potency of the active metabolite is realized through the vitamin D receptor (VDR), a ligand-activated transcription factor.

The liver plays a central role in vitamin D metabolism, facilitating its primary activation and systemic transport. However, the molecular mechanisms of hepatic hydroxylation and reception system adaptation to prolonged substrate deficiency remain insufficiently understood. The aim was to investigate the hepatic vitamin D₃ metabolic and signaling pathways in rats with nutritional deficiency and after therapeutic vitamin D₃ treatment.

Dietary vitamin D₃ deficiency (VDD) was modeled by maintaining female Wistar rats on vitamin D-free diet for 60 days. Correction was performed by oral administration of cholecalciferol (1000 IU/kg body weight) for 30 days. Serum 25(OH)D level was determined by ELISA. Expression of CYP2R1, CYP27A1, CYP27B1, CYP24A1 and VDR proteins was studied by Western blotting.

The initial stage of the work was the assessment of the D-vitamin status of rats, which confirmed the development of a profound D-deficiency. A 60-day D-deficiency led to a critical decrease in the content of the main marker of the body's vitamin D status - 25(OH)D in serum. In the VDD group, the concentration of this

metabolite was only 19.45 ± 2.52 nmol/L compared to the control group (97.27 ± 10.05 nmol/L). Under these conditions enhancement of proteins CYP2R1 (1.66-fold) and VDR (2.19-fold) expression were recorded. This directly confirms the activation of de novo CYP2R1 protein synthesis. Also given the VDR's role as the primary mediator of vitamin D-dependent pathways, his hyperexpression indicates the activation of a compensatory positive regulatory mechanism. Such adaptive changes allow the liver to maintain effective metabolic control even when the systemic level of 25(OH)D falls to threshold values. The most pronounced increase of expression (2.94-fold) was observed for extrarenal 1- α -hydroxylase (CYP27B1). The recorded increase indicates the activation of a powerful mechanism of extrarenal calcitriol synthesis directly in hepatocytes. This is a critically important systemic response aimed at supporting intracellular functions under conditions of systemic scarcity of the active hormone and a reduction in its supply from the kidneys. Conversely, levels of the inactivating enzyme CYP24A1 significantly decreased.

Therapeutic administration of vitamin D₃ ensured the restoration of systemic 25(OH)D levels (78.24 ± 12.57 nmol/L) and the reversion of most molecular markers of vitamin D metabolism intensity to control values, except for CYP27B1, which maintained moderately elevated expression. Correction also induced a rapid increase in CYP24A1 protein as a protective mechanism against toxicity associated with elevated levels of the hormonally active form of vitamin D.

These results prove that the liver functions as an active regulator of vitamin D-dependent processes, shifting into a state of metabolic adaptation under deficiency. This is manifested through compensatory enhancement of synthesis (CYP2R1, CYP27B1) and increased receptor sensitivity (VDR) against the background of suppressed catabolic pathways (CYP24A1). Nutritional correction effectively restores the physiological balance between activation and inactivation of vitamin D metabolites, ensuring stable homeostasis.

Acknowledgement: This research was supported by the National Research Foundation of Ukraine (project No. 2023.03/0222 «Involvement of cholecalciferol and osteocalcin signaling pathways in the functioning of the cholinergic system of the brain in experimental vitamin D₃ deficiency»).

**Natural and synthetic PLA-based components
with antifungal properties for animal feed packaging**

^{1,2}Koszela K., ²Koziróg A.

¹Interdisciplinary Doctoral School of Lodz University of Technology, Lodz, Poland

²Institute of Fermentation Technology and Microbiology, Faculty of Biotechnology and Food
Sciences, Lodz University of Technology, Lodz, Poland

kinga.koszela@dokt.p.lodz.pl

The increasing demand for animal-derived products necessitates ensuring high microbiological quality of feed and appropriate storage conditions. Filamentous fungi and the mycotoxins they produce remain a major threat, compromising the safety of the food supply chain. Conventional packaging serves only as a physical barrier; therefore, active materials capable of inhibiting microbial growth are gaining increasing attention.

Polylactic acid (PLA) is a biodegradable biopolymer derived from renewable resources and widely used in modern packaging systems. Although it does not exhibit intrinsic antimicrobial activity, it can be readily modified with additives possessing antifungal properties. Both natural components (e.g., essential oils, plant extracts, fibers, lignocellulosic waste) and synthetic agents (e.g., gemini surfactants, quaternary ammonium salts, metal nanoparticles) are employed. Their effectiveness is attributed to their ability to disrupt fungal cell membranes, interfere with metabolic processes, and generate reactive oxygen species. PLA-based active materials can inhibit the growth of molds, including *Aspergillus*, *Fusarium*, and *Penicillium*, which are responsible for mycotoxin production. By combining biodegradability with antimicrobial activity, these materials represent a promising approach for feed packaging, extending shelf life, reducing losses, and improving microbiological safety in animal production.

Effects of Selenium on Mycelial Growth of *Fomitopsis pinicola*, its Antioxidant Activity, and Phenolic Compounds Content

¹Krupodorova T., ¹Zaichenko T., ¹Barshteyn V., ²Sevindik M.

¹Department of Plant Food Products and Biofortification,
Institute of Food Biotechnology and Genomics of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Department of Biology, Faculty of Engineering and Natural Sciences,
University of Osmaniye Korkut Ata, Osmaniye, Türkiye

krupodorova@gmail.com

Biofortification of edible and medicinal mushrooms with selenium is a promising approach for producing dietary supplements enriched with bioavailable selenium. The effect of selenium on macromycetes is dose-dependent: low concentrations may be tolerated, whereas high concentrations inhibit growth and induce metabolic disturbances. Macromycetes act as effective ‘bioreactors’, converting inorganic selenite into organic forms, including selenoamino acids and selenium-enriched polysaccharides and proteins with enhanced biological activity. Several studies with *Pleurotus* sp., *Agaricus bisporus*, *Ganoderma lucidum*, and *Cordyceps militaris* have shown that during growth, fungi are capable of absorbing selenium from selenium-enriched solid substrates or liquid media at concentrations sufficient to meet human daily requirements. Due to the high toxicity of inorganic selenium salts, they inhibit the mycelial growth of *Hericium erinaceum*, *Lentinula edodes*, *Trametes versicolor*, and *Pleurotus* spp., unlike modified Se-enriched zeolites and organic selenite triglycerides, Se-enriched yeast, and selenourea. Selenized fungi exhibited enhanced antioxidant and antimicrobial properties (Pantić et al., 2021). Low selenium levels did not affect the growth of *G. lucidum* mycelium or its morphology, whereas high selenium levels negatively affected growth, sharply reduced biomass, nucleic acids and protein content, damaged cell walls and membranes, and led to signs such as cell degradation, red color, and an unpleasant odor (Xu et al., 2021). Polysaccharide yield in *G. lucidum* mycelium increased and decreased at selenite concentrations of 50 and 200 ppm, respectively. Different

selenium forms exerted distinct effects on polysaccharide biosynthesis in *H. erinaceum*: sodium selenite inhibited mycelial growth and reduced polysaccharide yield at higher concentrations, whereas selenitetriglycerides enhanced biomass accumulation and significantly stimulated the production of extracellular and intracellular selenium-enriched polysaccharides, with increased antioxidant activity (Malinowska et al., 2009). The aim of this study was to investigate the effect of sodium selenite on the mycelial growth of *Fomitopsis pinicola*, as well as its antioxidant activity and total phenolic content.

A pure culture of *F. pinicola* (strain 1523) was obtained from the Mushroom Culture Collection (IBK) of the M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine. The strain was cultivated on Glucose Peptone Yeast Agar (GPYA). A 7-mm mycelial plug from a 7-day-old culture was transferred to GPYA supplemented with sodium selenite (Na_2SeO_3) at concentrations of 1, 2.5, 10, 100, and 1000 mg/L and incubated for 14 days at 25 °C. Radial growth rate (mm/day) was determined as the increase in colony radius during the linear growth phase per unit time. Mycelial extracts were obtained by water extraction of dried biomass (1:10, w/v, 48 h, 100 rpm), followed by centrifugation and filtration. Antioxidant activity was evaluated using the DPPH assay, and total phenolic content was determined by the Folin-Ciocalteu method.

Sodium selenite demonstrated a concentration-dependent effect on fungal growth. At low concentrations (1–10 mg/L), the growth rate remained relatively stable (≈ 8.0 – 8.15 mm/day), indicating the absence of pronounced toxic effects. At 100 mg/L, growth decreased (7.01 mm/day), while at 1000 mg/L complete inhibition was observed. Antioxidant activity slightly decreased with increasing selenite concentration (from 13.28% to 12.0%) and remained significantly lower than in the control (28.76%). A similar trend was observed for total phenolic content, which decreased from 0.91 to 0.75 mg GAE/g compared to 1.18 mg GAE/g in the control.

Overall, sodium selenite inhibited the growth, phenolic accumulation and antioxidant capacity of *F. pinicola*, especially at higher concentrations, likely due to selenite-induced metabolic stress. Further studies should examine lower selenium doses and alternative selenium forms.

Evaluation of the Fatty Acid Composition of Hemp and Flaxseed Oils for the Development of Functional Food Systems

Kryskova L. P.

Department of Food Biotechnology and Chemistry
Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine
lora.deret@gmail.com

In the traditional diet of Ukrainians in the last century, sunflower oil was consumed less as other oils such as linseed, hemp, and rapeseed were used. Today, these oils begin to re-conquer the food market through scientific studies that confirm the high content of omega-3 and omega-9 PUFAs there. Based on the mentioned above, the purpose of our study was to determine the fatty acid composition of flax and hemp oils, to analyze the ratio of PUFA, which will allow in the future to calculate the correct ratio of oils in blend. This blend should be used to create fatty functional foods, namely mayonnaise, which will be characterized as products of high biological value.

Initially, the fatty acid composition of linseed and hemp oils was investigated using gas-liquid chromatography. It is known from the literature that both oils are characterized by their unique fatty acid composition. In addition to PUFAs, especially the omega-3 and omega-9 families, these oils have a significant content of vitamins A, B1, B2, B, 3, B6, E and D, as well as micro elements, phospholipids, and minerals. Hemp oil also has a greenish tinge, indicating a significant chlorophyll content known as a natural antioxidant. It is known from literature that hemp oil has a unique fatty acid composition different from other oils. This is proved by the presence of 2-5% of gamma-linolenic acid in it. This acid is a component of breast milk and is very rare in other oils and has a sufficient biological effect and, accordingly, nutritional value. The results of the study of the fatty acid composition of flax and hemp oils are presented in Table 1.

From the results presented in Table 1, the study of the hepatic and flaxseed oils' fatty acid composition shows that the sum of saturated and unsaturated fatty acids in both oils did not differ significantly. The content of individual fatty acids in each of the selected oils is significantly different. Thus, hemp was found to have a high

content of linoleic acid from the omega-6 family, which accounted for 53.14% of the total fatty acid content, while flaxseed oil had the highest content for α -linolenic acid from the PUFA omega-3 family, which was 53.61%.

Table 1. The fatty acid composition of linseed and hemp oils,%, $M \pm m$, $n = 3$.

No.	The name of the fatty acid	Hemp oil	Flaxseed oil
1	C 16:00 palmitic	5,71 $\pm$ 0,42	7,21 $\pm$ 0,43
2	C 18:00 stearic	3,16 $\pm$ 0,13	4,03 $\pm$ 0,15
3	C 18:1 oleic (omega-9)	16,57 $\pm$ 0,61	22,14 $\pm$ 0,14
4	C 18:2 linoleic (omega-6)	53,14 $\pm$ 0,75	11,02 $\pm$ 0,09
5	C 18:3 α - linoleic (omega-3)	11,38 $\pm$ 0,63	53,61 $\pm$ 0,87
6	C 18:3 γ - linoleic (omega-6)	3,15 $\pm$ 0,24	-
7	C 20:00 arachidic	4,16 $\pm$ 0,26	0,34 $\pm$ 0,04
8	Other acids	2,73 $\pm$ 0,12	1,65 $\pm$ 0,13
9	The amount of saturated acids (SA)	13,03	12,89
10	The amount of unsaturated acids (UAA)	86,97	87,11
11	Correlation SA : UAA	1: 6,71	1: 6,76
12	Correlation omega-3 : omega-6	1:4,95	4,86:1

Therefore, in each of the oils, the ratio between omega-3 and omega-6 PUFA was different. In hemp oil, it was in favor of PUFA omega-6 and amounted to 1:4,95, and linen on the contrary - in favor of PUFA of the omega-3 family and amounted to 4,86:1. Such differences in the fatty acid composition of each of the studied oils suggests that mixing them to get the original fatty acid blend. This will be the prospect of further research.

Modern strategies in food biotechnology for enhancing the nutritional value of functional products

Kurhaluk N., Mazur Z., Tkaczenko H.

Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland

halina.tkaczenko@upsl.edu.pl

The growing global demand for healthier diets, coupled with a greater awareness of the link between nutrition and the prevention of chronic diseases, has led to significant advancements in food biotechnology. Functional foods, which are defined as products that provide health benefits beyond basic nutrition, have become

a focal point of research and industrial innovation (Arshad et al., 2025; Ma et al., 2026). Modern biotechnological strategies not only aim to preserve food quality and safety, but also to improve nutritional profiles by targeting the enrichment of bioactive compounds, vitamins and prebiotic ingredients (Yuan et al., 2025). The most promising approaches include the use of probiotic microorganisms and enzymatic technologies, which facilitate the development of next-generation functional foods with enhanced bioavailability, stability and physiological efficacy (Huang et al., 2025; Kim et al., 2026).

Probiotic microorganisms, primarily belonging to the genera *Lactobacillus* and *Bifidobacterium*, as well as certain yeast species, play a central role in the biofortification of food products. They are capable of synthesising essential vitamins, such as B-group vitamins (including folate, riboflavin, and vitamin B₁₂), and vitamin K directly within food matrices during fermentation processes. This in situ biosynthesis is a more sustainable alternative to chemical fortification as it reduces the need for synthetic additives while enhancing the nutritional value of foods (Linares et al., 2017; Alhodieb, 2026). Furthermore, probiotic fermentation improves the digestibility of macronutrients by breaking down complex carbohydrates, proteins, and lipids into more bioavailable forms (Sawant et al., 2025).

In addition to producing vitamins, probiotic microorganisms contribute to the formation of a wide range of bioactive compounds, including short-chain fatty acids (SCFAs), bioactive peptides, conjugated linoleic acids and exopolysaccharides. These metabolites exhibit a variety of health-promoting properties, including anti-inflammatory, antioxidant, antimicrobial and immunomodulatory effects (Terpou et al., 2025; Gonçalves et al., 2026). The production of bioactive peptides through microbial proteolysis is particularly significant as these compounds have been linked to anti-hypertensive, anti-diabetic and anti-cancer activities (Chelliah et al., 2021). Consequently, fermentation-driven bioprocessing has become a vital method of transforming conventional foods into functional products with enhanced health benefits.

Another important area of modern food biotechnology is the development and use of prebiotics, which are indigestible food components that stimulate the growth and activity of beneficial gut bacteria. Probiotic microorganisms can synthesise or modify prebiotic compounds such as inulin, fructooligosaccharides (FOS) and galactooligosaccharides (GOS), creating synbiotic systems that combine probiotics and prebiotics in a single product. These systems have been shown to improve gut health, enhance mineral absorption, and modulate metabolic processes (Smolinska et al., 2025; Magalhães et al., 2025). Furthermore, microbial fermentation can reduce anti-nutritional factors such as phytates and tannins, thereby increasing the bioavailability of essential micronutrients such as iron, zinc, and calcium (Gupta et al., 2015; Knez et al., 2023).

Enzymatic technologies are another cornerstone of innovative food biotechnology strategies. These highly specific biocatalysts enable the controlled modification of food components under mild processing conditions, preserving nutritional quality while enhancing functionality (Yao et al., 2026). Carbohydrases, for example, are widely used to degrade complex polysaccharides into simpler sugars and oligosaccharides with prebiotic properties (Flint et al., 2012). Proteolytic enzymes, including proteases and peptidases, facilitate the production of bioactive peptides that have specific physiological effects (Rodríguez-Cabello et al., 2026). Lipases, on the other hand, can modify lipid profiles to increase the content of health-promoting fatty acids (Castejón and Señoráns, 2020).

One of the most significant advantages of enzymatic processing is its ability to improve nutrient bioavailability. Phytases, for instance, are used to hydrolyse phytic acid, an anti-nutritional compound that binds minerals and reduces their absorption. By degrading phytates, phytases enhance the bioaccessibility of essential minerals in plant-based foods, thereby improving nutritional outcomes (Joudaki et al., 2023). Similarly, lactase is used to break down lactose in dairy products, making them suitable for individuals with lactose intolerance while preserving their nutritional value (Facioni et al., 2020).

Recent advances in enzyme engineering and biotechnology have led to the development of bespoke enzymes that are more stable, specific and efficient. Techniques such as protein engineering, directed evolution and immobilisation can now be used to design enzymes that can function under extreme processing conditions, including high temperatures, varying pH levels and complex food matrices (Singh et al., 2013; Farhan et al., 2025). These innovations have broadened the scope of enzymatic technologies in food processing, enabling the production of functional ingredients with specific structural and functional properties (Siddikey et al., 2025).

Integrating probiotic and enzymatic approaches opens up new possibilities for achieving synergistic effects in food biofortification. For instance, fermentation processes can be optimised by combining specific microbial strains with targeted enzyme systems to maximise the production of vitamins and bioactive compounds (Kanimozhi and Sukumar, 2025; Alhodieb, 2026). Such integrated strategies are particularly relevant in the development of plant-based functional foods, where the natural nutrient profile may be limited or affected by anti-nutritional factors. Leveraging microbial metabolism and enzymatic transformation enhances the nutritional value and sensory properties of these products, thereby increasing consumer acceptance (Dhiman et al., 2025; Balaji et al., 2026).

Another emerging trend in food biotechnology is the use of 'omics' technologies, such as genomics, proteomics and metabolomics, to improve our understanding of, and optimise, microbial and enzymatic processes. These tools can identify the metabolic pathways responsible for synthesising bioactive compounds, enabling the selection and engineering of strains with enhanced functional properties (Nayak et al., 2021; Martínez et al., 2025). Systems biology approaches also facilitate the design of more efficient, predictable and scalable fermentation processes for industrial applications.

Despite the significant progress in this field, several challenges remain. For example, ensuring the stability and viability of probiotic microorganisms during processing, storage, and gastrointestinal transit is crucial to maintaining their

functional efficacy (Kim et al., 2026). Similarly, the cost and scalability of enzymatic technologies must be addressed to ensure their widespread adoption in the food industry (Siddikey et al., 2025). Regulatory considerations and consumer acceptance also play important roles in the successful implementation of biotechnological innovations in food production (Šostar et al., 2025).

In conclusion, modern food biotechnology strategies, particularly those involving probiotic microorganisms and enzymatic technologies, offer powerful tools for enhancing the nutritional value of functional foods. By enabling the in situ production of vitamins, prebiotics and bioactive compounds, these approaches contribute to healthier and more sustainable food systems. Continued research and innovation in this field are essential to overcome existing challenges and realise the full potential of biotechnology in improving human nutrition and health.

Quantities of pigments, vitamin C, and sugars in fermented fireweed leaves cultivated in various systems

Lasinskas M., Jariene E.

Department of Plant Biology and Food Sciences, Bioeconomy Research Institute,
Agriculture Academy, Vytautas Magnus University, Kaunas, Lithuania
marius.lasinskas@vdu.lt

Today, it is more important than ever to look for food and medicinal plants that could help to solve the various challenges arising from poor nutrition and human health, and environmental cleanliness. The increasing demand for organic and biodynamically cultivated fireweeds worldwide has led to a paucity of studies on the effects of solid-phase fermentation and various growth techniques on the quantities of biologically active substances and their antioxidant activity. The experiment was carried out in the organic farm in the Jonava district (Safarkos village, Lithuania). The purpose of this study – examine the influences of different fermentation technological parameters (different durations: 24 hours, 48 hours) and natural, organic, and biodynamic cultivation on the variation of pigments, and sugars. The

method employed for determining substances - high-performance liquid chromatography (HPLC).

This study provides novel insights into the functional potential of fireweed leaves, showing that cultivation method and fermentation process significantly affect pigments, vitamin C, and sugar content.

Biodynamic cultivation favored the accumulation of carotenoids, particularly β -carotene and lutein, while zeaxanthin remained stable across all systems and processing stages.

Organic cultivation led to the highest concentrations of vitamin C and L-ascorbic acid, and short-term fermentation further enhanced their levels.

Naturally grown leaves accumulated more total sugars and fructose, whereas sucrose content increased during fermentation regardless of the cultivation system.

Solid-state aerobic fermentation reduced chlorophyll a and b contents in all samples and strongly influenced color and sensory characteristics.

Overall, the findings highlight fireweed leaves as a promising source of bioactive compounds for the development of functional foods, particularly for incorporation into dairy products, beverages, and dietary supplements.

Optimization of energy costs in biotechnological processes

¹Levkin D., ²Kotko Ya., ³Levkin A.

¹Department of Physics and Mathematics,

²Department of Economics and Business,

³Department of Information Technologies, Cybernetics and Information Security

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

dimalevkin23@gmail.com

One of the main problems in biotechnology is the development of hardware and software for automating processes in microbiology. This problem arises primarily due to the microscopic size and heterogeneous internal structure of the objects under study, which are exposed to physical field loading sources. In addition, in order to ensure a specific biotechnological process and increase the wear time of the

equipment required for its implementation, it is necessary to optimize, first of all, the energy costs of existing hardware. Optimization of energy costs and other technical resources is only possible after calculating the values of the objective function. This means that first, a mathematical model is constructed, and its differential equations are solved using one of the known numerical methods. The choice of solution method is primarily influenced by the type of boundary value problem with differential equations that describe the state of the modeled system.

As an example of optimizing energy costs for biotechnological processes in a microbiological environment, let us consider the optimization of energy costs in laser embryo division, which is necessary for subsequent embryo cell transplantation. Taking into account the specific features (the presence of microvilli on the outer protective shell of the embryo and areas where the movement of laser beam division lines on the embryo is prohibited) when constructing a mathematical model of the laser exposure process on the embryo leads to the fact that, without the use of specialized methods, it is impossible to say unequivocally whether the boundary value problem with differential equations (calculated mathematical model) describing the state of the embryo under laser exposure will be solvable. It is impossible to answer unequivocally whether the boundary value problem with differential equations (computational mathematical model) describing the state of the embryo under laser exposure is correct. The conditions for the correctness of such a boundary value problem are determined by the authors using the theory of pseudodifferential operators over the space of continuously differentiable generalized functions on a segment. To solve boundary value problems, it is proposed to use the Galerkin method, which will allow obtaining a solution in the form of a power series, the components of which are modifications of the Fourier series.

To optimize energy costs, we will perform dimensional reduction and construct a uniform grid model, marking the laser power and exposure time on the coordinate axes. The damage to germ cells is assessed according to a previously defined integral criterion of cell trauma. The viability temperature of germ cells is determined taking into account the thermophysical characteristics of the embryo. The maximum

permissible values of laser power and exposure time are obtained from the technical characteristics of laser emitters. We will use an iterative method to traverse the nodal points of the grid model in search of the optimal values of laser power and exposure time. We will search for local extrema of the objective function using, for example, a directed search method. To refine the optimization of energy consumption, we will refine the large uniform grid several times. The analysis of embryo damage and step-by-step search for local extrema at the nodal points of the refined grid will continue until the time initially allocated for energy cost optimization has elapsed, the pre-agreed optimization accuracy is achieved, or the value of the discrepancy in the integral criterion of germ cell injury at two neighboring points is relatively small and can be neglected by selecting the optimal energy consumption from a single node point. During the proposed studies, after a finite number of iterations in solving boundary value problems, we will obtain the optimal energy consumption values necessary for implementing the biotechnological process of laser embryo division. By refining the values of local and global extrema of the objective function, the use of the proposed algorithm of step-by-step search and enumeration of local extrema of the objective function for energy consumption optimization will improve the quality of the biotechnological process of laser embryo division in livestock breeding.

**Biotechnological aspects of 4D-physiologically adaptive
cardiac patches for myocardial regeneration**

Luhova K. V., Belinska A. P.

Department of Biotechnology, Biophysics and Analytical Chemistry of the National
Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
Kateryna.Luhova@ihti.khpi.edu.ua

Cardiovascular diseases, particularly myocardial infarction, are a leading cause of global mortality, resulting in irreversible cardiomyocyte loss, scar formation, and the development of heart failure. Conventional treatments, including pharmacotherapy, revascularization, and mechanical circulatory support, fail to

restore functional myocardium, while heart transplantation is severely limited by donor shortages and the requirement for lifelong immunosuppression. Cardiac patches have emerged as a promising regenerative strategy; however, traditional static 3D hydrogel and scaffold-based patches suffer from critical limitations: poor adhesion to the epicardium, mechanical mismatch with the beating heart, inadequate vascularization, and limited cell engraftment. These drawbacks lead to suboptimal integration and marginal functional recovery. Consequently, there is an urgent need for advanced, physiologically adaptive patches capable of dynamic interaction with cardiac tissues to enable effective repair.

Based on a literature search, 4D-printed hydrogel patches seeded with cardiac cells represent a significant step forward compared to static 3D patches due to the integration of time-dependent shape-morphing and mechanical adaptability. These constructs are fabricated via beam-scanning stereolithography using photocurable bioinks, such as gelatin methacrylate (GelMA, 5%) combined with polyethylene glycol diacrylate (PEGDA, 15%). The printing process generates a gradient of internal stress through controlled laser parameters, allowing the patch to autonomously transform from a flat printed state into a curved geometry that matches the epicardial surface. Post-printing, the patches are seeded with a triculture consisting of human induced pluripotent stem cell-derived cardiomyocytes (hiPSC-CMs, ~30%), human endothelial cells (hECs, ~40%), and human mesenchymal stromal cells (hMSCs, ~30%).

In vitro studies established that 4D patches significantly accelerate cell maturation and vascular network formation compared to their static counterparts. Under mechanical stimulation, the expression of key genes (MYL2, RYR2, CD31) increases up to 28-fold, while dense capillary-like structures are formed, and calcium activity is enhanced. *In vivo* studies in murine models demonstrated that these patches achieve firm epicardial adhesion without the need for adhesives and significantly reduce infarct size (to ~3.8% vs. ~8.4% at 10 weeks, and ~5.6% vs. ~14.3% at 4 months). Magnetic resonance imaging confirmed synchronous contraction with the native heart and improved ejection fraction (~64.1% vs. ~56.1% in controls).

Compared to traditional static 3D hydrogel patches, 4D-printed constructs offer decisive advantages: 1) dynamic conformal fitting and mechanical compliance, which minimize shear stress and the risk of delamination; 2) enhanced cell engraftment and survival due to cyclic loading that matches physiological conditions; 3) superior vascularization and integration driven by the adaptive microstructure; 4) potential for minimally invasive delivery (printing in a compact form followed by *in situ* transformation).

In conclusion, literature analysis confirms that 4D-printed hydrogel patches seeded with cardiac cells represent a promising, physiologically adaptive alternative to conventional cardiac repair strategies. By combining precision additive manufacturing with "smart" stimuli-responsive biomaterials, these constructs provide dynamic integration with the beating heart, enhanced vascularization, and long-term reduction of the infarct zone. Despite remaining challenges in scaling and immune compatibility, the demonstrated advantages position 4D patches as a transformative platform for myocardial regeneration. Future research should focus on large animal models and the incorporation of conductive elements to accelerate clinical implementation.

**Suspension of isolated cells of the follicular environment of the oocyte
as a model for studying the effect of drugs on the ovarian reserve**

Lytvynenko A. P., Blashkiv O. T., Sribna V. O.

Bogomoletz Institute of Physiology, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

alina_lit@ukr.net

Ovarian reserve (OR) is defined as the number of oocytes stored in the ovary. OR can be influenced by many factors, including hormones, metabolites, initial ovarian reserve, environmental issues, diseases, and medications. Given the trend of postponing pregnancy in modern society, diminished ovarian reserve has become one of the most common problems in modern clinical reproductive medicine. Due to the unclear mechanism and complex clinical features, it is difficult for physicians to prescribe targeted treatment.

The aim of the study was to evaluate a suspension of isolated follicular cells surrounding oocytes in Alba mice as a model for studying the effect of drugs on ovarian reserve. And to perform the following tasks: to estimate the proportions of live, apoptotic, and necrotic cells of the follicular environment of the oocyte (FEO), as well as to establish the distribution of DNA single-strand breaks (SSBs) of in such cells.

The experiment was performed using Alba mice (females, 18-22 g) in compliance with all requirements of the Ethics Committee of the Bogomolets Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Ukraine. The cells of the follicular environment of the oocytes (FEO) were mechanically isolated from the follicles of the ovaries of mice and cultured for 4 hours in separate chambers with 400 μ l of DME culture medium with 15 mM HEPES, Ca^{2+} concentration 1.71 mM, temperature 37°C. After isolating of FEO cells from the ovary, their morphology was assessed using the routine dye exclusion method – trypan blue (0.2% solution in 0.9% NaCl).

Apoptotic and necrotic cell death was assessed using intravital double staining with the nucleic acid fluorescent dyes Hechst 33342 and propidium iodide. Morphological studies were performed using a Lumam I-1 fluorescence microscope with an 85x water immersion lens. The relative number of live and apoptotic cells, as well as cells with signs of necrosis, was determined in samples of ≥ 400 cells.

To detect the DNA (SSBs) of the nuclei of the FEO cells, the method of alkaline gel electrophoresis of isolated cells (DNA-comet assay) was used. From 100 to 400 separately located DNA-comets were analyzed on each micropreparation. According to the ratio of DNA in the head and tail, the comets were divided into 4 classes (0/1,2,3,4). The results were statistically processed in the Graph Pad Prism version 10.3.00.

In this study, we evaluated the suspension of isolated cells of the follicular environment of the oocyte in mice. The following proportions of living and dying by apoptosis and necrosis of FEO cells were established, respectively, living – $88,20 \pm 1,30\%$, apoptotic – $4,92 \pm 1,04\%$ and necrotic – $5,91 \pm 2,30\%$. We obtained the

following data on the distribution of DNA (SSBs) in the suspension of FEO cells, namely: - the proportion of cells with nuclei of classes 0/1- and 2- is, respectively, $53,63 \pm 2,20\%$ and $26,00 \pm 1,51\%$, while the proportion of cells with nuclei of classes 3- and 4- is, respectively, $14,13 \pm 1,13\%$ and $6,25 \pm 2,05\%$.

Thus, data were obtained on the ratio of live cells to apoptotic and necrotic cells, as well as on the distribution of DNA SSBs in the suspension of FEO cells suspensions in female mice of the Alba line. We present this FEO cells suspension as a promising model for studying ovarian reserve. It can be a valuable tool for researching the safety and efficacy of drugs in the context of preserving OR and has advantages over other described granulosa cell models in terms of cost and simplicity.

Fermentation as a tool in the production of healthy and functional food products

Mazur Z., Kurhaluk N., Tkaczenko H.

Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland

halina.tkaczenko@upsl.edu.pl

Fermentation is one of the oldest and most versatile biotechnological processes used in food production. Yet it remains at the forefront of modern innovation in developing healthy, functional food products (Park and Manna, 2025). In recent decades, growing consumer awareness of the connections between diet, gut health, and the prevention of chronic diseases has sparked renewed interest in fermented foods (Leeuwendaal et al., 2022; Terpou et al., 2025). This trend is further supported by advances in microbiology, food biotechnology and systems biology, which have provided a deeper understanding of microbial metabolism and its applications in improving food quality and functionality (Vermelho et al., 2025). Not only does fermentation improve the safety, shelf life, and sensory properties of food, it also significantly enhances its nutritional value by synthesising and transforming bioactive compounds (Seo, 2024; Fitsum et al., 2025). As such, fermentation is a powerful,

sustainable tool for developing next-generation functional foods, including probiotic products, plant-based beverages, and bioactive extracts.

At its core, fermentation is a metabolic process whereby microorganisms, such as bacteria, yeasts and moulds, convert organic substrates into simpler compounds, often under anaerobic conditions (Mannaa et al., 2021). The most commonly used microorganisms in food fermentation include lactic acid bacteria (LAB), such as *Lactobacillus*, *Lactococcus*, and *Streptococcus* species, as well as yeasts, such as *Saccharomyces cerevisiae*, and moulds, such as *Aspergillus* and *Rhizopus*. They play a critical role in shaping the biochemical composition of fermented foods, leading to the formation of desirable metabolites such as organic acids, alcohols, vitamins, exopolysaccharides and bioactive peptides. These compounds contribute to the preservation and flavour of food, as well as its functional and health-promoting properties (Wang et al., 2025; Liu et al., 2025).

One of the most significant applications of fermentation in modern food systems is the production of probiotic foods. Probiotics are defined as live microorganisms that confer health benefits to the host when administered in adequate amounts (Grujović et al., 2025). Fermented dairy products such as yoghurt, kefir and certain cheeses have long been recognised as important carriers of probiotic bacteria. During fermentation, lactic acid bacteria (LAB) convert lactose into lactic acid, which lowers the pH and creates an environment that inhibits pathogenic microorganisms while promoting the growth of beneficial microbes (Ağagündüz et al., 2021; Santos et al., 2025). As well as improving microbial safety, probiotic fermentation enhances the nutritional value of food by making vitamins, particularly B vitamins, more bioavailable and producing bioactive compounds with antioxidant, antimicrobial and immunomodulatory properties (Gonçalves et al., 2026).

Beyond traditional dairy applications, fermentation has gained prominence in the development of plant-based probiotic foods, driven by the growing demand for vegan, lactose-free and environmentally sustainable alternatives. Plant matrices such as soy, almond, oat, rice and coconut provide suitable substrates for microbial fermentation, although their composition differs significantly from that of milk. To

overcome these challenges, tailored starter cultures and optimised fermentation conditions are employed to ensure the growth and viability of probiotic strains (Boukid et al., 2023; Asif et al., 2026). Fermenting plant-based substrates introduces beneficial microorganisms and improves digestibility by reducing anti-nutritional factors such as phytic acid, tannins, and enzyme inhibitors (Coronel-León et al., 2025). Furthermore, fermentation enhances the sensory characteristics of plant-based products, mitigating the undesirable flavours and textures often associated with raw plant materials (Senanayake et al., 2023; Abbaspour, 2024).

Fermented plant-based beverages are a rapidly growing category within the functional food market. They combine the health benefits of plant-derived nutrients with the functional properties of probiotic microorganisms (Hidalgo-Fuentes et al., 2024). Fermented soy beverages, for example, are rich in isoflavones, which are converted into more bioavailable forms through microbial enzymatic activity (do Prado et al., 2022). Similarly, the fermentation of cereal-based drinks, such as oat- or barley-based drinks, can lead to the production of beta-glucans and other soluble fibres with prebiotic effects. Incorporating probiotic cultures into these beverages further enhances their functional value by supporting gut microbiota balance and improving metabolic health (Ziarno et al., 2025; Ashaolu et al., 2025). Consequently, fermented plant-based beverages are increasingly recognised as effective vehicles for delivering nutrients and bioactive compounds.

Another important aspect of fermentation in food biotechnology is its role in producing bioactive extracts. Fermentation can transform raw plant materials into extracts with enhanced biological activity – a process often referred to as 'biotransformation' (Zhao et al., 2021). During fermentation, microbial enzymes break down complex molecules, such as polyphenols, glycosides and polysaccharides, into simpler, more bioavailable forms. This can significantly boost the antioxidant capacity, anti-inflammatory potential and overall bioactivity of plant-derived compounds (Yang et al., 2023; Alharbi, 2026). For example, the fermentation of herbal extracts has been shown to increase the release of phenolic acids and

flavonoids, which are linked to protective effects against oxidative stress and chronic diseases (Huynh et al., 2014; Zhao et al., 2021).

Furthermore, fermentation enables the production of new bioactive compounds that are not found in the original raw materials. These include short-chain fatty acids, γ -aminobutyric acid (GABA) and various peptides that exhibit antihypertensive, antimicrobial and immunomodulatory properties (Peres Fabbri et al., 2024; Fitsum et al., 2025). The production of these compounds depends heavily on the microbial strains used and fermentation parameters such as temperature, pH and substrate composition. Advances in strain selection and metabolic engineering have enabled the development of specialised microbial cultures that can produce specific bioactive molecules with targeted health benefits (Siddiqui et al., 2023).

In addition to enhancing the nutritional and functional properties of food, fermentation contributes to improved food sustainability. By utilising renewable raw materials and reducing the need for synthetic additives, fermentation aligns with the principles of green biotechnology and the circular economy. It also enables the valorisation of food by-products and waste streams by converting them into value-added products with functional properties (Gabriele et al., 2026; Gonçalves et al., 2026). For instance, agricultural residues such as fruit peels, cereal bran and vegetable trimmings can be fermented to produce bioactive extracts or functional ingredients, thereby reducing food waste and promoting resource efficiency (Kim et al., 2026; Gabriele et al., 2026).

Integrating modern analytical tools, such as metabolomics and microbiome analysis, has further advanced our understanding of fermentation processes and their impact on food functionality. These technologies enable the detailed characterisation of microbial communities and their metabolic outputs, facilitating the optimisation of fermentation conditions and the development of consistently high-quality and effective products (Singh and Kumar, 2025; Zhang et al., 2026). Furthermore, using starter cultures with well-defined functional properties ensures consistency and safety in industrial applications (Mannaa et al., 2021).

Despite its many advantages, applying fermentation to functional food production also presents challenges. It is essential to maintain the stability and viability of probiotic microorganisms during processing and storage to ensure their health benefits (Grujović et al., 2025). Additionally, variability in raw materials and fermentation conditions can affect product quality and consistency (Abbaspour, 2024). Regulatory frameworks and consumer perceptions also influence the acceptance and commercialisation of fermented functional foods, particularly those involving novel microorganisms or genetically modified strains (Mukherjee et al., 2022).

In conclusion, fermentation is a powerful and multifaceted tool in the production of healthy and functional food products. Its ability to enhance nutritional value, generate bioactive compounds and improve sensory and safety attributes makes it indispensable in modern food biotechnology. Its role in developing probiotic foods, plant-based beverages and bioactive extracts highlights its versatility and potential to address current nutritional and sustainability challenges. Continued research and technological innovation will expand the range of applications for fermentation further, contributing to the development of functional foods that support human health and well-being in an increasingly complex and demanding global food system.

Results of the development and optimization of *Pleurotus ostreatus* mycelium cultivation conditions

Mykhailova K. I., Koziko N. O.

Department of Pharmacy and Industrial Drug Technology,
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine
mikhailovak26@gmail.com

Common mushroom (*P.ostreatus*) is a producer of biologically active β -glucans that have immunomodulatory and antioxidant effects. The efficiency of obtaining these compounds depends on the two-stage cultivation process: the accumulation of active inoculum on solid media and the subsequent increase of biomass by the deep method.

The aim of the work was to investigate the growth dynamics of *Pleurotus ostreatus* mycelia and the content of polysaccharides on an optimized

multicomponent medium. The object of the study was the mycelium of the common mushroom.

At the first stage, surface cultivation of the pure culture was carried out on agarized glucose-peptone-yeast medium (GPDA) in standard Petri dishes for eight days. At the second stage, the obtained inoculum was transferred under sterile conditions to Erlenmeyer flasks with a capacity of 250 ml, which contained 45 ml of liquid nutrient medium GPA. The composition of the medium included glucose, peptone, yeast extract, as well as mineral salts to stabilize metabolism: KH_2PO_4 , K_2HPO_4 and $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Deep cultivation lasted for 7 days on laboratory shakers at a temperature of 26 °C. After the completion of the cycle, the biomass was separated from the substrate by filtering through kapron filters, washed with distilled water and dried in an oven at a temperature of 50-60 °C until a constant mass was reached. The amount of dry biomass was calculated in g/l. The final stage involved mechanical grinding of the dry raw material to a powdery state in a laboratory mill for further research. During surface cultivation on the 8th day, a peak of active growth of snow-white loose mycelium was observed (Fig. 1), which completely colonized the surface of the agar.

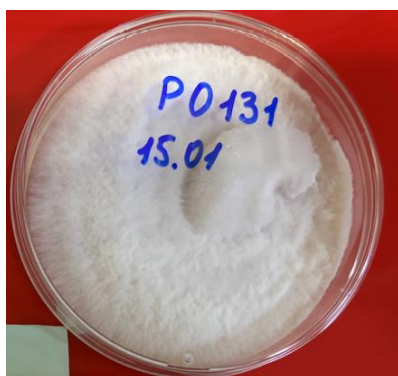


Fig.1. *P. ostreatus* mycelium on the 8th day of cultivation.

The transition to deep cultivation in flasks on laboratory shakers made it possible to significantly intensify the biomass accumulation process due to constant aeration and uniform access of nutrients in the liquid phase. This method ensures the formation of clean and homogeneous biomass. The study of the obtained dry powder confirmed the high activity of the culture: the average value of β -glucan content was 0.063 g per 1 g of biomass.

The results show that the use of yeast extract and mineral supplements in combination with intensive movement stimulates the synthesis of structural polysaccharides. The combination of the stages of 8-day surface and 7-day deep cultivation on GPA medium with the use of laboratory shakers is an effective algorithm for obtaining biologically active raw materials. The development and optimization of biomass cultivation conditions allows obtaining biomass with a high content of targeted β -glucans, which opens up prospects for the creation of new nutraceutical drugs.

Development of the composition of chewable tablets based on dry extracts for urological use

Nikitenko O. L., Kryklyva I. O., Mansky O. A.

National Pharmaceutical University, Kharkiv, Ukraine

irinakriklyva@ukr.net

Modern pharmacy is actively introducing dosage forms based on natural raw materials. In particular, chewable tablets (CT) are a promising dosage form due to their ease of use and rapid therapeutic effect.

The development of chewable tablets based on plant extracts requires careful selection of excipients, as this stage is decisive for the quality of the finished product. The correct combination of components ensures not only optimal physicochemical parameters, but also the targeted bioavailability of the active compounds.

For the development of chewable tablets, dry extracts of oxycoccus and salvia, which are traditionally used in folk medicine for the treatment of cystitis, were selected as active pharmaceutical ingredients.

The transformation of the therapeutic potential of extracts into a finished industrial product is possible only if stable dosage forms are developed. Preserving the biological activity of substances during production and storage remains the key task in this case.

The main goal of the study is to develop the optimal composition of chewable tablets based on dry extracts through rational selection of excipients. For this purpose, it was necessary to study the technological properties of various excipients

that can be used for the production of chewable tablets. Studies of the pharmaco-technological properties of dry extracts of oxycoccus and salvia have shown their unsatisfactory flowability and compressibility, which indicates the need to introduce excipients into the composition of the solid dosage form.

Based on the conducted research, the following excipients were introduced into the composition of the CT – Pearlitol®-DC as a rational filler and stearic acid as a lubricant.

Prospects for developing a cream with probiotic and prebiotic components

¹Nosuk Y., ¹Koziko N. O., ¹Shumeiko M. V., ²Tarasenko V. O.

¹Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

²Ukrainian Military Medical Academy, Kyiv, Ukraine

nata.koziko77@gmail.com, vika_tarasenko83@ukr.net

Introduction. Modern dermatocosmetology considers the skin as a complex ecosystem, the state of which directly depends on the balance of its microbiome. Dysbiosis of the skin leads to the development of acne, dermatitis and premature aging. The use of synbiotic compositions (a combination of probiotics and prebiotics) in creams allows not only to maintain the protective barrier, but also to stimulate regenerative processes at the cellular level. This opens up wide opportunities for the creation of therapeutic cosmetics with a targeted effect on the epidermal microflora.

The purpose of our study was to select components and explore the prospects for developing a cream formulation enriched with probiotic bacteria lysates and plant prebiotics to restore the skin's barrier function. The objects of the study were lysates of bacteria of the genus *Lactobacillus* and *Bifidobacterium*, as well as prebiotic components (inulin, alpha-glucan oligosaccharide). The analysis of effectiveness was carried out by studying the effect of the components on the adhesion of pathogenic microflora in vitro and assessing the stability of emulsion systems.

As a result of theoretical and experimental studies, it was found that the optimal use is not of live cultures (which creates difficulties in preservation), but of their lysates (lactobacilli lysate). They contain fragments of cell walls and cytoplasm, which act as signaling molecules for the skin's immune system.

The addition of inulin at a concentration of 2–5% creates a selective environment for the growth of beneficial microflora (*Staphylococcus epidermidis*), while simultaneously suppressing the development of pathogens (*Staphylococcus aureus*).

The developed oil-in-water (O/W) cream base ensures uniform release of active components. It was found that to preserve the biological activity of lysates, the introduction of the prebiotic complex should occur at a temperature not higher than 40 °C at the stage of completion of emulsification.

Preliminary stability studies confirmed that the synbiotic complex does not affect the colloidal stability of the system during the storage period while maintaining the appropriate pH level (5.2–5.5).

Conclusions. The development of a cream based on a synbiotic complex is a promising direction for modern pharmacy. The combination of probiotic lysates and inulin allows you to create a product that effectively restores the skin microbiome, increases its resistance to external factors and has high commercial potential.

Biotechnological Approach to Wheat Streak Mosaic Virus Protection Using Liposomal Bionanocomposites

^{1,4}Nyzhnyk T., ^{2,4}Kovalenko O., ^{2,3,4}Snihur H., ^{2,4}Kyrychenko A.

¹Department of Symbiotic Nitrogen Fixation,

Institute of Plant Physiology and Genetics of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Plant Virology Laboratory, D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology
of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

³ESC «Institute of Biology and Medicine», Taras Shevchenko National University of Kyiv,
Virology Department, Kyiv, Ukraine

⁴Institute of Biochemistry and Biophysics Polish Academy of Sciences, Laboratory of Plant
Pathogenesis, Warsaw, Poland

Crop production underpins global food security and economic sustainability. Wheat (*Triticum aestivum* L.) is a major cereal due to its ecological plasticity, enabling cultivation across diverse agroecosystems. Achieving stable yields under abiotic stress is challenging and further limited by imbalances in the plant–pathogen–environment system, resulting in substantial losses.

Biological preparations have emerged as promising tools to enhance plant tolerance by modulating biochemical pathways and activating antioxidant defenses. Plant stress responses involve activation of antioxidant enzymes, osmolyte accumulation, signaling via molecules such as ethylene, and ROS-mediated metabolic adjustments (Nyzhnyk et al., 2025). However, developing practical, environmentally safe formulations remains challenging.

We hypothesized that plant tolerance to wheat streak mosaic virus (WSMV) can be enhanced by activating endogenous antioxidant defenses through biological preparations. Liposomal bionanocomposites (BNC) comprising glucan from *Ganoderma adspersum* and rhamnolipids from *Pseudomonas* sp. PS-17 were applied as bio-based resistance inducers (Kovalenko et al., 2017). Toxicological and physiological assessments indicate that BNC is safe for seedlings and non-target organisms (Kyrychenko & Kovalenko, 2025). These results highlight BNC's potential as an environmentally compatible strategy to mitigate viral damage in wheat.

BNC seed treatment enhanced antioxidant and stress-protective responses in WSMV-infected wheat by stimulating hydrogen peroxide-dependent signaling and activating key components of the antioxidant network, including SOD, CAT, and PAL. Coordinated enzymatic activation attenuated lipid peroxidation, restored redox homeostasis, modulated ethylene production, and supported photosynthetic apparatus functioning. Increased photorespiration in BNC-treated plants likely contributed to maintaining redox balance under stress, representing a trade-off between protective regulation and energy cost.

Collectively, BNC induced pre-adaptive metabolic adjustments, strengthened antioxidant capacity, reduced WSMV-associated oxidative damage, and improved physiological performance under infection. These protective effects on redox homeostasis, ethylene regulation, and photosynthesis were more pronounced than the direct impact on viral accumulation, indicating that BNC primarily enhances physiological tolerance to WSMV rather than acting as a strong antiviral agent.

Acknowledgements The authors are grateful for financial support from the Polish Academy of Sciences and the U.S. National Academy of Sciences (Agreement N PAN.BFB.S.BWZ.407.022.2024: “Experimental evaluation of virus disease of cereals in Ukraine and liposomal bionanotechnology for crop stabilization”).

Harnessing Symbiotic Bacteria for Biotechnological Improvement of Plant Antioxidant Defense and Drought Resilience

Nyzhnyk T.

Institute of Plant Physiology and Genetics of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
tp_nyzhnyk@ukr.net

Effective symbiosis between legumes and nodule-forming bacteria represents a vital biotechnological strategy to enhance plant resilience under water-limited conditions and optimize sustainable nitrogen acquisition. Highly efficient symbiotic interactions enable plants to maintain physiological and metabolic stability during prolonged drought while regulating reactive oxygen species (ROS), including hydrogen peroxide, which act both as damaging agents and as critical signaling molecules that trigger defense pathways. The balance of ROS is controlled by key antioxidant enzymes such as superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT), which preserve cellular integrity, minimize lipid peroxidation, and maintain essential metabolic functions. Effective symbiotic systems rapidly restore enzyme activity after stress, protect membrane structures, and sustain nitrogen-fixing capacity, ensuring that plants can adapt and recover efficiently from water deficit conditions.

In contrast, less effective or non-effective symbioses exhibit compromised antioxidant defenses, leading to excessive ROS accumulation, intensified lipid peroxidation, and disruption of cellular redox homeostasis. These imbalances restrict the plant's ability to mount an effective adaptive response, reduce nitrogen fixation efficiency, and compromise overall physiological performance. The observed differences highlight the importance of selecting and applying high-performance bacterial strains to optimize symbiotic function and support plant stress resilience.

Maintenance of nodulation stability and enzymatic activity under water-limited conditions facilitates rapid recovery after rehydration, demonstrating the dynamic interplay between host plants and their symbiotic partners.

Beyond immediate physiological effects, effective symbioses confer significant ecological and agronomic benefits. By sustaining nitrogen fixation without reliance on synthetic fertilizers, efficient symbiotic systems reduce environmental impact, improve soil fertility, and contribute to ecosystem services. Activation of antioxidant systems under water stress influences gene expression, metabolic regulation, and defense mobilization, ensuring plants maintain functional activity despite fluctuating environmental conditions. ROS-mediated signaling pathways, including calcium fluxes and MAP kinase activation, coordinate stress-responsive gene expression, regulate lipid peroxidation, and modulate cellular homeostasis, emphasizing the complexity and integration of plant defense networks.

These findings indicate that plant resilience under water limitation is not solely determined by host physiology but critically depends on the effectiveness of symbiotic bacterial partners and their capacity to activate protective mechanisms. Effective symbioses integrate antioxidant regulation, nitrogen fixation, and metabolic stabilization, forming a comprehensive adaptive system that enhances stress tolerance and recovery. Understanding the mechanisms of ROS regulation, lipid peroxidation control, and enzyme-mediated antioxidant responses provides a biotechnological framework for exploiting symbiotic partnerships to improve stress tolerance, maintain crop productivity, and promote environmental sustainability.

By promoting efficient symbiotic interactions, it is possible to enhance plant growth, increase resource use efficiency, and mitigate the adverse effects of water scarcity, supporting the development of resilient agroecosystems capable of adapting to climate variability. Strategic selection and application of effective bacterial strains offer practical approaches to optimize symbiotic efficiency, enhance plant adaptive potential, and support sustainable agricultural practices. In summary, the effectiveness of legume–bacterial symbiosis fundamentally shapes plant responses to water stress. Maintaining redox homeostasis, activating antioxidant defenses, and

preserving nitrogen-fixing capacity are central to adaptive resilience, highlighting the integrated nature of plant stress responses. These insights provide a foundation for biotechnological applications aimed at improving crop performance, ecological sustainability, and resource efficiency under increasingly variable environmental conditions.

***In silico* design and physicochemical optimization of novel fluoroquinolone
analogs via systematic bioisosteric replacement at N1 and C7 positions**

Osyenko O. A., Marynchenko L. V.

Department of Bioenergy, Bioinformatics and Environmental biotechnology, Faculty of
Biotechnology and Biotechnics, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine

osyenko.olena@iit.kpi.ua

Despite the critical role of next-generation antimicrobials in medicinal chemistry, many potent scaffolds fail to achieve clinical efficacy due to unfavorable pharmacokinetic profiles rather than a deficit in intrinsic potency. Within the fluoroquinolone class, significant challenges persist regarding low aqueous solubility and suboptimal lipophilicity, which directly correlate with poor oral bioavailability and inconsistent systemic distribution. In this study, we aimed to address these limitations by implementing a systematic bioisosteric replacement strategy centered on the tosufloxacin scaffold. Based on the established hypothesis that the high planarity of traditional fluoroquinolones contributes to excessive lattice energy (increased crystallinity) and poor solubility, we proposed that integrating saturated 3D frameworks would disrupt molecular planarity, thereby broadening the accessible chemical space and enhancing the multi-parameter desirability of the analogs.

The research methodology involved the definition of a diverse chemical library based on the combinatorial assembly of structural fragments at the N1 and C7 positions, comprising 17 distinct N1-substituents and 16 C7-substituents. Potential bioisosteric replacements were identified and validated using the SwissBioisosteres database to ensure biological relevance. The resulting library of 305 novel analogs

was generated and processed using RDKit for structural descriptor calculation and geometry standardization. To evaluate these structures, a customized multi-parameter optimization (MPO) scoring function was developed, calculated as a weighted aggregate of individual desirability functions. Priority was assigned to aqueous solubility ($\log S$, $w=0.30$) and lipophilicity ($\log P$, $w=0.20$) to balance dissolution and membrane permeability.

Additionally, the fraction sp^3 of carbons (F_{sp^3} , $w=0.20$) was monitored to correlate structural saturation with improved solubility, while molecular weight (MW, $w=0.15$) and total polar surface area (TPSA, $w=0.15$) ensured adherence to Lipinski's and Veber's drug-likeness criteria. In addition, the MPO scores were adjusted using structural penalties for excessive aromaticity (more than 3 aromatic rings) to mitigate poor solubility, and molecular flexibility (more than 10 rotatable bonds).

Analysis of the resulting chemical landscape, as visualized in Figure 1, demonstrates a clear correlation between structural topology and predicted molecular desirability.

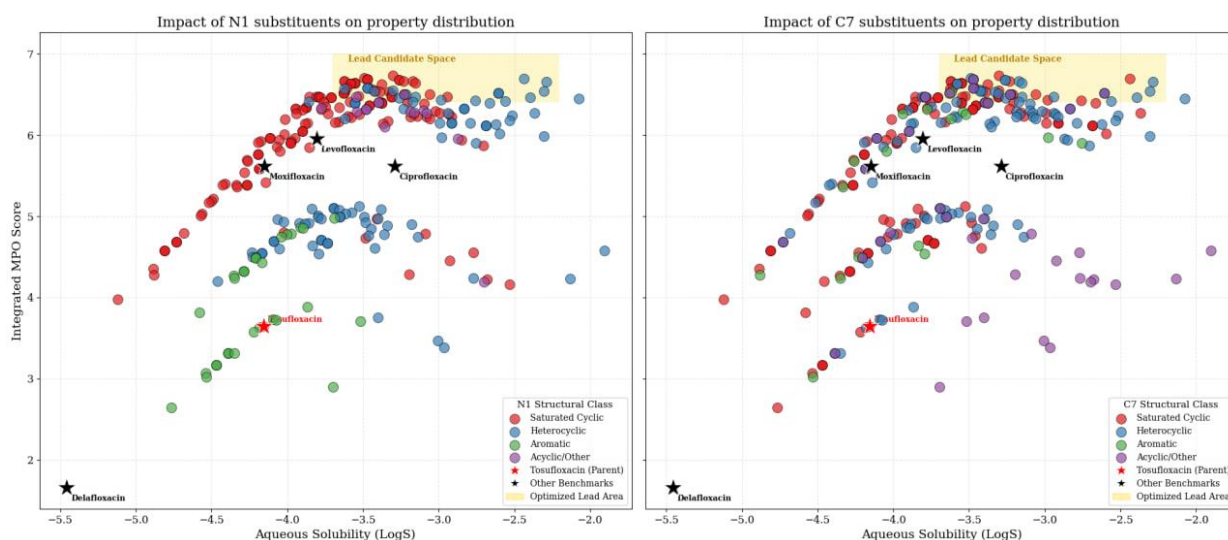


Figure 1. Sensitivity of integrated MPO desirability profiles to N1 and C7 bioisosteric modifications. The N1 class (left) primarily regulates vertical desirability (MPO), while the C7 class (right) drives horizontal solubility shifts. The gold-shaded region identifies the "Lead Candidate Space," where analogs demonstrate favorable predicted drug-likeness relative to tosofloxacin (red star) and established clinical benchmarks.

This computational study explored the impact of disrupting molecular planarity on the physicochemical profiles of fluoroquinolone analogs. Analysis of the generated library suggests that replacing aromatic fragments with saturated 3D bioisosteres can effectively shift molecules toward a more favorable property space, characterized by improved predicted solubility and higher MPO scores. We observed that N1 substituents primarily modulated vertical desirability, while C7 modifications contributed to gains in predicted solubility.

These results provide a rational starting point for the subsequent synthesis and *in vitro* validation of these structurally optimized derivatives.

The Impact of Seasonal Changes on the Quality of Cow's Milk

Petrash V.V.

Livestock Farming Institute of the NAAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

tkachova_i@i.ua

Milk is a vital source of essential nutrients in the human diet and must be safe for consumption. As a result of global warming, a significant increase in drought is expected around the world, which will affect the production of feed and crops. Heat impairs animal performance, meat and milk quality, animal reproductive function, metabolism and health, and immune response. Dairy farms are identified as the main sources of greenhouse gas emissions in the dairy value chain, as well as the most vulnerable. Taking into account the relevance, the aim of the research was to establish the influence of seasonal changes on the quality indicators of cow's milk.

The research was conducted in Kharkiv region on cows (n=70) was carried out (January-August). Control milking was performed twice a day-in the morning and in the evening using portable buckets. Sanitary and hygienic treatment of udders and teats in cows of all groups was carried out in the same way. Samples of milk from each cow were taken using a probe, in proportion to the morning and evening milk yields, when sampling were guided by the European requirements of Codex Alimentarius, 13 «Methods of analysis and sampling» and DSTU ISO 707:2002

«Milk and dairy products, instructions for sampling». Samples were delivered to the laboratory with a preservative (broad spectrum MicroTabs tablets, manufactured in the USA). The experiment was divided into three stages according to the actual ambient temperature: I – from -3°C to $+9^{\circ}\text{C}$, II – from $+10^{\circ}\text{C}$ to $+24^{\circ}\text{C}$, III – from $+24.5^{\circ}\text{C}$ to $+36.4^{\circ}\text{C}$. the actual average air temperature was – $+7^{\circ}\text{C}$, $+21^{\circ}\text{C}$ and 28°C , respectively.

The mass fraction of protein and protein (casein+whey proteins) was determined by rapid infrared spectrometry (DSTU 8396:2015, 2017). All experimental studies were conducted in accordance with modern methodological approaches, requirements and standards (DSTU ISO/IEC 17025:2019, 2021), directive 2010/63/EC (2010) and the procedure for conducting animal testing in research institutions.

During the year, the air temperature usually ranges from -8°C to $+27^{\circ}\text{C}$, occasionally it is below -19°C and above $+33^{\circ}\text{C}$. The warm season in the region lasts 3.7 months., usually from May 18 to September 8 with a maximum average daily temperature above 21°C (July) with a minimum of $+17^{\circ}\text{C}$. The cold season lasts 3.9 months. from November 18 to March 13 with a minimum average daily temperature below 4°C . The coldest month is January with an average temperature maximum of -7°C (January) and a minimum of -2°C . The region is characterized by precipitation of 400-650 mm per year, mainly from April to October, in winter the snow cover is maintained for up to 110 days. Differences in the indicators of daily milk yield of cows at different air temperatures during the year were established.

At the beginning of the experiment, the average daily milk yield of experimental cows was 19.6 kg, during the first – the coldest period of research (from January 2 to March 25) – their productivity increased by 0.2 kg. At the second stage of research, during the spring warming (from March 26 to May 26), the average daily milk yield increased by 0.7 kg. At the end of the hottest third period of the study (from May 27 to August 31), the daily milk yield decreased by 1.1 kg compared to the first period and by 1.8 kg compared to the second period.

At the beginning of the studies, the average fat content in the milk of experimental cows was 3.93%, protein – 2.98 %. During the hottest period of research, the fat content in the milk of experimental cows increased by 0.14 %, which may be associated with a decrease in daily milk yield. The protein content in milk decreased slightly (by 0.06%) at the end of the third study period.

It is proved that seasonal changes affect the milk productivity of cows, in particular, the daily milk yield, fat and protein content in milk. Further research should be aimed at finding innovative ways to offset the negative factors of seasonal changes on the productivity of dairy cattle.

Earth as a self-organizing climate–ecological system: a biosynergetic perspective

Prokopenko D. S., Masalitina N. Yu., Bliznjuk O. M.

Department of Biotechnology, Biophysics and Analytical Chemistry

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, Ukraine

Diana.Didukh@ihti.khpi.edu.ua

The Earth is considered a complex climate–ecological system formed by nonlinear interactions between biological, climatic, geochemical, and anthropogenic subsystems. It operates under nonequilibrium thermodynamic conditions and is characterized by continuous exchange of matter, energy, and information. Within the biosynergetic framework, the Earth can be interpreted as a self-organizing system whose macroscopic behavior emerges from the collective dynamics of its components.

This approach is based on the principles of synergetics and systems theory, according to which open nonlinear systems form ordered structures through dissipative processes. The evolution of the Earth system is governed by feedback mechanisms, phase transitions, and attractor states that determine its stability and development trajectories. The presence of multiple attractors implies the possibility of alternative stable states, between which transitions may occur under the influence of external or internal perturbations. A key role in maintaining system stability is

played by feedback loops operating at different spatial and temporal scales. Negative feedback mechanisms regulate climatic and ecological parameters and compensate moderate disturbances, ensuring quasi-stationary states. Positive feedback mechanisms amplify deviations and may accelerate system restructuring near critical thresholds. The balance between these feedbacks determines the resilience of the climate–ecological system and its response to natural and anthropogenic forcing. Importantly, nonlinear interactions between feedbacks may lead to emergent effects that cannot be predicted by analyzing individual subsystems separately.

Within this framework, the biosphere is considered an active regulatory subsystem rather than a passive component. Through biogeochemical cycles, living matter controls the circulation of carbon, nitrogen, phosphorus, and other elements, thereby influencing atmospheric composition and climate dynamics. Biological systems also contribute to energy redistribution and adaptive responses within ecosystems. Moreover, biodiversity plays a crucial role in maintaining the stability of these regulatory processes, as higher diversity increases functional redundancy and enhances system resilience. Regulation in the Earth system is distributed across interconnected subsystems forming complex feedback networks that ensure large-scale homeostasis. This distributed control increases system robustness but also enhances sensitivity to external perturbations. As a result, local disturbances may propagate through the system and generate large-scale consequences due to cascading effects. Anthropogenic activity acts as an external control parameter that significantly modifies system dynamics. Industrial emissions, land-use change, deforestation, and large-scale resource extraction disrupt natural cycles, alter energy flows, and weaken feedback mechanisms. In contrast to natural drivers, anthropogenic forcing is characterized by high intensity, rapid temporal dynamics, and global scale, which significantly increases systemic risks.

As a result, the Earth system may shift beyond stable attractor states toward increased instability. Excessive technogenic pressure increases the likelihood of approaching bifurcation points at which qualitative restructuring becomes possible.

Near such thresholds, even small perturbations can trigger large-scale nonlinear and potentially irreversible changes. These processes are associated with reduced resilience, loss of adaptive capacity, and the emergence of new dynamic regimes.

Thus, contemporary climate change can be interpreted not only as a response to external forcing but as a manifestation of systemic instability and a transition toward a new attractor state. This interpretation emphasizes the importance of identifying early warning signals of critical transitions, such as increased variability, slowing down of system recovery, and growing correlations between system variables.

The scientific novelty of this study lies in interpreting the Earth as a self-organizing system with finite stability limits. Anthropogenic impact is considered a destabilizing factor, while sustainable development is viewed as a system-level requirement for maintaining feedback balance and preventing irreversible transitions.

Microbiological studies for a mild medicinal product for vaginal use

¹Proskurov Y., ¹Koziko N. O., ¹Shumeiko M. V., ²Tarasenko V. O.

¹Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

²Ukrainian Military Medical Academy, Kyiv, Ukraine

nata.koziko77@gmail.com, vika_tarasenko83@ukr.net

Introduction. The development of soft drugs (SMF) for vaginal use requires special attention to microbiological indicators, since the mucous membrane of the genital tract has a unique protective biocenosis. According to the requirements of the State Federal University of Veterinary Medicine, such drugs must not only meet the criteria of microbiological purity, but also be fully compatible with the patient's lactoflora, maintaining the natural level of acidity. The introduction of effective preservatives into the composition of gels or creams is necessary to prevent secondary contamination during use, but their concentration should not have an antagonistic effect on resident microorganisms of the genus *Lactobacillus* or provoke the development of resistant strains of opportunistic flora.

It was necessary to conduct microbiological screening of the developed SMF, assess its compliance with the requirements of the State Federal University for microbiological purity, and investigate the effect of excipients on the viability of lactobacteria.

The object of the study was an experimental sample of vaginal cream. Microbiological purity was determined by direct inoculation on soy-casein agar and Sabouraud agar. The antimicrobial efficacy of preservatives (nipagin, nipazole) was assessed according to the method of SFU 2.2.3. The effect on lactoflora was studied in vitro using test strains of *Lactobacillus acidophilus*.

During the research, it was found that the developed composition of the SMF meets the requirements of category 2 (SFU) for non-sterile medicinal products: the total number of aerobic microorganisms did not exceed control. The absence of *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* in 1 g of the drug confirmed the high level of sanitary and hygienic preparation conditions. Special attention was paid to the selection of the preservative system. It was found that the combination of parabens in minimally effective concentrations provides proper microbiological stability throughout the entire storage period (24 months). When studying the effect of the product on reference strains of lactobacilli, no zones of growth inhibition were detected, which indicates the biocompatibility of the developed soft form with the normal vaginal microbiocenosis.

It was also confirmed that the optimal pH level of the product (4.2–4.5) helps maintain physiological balance and prevents the growth of opportunistic microorganisms, such as *Candida albicans*.

Conclusions. Microbiological studies have confirmed the safety and efficacy of the selected preservative system for the new vaginal MLD. The results obtained provide the basis for further implementation of the drug in medical practice as a product with a high microbiological safety profile.

Black soldier fly (*Hermetia illucens*) as a sustainable agent for organic waste bioconversion

Prylutskiy V., Sahdieieva O., Krusir H.

Odesa National University of Technology, Odesa, Ukraine

sagolanis@ukr.net

The increasing amount of organic waste in urbanized societies is both an environmental and an economic challenge. Traditional disposal methods, such as landfilling and incineration, generate greenhouse gas emissions and fail to recover valuable resources. Innovative circular economy approaches increasingly include the use of black soldier fly (*Hermetia illucens*, BSF) larvae as a promising solution. BSF larvae can rapidly convert heterogeneous organic substrates into valuable protein- and lipid-rich biomass, suitable for animal feed and biofuel production, while significantly reducing waste volume [Barry, 2004; Leong et al., 2021].

H. illucens undergoes a complete metamorphosis consisting of egg, larva, pupa, and adult stages (Fig. 1). The larval stage plays a central role in waste valorization, as larvae exhibit an exceptionally high feeding rate and can process a wide variety of organic residues, including food scraps, agricultural by-products, and other biodegradable wastes. Under optimal conditions, larvae can reduce substrate mass by 40 – 50%, simultaneously generating a nutrient-rich biomass and a residual frass that can be used as an organic soil amendment [Georganas et al., 2020].

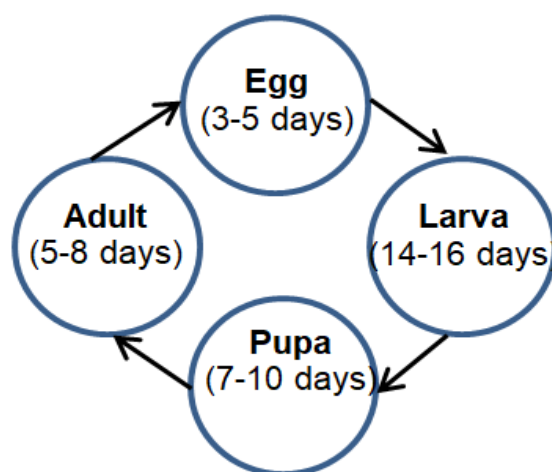


Figure 1. Life cycle of *Hermetia illucens*.

The high digestive efficiency of BSF larvae is attributed to their specialized enzymatic system, including proteases, amylases, and lipases, as well as a symbiotic gut microbiota capable of breaking down complex organic compounds and reducing the abundance of pathogenic microorganisms. Such biological mechanisms make BSF larvae particularly suitable for processing highly variable substrates, such as municipal food waste, where consistency in nutrient composition is often limited.

Successful and scalable application of BSF-based bioconversion requires controlled environmental conditions. Key factors include temperature, relative humidity, substrate composition, and larval density. Recommended operational ranges are summarized in Table 1. These parameters ensure efficient larval growth, optimal substrate reduction, and high-quality biomass production. Notably, BSF colonies generate substantial metabolic heat during feeding, which can increase substrate temperature and influence energy management in rearing systems [Li et al., 2023].

Table 1. Recommended parameters for rearing BSF larvae on organic waste

Parameter	Recommended range
Temperature	24 – 33°C
Relative humidity	55 – 70%
Substrate characteristics	Moist, soft, protein-rich
Feeding regime	Periodic addition and mixing

The utilization of *H. illucens* larvae represents a sustainable and flexible technology for organic waste management. Beyond waste reduction, the approach generates two valuable products: protein- and lipid-rich larvae for feed and biofuel production, and frass as an organic fertilizer. Such systems align well with circular economy principles, helping to divert biodegradable waste from landfills, reduce greenhouse gas emissions, and create new value chains for bio-based industries. With increasing research and technological development, black soldier fly-based systems are becoming a viable option for municipal and commercial-scale waste valorization.

Optimization of bacterial cultivation conditions to enhance ectoine production

^{1,2}Raczyk A., ¹Otlewska A., ¹Rajkowska K.

¹Institute of Fermentation Technology and Microbiology, Faculty of Biotechnology and Food Sciences,
Lodz University of Technology, Lodz, Poland

²Interdisciplinary Doctoral School of Lodz University of Technology
aleksandra.raczyk@dokt.p.lodz.pl

Ectoine ((4S) -2-methyl-1,4,5,6-tetrahydropyrimidine-4-carboxylic acid) is an osmoprotectant naturally produced by some microorganisms in response to unfavorable environmental conditions, which often reach extreme values and impair proper cell functioning and survival. High salinity, temperature fluctuations, insufficient water activity, unfavorable pH, and ultraviolet radiation induce the synthesis of ectoine, which protects cells from damage and lysis by maintaining proper cytoplasmic hydration and cell turgor.

During the design of an experiment aimed at obtaining ectoine using halophilic bacteria, the significant influence of these factors on the process was considered. To determine the optimal conditions for producing a high amount of microbiological ectoine while simultaneously reducing reagent consumption, the Taguchi Design of Experiments (DOE) model was applied. This technique enables high process efficiency while reducing the number of experimental repetitions required.

The selection of factors and their values was based on literature data concerning halophilic bacteria and ectoine extraction processes. The following variables were included: temperature (10°C; 20°C; 30°C), pH (5; 7.3; 8), sodium chloride concentration (2%; 7%; 12%), and shaking (0 rpm; 120 rpm; 160 rpm). Constant parameters included incubation time (5 days) and bacterial suspension concentration (density 10⁸ cells/ml; inoculum 10% v/v). A classical experimental design would require preparing 81 liquid bacterial cultures, whereas the Taguchi model allows the experiment to be conducted in only 9 trials.

Optimal ectoine production conditions were determined for five environmental bacterial strains (*Staphylococcus equorum*, *Rosellomorea aquimaris*, *Nesterenkonia*

sandrakina, *Baillus safiensis*, *Bacillus aquamaris*) and one reference strain, *Halomonas elongata* DSM 2581. After incubation, the cultures were centrifuged, and the resulting biomass was extracted for one hour in 80% ethanol with simultaneous shaking. After centrifugation, the supernatant was dried on a glass Petri dish at 40°C until complete ethanol evaporation. The resulting residue was suspended in 50% ethanol and analyzed spectrophotometrically at 210 nm, a wavelength characteristic for ectoine detection. Based on the calibration curve and absorbance measurements, the amount of ectoine in the samples was calculated. Then, using Taguchi method calculations, the conditions favoring maximal ectoine synthesis and the predicted yield were determined for each strain.

The cultivation process was repeated under the conditions identified by the Taguchi method as optimal. After extraction and quantification of ectoine, the obtained values were found to match the predicted ones. The *Halomonas elongata* strain synthesized 1.10 mg of ectoine per milliliter of culture, while among the environmental bacteria, the best producer was *Staphylococcus equorum*, which produced 0.495 mg of ectoine per milliliter of culture.

The process of producing the most effective culture medium for *L. acidophilus*

Roitman S. M.

Department of Microbiology, Virology and Biotechnology,
Oles Honchar Dnipro National University, Kropyvnytskyi, Ukraine
sofiaroitmann@gmail.com

It is known that the optimal composition of a medium can be determined in two ways: by empirical selection and using mathematical methods of experimental design. Most mathematical methods of experimental design aim to obtain a mathematical model of the process. The processing of experimental data is carried out in a precise sequence of computational operations. Statistical analysis of the significance of the coefficients, the resulting equation and its adequacy for the process under investigation, within the studied range of process parameter variations,

allows the optimal composition of the medium and the optimal cultivation conditions to be determined with sufficient confidence based on the resulting mathematical model of the process.

The subject of our research was lactic acid bacteria of the genus *L. acidophilus*, isolated from unpasteurised milk and lactic acid products. With the aim of developing a new, affordable and effective culture medium for their cultivation and replacing the expensive commercial MRS medium, we conducted a comparative study of the effectiveness of various culture media (milk, peptone, hydrolysed milk, wort agar, nutrient agar with glucose, cabbage and potato broths, etc.). The MRS culture medium served as the control. *L. acidophilus* cultures were inoculated onto the above-mentioned media and grown without aeration at 37°C for 3 days. The effectiveness of the above media was assessed by the accumulation of biomass of the *L. acidophilus* culture under investigation, which was determined by optical measurement on a KFK-2MP at λ 590 nm and by direct counting in a Goryaev chamber, as well as by acid-forming activity and proteolytic activity.

The most effective of the experimental media studied (nitrogen-based) was optimised using the method of mathematical experimental design, according to which matrices were drawn up for seven media.

To implement the experimental plan, a suspension of the *L. acidophilus* culture was inoculated into the base medium (yeast autolysate – 1; glucose – 1; KH_2PO_4 – 0.05; KH_2PO_4 – 0.05, in %) and into the seven newly calculated variants of the experimental media.

Conducting the first series of experiments allowed us to identify the medium variant that yielded the poorest result. The table shows that in the initial medium, the biomass reached 2.62×10^9 cells/ml, acid-forming activity was 110.0 °T, and proteolytic activity was 46.0 mg %, however, the poorest result was obtained in medium No. 7, where the parameters under study were 2.16×10^9 cells/ml, 68.0 T°, and 23.2 mg %, which is significantly worse than in the other experimental variants of the nitrogen medium. Based on the data obtained, a new variant of medium No. 7 was calculated and investigated using the simplex method; its composition differed in

having a 6.5-fold higher content of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ions and a 61-fold higher content of yeast autolysate.

Table – Performance indicators for the use of control and experimental nitrogen media for the cultivation of *L. acidophilus*.

№ of culture medium	Inoculum (cells/ml)	Biomass, cells/ml $\times 10^9$	Acidity, after 24 hours of incubation, °T	Proteolytic activity, mg %
Control culture	$2 \cdot 10^3$	$2,62 \pm 0,1$	110,0	46,0
medium №1	$2 \cdot 10^3$	$2,86 \pm 0,2$	95,0	44,9
medium №2	$2 \cdot 10^3$	$2,62 \pm 0,3$	86,0	38,0
medium №3	$2 \cdot 10^3$	$2,64 \pm 0,4$	90,2	40,0
medium №4	$2 \cdot 10^3$	$2,69 \pm 0,2$	100,7	43,7
medium №5	$2 \cdot 10^3$	$3,73 \pm 0,2$	103,0	44,2
medium №6	$2 \cdot 10^3$	$3,73 \pm 0,2$	165,3	47,3
medium №7	$2 \cdot 10^3$	$2,16 \pm 0,1$	68,0	23,2
new medium №7	$2 \cdot 10^3$	$3,09 \pm 0,1$	99,0	40,9

As can be seen from the table, the new version of medium No. 7 does not achieve higher growth rates, as medium No. 6 exhibits the highest productivity (3.73×10^9 cells/ml, 165 °C and 47.3 mg%, respectively).

Enhanced biogas production from agricultural waste through two-stage anaerobic digestion with microbial consortia enrichment

Romaniv O. V., Belinska A. P.

Department of Biotechnology, Biophysics and Analytical Chemistry
of the National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
Oleg.Romaniv@ihti.khpi.edu.ua

Biogas production is critical for sustainable agriculture and waste management. Ukraine generates over 50 million tonnes of organic agricultural waste annually. Conventional single-stage anaerobic digestion (AD) suffers from low methane yields (200–350 L/kg VS), process instability due to volatile fatty acid accumulation, long retention times (30–50 days), and incomplete lignocellulose degradation. These constraints limit scalability, creating an urgent need for advanced biotechnological approaches to enhance conversion efficiency and methane yield from heterogeneous feedstocks.

To address these limitations, a two-stage anaerobic digestion system was developed and evaluated using a feedstock mixture of corn silage, chicken manure, and sunflower meal (60:25:15 VS basis). The system comprised a thermophilic acidogenic reactor (55 °C, 4 days HRT) followed by a mesophilic methanogenic reactor (37 °C, 18 days HRT), with continuous recirculation. A specialized microbial consortium enriched from thermophilic digestate, containing *Caldicellulosiruptor* spp., *Thermoanaerobacterium* spp., and hydrogenotrophic methanogens (*Methanothermobacter* spp.), was inoculated into the acidogenic stage. Over a 120-day operational period, the two-stage configuration achieved a cumulative methane yield of 478 ± 23 L/kg VS, representing a 58% increase compared to a conventional single-stage mesophilic control (302 ± 18 L/kg VS). Volatile fatty acid concentrations in the acidogenic effluent (18.4 g/L) supported stable methanogenesis without pH adjustment. Lignocellulosic fraction analysis revealed a 67% reduction in neutral detergent fiber content post-treatment, with cellulose and hemicellulose degradation efficiencies of 72% and 81%, respectively. Metagenomic analysis confirmed the establishment of a syntrophic community with balanced metabolic flux, evidenced by a hydrogen partial pressure below 10 Pa in the methanogenic stage, which thermodynamically favors acetate oxidation and hydrogenotrophic methanogenesis.

Based on a literature search, two-stage anaerobic digestion separates acidogenic and methanogenic phases, optimizing microbial communities for each stage. This prevents pH depression and volatile fatty acid overload that destabilize single-stage reactors. Two-stage configurations increase methane yields by 20–50% and reduce hydraulic retention times by up to 40%, while thermophilic acidogenesis with mesophilic methanogenesis enhances pathogen reduction and improves energy balance.

Compared to conventional single-stage mesophilic digestion, the two-stage approach with enriched microbial consortia offers decisive advantages: 1) enhanced lignocellulose degradation through thermophilic hydrolytic bacteria; 2) improved process stability via physical separation of metabolic phases; 3) higher methane

productivity (up to 60% increase) with shorter total retention time; 4) reduced digestate viscosity and improved dewatering characteristics; 5) increased resilience to feedstock variability and organic loading shocks.

In conclusion, the experimental results confirm that two-stage anaerobic digestion with enriched thermophilic consortia represents a substantiated biotechnological alternative to conventional single-stage systems for agricultural waste valorization. By optimizing microbial community structure and metabolic compartmentalization, this approach significantly enhances methane yields, process stability, and feedstock conversion efficiency. Implementation of this technology would improve the economic viability of biogas production in Ukraine, reduce greenhouse gas emissions from unmanaged agricultural waste, and strengthen the country's energy independence. Future research should focus on long-term operational stability at pilot scale, integration with downstream digestate processing for biofertilizer production, and techno-economic optimization for specific regional feedstock portfolios.

**Synthesis of 1-(4-(2-(difluoromethoxy)phenyl)-5-methylthiazol-2-yl)-3-(naphthalen-1-yl)urea and study of its antiviral activity against
*Yellow Fever virus***

¹Rybalchenko V., ^{1,2}Sukhovieiev V., ¹Zaporozhets D., ^{1,3}Demchenko A.

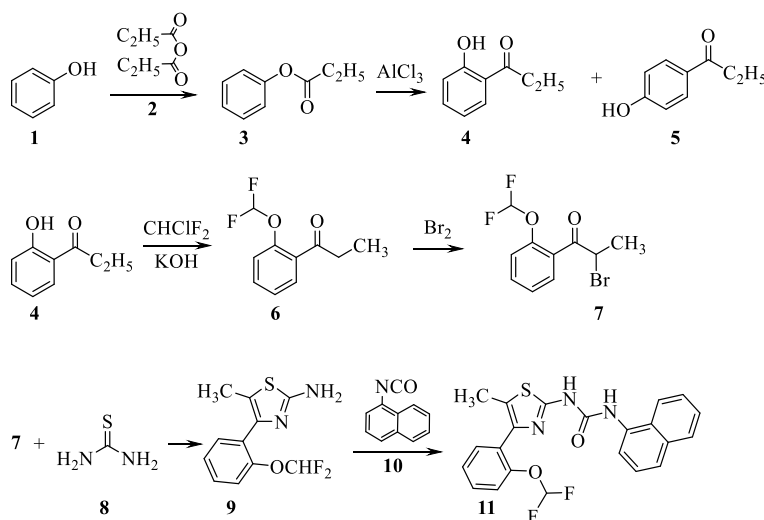
¹Department of Chemistry and Pharmacy, Mykola Gogol Nizhyn State University, Nizhyn, Ukraine

²V.P. Kukhar Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry, NAS of Ukraine,
Kyiv, Ukraine

³Department of Chemistry, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro (PUC-Rio),
Rio de Janeiro, RJ, Brazil
kaf.chem@ukr.net

Taking into account the demands of modern medicine, particular attention is currently being paid to the development of safe, new-generation antiviral drugs. One promising area is to search for biologically active compounds capable of effectively combating the *Yellow Fever virus* through targeted action mechanisms.

Currently, there is no information in the scientific literature on the synthesis and antiviral efficacy of 1-(4-(2-(difluoromethoxy)phenyl)-5-methylthiazol-2-yl)-3-(naphthalen-1-yl)urea derivatives against the *Yellow Fever* virus. Within the framework of this study, we developed a method for obtaining the target compound (**11**) with a high yield, which is carried out according to the following scheme:



1-[4-(2-Difluoromethoxyphenyl)-5-methylthiazol-2-yl]-3-(naphthalen-1-yl)urea (**11**) was synthesised by reacting equimolar amounts of 2-amino-4-(2-(difluoromethoxyphenyl)-5-methylthiazole (**9**) and 1-naphthyl isocyanate (**10**) in dry benzene.

The structure of compound (**11**) was confirmed by ^1H NMR and mass spectrometry.

Biological screening of the antiviral activity of 1-[4-(2-difluoromethoxyphenyl)-5-methylthiazol-2-yl]-3-(naphthalen-1-yl)urea (**11**) was performed at the Southern Research Institute (SRI, Birmingham, Alabama). The efficacy was evaluated based on EC_{50} , IC_{50} and SI indices in *in vitro* experiments (concentration range 0.1–100 $\mu\text{g/ml}$). It has been established that for 1-(4-(2-(difluoromethoxy)phenyl)-5-methylthiazol-2-yl)-3-(naphthalen-1-yl)urea, the EC_{50} value is 2.4 $\mu\text{g/ml}$, the IC_{50} value is 13 $\mu\text{g/ml}$, and the selectivity index $\text{SI} = 5.5$.

Thus, the compound (**11**) synthesized by us demonstrated potential for further use in pharmacy as a substance with pronounced activity against the *Yellow Fever* virus.

Development of orodispersible tablets with dry peony extract

Rysich V. Yu., Kryklyva I. O., Mansky O. A.

National Pharmaceutical University, Kharkiv, Ukraine

irinakriklyva@ukr.net

Stress is our body's natural response to the challenges and demands we face every day. Prolonged nervous tension leads to sleep disturbances, digestive problems, and increases the risk of developing anxiety, depression, and other mental disorders. Today, there are a large number of synthetic drugs that eliminate the symptoms of the disease, but they have a large number of side effects. Preparations based on medicinal plant raw materials are widely used in traditional and official medicine as sedatives for the treatment of this pathology. They are safe, unlike synthetic drugs. As the active pharmaceutical ingredient, we chose dry peony extract, which relieves emotional tension and anxiety, helps you fall asleep faster and makes your sleep more sound without causing heaviness, helps the body adapt to stressful situations, reducing physical manifestations of stress, improves the functioning of the autonomic nervous system, and relieves muscle tension. The body needs immediate help when treating stress. One of the most innovative forms for treating stress and anxiety disorders is orodispersible tablets. Speed of action and convenience become decisive factors when the patient is in a state of acute stress or panic. During acute stress, many people experience a sore throat or a feeling of "lump" (dysphagia), which makes it difficult to swallow a regular tablet. The orodispersible form dissolves on its own under the influence of saliva, making it an ideal choice for patients with such symptoms. A person in a state of severe stress, panic attack or on the way does not always have access to water. The orodispersible form can be taken discreetly and instantly in any situation. This removes the additional "household" stress of finding a glass of water. Thus, the development of orodispersible tablets based on medicinal plant raw materials, namely with dry peony extract, is a promising direction for the treatment of stress-like conditions.

The use of *Curcuma longa* L. in the treatment of epileptic seizures

Sachuk A. T., Konechna R. T.

Department of Technology of Biologically Active Compounds, Pharmacy and Biotechnology,

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

anastasiia.sachuk.bt.2023@lpnu.ua

The war in Ukraine has exacerbated the problem of CNS disorders caused by trauma and stress. In these conditions, diferuloylmethane provides neuroprotection by reducing oxidative stress and suppressing the «cytokine storm», which is critical for recovery from mine-blast injuries, where inflammation is the main cause of complications.

Curcuma longa L. is a perennial herbaceous plant of the ginger family, up to 1.5 metres tall, native to Southeast Asia. It has a cylindrical rhizome with an orange-yellow core, which is a source of highly active polyphenols. The plant has dense basal leaves and complex inflorescences with bright pink bracts and flowers. Successful cultivation of curcumin requires a warm, humid climate and fertile alkaline soil.

The biological activity of *Curcuma longa* L. is based on curcuminoids and essential oils (5–8%). The key component is diferuloylmethane (curcumin), which accounts for about 70% of all curcuminoids and determines the therapeutic power of the plant. Together with demethoxycurcumin, bis-demethoxycurcumin (Fig. 1) and specific oils (sabinene, borneol), it exhibits powerful pharmacological effects.

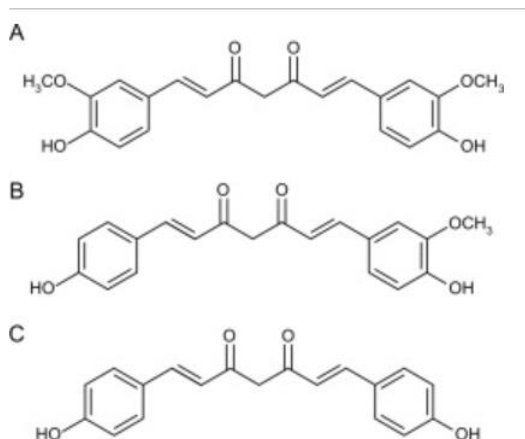


Figure 1. Curcumin (A), demethoxycurcumin (B), bis-demethoxycurcumin (C).

J. L. Wang and other scientists from the Chinese Academy of Sciences have found that curcumin helps preserve brain cells during severe epileptic seizures. Research on rats has shown that difuroylmethane triggers the process of cell self-cleaning (autophagy) and blocks the mechanism of their premature death (necroptosis). Hui Yin Yow from the University of Malaya found that curcumin interferes with the mechanisms of epilepsy development by controlling the activity of certain genes. In particular, it enhances the action of protective molecules, prevents the death of neurons, and increases the levels of specific factors that ensure the viability of nerve cells and create a neuroprotective effect.

Curcuma longa L. is a promising plant for research into its use in the treatment of epileptic seizures. It is also advisable to study the prospects of using diferuloylmethane for the development of new effective drugs.

**Modern and perspective drugs for appetite suppression
and weight normalization
Shchokina K.**

Private higher education institution "Kharkiv Institute of Medicine and Biomedical Sciences",
Kharkiv, Ukraine
acya@ukr.net

According to the World Health Organization (WHO) materials, approximately half of Europeans are overweight or obese. According to WHO estimates, overweight and obesity are a global problem affecting most countries, including Ukraine. As of 2022, up to 30% of the country's working-age population suffered from obesity, while another 20% were overweight. The main causes of obesity include calorie imbalance, a sedentary lifestyle, hormonal imbalances, stress, side effects of some drugs and genetic predisposition. Excess weight contributes to the development of serious chronic diseases such as metabolic syndrome, hypertension, myocardial infarction, stroke, type 2 diabetes, musculoskeletal disorders, cancer, and others. Excess weight also causes

psychological discomfort, lower self-esteem, anxiety, stress, depression, panic attacks, and social isolation.

Various groups of medications are used for weight correction, such as anorexigenic drugs, gastrointestinal lipase inhibitors, adsorbents, diuretics, laxatives, antidiabetic drugs, and homeopathic drugs.

The main groups of drugs for appetite reduction and weight correction in people with diabetes mellitus or insulin resistance are biguanides (metformin), incretin mimetics - glucagon-like peptide-1 (GLP-1) receptor agonists (semaglutide, liraglutide), sodium glucose co-transporter type 2 agonists (dapagliflozin, empagliflozin).

Semaglutide (Ozempic), the most popular weight loss drug worldwide today, is a GLP-1 analogue. GLP-1 plays a key role in regulating blood glucose levels and appetite. It is produced in the intestines in response to food intake and has many important effects on the body: it stimulates insulin production by the pancreas, suppresses glucagon secretion, slows gastric emptying, which promotes a longer feeling of fullness, and affects appetite centers in the brain, reducing hunger. Semaglutide is administered parenterally once a week. The drug not only helps control blood sugar levels in diabetes but also effectively suppresses appetite, leading to reduced calorie intake and, consequently, weight loss.

Liraglutide (Saxensa, Semavic, Vegovi) is also a GLP-1 analogue and has pharmacological properties similar to semaglutide. Vegovi is recommended only for pathologically excess weight. This is typically defined as a body mass index (BMI) exceeding 30 or 27, accompanied by hypertension and hypercholesterolemia. For weight loss, Vegovi and Ozempic are administered once weekly, whereas, for example, Saxenda is administered every 24 hours. Tirzepatide (Munjaro, Twincretin) is an analogue of not only GLP-1 but also glucose-dependent insulinotropic polypeptide (GIP), meaning it has a complex mechanism of action, which promotes even more effective weight loss. Unfortunately, tirzepatide is currently only approved for the treatment of type 2 diabetes. Sodium glucose co-transporter type 2 inhibitors dapagliflozin (Forxiga), empagliflozin (Jardiance), and Xigduo (a combination of

metformin and dapagliflozin) promote the excretion of excess glucose in the urine, leading to calorie loss and weight loss. Metformin (Glucophage) increases tissue sensitivity to insulin, reduces hepatic glucose production, stimulates intracellular glycogen synthesis by acting on glycogen synthase, increases the transport capacity of all known types of membrane glucose transporters, normalizes lipid metabolism, has an anorexigenic effect, and promotes moderate weight loss. Metformin is not used exclusively for weight normalization, but can help to control body weight in the treatment of diabetes.

However, it's important to remember that using these medications without a doctor's prescription can be dangerous. Each of these medicines has side effects and, accordingly, contraindications. Self-treatment in this case is absolutely excluded. Before planning their use, consult an endocrinologist. Furthermore, excess weight may return after discontinuing them. Experts recommend using these medications for weight loss as maintenance therapy in conjunction with other lifestyle modifications.

Formulation of modern requirements for the quality of dietary supplements containing theobromine

Syrotchuk O., Afanasenko O., Nasylenko I.

Department of Medicinal Chemistry and Toxicology
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine
olga.afanasenko@nmu.ua

Keywords: dietary supplements, theobromine, methylxanthines, quality requirements, quality specification, quality control methods, regulatory framework.

Introduction. The increasing consumption of dietary supplements containing biologically active substances has raised significant concerns regarding their quality, safety, and regulatory control. Theobromine, a naturally occurring methylxanthine widely used in functional and stimulant dietary supplements, exhibits pharmacological activity affecting the central nervous, cardiovascular, and metabolic systems. Despite its growing application, unified and scientifically substantiated

quality requirements for dietary supplements containing theobromine remain insufficiently developed, particularly within the Ukrainian regulatory framework. This creates potential risks related to inconsistent dosing, inaccurate labeling, and inadequate quality control. Therefore, the development of modern quality requirements and control approaches for dietary supplements containing theobromine is highly relevant in the context of harmonization of national regulations with European standards and ensuring consumer safety.

Materials and Methods. The study involved a comprehensive analysis of scientific publications on the physicochemical properties, pharmacokinetics, and biological effects of theobromine, as well as a review of current regulatory documents governing dietary supplements in Ukraine and the European Union. The Ukrainian market of dietary supplements containing theobromine was analyzed to identify prevailing formulations, dosage ranges, and labeling practices. Physicochemical and pharmacotechnological methods were selected to justify quality indicators, including identification and quantitative determination of the active component. Thin-layer chromatography (TLC) was proposed for preliminary identification, while high-performance liquid chromatography (HPLC) was substantiated as the primary method for quantitative analysis. Additional quality parameters, such as dosage uniformity, stability, and microbiological purity, were considered based on the composition and dosage form of the supplements.

Results. The analysis demonstrated that theobromine is predominantly present in multi-component dietary supplements, often combined with caffeine and other biologically active substances, while mono-component products occupy a limited market share. Considerable variability in declared theobromine content and labeling transparency was identified. Based on these findings, a scientifically justified set of quality parameters was developed, including identification, quantitative content, dosage uniformity, stability, and microbiological purity. A draft quality specification for dietary supplements containing theobromine was formulated, taking into account differences between mono-component and complex formulations. HPLC was shown to provide sufficient selectivity and sensitivity for accurate quantification of

theobromine in complex matrices, while TLC was validated as a suitable screening method for routine quality control.

Conclusions. The study resulted in the formulation of modern, scientifically substantiated quality requirements for dietary supplements containing theobromine. The proposed quality specification and control methods contribute to improved standardization, reliability of quality assessment, and consumer safety. The obtained results may be applied in the development of regulatory documentation, quality control practices in analytical laboratories, and further harmonization of dietary supplement regulation in Ukraine with European approaches.

Antibiotic resistance: current challenges and prospects for the search for new antimicrobial drugs

¹Tishchenko I. Yu., ²Dubinina N. V., ¹Misiurova S. V.

¹Department of Pharmacy, University of Medicine and Social Sciences, Kharkiv, Ukraine

²Biological Chemistry and Microbiology, National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine
irina2okt@gmail.com

Antibiotics have remained the mainstay of bacterial infection control for decades. However, in the 21st century, the global medical community has faced a serious challenge – the rapid spread of antibiotic resistance. According to estimates by international health organizations, hundreds of thousands of people die every year from infections that have become insensitive to available antimicrobial drugs. In the absence of effective measures, the number of such deaths could reach millions of cases per year by mid-century.

Antibiotic resistance is a natural evolutionary process. Under the influence of antibacterial drugs, resistant mutants are selected in populations of microorganisms, which over time begin to dominate. As a result, bacteria lose sensitivity to drugs that previously effectively suppressed their growth. The greatest danger is posed by pathogens of hospital-acquired infections, in particular *Pseudomonas aeruginosa*,

Staphylococcus aureus, *Enterococcus faecalis* and *Enterococcus faecium*, which are capable of developing multiple drug resistance.

A significant factor in the formation of resistance is the irrational use of antibiotics. According to clinical studies, almost half of the prescriptions of antibacterial drugs are performed without sufficient indications or without prior determination of the sensitivity of the pathogen. The use of broad-spectrum antibiotics for prophylactic purposes is especially common, which contributes to the rapid formation of resistant strains of microorganisms. An important role in the spread of antibiotic resistance is also played by the uncontrolled use of antibacterial drugs in agriculture and animal husbandry. For a long time, antibiotics have been used as growth stimulants in animals. In many countries, this practice has already been limited or banned, but its consequences continue to influence the formation of resistant microbiota in the environment and food products. In order to curb the spread of resistance, the World Health Organization has developed a global strategy to combat antibiotic resistance. Its main areas are to raise public awareness, strengthen epidemiological surveillance, rational use of antimicrobials, prevent infections and stimulate scientific research. One of the tools is the AWaRe system, which classifies antibiotics into groups of first choice, limited use drugs and reserve drugs. The search for new antibiotics remains a complex and financially costly process. Traditionally, most antibacterial substances are obtained from natural sources, in particular from actinomycetes - soil microorganisms that produce numerous biologically active compounds. However, a significant part of microbes in natural ecosystems cannot be cultivated in the laboratory, which complicates their study and the search for new molecules.

Modern technologies significantly expand the possibilities of discovering new antimicrobial agents. The use of bioinformatic algorithms and artificial intelligence allows analyzing millions of chemical compounds and quickly identifying potentially effective molecules. Among the new promising drugs that have appeared in recent years, teixobactin, bedaquiline and a number of experimental antibacterial compounds that demonstrate activity against multidrug-resistant strains of bacteria

are noted. In parallel, alternative approaches to the treatment of bacterial infections are being actively studied. These include vaccines, monoclonal antibody therapy, bacteriophages and antimicrobial peptides. Of particular interest is phage therapy, which is based on the use of bacterial viruses that are capable of selectively destroying pathogenic microorganisms. Another promising direction is the use of phagolysin enzymes and natural antimicrobial peptides, which are components of innate immunity.

Thus, the problem of antibiotic resistance is one of the most serious threats to modern medicine. Its solution requires a comprehensive approach, including the rational use of antibiotics, improving the infection control system, developing new technologies for drug discovery, and implementing alternative methods of treating bacterial infections.

Method of normalization of β -carotene in the body of dairy cattle

Tkachov A.

Livestock Farming Institute of the NAAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

talyan.tkachov@gmail.com

The positive effect of β -carotene on the body of animals as an immunostimulant substance has long been known. Animals get it in sufficient quantities from feed, but the carotene contained in feed is an unstable compound. Carotene is easily oxidized and destroyed under the influence of light, oxygen, during heat treatment and fermentation of feed. Because of this, a lot of carotene is lost in the process of harvesting, preparing and storing feed. Therefore, the development of injectable forms of carotene-containing feeds is seen as an urgent direction. drugs, which will allow you to inject the required amount of β -carotene into the body. In recent years, immunostimulant drugs made on the basis of nanotechnology have been gaining popularity.

The aim of the work was to determine the effectiveness of a drug of nonspecific resistance of the body (NRB) based on oil solutions of nano diamonds of

detonation synthesis modified with β -carotene. The effectiveness of the experimental drug was investigated in comparison with the traditional drug for the prevention of hypovitaminosis - tetravit and the placebo-controlled group through the administration of saline. 20 analogue heifers of mating age were selected and three groups were formed according to the administration of drugs: I - control (saline), II experimental (tetravit), III experimental (drug with active ingredient). All drugs were administered in the form of solutions heated to 30-35°C at a dosage of 20 ml / head intramuscularly for 14-30 days before insemination. On the day of administration of drugs and 14 days after administration, blood samples were taken from heifers for biochemical studies.

Biochemical studies of all blood samples were carried out in an accredited laboratory.

All experimental studies were conducted in accordance with modern methodological approaches, requirements and standards (DSTU ISO/IEC 17025:2019, 2021), Directive 2010/63/EU (2010) and the Procedure for Conducting Animal Testing in Research Institutions" (Law of Ukraine No. 249, 2012). The experiments were carried out in accordance with the provisions of the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes (1986).

It is known that the concentration of total protein and residual nitrogen in the blood serum of more highly productive animals is higher in less productive animals. Also, biochemical parameters of blood depend on the physiological state of animals, for example, at the end of pregnancy, the concentration of immunoglobulins in the blood serum increases. In addition, blood biochemical parameters change depending on the season of the year (and changes in the composition of feed in diets) - in summer, the blood has a higher concentration of carotene and other vitamins, an alkaline reserve, calcium and phosphorus content, compared to the winter period.

According to the results of the experiment, it was found that the background indicators of β -carotene content in the blood serum of all groups of heifers were in the range of 0.490-0.493 mg%. The carotene content in the blood of the control group

heifers practically did not change during the experiment. In the serum of heifers of the experimental group, after the administration of tetravit, the level of carotene increased by 102.8 mg% (20.9%), and in the serum of heifers administered the experimental drug, the level of carotene increased by 301.0 mg% (61.2%).

The rest of the studied biochemical parameters of blood serum of animals of all groups were also within the reference values and changed to varying degrees after the administration of drugs. Thus, a probable ($P>0.95$) increase in total protein in the blood serum of heifers after the administration of the experimental drug and an increase (with a low probability of $P>0.90$) - after the introduction of tetravit. At the same time, the level of total protein in the blood serum of heifers of the III experimental group after the administration of the drug was higher than in heifers of other groups, which indicates a more intensive production of immune globulins. Also, an increase in the level of total protein in all groups can be explained by an increase in the level of concentrated feed in diets associated with insemination of animals.

The level of albumin increased in animals of all groups after the experiment. At the same time, the protein coefficient (A/G) almost did not change in animals of all groups. An increase in the globulin fraction of protein in animals in the experimental group occurred due to α -globulins.

The AST content and the AST/ALT ratio decreased slightly (not likely) after the administration of both vitamin preparations. With a low degree of probability ($P>0.90$), the content of ALT, glucose and total cholesterol increased after the administration of the experimental drug.

A high probable increase was found between the alkaline phosphatase content in heifers of the II and III experimental groups after administration of drugs, by 21.1% and 23.4%, respectively.

Therefore, it was established that the drug of nonspecific resistance of the body (NRB) based on oil solutions of nano diamonds of detonation synthesis modified with β -carotene, is characterized by high bioavailability and significantly increases

the level of carotene in the blood serum of cattle of mating age and after the first calving. The introduction of the experimental drug contributes to the stabilization of the body of first-born cows after calving and during the first two months of lactation.

**Natural antioxidants in the food industry: biotechnological approaches
to enhancing stability and bioavailability**

Tkaczenko H., Mazur Z., Kurhaluk N.

Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland

halina.tkaczenko@upsl.edu.pl

Natural antioxidants are becoming increasingly important in the food industry thanks to their dual role in preserving food quality and promoting human health (Peron, 2026). As consumer demand shifts towards clean-label products and natural ingredients, synthetic antioxidants such as butylated hydroxytoluene (BHT) and butylated hydroxyanisole (BHA) are being progressively replaced by naturally derived alternatives (Ren et al., 2025). Polyphenols, carotenoids, vitamins (e.g. vitamins C and E) and other bioactive compounds derived from plants and microbes are among those extensively studied for their antioxidant capacity and associated health benefits (Bešlo et al., 2023; Bas, 2026). However, despite their promising biological activities, the practical application of natural antioxidants is often limited by their instability during processing and storage, and their poor bioavailability in the human body (Lourenço et al., 2019). Modern food biotechnology offers innovative strategies to address these issues by enhancing the stability, solubility, and bioavailability of these compounds via advanced processing and delivery systems.

Polyphenols are one of the largest and most diverse groups of natural antioxidants and include flavonoids, phenolic acids, tannins, and stilbenes. These compounds are widely distributed in fruits, vegetables, cereals, tea, coffee and wine, and are renowned for their potent radical-scavenging properties (Rudrapal et al., 2022; Saad et al., 2025). Polyphenols primarily exert their antioxidant effects through the donation of hydrogen atoms or electrons, as well as through metal ion chelation.

In addition to their antioxidant function, polyphenols exhibit anti-inflammatory, antimicrobial, anticancer, and cardioprotective properties (Han et al., 2007; Pandey and Rizvi, 2009; Bas, 2026). However, polyphenols are highly sensitive to environmental factors such as light, oxygen, temperature, and pH, which can lead to degradation and reduced efficacy (Gong et al., 2024). Furthermore, their bioavailability is often limited due to poor absorption, rapid metabolism, and low solubility (Bińkowska et al., 2024).

Another important class of natural antioxidants are carotenoids, which are lipophilic pigments responsible for the yellow, orange and red colours of many fruits and vegetables. Key examples are β -carotene, lycopene, lutein and zeaxanthin. They play a crucial role in human health, acting as precursors of vitamin A and protecting cells against oxidative damage by quenching singlet oxygen and scavenging free radicals (Tufail et al., 2024; Shanaida et al., 2025). Epidemiological studies have linked higher levels of carotenoid intake with a reduced risk of chronic diseases, including cardiovascular disorders, certain cancers, and age-related macular degeneration (Cooper et al., 1999; Cooperstone and Schwartz, 2024). However, like polyphenols, carotenoids are highly susceptible to degradation, particularly in the presence of light, heat, and oxygen. Their lipophilic nature also limits their solubility in aqueous food systems, thereby reducing their bioavailability (González-Peña et al., 2023; Arshad et al., 2025).

Various biotechnological approaches have therefore been developed to enhance the stability and bioavailability of natural antioxidants. One of the most promising strategies is microencapsulation, whereby bioactive compounds are entrapped within a protective matrix (Arshad et al., 2025). Techniques such as spray drying, freeze drying, coacervation and liposomal encapsulation are widely used to protect antioxidants from environmental degradation and control their release during digestion (Rahim et al., 2025; Szpicer et al., 2025). Encapsulation improves the physicochemical stability of polyphenols and carotenoids, enhances their solubility and bioaccessibility, and increases their effectiveness in food systems and the human body (Ali Redha et al., 2024; Arshad et al., 2025).

Another important approach is the use of nanoemulsions and nanocarriers. These systems allow lipophilic compounds, such as carotenoids, to be incorporated into aqueous food matrices by reducing particle size and increasing surface area. Nanoemulsions enhance the dispersion, stability and absorption of bioactive compounds, thereby facilitating their transport across biological membranes (Sotomayor-Gerding et al., 2016; Teixé-Roig et al., 2020; Mushtaq et al., 2023; Zeng et al., 2026). Similarly, solid lipid nanoparticles and biopolymer-based nanocarriers have been investigated as effective delivery systems for antioxidants, providing controlled release and targeted delivery within the gastrointestinal tract (Subroto et al., 2023).

Fermentation and enzymatic biotransformation play a key role in enhancing the functionality of natural antioxidants. For example, microbial fermentation can modify the chemical structure of polyphenols, converting them into more bioactive and bioavailable forms (Yang et al., 2023; Alharbi, 2026). Glycosylated polyphenols, for example, can be hydrolysed into their aglycone forms, which are more easily absorbed in the intestine (Scott et al., 2022). Fermentation can also increase the concentration of certain bioactive compounds by releasing them from plant cell walls or synthesising new metabolites with antioxidant properties (Zhao et al., 2021; Sarıtaş et al., 2024). Enzymes such as cellulases, pectinases and β -glucosidases are commonly used to facilitate these processes and improve the extraction efficiency and functional properties of plant-derived antioxidants (Ghandahari Yazdi et al., 2018; Barbosa et al., 2021; Stanek-Wandzel et al., 2024).

Advances in metabolic engineering and synthetic biology have further expanded the possibilities for producing natural antioxidants. Microorganisms such as bacteria, yeasts and microalgae can be genetically modified to produce high yields of specific bioactive compounds, including polyphenols and carotenoids. This approach offers a sustainable, scalable alternative to the traditional extraction of antioxidants from plants, reducing our dependence on agricultural resources and minimising our environmental impact (Osathanunkul et al., 2025; Zamudio-Sosa et al., 2026). Engineered strains of *Escherichia coli* and *Saccharomyces cerevisiae*, for example, have been developed to produce resveratrol, quercetin, and β -carotene,

among other compounds (Chen et al., 2020; Madhavan et al., 2023; Bubphasawan et al., 2025). Similarly, microalgae are increasingly recognised as efficient biofactories for carotenoid production, particularly for compounds such as astaxanthin and lutein (Yu et al., 2024; Eldiehy et al., 2026).

Another innovative application in the food industry is the use of edible coatings and active packaging systems enriched with natural antioxidants. These systems can extend the shelf life of food products by preventing lipid oxidation and microbial growth while delivering health-promoting compounds (Singh et al., 2022; Andrade et al., 2025). Biopolymer-based films incorporating polyphenols or essential oils have shown significant potential in maintaining food quality and safety, eliminating the need for synthetic preservatives (Periyasamy et al., 2025; Karnwal et al., 2025).

However, despite these advances, there are still several challenges in the application of natural antioxidants in food systems. For example, the interactions between antioxidants and other food components, such as proteins, lipids and carbohydrates, can affect their stability and bioavailability (Nedić et al., 2023; Aruchunan et al., 2025). Additionally, the sensory impact of certain antioxidants, such as bitterness or astringency, may limit their use in certain products (Osakabe et al., 2024). Regulatory considerations and cost-effectiveness also play an important role in determining the feasibility of implementing biotechnological solutions on an industrial scale (Carmona Marques et al., 2025).

It is expected that future research in this field will focus on integrating multiple biotechnological approaches to achieve synergistic effects. For instance, combining encapsulation with fermentation or enzymatic modification could enhance the stability and functionality of antioxidants even further (Arshad et al., 2025). Applying omics technologies, such as genomics, proteomics and metabolomics, will provide a more detailed insight into the mechanisms behind antioxidant activity and bioavailability. This will facilitate the development of more effective functional foods (Nayak et al., 2021; Mahato et al., 2024).

In conclusion, natural antioxidants such as polyphenols and carotenoids show great potential for enhancing food quality and human health. However, their

widespread application is currently limited by stability and bioavailability issues. Biotechnological approaches, including encapsulation, nanotechnology, fermentation, enzymatic modification and metabolic engineering, offer effective solutions to these challenges. Continued innovation in this area will support the development of functional food products with enhanced nutritional value, thereby contributing to healthier diets and more sustainable food systems.

Characterization of proteolytic activity of extracellular vesicles derived from *Candida parapsilosis* pathogenic fungi

Togan A., Gregorczyk L., Karkowska-Kuleta J.

Department of Comparative Biochemistry and Bioanalytics,
Jagiellonian University, Kraków, Poland
almas.togan@student.uj.edu.pl

Fungi from genus *Candida* are commensal microorganisms that inhabit skin and mucosal surfaces. However, once the equilibrium of the endogenous microbiota is disrupted, they become opportunistic pathogens that can cause both mild superficial infections, as well as disseminated systemic diseases, which pose a significant threat to human health. It has been proved that fungi release extracellular vesicles (EVs). EVs are spherical, nanometer-sized structures surrounded by a lipid bilayer. Fungal EVs, beyond their essential role in intercellular communication, may also pose a significant risk to immunocompromised individuals. This is largely due to the diverse cargo they carry, including virulence factors, proteins, lipids, nucleic acids, toxins and other signaling molecules. In the present study, EVs from *Candida parapsilosis* laboratory and clinical strains were isolated and the amount of protein transported by EVs was quantified. The results are shown in Table 1.

Table 1. Estimated total concentration of proteins in EVs

Species	Protein concentration (mg/ml)
<i>Candida parapsilosis</i> (laboratory strain)	0.253
<i>Candida parapsilosis</i> (clinical strain)	0.381

The protein content was determined using a reaction with *o*-phthalaldehyde (OPA) reagent, which interacts with primary amine groups in proteins to form

a fluorescent compound. After a 5-minute incubation, fluorescence was measured at an excitation wavelength of 340 nm and an emission wavelength of 455 nm. Proteolytic activity was estimated by incubating EVs with casein labeled with BODIPY[®] FL in two different pH: 5.5 and 7.0. Results are presented in Table 2.

Table 2. Measurements of the proteolytic activity of EVs in two different pH

	<i>C. parapsilosis</i> (laboratory strain)		<i>C. parapsilosis</i> (clinical strain)	
pH	5.5	7.0	5.5	7.0
Fluorescence intensity	86.5	147	356.5	375.5

The substrate is a non-fluorescent compound that, upon protease activity, is cleaved to release highly fluorescent peptides. The prepared samples were incubated for 24 hours at 37°C, after which fluorescence was measured at an excitation wavelength of 480 nm and an emission wavelength of 530 nm. In addition, SDS-PAGE (sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis) was performed after incubating EVs with BSA (bovine serum albumin) and casein (CAS). Proteins were incubated with EVs for 24 hours at 37°C. Fig. 1 presents results of electrophoretic separation of protein degradation products.

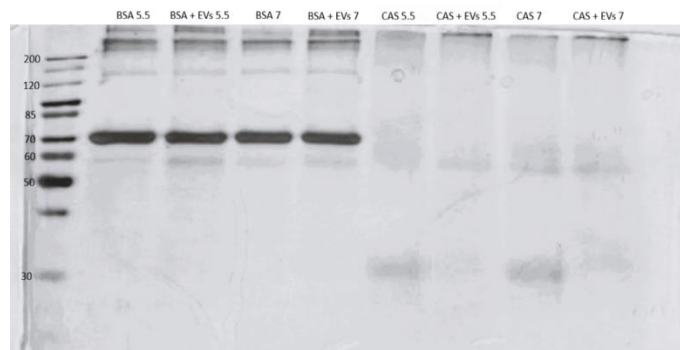


Fig. 1. Degradation of bovine serum albumin (BSA) and casein (CAS) by EVs from *C. parapsilosis* clinical strain.

In conclusion, EVs derived from *C. parapsilosis* were shown to transport proteins with proteolytic activity. Presence of secreted aspartic proteases within fungal EVs may contribute to the degradation of host proteins and experimental protein substrates, such as albumin and casein. These findings highlight a potential role of EV-associated proteases in fungal pathogenicity. Further research is warranted to better understand their mechanisms of action and to support the development of targeted therapeutic strategies aimed at inhibiting virulence-associated proteases while minimizing host damage.

Prospects of Using Sphagnum Biomaterials for Modern Medicine

Tokar V., Hlushchenko O., Butkevych T., Polova Zh.

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

vall.777@ukr.net

Modern Ukraine is characterized by an urgent need for effective, affordable, and domestically produced wound-healing agents. This is driven by the high level of antimicrobial resistance in traumatic and surgical wounds of patients affected by military aggression. Furthermore, according to forecasts, by 2050, diseases caused by antibiotic-resistant bacteria will lead to up to 10 million deaths annually [Murray et al., 2022]. Mosses are among the simplest land plants and are part of the second largest taxonomic group in the plant kingdom – bryophytes. They are a crucial element of ecosystems. Traditionally, mosses and their extracts have been used in the folk medicine of various countries to treat wounds, burns, tuberculosis, pneumonia, neurasthenia, and more. The antimicrobial activity of mosses is well-known, and their effectiveness was practically demonstrated during World War I [Klavina et al., 2015].

The potential of using mosses in medicine is typically associated with the antibacterial properties of sphagnum, as well as its high liquid absorption capacity [Taskila et al., 2016]. Sphagnum mosses release antimicrobial biochemical compounds into the environment [Sytiuk et al., 2020]. Additionally, their cell walls contain negatively charged polysaccharides which create a low-pH environment that inhibits the growth of pathogenic bacteria and fungi [Hájek et al., 2011].

The main structural components of sphagnum mosses are polysaccharides of various compositions and secondary metabolites (lipids, carbohydrates, polyphenols, etc.) [Klavina et al., 2015]. Low molecular weight phenolic compounds determine the biological activity of mosses, particularly their ability to counteract *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Staphylococcus aureus* [Klavina et al., 2012]. Other studies have also confirmed the antimicrobial action of moss extracts against *Staphylococcus aureus*, *Proteus mirabilis*, and *Candida albicans* [Dulger et al., 2009].

Unfortunately, despite their strong connection to folk medicine and history, there is a scarcity of publications in the modern scientific literature dedicated to the clinical efficacy of sphagnum moss as an antibacterial agent [Moore et al., 2012]. However, it is evident that sphagnum is a promising natural biomaterial for wound care and infection control. The current advancement of biotechnologies allows for the enhancement and strengthening of the beneficial natural properties of this biological material. Ukraine possesses significant peatland reserves and substantial scientific potential for the development of both pharmaceutical drugs and medical devices: textile materials, sorbents, and antimicrobial dressings based on sphagnum. Such products can meet both short-term humanitarian needs (highly absorbent and pH-modulating materials) and the strategic objectives of the healthcare system, contributing to the fight against antimicrobial resistance and the development of domestic manufacturing capabilities.

Biotechnological aspects of the production and application of pharmacological biologically active substances

¹Tokarchuk T., ²Tsekhmistrenko S., ¹Savchuk L.

¹Higher Educational Institution «Podillia State University», Kamianets-Podilskyi, Ukraine

²Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

ttocarchuk@gmail.com

Modern pharmaceutical and medical biotechnology regards biologically active substances as one of the key resources for the creation of new prophylactic, diagnostic and therapeutic agents. This group includes microbial metabolites, recombinant proteins, bioactive peptides, polysaccharides, phenolic compounds, terpenoids, alkaloids and functionalised nanoforms of natural molecules. Their pharmacological value is determined by their antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, immunomodulatory and antitumour properties, as well as their ability to influence key molecular targets of the pathological process.

One of the leading approaches to obtaining pharmacologically significant bioactive substances is the use of microorganisms as biosynthetic platforms. Bacteria, yeasts, actinomycetes and microscopic fungi produce a wide range of secondary metabolites, including antibiotics, enzymes, polyketides, lipopeptides and other compounds with significant biomedical potential. Metabolic engineering and synthetic biology enable the optimisation of biosynthetic pathways, increase the yield of target molecules, and ensure the reproducibility of pharmaceutical substance quality. Plant biotechnology is no less promising, particularly cell and tissue cultures, hairy root systems and elicitation, which enable the controlled synthesis of secondary metabolites regardless of seasonality and natural limitations of raw materials.

The biotechnological production of recombinant proteins, peptides and antibodies remains an important area. The use of bacterial, yeast and cell expression systems enables the production of hormones, cytokines, enzyme preparations, vaccine antigens and targeted molecules for modern personalised medicine. In this case, biotechnology serves not only as a method for obtaining a substance, but also as a means of controlling its structure, post-translational modifications, bioavailability and immunogenicity. Further opportunities are opened up by combining biotechnology with nanotechnological approaches, as nanoformulations allow for increased solubility and stability of natural biologically active compounds, prolonged release, and targeted delivery to target cells.

The practical application of pharmacologically active biological substances covers an extremely wide range of areas in modern preventive and clinical medicine, including the prevention and treatment of infectious, metabolic, inflammatory, neurodegenerative and oncological diseases. They are regarded as a promising basis for the creation of new medicinal products, adjunctive therapeutic agents, functional formulations, and preventive products with targeted biological action. Of particular interest are substances with antioxidant, immunomodulatory, anti-inflammatory, antimicrobial, cytoprotective and regulatory properties, which can influence key links in the pathogenesis of various pathological conditions. However, their introduction into pharmaceutical practice requires comprehensive standardisation, encompassing

not only chemical and biological characterisation but also a thorough assessment of the toxicological profile, storage stability, bioavailability, pharmacokinetic characteristics and evidence of efficacy. Equally important is establishing the mechanisms of action of these compounds at the molecular, cellular and organismal levels, as well as determining optimal dosage forms and methods of delivery to biological targets. It is precisely at the intersection of chemistry, pharmacology and biotechnology that the most promising models for the creation of new medicines and preventive products are formed, capable of combining high biological activity, safety, technological reproducibility and practical value for medicine and pharmacy.

Thus, the biotechnological aspects of obtaining pharmacologically active biological substances encompass the selection of a biological source, the engineering of producers, the optimisation of cultivation, extraction, purification, structural identification and the development of effective delivery systems. Further development in this area should be linked to the use of synthetic biology, omics approaches, digital modelling and the principles of green chemistry.

Altered pharmacokinetics of cis-diamminedichloroplatinum(II) upon complexation with the DNA polyanion: a pathway to reduced nephrotoxicity

¹Trokhymenko O. P., ²Mysko Yu. P., ^{1,2}Soloviov S. O.,

³Shulha O. A., ¹Leseyko T. O., ¹Lutsiv M. M.

¹Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,
Kyiv, Ukraine

³LLC «BioPro Stem Technology», Kyiv, Ukraine
mysko.yu.p.-bt41f@edu.kpi.ua

Nephrotoxicity remains a primary dose-limiting adverse effect of chemotherapy based on cis-diamminedichloroplatinum(II) (DDP). The DDP–DNA polyanion complex (DDP-DNA) is an organoplatinum compound (poly{hexakis[chloroamminoaquaplatinum(II)]-μ-deoxyribonucleate}, MW ~6.2×10⁶ Da) representing a DNA adduct whose active substance is formed in situ through

interaction of DDP with deoxyribonucleic acid. As direct quantification of the active moiety in biological matrices is not currently feasible, tissue platinum content was used as a surrogate pharmacokinetic marker.

Platinum biodistribution was assessed in female BALB/C mice (25 ± 3 g) following intraperitoneal administration of DDP-DNA and DDP at their respective LD_{90} doses (125.2 and 16.2 mg/kg). Platinum content was determined colorimetrically with stannous chloride in ashed samples harvested 3 hours post-administration and expressed as percentage of administered dose per gram wet tissue across 19 organs; aggregate distribution by organ system is presented in Fig. 1A.

Regression analysis on the core dataset ($n=16$, outliers excluded at $|z|>1.5$) revealed a near-linear relationship between platinum distribution under DDP and DDP-DNA ($r=0.897$, $p<0.0001$) with a slope of 2.09 (Fig. 1B). This reflects a systemic pattern: DDP-DNA delivers approximately twice the platinum to most organs compared to DDP, consistent with the DDP-DNA/DDP ratio clustering at 2.2–2.5 $\times$ across 16 of the 19 organs examined (Fig. 1C).

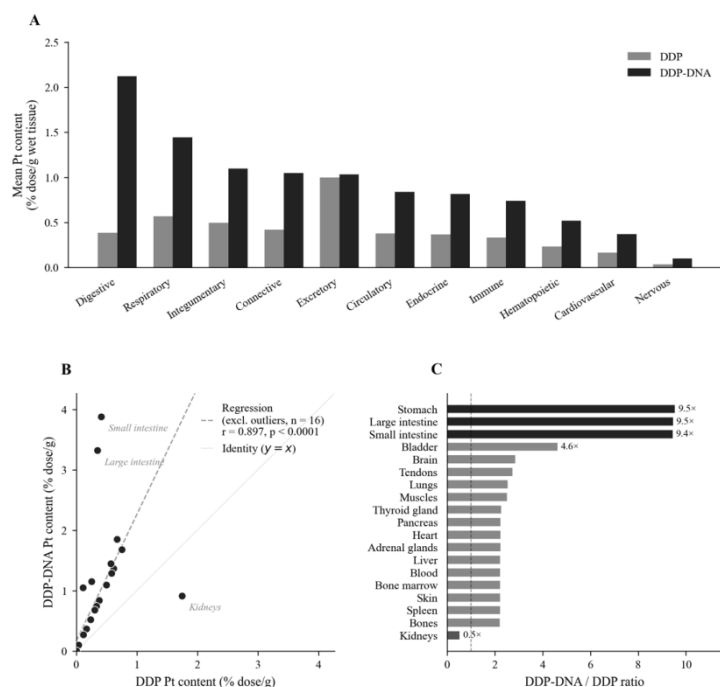


Fig. 1. Organ platinum distribution in BALB/C mice following administration of DDP-DNA and DDP. A — mean Pt content (% dose/g tissue) by organ system; B — correlation between Pt content under DDP and DDP-DNA; dashed line — regression ($n=16$, outliers excluded at $|z|>1.5$); solid line — line of identity ($y=x$); C — DDP-DNA/DDP ratio by organ.

Three organs deviated significantly from this pattern. The kidneys were the sole organ where DDP-DNA accumulation fell markedly below the predicted value (actual/predicted = 0.24×), indicating active suppression of renal platinum uptake. Conversely, the small intestine, large intestine, and stomach accumulated platinum at 3.7–9.5× above predicted levels, consistent with active gastrointestinal secretion as the predominant elimination pathway. These findings suggest that platinum distribution under DDP-DNA is characterised by a general ~2-fold accumulation increase across most organs, combined with reduced renal uptake and pronounced gastrointestinal enrichment. Given the substantially higher regenerative capacity of intestinal epithelium relative to renal tubular epithelium, this redistribution profile offers a mechanistic basis for the reduced nephrotoxicity of this coordination complex.

Eco-friendly spectrophotometric determination of pioglitazone hydrochloride

Turyk A. V., Kryskiw L.S., Kucher T. V.

Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine

turyk_annvol@tdmu.edu.ua

Introduction. Pioglitazone hydrochloride belongs to the thiazolidinedione class of drugs, which are used to treat type 2 diabetes mellitus due (DM) to their hypoglycemic effects. It specifically activates the nuclear receptor gamma, peroxisome proliferator-activated receptor, to regulate the transcription of insulin-responsive genes that govern glucose and lipid metabolism. As of now, a multitude of analytical methods have been established for the assay of this antidiabetic drug in various pharmaceutical, biological, and environmental samples, including chromatography (GC, LC-MS, TLC), spectrophotometry (AAS, kinetic), spectrofluorimetry, phosphorimetry, and capillary electrophoresis. The majority of the aforementioned techniques possess considerable disadvantages that render them unattractive, such as being time-consuming, necessitating costly and complex equipment, involving extensive sample preparation, and requiring hazardous organic

solvents. Due to the growing use of antidiabetic drugs in DM treatment, the development and validation of simple, «green» analytical procedure become potentially important.

We aimed to develop and validate a simple, express, precise, and eco-friendly spectrophotometric procedure for the assay of pioglitazone hydrochloride.

Materials and methods. All used reagents were of analytical grade. A double-beam Shimadzu UV-Visible spectrophotometer, model UV 1800, along with UV-Probe 2.62 software, was used to measure the absorbance of the resulting solution. The solutions were scanned in the range 200-400 nm against methanol as blank. The developed UV spectrophotometric procedure was validated in compliance with the requirements of the State Pharmacopeia of Ukraine and ICH Q2 according to such validation parameters as accuracy, precision, linearity, specificity, and robustness. For calculation greenness two tools were utilized: the Analytical Greenness Metric Approach (AGREE) and the Click Analytical Chemistry Index (CACI).

Results and their discussion. Spectrophotometric approaches have gained popularity for their simplicity, rapidity, sensitivity, and cost-effectiveness. The experimental analysis revealed that pioglitazone hydrochloride in methanol had three maxima: 203, 225, and 268 nm. Further investigation focused on the absorption maxima at 268 nm. The analytical procedure was linear in the concentration range 9.4-56.4 $\mu\text{g/ml}$.

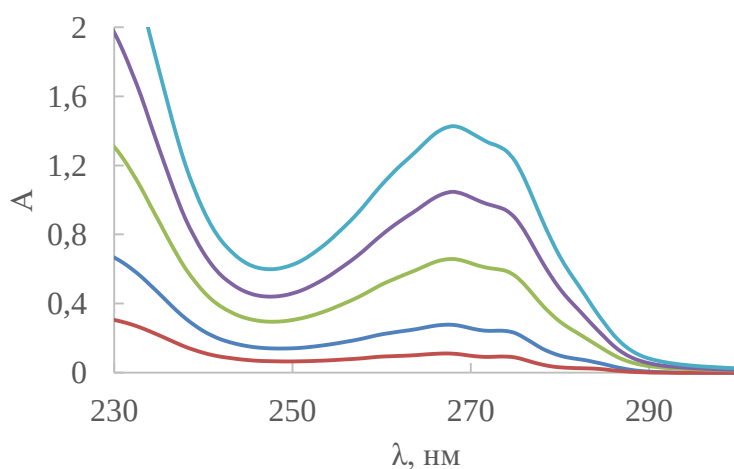


Fig.1. Absorption spectra of pioglitazone hydrochloride in methanol.

Linear regression of absorbance vs. concentration yielded the equation $y = 0.0199x - 0.0746$, and the obtained correlation coefficient was $R^2 = 0.9995$. The limit of detection and limit of quantification were found to be 1.28 and 3.89 $\mu\text{g/ml}$, approximately. An important parameter of the tested solutions is their stability over time. The stability of the tested solutions was studied for 120 minutes. According to the results obtained, it was concluded that the stability of the solutions was maintained during the allotted time. To evaluate the environmental impact, we utilized two prominent and modern greenness assessment tools AGREE and CACI. The devised spectrophotometric procedure adheres to «green» analytical chemistry principles and yields «excellent» outcomes. For the comparative analysis of pharmaceutical products of Ukrainian and foreign manufacturers, two tablet formulations were selected: Actos (Takeda) and Glutazone (Gledpharm LTD). The content of pioglitazone in both dosage forms was determined using the proposed method.

Conclusions. The developed spectrophotometric procedure was found to be simple, accurate, reliable, «green» and can be easily implemented for routine quality analysis of pioglitazone hydrochloride in pharmaceutical and environmental matrices.

Cytokinins as a perspective bioactive component of medicinal mushroom mycelium

¹Vedenicheva N. P., ¹Bisko N. A., ²Garmanchuk L. V.

¹M.G. Kholodny Institute of Botany of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²ESC «Institute of Biology and Medicine», Taras Shevchenko National University of Kyiv,
Kyiv, Ukraine

vedenicheva@ukr.net, liudmyla_garmanchuk@ukr.net

Cytokinins are phytohormones that regulate virtually all physiological processes in plants, in particular, they are a positive regulator of the cell cycle. Simultaneously, they inhibit cell division and proliferation in animal and human cell cultures, including pathogenic and cancerous cells. In this respect, cytokinins are very

similar to extracts from many species of medicinal mushrooms. Fruit bodies and mycelium of medicinal mushrooms are known to produce a wide range of biologically active substances due to which they exhibit more than 130 therapeutic effects. Finally, the identification of all active substances from medicinal mushrooms is not yet completed, so, we can assume that cytokinins are among them.

We analyzed the content of cytokinins in the cultivated mycelium of 13 species of medicinal mushrooms from the IBK Mushroom Culture Collection using HPLC-MS method. All of them demonstrated the ability to produce both active and conjugated forms of cytokinins including *trans*-zeatin, *trans*-zeatin riboside, isopentenyladenine and *trans*-zeatin-*O*-glucoside. The total content of cytokinins in the mycelial biomass of the studied mushroom species varied from 9.77 nmol/g of dry weight in *Flammulina velutipes* to 70.22 nmol/g of dry weight in *Morchella esculenta*. The quantitative content and qualitative composition of cytokinins in mycelium were species-specific characteristics. Further, we investigated the antitumor effect of crude methanolic extracts and purified fractions of cytokinins from mycelial biomass in pathogenic cell culture of different types. Both crude extracts and purified cytokinin fractions from mycelial biomass of *Grifola frondosa* and *Pleurotus nebrodensis* demonstrated pronounced cytotoxic/cytostatic effect in cell culture of human hepatocarcinoma HepG2. Similar results were obtained when effect of extracts from *Ganoderma lucidum* and *Lentinula edodes* mycelium was studied in cell culture of human colon cancer Colo 205. The greatest cytotoxic effect on the growth and development of human cervical cancer cells HeLa among the species studied have been shown by the purified cytokinin fractions of *Hericium erinaceus*, whose mycelial biomass was characterized by the highest total cytokinin content. Simultaneously, when studying the influence of preparations from the mycelial biomass of *Trametes versicolor*, *Pleurotus ostreatus* and *Morchella esculenta* on Colo 205 cell lines, a more pronounced cytotoxic/cytostatic effect was observed for the crude extracts comparing with pure cytokinin fractions. The crude extract and the purified cytokinin fraction from *Cyclocybe aegerita* caused a cytostatic effect, inhibiting the proliferation of HeLa cells. The mycelium of this

mushroom was characterized by the highest level of *trans*-zeatin riboside. Preparations from the mycelium of *Flammulina velutipes*, which contained the lowest total amount of cytokinins, showed an insignificant cytotoxic/cytotoxic effect.

These results support the assumption that the biologically active substances of medicinal mushrooms with high pharmacological potential include cytokinins, although no direct correlations between the anticancer activity of the crude and purified extracts and endogenous cytokinin levels were observed. This phenomenon can be explained by the complex nature of biologically active substances of medicinal mushrooms. Indeed, the mycelium of medicinal mushrooms produces antibiotics, polysaccharides, alkaloids, flavonoids, tocopherols, lectins, enzymes, phenols, chitin, triterpenoids, fiber and many other compounds with high therapeutic potential. According to modern ideas, they act synergistically, enhancing the effect of each other. Thus, the effect of cytokinin extracts on cancer cells *in vitro* depends on the entire complex of biologically active components, which is individual for each mushroom species.

Therefore, pharmacological technologies for obtaining medicines and prophylactic agents from mushroom raw materials should be developed taking into account the properties of cytokinins so that they are included in their composition.

Development of an innovative alginate mask with a 4D hydrating and bioenergetic complex

Verstiuk I. Y., Kostashchuk T. Z.

Department of Pharmaceutical Management, Drug Technology and Pharmacognosy

Ivano-Frankivsk National Medical University, Ivano-Frankivsk, Ukraine

ivanka.verstyuk2005@gmail.com

In modern cosmetology and pharmaceutical technology, there is an increase in demand for effective skin care products that combine deep hydration, recovery and antioxidant protection. One of the promising means are alginate masks obtained from brown algae, characterized by high biocompatibility, the ability to form an elastic gel and improve the penetration of biologically active substances into the skin.

Of particular interest is the use of a 4D hydrating complex of hyaluronic acid, which includes fractions with different molecular weights and provides multi-level moisturizing of the epidermis, as well as bioenergetic components that stimulate cellular metabolism and promote skin regeneration. Therefore, the development of innovative alginate masks with such active components is an urgent direction of modern pharmaceutical and medical biotechnology.

In the process of conducting the research, the analysis of scientific publications and specialized sources of information, the generalization of literary data, as well as the comparative analysis of modern approaches to the development of cosmetics in powder form were applied.

As a result of the study, the composition of an innovative alginate mask with an optimal ratio of sodium alginate, gelling agent and active components was developed. Administration of the 4 D hydrating complex has been found to provide prolonged skin hydration at various levels of the epidermis, while bioenergetic components contribute to increased cellular activity and improved metabolic processes.

The absence of an aqueous phase reduces the risk of microbial contamination and allows minimizing the use of preservatives. The powder form also provides convenience of transportation, long-term storage and the possibility of modifying the formulation by introducing additional functional ingredients.

The expediency of creating an alginate mask with a 4D hydrating and bioenergetic complex is substantiated. The optimal composition of an innovative cosmetic composition based on sodium alginate has been developed. It was established that the combination of multimolecular hyaluronic acid and bioenergetic components contributes to the improvement of the moisturizing and reducing properties of the product.

The obtained results indicate the prospects of using the developed mask in modern cosmetology and dermatological practice.

Synthesis of 4-(4-butoxyphenyl)-2-[(2E)-2-[(4-fluorophenyl)methylidene]hydrazinyl]-1,3-thiazole and its predicted activity against SARS-CoV-2 virus

¹Vlasova A., ¹Tsyhankov S., ^{1,2}Demchenko A.

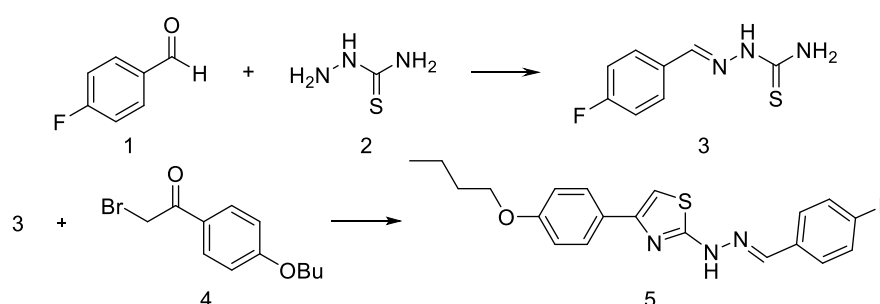
¹Department of Chemistry and Pharmacy, Mykola Gogol State University, Nizhyn, Ukraine

²Department of Chemistry, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro (PUC-Rio),
Rio de Janeiro, RJ, Brazil
sky@ndu.edu.ua

The COVID-19 pandemic caused by the SARS-CoV-2 virus has had significant social, medical, and economic consequences worldwide and has highlighted the urgent need for effective antiviral therapeutics. Despite the introduction of vaccines, limitations remain due to the variability of viral strains, the emergence of resistance, and the side effects of existing treatment regimens. In this context, the synthesis and study of new molecules with potential antiviral activity remains an important area of modern medical and pharmaceutical chemistry.

Heterocyclic compounds, particularly those containing a thiazole ring, exhibit a wide range of biological activities and are capable of interacting with biomolecules associated with the life cycle of viruses. Thiazole derivatives represent a promising class of compounds for investigating their potential ability to affect molecular targets associated with the reproduction and pathogenesis of SARS-CoV-2.

The aim of this study is to model the antiviral activity of thiazole derivatives against SARS-CoV-2 and to conduct a preliminary assessment of promising candidates for further optimization. To achieve this goal, we synthesized 4-(4-butoxyphenyl)-2-[(2E)-2-[(4-fluorophenyl)methylidene]hydrazinyl]-1,3-thiazole according to the following scheme:



The following were selected as targets for molecular docking:

1. NSP12 (RNA-dependent RNA polymerase, RdRp) is the RNA-dependent RNA polymerase of SARS-CoV-2 and the central enzyme of the virus's replication-transcription complex. It catalyzes the synthesis of full-length genomic RNA and subgenomic RNAs necessary for the expression of structural proteins.

2. 3CLpro (3C-like protease or Main protease, Mpro, NSP5) – 3CLpro or main protease, responsible for the proteolytic cleavage of the viral polyprotein pp1a/pp1ab into at least 11 functional non-structural proteins necessary for virus replication.

3. PLpro (Papain-like protease, part of NSP3) is a protease domain of the NSP3 protein and is responsible for cleaving the N-terminal part of the polyprotein to form NSP1, NSP2, and NSP3. In addition to its proteolytic function, PLpro has deubiquitinating and deISGylating activity.

4. NSP13 (Helicase) is a viral helicase that unwinds double-stranded RNA structures during replication and transcription. The enzyme exhibits NTPase activity and uses the energy of nucleoside triphosphate hydrolysis to move along the nucleic acid in the 5'→3' direction.

NSP12, 3CLpro, PLpro, and NSP13 play a key role in the SARS-CoV-2 life cycle and are major molecular targets. Inhibition of their activity leads to disruption of virus replication, polyprotein processing, or immunomodulatory mechanisms, which justifies the active search for inhibitors of these proteins.

Computer docking on SARS-CoV-2 virus targets 3CLpro, PLpro, NSP12, and NSP13 was performed by Dr. Candida Manelfi (Computational Chemist - R&D Platforms & Services). Calculations showed that the binding energies of the synthesized compound 5 are the strongest for the 3CLpro target (Table 1).

Table 1. The binding energies of the synthesized compound 5

Compound	Разом	NSP12	PLpro	3CLpro	NSP13
5	21,14	4,95	5,13	5,8	5,25

Thus, we synthesized and investigated a promising 4-(4-butoxyphenyl)-2-[(2E)-2-[(4-fluorophenyl)methylidene]hydrazinyl]-1,3-thiazole, which affects the translation of SARS-CoV-2 viral proteins from viral RNA. The results of our study

may contribute to expanding the database of chemical compounds with potential therapeutic activity in the context of combating COVID-19 and the further development of antiviral drugs.

**Lactic acid bacteria - derived bioactive preparations
to inhibit spoilage bacteria isolated from leafy green vegetables**

^{1,2}Wasilewska M., ¹Otlewska A., ¹Rajkowska K.

¹Institute of Fermentation Technology and Microbiology, Faculty of Biotechnology and Food
Sciences, Lodz University of Technology, Lodz, Poland

²Interdisciplinary Doctoral School of Lodz University of Technology, Lodz, Poland
michalina.jankowska@dokt.p.lodz.pl

The aim of this study was to validate bioactive preparations based on lactic acid bacteria (LAB) in the form of postbiotics, parapostbiotics, and parabiotics in terms of their ability to reduce potential spoilage microbiological risks in plant-based foods.

A postbiotic, as defined by the International Scientific Society for Probiotics and Prebiotics (ISAPP), is «a preparation of inanimate microorganisms and/or their components that confer a health benefit on the host». However, due to the wide range of interpretations, biotics were divided into three fractions in this study to better differentiate the effects of individual components i.e., postbiotics containing only metabolites of LAB cells; parabiotics containing inactivated LAB cells suspended in PBS buffer; and parapostbiotics containing a whole inactivated LAB culture.

The study was conducted as a structured sequence of activities beginning from the isolation of spoilage bacteria from leafy green vegetables with macroscopic signs of spoilage, followed by their selection based on phenotypic characteristics and genetic identification, and concluding with a literature review of documented spoilage effects on green vegetables.

A total of 23 spoilage strains were isolated from spoiled vegetables (iceberg lettuce, radish sprouts, packaged fresh spinach, and fresh baby spinach). Initial

screening included assessing growth on TSA medium (agar, 15 g/L, casein peptone, 15 g/L, sodium chloride, 5 g/L, soy peptone, 5 g/L; pH 7.1), and performing Gram staining, catalase, and oxidase tests. Based on the obtained results, 12 isolates were selected for species identification based on nucleotide sequence analysis of the 16S rRNA gene.

The identified bacteria belonged to the following species: *Bacillus amyloliquefaciens*, *Lactobacillus plantarum*, *Paeniglutamicibacter antarcticus*, *Chryseobacterium indologenes*, *Sanguibacter inulinus*, *Pseudomonas putida*, *Shewanella putrefaciens*, *Microbacterium saperdae*, *Chryseobacterium indoltheticum*, *Corynebacterium variabile*, and *Glutamicibacter nicotianae*. The following spoilage bacteria were selected for further study: *Bacillus amyloliquefaciens*, *Chryseobacterium indologenes*, *Sanguibacter inulinus*, *Pseudomonas putida* and *Corynebacterium variabile*. The antibacterial properties of bioactive preparations based on lactic acid bacteria belonging to the species *Lactiplantibacillus pentosus*, *Lactiplantibacillus plantarum*, and *Lactiplantibacillus paraplantarum* were determined using the modern ODIN™ system (Biolog). Spoilage bacterial cultures were conducted in 96-well microplates in TSB medium at 30°C for 24 hours, with various biotics added at medium-to-biotic ratios of 1:1 and 1:4 (v/v).

Bacterial growth dynamics were assessed based on absorbance measurements, which were recorded automatically every 20 minutes. Parapostbiotics and postbiotics derived from all tested LAB strains demonstrated high inhibitory activity against the spoilage bacteria, causing complete growth inhibition within 24 hours of incubation. The tested parabiotics did not statistically significantly extend the adaptive growth phase of the tested spoilage bacteria, but reduced the growth rate (μ_{max}) and N max parameter.

The obtained results confirm that postbiotics, depending on the fraction used, can be a promising tool for limiting the growth of spoilage bacteria present on, among others, leafy green vegetables.

Study of the conditions of lovastatin acid accumulation in *pleurotus ostreatus*

¹Yanishun V., ¹Koziko N. O., ²Tarasenko V. O.

¹Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

²Ukrainian Military Medical Academy, Kyiv, Ukraine

nata.koziko77@gmail.com, vika_tarasenko83@ukr.net

Introduction. Cardiovascular diseases remain the leading cause of mortality in the world, which determines the high demand for hypolipidemic drugs. Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) is a promising object of modern pharmaceutical biotechnology as a producer of lovastatin - a specific inhibitor of the enzyme HMG-CoA reductase. Lovastatin in mushrooms exists in the form of an inactive lactone and an active β -hydroxy acid (lovastatinic acid), which directly blocks endogenous cholesterol synthesis in the liver.

Optimization of cultivation conditions allows not only to intensify the biosynthesis of this secondary metabolite, but also to ensure a stable yield of the target product for the creation of innovative herbal medicines with minimal toxicity.

The aim of the work is to study the influence of the composition of the nutrient medium and physicochemical parameters on the biosynthesis of lovastatin acid by the *P. ostreatus* strain during deep and surface cultivation. The object of the study was the *P. ostreatus* strain. Modified Hagen medium was used for deep fermentation. The concentration of lovastatin was determined after extraction with ethyl acetate and subsequent analysis by thin-layer chromatography (silica gel G) and HPLC (detection at $\lambda = 238$ nm). Statistical processing of the results was performed using RSM (Response Surface Methodology).

According to the results of literature monitoring and our own research, it was found that the critical factors for the accumulation of lovastatin are the source of carbon, nitrogen and the size of the substrate particles during solid-phase fermentation.

The highest yield of lovastatin (up to 35 mg/g of substrate) is achieved when using glucose (30 g/l) and yeast extract (1% w/w). It was confirmed that organic nitrogen sources stimulate biosynthesis more actively than mineral ones. The optimal temperature for the synthesis of lovastatin is 27 °C, which is slightly higher than the optimal temperature for mycelium growth. The optimal pH value of the medium is 6.0. In deep culture, the peak concentration of lovastatin acid occurs on the 6th–8th day of fermentation at a stirring speed of 150–200 rpm.

During solid-phase fermentation on barley substrate with the addition of yeast extract, the maximum content was observed on day 12–14. It was also found that heat treatment (drying at a temperature above 80 °C leads to the destruction of lovastatin by 45%, therefore the optimal mode of primary processing of raw materials is lyophilization or drying at 50 °C.

Conclusions. The cultivation conditions of *P. ostreatus* (glucose 30 g/l, yeast extract 10 g/l, $t = 28$ °C, pH 6.0) were optimized, which ensures a consistently high yield of lovastatin acid. The obtained data substantiate the feasibility of using oyster mushrooms as a raw material for the production of hypolipidemic agents.

Synthesis of *N*-(2,3-Dihydro-benzo[1,4]dioxin-6-yl)-2-[1-(4-ethoxy-phenyl)-1*H*-tetrazol-5-ylsulfanyl]-acetamide and study of its antitumor activity

¹Zaporozhets D., ^{1,2}Sukhovieiev V., ¹Palyanitsya D., ^{1,3}Demchenko A.

¹Department of Chemistry and Pharmacy, Mykola Gogol State University, Nizhyn, Ukraine

²V.P. Kukhar Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

³Department of Chemistry, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro (PUC-Rio),

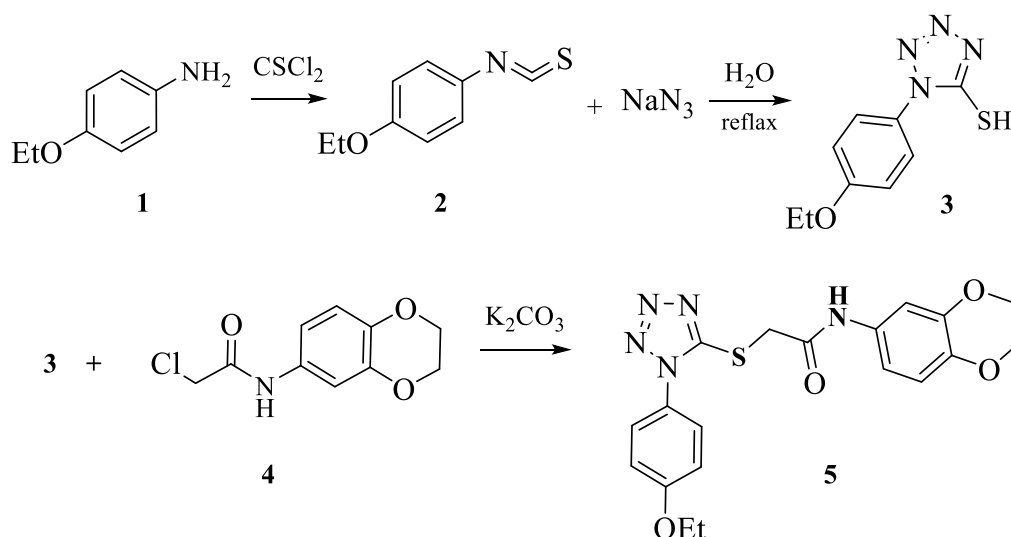
Rio de Janeiro, RJ, Brazil

kaf.chem@ukr.net

Today, there are several anti-cancer drugs available on the global market, but due to their resistance and high cost, it is important to research new, more accessible and less toxic substances that exhibit anti-cancer activity. In this regard, heterocyclic compounds with a tetrazole ring are promising as leader compounds. These

heterocycles have already proven their effectiveness as broad-spectrum anti-blast agents. Thus, the review (Anil Verma et al., 2022) summarises modern synthetic approaches to obtaining certain tetrazole derivatives, studying them as anti-cancer agents, as well as the biological activity of some recently studied anti-tumour agents containing a tetrazole ring in their structure.

The aim of this study is to synthesise new tetrazole derivatives and investigate their spectral, physicochemical and biological properties. To achieve this goal, we synthesized *N*-(2,3-dihydrobenzo[1,4]dioxin-6-yl)-2-[1-(4-ethoxyphenyl)-1*H*-tetrazol-5-ylsulfanyl]-acetamide according to the following scheme:



Through the interaction of 4-ethoxyaniline with thiophosgene, we have produced 1-ethoxy-4-isothiocyanatobenzene (2). Boiling the last one with sodium azide in water yielded 1-(4-ethoxyphenyl)-1*H*-tetrazole-5-thiol (3). Upon reaction of equimolar amounts of thiol (3) with 2-chloro-*N*-(2,3-dihydrobenzo[1,4]dioxin-6-yl)acetamide (4) under the same conditions in the presence of potassium carbonate, *N*-(2,3-dihydrobenzo[1,4]dioxin-6-yl)-2-[1-(4-ethoxyphenyl)-1*H*-tetrazol-5-ylsulfanyl]-acetamide (5) was synthesised.

The structure of *N*-(2,3-dihydrobenzo[1,4]dioxin-6-yl)-2-[1-(4-ethoxyphenyl)-1*H*-tetrazol-5-ylsulfanyl]-acetamide (5) was confirmed by ^1H NMR spectroscopy and mass spectrometry.

To determine the antitumour activity of the synthesised acetamide (5), the study has been conducted *in vitro* on 60 cancer cell lines (Leukaemia, Non-Small

Cell Lung Cancer, Colon Cancer, CNS Cancer, Melanoma, Ovarian Cancer, Renal Cancer, Prostate Cancer, Breast Cancer) under the action of the substance at a concentration of 10^{-5} mol/l according to the standard procedure for assessing the mitotic activity of new potential biologically active compounds by fluorescent staining (dye – sulforhodamine B), performed at the National Cancer Institute of Health, USA, as part of the Development Therapeutic Program. The results of the studies were expressed as a percentage of cancer cell growth compared to the reference drug, 5-fluorouracil.

It has been shown that *N*-(2,3-dihydrobenzo[1,4]dioxin-6-yl)-2-[1-(4-ethoxyphenyl)-1*H*-tetrazol-5-ylsulfanyl]-acetamide (**5**) overperforms the standard on most of the 60 cancer cell lines studied. This compound was found to be most effective against Non-Small Cell Lung Cancer (in the HOP-62 and NCI-H522 lines, it exceeds the effect of 5-fluorouracil by 77.54% and 46.55%, respectively) and Ovarian Cancer of the SK-OV-3 line, where it exceeds 5-fluorouracil by 73.33%.

Thus, *N*-(2,3-dihydrobenzo[1,4]dioxin-6-yl)-2-[1-(4-ethoxyphenyl)-1*H*-tetrazol-5-ylsulfanyl]-acetamide exhibits proven antitumour activity and may become a leader compound for the creation of new effective antitumour agents.

The role of hydrophobic interactions of polyethylene glycol with membranes for the stability of erythrocytes during cryopreservation

Zemlianskykh N. G.

Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine of the NAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
nzemliansky@gmail.com

Blood cryopreservation is a promising approach to solving many problems in practical transfusion medicine. In particular, during military operations or technology-related disasters, blood transfusion demands can be accommodated by using cryopreserved donor blood. Currently, glycerol is used in medical practice to cryopreserve human erythrocytes and it must be removed from the cells after thawing. Alternative methods can be developed using cryoprotective agents (CPAs),

which do not penetrate cell membranes, including polyethyleneglycol (PEG) with a molecular weight of 1500. Experimental studies have shown that PEG ensures a high level of preservation of red blood cells after thawing but under physiological conditions, these cells are unstable. Increased cell stability is achieved by reducing the exposure temperature of erythrocytes to CPAs to 4°C.

The aim of the study was to determine the characteristics of erythrocyte membrane modification upon exposure to PEG at different temperatures (4 and 37°C) using the fluorescent probe DSM (4-(n-dimethylaminostyryl)-1-methylpyridinium-p-toluenesulfonate). DSM fluorescence spectra were recorded on a spectrofluorimeter and analyzed using the software Signe (Latvia).

In the DSM spectra of erythrocytes exposed to PEG solutions at different temperatures, several components were identified due to the specific locations of the probe localization in membranes. It was found that exposure of cells with CPA at 4°C reduced the rate of the hydrophobic component of the fluorophore–membrane interaction to the overall spectrum to 3%, compared to 5% in control erythrocytes. Meanwhile, incubation of cells with PEG at 37°C caused the complete disappearance of this component from the spectrum.

The obtained results are stipulated by competition between DSM and PEG molecules for binding sites on the erythrocyte membrane due to their similar physicochemical properties. Pre-exposure of erythrocytes to PEG apparently facilitated the occupation of hydrophobic binding sites by CPA molecules, preventing the fluorescent probe from interacting with the membrane via this type of interaction. It is known that the ability of molecules to form hydrophobic bonds with the membrane decreases at 4°C due to thermodynamic principles. Therefore, in erythrocyte membranes exposed to PEG at 4°C, some hydrophobic regions remain unoccupied and accessible for sorption of probe molecules, although the number of such regions decreases compared to the control. Meanwhile, at 37°C, the hydrophobic membrane-binding sites of DSM are blocked by PEG molecules,

leading to the complete disappearance of the hydrophobic component of the fluorophore spectrum.

Considering that erythrocytes exposed to PEG at 4°C are more viable after freeze-thaw (-196 → 37°C) compared to samples incubated with CPA at 37°C, it can be assumed that, to a certain extent, this depends on the temperature characteristics of the interaction of PEG with membranes, which are manifested in changes in the parameters of the DSM fluorescence spectrum. The effect of CPA on erythrocyte membranes can affect the structural state of the protein network of the membrane-cytoskeletal complex, which largely determines cell stability under stressful conditions and in various erythrocyte pathologies.

Thus, exposure of erythrocytes to PEG is characterized by a decrease in the hydrophobic component of the DSM fluorescence spectrum, indicating that PEG affects cell membranes through hydrophobic bonds as one of elements of the complex mechanism of cell interaction with this CPA. Lowering the exposure temperature of erythrocytes to PEG to 4°C reduces the possibility of its hydrophobic contacts with membranes, as confirmed by the presence of the hydrophobic component of the DSM spectrum, albeit at a lower level than in the control.

Molecular Methods in Phytopathology and Plant Biotechnology

Zubkov O. V., Shevchenko N. O., Gerilovych A. P.

Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine of the NAS of Ukraine,

Kharkiv, Ukraine

alieksandr.zubkov@gmail.com

Modern plant pathology is entering a new era, where the key priorities are maintaining plant health, increasing crop yields, and minimizing the use of chemical pesticides. This is driven by global challenges: over the past 40 years, the world's population has grown by nearly 90%, while per capita food production has increased by only about 25%. It is expected that in the coming years, the agricultural sector will need to ensure significant production growth, particularly

in grain crops, to meet rising demand. In this context, biotechnology plays a key role as a set of methods aimed at creating new plant varieties with increased resistance to biotic stresses. Annual crop losses due to phytopathogens are estimated at more than \$500 billion, underscoring the critical need to develop effective plant protection strategies.

Accurate and timely diagnosis is the foundation of modern sustainable agriculture. Early detection of pathogens in seed and vegetative material helps prevent the development of epidemics and reduce economic losses. Detecting pathogens in their latent form, when symptoms are absent, is particularly challenging. Traditional diagnostic methods, such as microbiological cultures or enzyme-linked immunosorbent assays, often have limited sensitivity. In contrast, molecular genetic approaches, particularly polymerase chain reaction (PCR) and its modifications (real-time PCR), allow for the detection of pathogens even at extremely low concentrations in plant tissues and soil.

The development of multiplex PCR and DNA barcoding has significantly simplified the identification of closely related pathogen species without the need for in-depth taxonomic knowledge. The use of modern molecular probes allows for the simultaneous detection of multiple pathogens (e.g., *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*) in a single assay.

Virus detection is a critically important element of biosecurity, as viral infections can spread rapidly through planting material. The evolution of diagnostic methods from visual analysis of symptoms to the molecular level has significantly increased the accuracy and speed of detection.

Modern methods include: RT-PCR (reverse transcription + PCR), LAMP (loop-mediated isothermal amplification), next-generation sequencing (NGS), CRISPR-Cas diagnostics (e.g., SHERLOCK systems).

In addition, rapid test systems (lateral flow tests) enable rapid diagnosis directly at the border or in the field within 10–15 minutes, which is crucial for preventing the spread of infections.

Modern phytopathology is based on the integration of genetic engineering, molecular marking (SNP, SSR), and proteomics to develop resistant genotypes, significantly accelerating traditional breeding processes. The primary strategies for enhancing plant immunity involve activating systemic acquired resistance through the expression of regulatory genes (e.g., *NPR1*), PR-group proteins, and antimicrobial peptides. Particular attention is given to viral control via the concept of pathogen-derived resistance, specifically through the introduction of coat protein genes or the use of RNA interference technology for targeted gene silencing.

Complementing these approaches, mass spectrometry and 2D electrophoresis enable the identification of proteomic profiles in pathogens such as *Xylella fastidiosa*, paving the way for the development of inhibitors that block tissue colonization without inducing microbial resistance.

In conclusion, the integration of biotechnological tools into plant pathology is radically transforming plant protection strategies. Highly sensitive diagnostics (PCR, NGS), accelerated selection, and a deep understanding of molecular interactions ensure the creation of resilient agroecosystems. The future of sustainable agriculture depends on the ability to combine these cutting-edge methods with traditional agronomic expertise.

Prospects for application in biotechnology *Onopordum acanthium*

Zupanets A. A., Khvorost O. P.

National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine

cnc@nuph.edu.ua

Given the ecological state of the planet, the prospects for biotechnological developments based on natural compounds, cells, and plant tissues are certainly significant. *Onopordum acanthium* is being studied in detail by researchers from Eurasia, in particular Italy, Bulgaria, and Iran, as a source of biologically active compounds with relevant and diverse types of pharmacological activity. This is a

common plant of the domestic flora, which is an excellent honey plant and at the same time a malicious weed and has been little studied in pharmacognostic terms.

The aim is to clarify the prospects for using *Onopordum acanthium* material in biotechnological areas.

In terms of food biotechnology, the presence of the enzyme onopordin in the flowers of the plant, which exhibits the ability to curdle milk and can become an alternative option for use in cheese production as a replacement for animal rennet enzymes, attracts attention.

The native composition of the compounds of the roots, leaves, grass, flowers and fruits of *Onopordum acanthium* demonstrates a powerful potential of lignans, phenolic acids, flavonoids, etc. This indicates the possibility of using explants for cloning both biomass and plants themselves with a high content of compounds selected by the researchers. Aspects of proven pharmacological action (cardiotonic, antihypertensive, anti-inflammatory, oncoprotective) only confirm the relevance of this direction of research.

Conclusion. Raw materials of *Onopordum acanthium* are an available source of phenolic compounds with therapeutic potential, which can be used, in particular, in the treatment of oxidative stress, diabetes and neurodegenerative disorders. At present, it is interesting to use the plant as a molecular farm for the production of enzymes.

Обґрунтування складу адгезивного гідрогелю для регенерації меніска

Александрова О. Г., Двінських Н. В.

Кафедра біотехнології Національного фармацевтичного університету, м. Харків, Україна

begunova1203@gmail.com

Вступ. Травми меніска, особливо у його аваскулярній («білій») зоні, залишаються однією з найскладніших проблем ортопедії через відсутність природного потенціалу до загоєння. Традиційні методи лікування часто обмежуються симптоматичною терапією або деструктивною меніскектомією.

Використання безклітинної терапії на основі екзосом мезенхімальних стовбурових клітин (МСК) є перспективним напрямком, проте ключовим викликом є розробка біосумісного депо-носія. Такий носій має не лише утримувати біологічно активні речовини в зоні пошкодження, а й забезпечувати надійну адгезію до вологої поверхні хряща в умовах постійного механічного навантаження суглоба.

Мета роботи. Теоретично обґрунтувати склад та спрогнозувати фізико-хімічні властивості ін'єкційної гідрогелевої системи на основі модифікованої гіалуронової кислоти, здатної забезпечувати стабільне функціонування екзосом МСК при відновленні цілісності тканин меніска.

Матеріали та методи. Об'єктом теоретичного дослідження є композиційна система, що включає метакрильовану гіалуронову кислоту, модифіковану катехоловими групами допаміну НАМА-Dopa (Hyaluronic Acid Methacryloyl-Dopamine), фотоініціатор LAP (літій феніл-2,4,6-триметилбензоїлфосфінат). Дослідження базувалося на аналізі наукових даних щодо кінетики фотополімеризації під дією видимого світла, реологічних властивостей гідрогелів різного ступеня заміщення, та їхньої здатності до адгезії у вологому середовищі.

Результати та обговорення. Використання гіалуронової кислоти як основи обумовлене її природною біосумісністю, проте у нативному вигляді вона швидко вимивається. Для надання матеріалу здатності до просторового зшивання його структуру функціоналізують метакриловими групами. Це дозволяє макромолекулі утворювати стабільну тривимірну гідрогелеву мережу шляхом радикальної фотополімеризації. Як фотоініціатор обґрунтовано використання LAP, який під впливом видимого синього світла з довжиною хвилі 405 нанометрів запускає реакцію зшивання гелю. Це дозволяє уникнути використання жорсткого ультрафіолетового випромінювання, яке є небезпечним для клітин.

Ключовим рішенням є додаткове введення до полімерного каркаса катехолових груп допаміну. Цей підхід, натхненний білками адгезії морських мідій, зумовлює здатність макромолекули міцно прилипати до вологого колагену меніска. Катехолові групи утворюють ковалентні та нековалентні зв'язки з тканинами суглоба, нівелюючи ризик механічної дислокації препарату під впливом динамічних навантажень. У момент введення препарат перебуває у рідкому стані, що дозволяє малоінвазивно заповнити дефекти складної конфігурації, після чого під дією світла відбувається миттєве гелеутворення.

Висновки. Запропонована теоретична концепція ін'єкційного фотополімерного гідрогелю на основі метакрильованої гіалуронової кислоти з допаміном дозволяє створити стабільний каркас у суглобі. Завдяки синергії швидкого гелеутворення та високої мукоадгезії розроблена полімерна матриця здатна вирішити проблему швидкого вимивання препаратів синовіальною рідиною та забезпечити надійну механічну стабілізацію в зоні розриву меніска.

**Визначення протимікробної активності модифікованого
стрептоміцину щодо референтних штамів мікроорганізмів
за методом серійних розведень**

Андрєєва І. Д., Осолодченко Т. П., Завада Н. П., Батрак О. А.

ДУ «Інститут мікробіології та імунології ім. І. І. Мечникова

НАМН України», м. Харків, Україна

idandreyeva@gmail.com

Досліджено протимікробну дію модифікованих похідних стрептоміцину, які було отримано шляхом сукцилювання стрептоміцину з бурштиновим ангідридом. Для мікробіологічного дослідження застосовані еталонні тест-культури *S. aureus* ATCC 25923, *B. subtilis* ATCC 6633, *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *P. vulgaris* ATCC 4636, *C. albicans* ATCC 885-653. Дослідження проводилось стандартним методом двократних серійних розведень у поживному бульйоні (макрометод). Визначалися мінімальна

інгібуюча (МІК) і мінімальна бактерицидна (МБ_цК) концентрації. Стосовно грампозитивних референтних штамів мікроорганізмів немодифікований стрептоміцин виявив помірну активність (МІК у межах 31,25–62,5 мг/л, МБ_цК у межах 62,5–125,0 мг/л). Інгібуюча дія сукцильованого стрептоміцину щодо *S. aureus* ATCC 25923 зростала до високої (МІК у межах 7,8–15,6 мг/л та *B. subtilis* ATCC 6633 – у межах помірної (МІК 31,25–62,5 мг/л, МБ_цК знаходилась у межах 31,25–125,0 мг/л. Щодо грамнегативних референтних штамів мікроорганізмів протимікробна дія немодифікованого стрептоміцину також була помірною (МІК у межах 31,25–62,5 мг/л, МБ_цК сполук у межах 62,5–125,0 мг/л. Після модифікації стрептоміцину зберігався помірний протимікробний ефект. Протигрибковий ефект щодо тест-штаму *C. albicans* ATCC 885-653 як немодифікованого, так модифікованого стрептоміцину виявився слабким. Результати дослідження свідчать про перспективність подальших досліджень протимікробних властивостей модифікованих похідних стрептоміцину з метою розробки на їх основі нових протимікробних засобів.

Дослідження протимікробної активності модифікованого стрептоміцину щодо клінічних штамів мікроорганізмів за методом серійних розведень

Андрєєва І. Д., Осолодченко Т. П., Мартинов А. В., Рябова І. С.

ДУ «Інститут мікробіології та імунології ім. І. І. Мечникова

НАМН України», м. Харків, Україна

idandreyeva@gmail.com

Розробка нових похідних аміноглікозидів є вельми актуальною задачею. Модифікування стрептоміцину проведено шляхом його сукцилювання з бурштиновим ангідридом. Мікробіологічне дослідження проведено стандартним методом двократних серійних розведень у поживному бульйоні (макрометод). Визначалися мінімальна інгібуюча (МІК) і мінімальна бактерицидна (МБ_цК) концентрації. Досліджено 9 клінічних штамів мікроорганізмів, які було одержано з колекції лабораторії біохімії та

біотехнології ДУ “ІМІ НАМН”, а саме *S. pneumoniae* 14, *S. pyogenes* 2432, *S. aureus* 124 та *E. faecalis* 42, *K. pneumoniae* 18, *E. cloacae* 17, *A. baumannii* 150, *P. aeruginosa* 18 і *C. albicans* 69. Протимікробний ефект сукцильованого стрептоміцину щодо більшості досліджених клінічних штамів грамполозитивних мікроорганізмів (*S. pneumoniae* 14, *S. pyogenes* 2432, *S. aureus* 124) зростав з помірного до високого (МІК змінювалась від 31,25–62,5 мг/л до 7,8–15,6 мг/л, МБ_цК – з 62,5–125,0 мг/л до 15,6–31,25 мг/л). Чутливість *E. faecalis* 42 також зростала, але у межах помірної. Чутливість більшості грамнегативних клінічних штамів щодо немодифікованого стрептоміцину була помірною. Протимікробна дія стрептоміцину після модифікації стосовно *K. pneumoniae* 18 залишалась без змін, *E. cloacae* 17 зростала з помірної до високої та *A. baumannii* 150 – у межах помірної. Чутливість *P. aeruginosa* 18 щодо стрептоміцину після його модифікації зростала з слабкої до помірної. Антикандидозна дія як немодифікованого, так модифікованого стрептоміцину виявилася помірною. Доведено перспективність подальших досліджень сукцильованих похідних стрептоміцину з метою розробки на їх основі нових протимікробних засобів.

**Порівняння показників мультиплікації *in vitro*
у перспективних сортів гейхер (*Heuchera* spp.)
Афіногенов О. А., Замбріборщ І. С., Чекалова М. С.,
Шестопап О. Л.**

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення,
м. Одеса, Україна
izambriborsh@gmail.com

Гейхера, або кораловий дзвін (*Heuchera* spp.) – рід вічнозелених трав'янистих багаторічників, що знайшли широке використання в ландшафтному дизайні та садівництві завдяки своєму декоративному листю і високій адаптивності. Гейхери відрізняються тіньовитривалістю, стійкістю до

низьких температур, невибагливі до типу ґрунту (хоча віддають перевагу легкому ґрунту без застою води).

Крім декоративного, рослини роду *Heuchera* L. мають екологічне та медичне значення. Сьогодні існує близько 500 сортів, виведених на основі різних видів та їх гібридів.

Але, незважаючи на широку популярність гейхер, їх великомасштабне виробництво стикається з труднощами. Більшість сортів не виробляють насіння, а вегетативне розмноження часто призводить до низького виживання та деградації сорту. Єдиний надійний метод, який дозволяє швидко отримувати велику кількість посадкового матеріалу різних сортів із збереженням їх унікальних особливостей – розмноження *in vitro*.

Метою даного дослідження було запровадження у культуру *in vitro* перспективних сортів гейхер, створення оптимальних умов для їх розмноження та порівняння показників мультиплікації у різних генотипів.

Робота була проведена в лабораторії культури тканин Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення.

У досліді було використано сім сортів *Heuchera* L.: 'Berry Smoothie', 'Black sea', 'Forever purple', 'Midnight bayou', 'Paprika', 'Rex purple' та 'Sweet tea'. Для кожного сорту визначався коефіцієнт розмноження – відношення отриманих рослин до маточних.

Для введення в культуру зрізані листові пластинки стерилізували 0,1% розчином сулеми, після чого в умовах стерильного ламінар-боксу висаджували на поживне середовище $\frac{1}{2}$ QL + 1,5мг/л БАП та 0,5 мг/л ІОК. Тривалість культивування експлантів становила від 4 до 10-12 тижнів в залежності від сорту. Новоутворені мікропагони були перенесені на поживне середовище зі зниженою концентрацією фітогормонів і успішно розвинулися у повноцінні рослини.

Гарно сформовані розетки в асептичних умовах вилучали з поживного середовища, очищали їх від коренів і листя, залишаючи черенки із розетковою меристемою по 0,7-1,0 мм заввишки, і висаджували на середовище для мультиплікації ($\frac{1}{2}$ QL + 0,1 мг/л БАП та 0,1 мг/л НОК).

Після 3 тижнів культивування отримали певну кількість мікропагонів навколо однієї висадженої розетки та визначили коефіцієнт розмноження для кожного сорту.

Як видно з табл.1, коефіцієнт розмноження залежав від сорту і коливався від 1,36 до 5,67. Найкращі показники мультиплікації були отримані для сортів 'Berry Smoothie', 'Forever purple' та 'Sweet tea'.

Табл. 1. Коефіцієнт розмноження різних сортів гейхер на середовищі для мультиплікації

Сорт	Висаджено розеток	Отримано мікророслин	Коефіцієнт розмноження
'Berry Smoothie'	39	221	5,67
'Black sea'	11	15	1,36
'Forever purple'	40	180	4,50
'Midnight bayou'	15	40	2,67
'Paprika'	19	30	1,58
'Rex purple'	20	35	1,75
'Sweet tea'	36	160	4,44

Скупчення мікропагонів розділяли на окремі рослини та пересаджували на поживне середовище для вкорінення – $\frac{1}{2}$ QL + 0,2 мг/л ІМК та 0,2 мг/л НОК.

Через 13 тижнів культивування морфологічно сформовані рослини були вилучені з культуральних контейнерів, висаджені у пластикові касети із ґрунтовою сумішшю та успішно адаптовані. Частина генотипів збережена для колекції лабораторії культури тканин СГІ-НЦНС та може використовуватися у подальших експериментах.

Таким чином, був успішно проведений повний цикл розмноження досліджуваних сортів в культурі *in vitro*.

**Виробництво оздоровчих продуктів
на основі біологічно активованого зерна**

Бажай-Жежерун С. А.

Кафедра технології оздоровчих продуктів Національного університету
харчових технологій, Київ, Україна,
LanaNEW_1@ukr.net

На сьогодні пророщене, або біологічно активоване зерно, широко використовується не лише у виробництві напівфабрикатів та традиційних харчових продуктів і напоїв – солоду, квасу, пива, солодових екстрактів, але і для збагачення різних харчових основ.

Спектр нових зернових продуктів підвищеної харчової цінності, які можна отримувати на основі пророщеного зерна злакових та бобових культур досить широкий. Наразі вітчизняними та зарубіжними науковцями розробляються інноваційні технології продуктів на основі пророщеного зерна.

У процесі пророщування зерна відбувається біологічне активування, що сприяє суттєвому підвищенню його біологічної цінності. Нетривале пророщування зерна та насіння за холодних режимів дає можливість цілеспрямованого впливу на технологічні властивості сировини - пом'якшення ядра, зниження антиаліментарних речовин, поліпшення функціонального складу білків, частковий гідроліз високомолекулярних сполук.

Нами розроблено та науково обґрунтовано спосіб підготовки зернової сировини для виробництва оздоровчих харчових продуктів, який включає режим гідротермічного оброблення – холодного кондиціювання за температури 12 - 16 °C протягом 25 – 30 год. сприяє збільшенню вологості зерна до 30 – 35 %, що зумовлює активізацію ферментного комплексу, зниження густини зерна та підвищення його питомого об'єму. Під час проростання зерна підвищується його ферментативна активність, що зумовлює частковий гідроліз вуглеводів, ліпідів та білків, синтез вітамінів, вітаміноподібних речовин, поліфенолів.

З урахуванням позитивних змін у зерновій сировині під час нетривалого проростання, ми розробили ряд способів отримання харчових продуктів оздоровчого призначення на основі біологічно-активованого зерна: спосіб підготовки зерна для виробництва оздоровчих продуктів; отримання солодких зернових сумішей, збагачених рослинними компонентами; зерно в заливці, зернові пластівці та суміші пластівців, зернові батончики.

Споживання продуктів на основі біологічно активованого зерна, зокрема злакових культур, сприяє збагаченню організму цінними макро- та мікронутрієнтами: білками, жирами та вуглеводами у легкодоступній формі, водорозчинними вітамінами: групи В, РР, С, Н, речовинами з Р-вітамінною активністю, а також токоферолами та фенольними сполуками. Важливим є використання біологічно активованого зерна у цілісному вигляді – без порушення його структури – це сприяє збереженню природного поєднання мінеральних речовин, вітамінів, поліфенолів, складних полісахаридів, які зосереджені у периферійних частинах зерна – оболонках з алеїроновим шаром та зародку.

Харчові волокна біологічно активованого зерна: клітковина, геміцелюлози, пектинові речовини, лігнін, є цінними детоксикантами – природними харчовими сорбентами, які очищають наш організм від ендогенних та екзогенних токсинів, важких металів, радіонуклідів тощо.

Отже, біологічно активоване зерно, як багате джерело есенціальних компонентів, є цінною харчовою основою, а також доцільним харчовим збагачувачем.

Використання цієї сировини є важливим для створення інноваційних продуктів оздоровчого, функціонального та лікувально-профілактичного призначення. Продукти такого типу є необхідними для збагачення харчового раціону людини корисними нутрієнтами, а також для покращення здоров'я усіх верств населення України.

**Вплив біоактиваторів на дегідрогеназну активність
нафтозабруднених ґрунтів у процесі біоремедіації**

**¹Баня А. Р., ¹Покинсьброда Т. Я., ¹Корецька Н. І., ²Ізмерлі Е. Я.,
^{1,2}Карпенко О. В., ²Лубенець В. І.**

¹Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії
ім. Л. М. Литвиненка НАН України, м. Львів, Україна

²Кафедра технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології,
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна
andrewbn199@gmail.com

Забруднення ґрунтів нафтою та нафтопродуктами є однією з актуальних екологічних проблем, що призводить до порушення функціонування ґрунтових екосистем, зміни фізико-хімічних властивостей, зниження родючості, токсичного впливу на біоту та накопичення вуглеводнів у трофічних ланцюгах. Потрапляючи у ґрунт, нафта погіршує водно-повітряний режим і пригнічує біохімічні процеси, ускладнюючи природне відновлення екосистем. Традиційні механічні та фізико-хімічні методи очищення є енергоємними й можуть спричиняти вторинне забруднення або деградацію ґрунтової структури. Натомість біоремедіація як біологічний метод, що ґрунтується на здатності мікроорганізмів до біодеградації вуглеводнів, є екологічно безпечним, економічно доцільним, і сприяє відновленню властивостей і родючості ґрунту. Підвищення її ефективності забезпечують природні біоактиватори, які збільшують біодоступність забруднювачів і сприяють самоочищенню ґрунту.

Важливим інтегральним показником біологічного стану ґрунту є дегідрогеназна активність, яка корелює зі швидкістю деградації забруднень, відображає інтенсивність мікробіологічних процесів, а її підвищення свідчить про активізацію ґрунтової біоти й ефективну біодеградацію нафти, тому її розглядають як індикатор «здоров'я» ґрунту.

У цій роботі встановлено вплив біогенних поверхнево-активних речовин, мікробного препарату, сорбентів і рослини-ремедіанта на дегідрогеназну активність ґрунтів, забруднених нафтою, у процесі біоремедіації.

У роботі використано: штучно забруднені нафтою ґрунти (вміст нафти – 5%), біогенні поверхнево-активні речовини – рамноліпідний біокомплекс (РБК) – продукт мікробного синтезу штаму *Pseudomonas* sp. PS-17 і трегалозоліпідні сурфактанти (ТЛ) штаму *Gordonia rubripertincta* УКМ Ас-122, а також мікробний препарат на основі природних мікроорганізмів-деструкторів вуглеводнів (Д), виділений з нафтозабруднених територій, природні сорбенти – глауконіт, бентоніт, вугілля активоване березове (продукт піролізу березової деревини та активації водяною парою за 800–950°C), як джерело кисню для ґрунтових мікроорганізмів – кальцій пероксид (CaO_2), а також рослину – жито посівне (*Secale cereale* L.). У різних варіантах досліду до ґрунту попередньо вносили CaO_2 , сорбенти та мікробний препарат Д (50 мл суспензії, 5×10^6 КУО/см³ на 1 кг ґрунту), після чого через 14 діб висаджували насіння жита, попередньо замочене у розчинах РБК (0,01 г/дм³), ТЛ (0,05 г/дм³) або у H_2O (контроль), і вирощували протягом 7 тижнів у ґрунті, забрудненому нафтою. Після цього визначали дегідрогеназну активність ґрунту.

Встановлено, підвищення дегідрогеназної активності ґрунту, забрудненого нафтою за впливу біогенних поверхнево-активних речовин, мікробного препарату, сорбентів і рослини-ремедіанта: забруднений ґрунт + жито + ТЛ – на 15% щодо контролю; забруднений ґрунт + жито + РБК + Д + CaO_2 – 29,7%; забруднений ґрунт + жито + ТЛ + МД + CaO_2 – 32,2%; забруднений ґрунт + жито + РБК + Д + глауконіт + CaO_2 – 23,4%; забруднений ґрунт + жито + ТЛ + Д + глауконіт + CaO_2 – 18,8%; забруднений ґрунт + жито + бентоніт – 19,5%; забруднений ґрунт + жито + РБК + Д + бентоніт + CaO_2 – 21,4%; забруднений ґрунт + жито + РБК + Д + вугілля + CaO_2 – 48,2%, а також забруднений ґрунт + жито + ТЛ + Д + вугілля + CaO_2 – 37%, відповідно.

Отже, отримані результати свідчать про ефективність комплексного застосування біогенних поверхнево-активних речовин, мікробного препарату, сорбентів і рослини-ремедіанта у біоремедіаційних підходах до відновлення ґрунтів, забруднених нафтою та нафтопродуктами.

**Адаптація кондуктометричного біосенсора
на основі іммобілізованої креатиндеімінази
для аналізу креатиніну в сечі**

^{1,2}Бахмат В. А., ¹Архипова В. М., ^{1,3}Солдаткін О. О., ^{1,2}Дзядевич С. В.

¹ Інститут молекулярної біології та генетики НАН України, Київ, Україна

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

³ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

veronikab2406@gmail.com

Креатинін є одним із ключових біомаркерів функціонального стану нирок, оскільки його концентрація безпосередньо відображає рівень клубочкової фільтрації. Традиційні методи визначення креатиніну, зокрема високоефективна рідинна хроматографія, газова хроматографія з мас-спектрометрією та колориметричний метод Яффе, забезпечують високу точність і чутливість, однак потребують дорогого обладнання, складної пробопідготовки та висококваліфікованого персоналу. Відповідно, актуальності набуває розробка нових альтернативних аналітичних пристроїв, які б поєднували точність вимірювання із простотою, швидкістю та економічною доступністю. Важливою перевагою визначення креатиніну саме в сечі є неінвазивність відбору зразка, що значно спрощує процедуру дослідження та знижує його вартість порівняно з аналізом крові. Тому, метою даної роботи було дослідити можливість використання кондуктометричного біосенсора на основі іммобілізованої креатиндеімінази (КД) для визначення концентрації креатиніну в зразках сечі.

Для створення біосенсора було використано мініатюрні кондуктометричні перетворювачі, що складаються з двох ідентичних пар золотих електродів, виготовлених методом фотолітографії, нанесених на ситалову підкладку. КД іммобілізували на поверхні електродів ковалентним зшиванням в БСА матриці за допомогою глутарового альдегіду. Склад робочої

мембрани включав 5% КД, 10% БСА та 10% гліцеролу у фосфатному буфері, референтна мембрана була виготовлена аналогічним чином, але без додавання ензиму. Даний біосенсор було ретельно сконструйовано та оптимізовано його функціонування в попередніх дослідженнях. Дана робота присвячена адаптації цього кондуктометричного біосенсора для визначення концентрації креатиніну у реальних зразках сечі.

Біосенсор демонстрував високу чутливість ($172 \pm 32 \mu\text{S}/\text{mM}$), низьку межу виявлення (5 мкМ) та широкий лінійний діапазон визначення креатиніну. Дослідження селективності показали, що вплив супутніх метаболітів сечі на аналітичний сигнал є незначним.

З метою апробації біосенсора було приготовано 13 зразків штучної сечі за стандартним протоколом з концентраціями креатиніну в діапазоні 0,5 – 10,5 мМ. Біосенсорні результати, аналізу креатиніну у зразках штучної сечі добре корелюють з даними колориметричного методу Яффе ($R = 0,98$), що підтверджує ефективність даного кондуктометричного біосенсора. Також для забезпечення ефективності та точності проведення біосенсорного аналізу креатиніну було досліджено стабільність роботи біосенсора зі зразками штучної сечі. В результаті біосенсор показав достатньо високу стабільність відгуків при роботі з зразками сечі ($\text{RSD}=4,8\%$), проте відтворюваність дещо погіршилась порівняно з модельними вимірюваннями ($\text{RSD}=1,6\%$), дана невідповідність є незначною та типовою при роботі із біологічними рідинами.

Отже, в роботі адаптовано кондуктометричний біосенсор на основі іммобілізованої КД для визначення концентрації креатиніну в сечі. Біосенсор характеризувався високою чутливістю, селективністю та відтворюваністю, що поєднується з простотою та швидкістю проведення біосенсорного аналізу. Отримані результати демонструють перспективність практичного застосування розробленого біосенсора у клінічній діагностиці для моніторингу функціонального стану нирок.

Роботу було виконано за підтримки Національного фонду досліджень України в рамках проєкту 2025.07/0161.

Біотехнологія як інструмент екологізації агроєкосистем

Бітюцький В. С., Цехмістренко С. І., Мельниченко О. М.,

Онищенко Л. С., Мельниченко Ю. О., Шулько О. П.

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна

voseb@ukr.net

Сучасне сільське господарство дедалі гостріше стикається з екологічними викликами, серед яких особливе місце посідають деградація ґрунтів, зниження біорізноманіття, накопичення токсикантів, зростання хімічного навантаження на агроландшафти та погіршення якості природних ресурсів. За таких умов біотехнологія набуває значення не лише як інструмент підвищення продуктивності агровиробництва, а і як науково обґрунтована основа екологізації агроєкосистем. Її потенціал полягає у здатності поєднувати природні механізми біотрансформації речовин із сучасними технологічними рішеннями, що забезпечують зменшення антропогенного впливу на довкілля та підвищення екологічної стійкості агросфери.

Одним із найбільш перспективних напрямів екологічної біотехнології є застосування мікробних біодобрих і біоінокулянтів. Доведено, що використання корисних мікроорганізмів сприяє мобілізації поживних елементів у ґрунті, поліпшує азотне та фосфорне живлення рослин, стимулює синтез фітогормонів і підвищує стійкість культур до стресових чинників. Це дає змогу частково зменшити залежність агровиробництва від мінеральних добрив, що є важливим чинником екологізації землеробства та збереження ґрунтового біоценозу.

Важливим є біоремедіація забруднених ґрунтів і водних об'єктів біотехнологічними методами, що ґрунтуються на використанні мікроорганізмів, їх метаболітів, позаклітинних полімерних речовин, а також рослинно-мікробних систем. Для аграрних територій це має особливе значення, оскільки екологічний стан ґрунту й води прямо впливає на безпечність харчової продукції, здоров'я тварин і стабільність трофічних ланцюгів.

Окремої уваги заслуговує зелена нанобіотехнологія як новий напрям екологізації агросистем. На відміну від традиційних хімічних методів одержання наноматеріалів, зелений синтез передбачає використання рослинних екстрактів, мікроорганізмів або біогенних субстратів, що зменшує потребу в токсичних реагентах і підвищує екологічну безпечність технологічного процесу. Такі розробки мають не лише технологічне, а й екологічне значення, оскільки поєднують ресурсозбереження, повторне використання біосировини та створення функціональних матеріалів з потенційно нижчим екологічним слідом.

Важливе місце посідають дослідження безпечності нових сполук і наноструктур для живих систем та компонентів довкілля, зокрема, роботами з екотоксикологічної оцінки препаратів наночастинок металів, неметалів та металоїдів, які підкреслюють необхідність поєднання інноваційності з екологічною відповідальністю. Ще одним фундаментальним підходом до екологізації агроєкосистем є впровадження принципів циркулярної біоекономіки. У межах цієї концепції відходи агровиробництва розглядаються не як кінцевий продукт, а як ресурс для повторного біотехнологічного залучення у виробничі цикли. Це створює передумови для формування замкнених ресурсоефективних систем, у яких органічні залишки, побічні продукти та вторинна біомаса можуть бути використані для одержання біодобрих, біостимуляторів, функціональних добавок або наноматеріалів.

Отже, біотехнологія є стратегічним інструментом екологізації агроєкосистем, оскільки поєднує можливості мікробних біодобрих, біоремедіації, зеленої нанобіотехнології, екотоксикологічного контролю та циркулярної біоекономіки. Її впровадження сприяє формуванню екологічно безпечного, ресурсоефективного та науково керованого аграрного виробництва. Подальший розвиток цього напрямку доцільно пов'язувати з інтеграцією біотехнологічних рішень у комплексні системи управління агроландшафтами, де продуктивність, біобезпека та екологічна стійкість розглядатимуться як єдина функціональна система.

Синтез пігментів радіорезистентними до іонізуючого випромінювання екстремофільними бактеріями

¹Бовтрук А. О., ^{1,2}Пирог Т. П.

¹Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

²Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАНУ, м. Київ, Україна,

7_shuma1@ukr.net

Радіорезистентні бактерії здатні витримувати значні дози іонізуючого випромінювання (рентгенівське, нейронне, γ -промені, α - та β -частинки, високоенергетичні космічні промені), зберігаючи життєдіяльність та здатність до синтезу метаболітів. Особливий інтерес викликають синтезовані радіорезистентними бактеріями унікальні каротиноїдні сполуки, не характерні для інших мікроорганізмів.

Проведено аналіз сучасної наукової літератури, присвяченої синтезу унікальних каротиноїдів радіорезистентними бактеріями, оптимізації умов їх культивування та дослідженню фізико-хімічних властивостей пігментів та їхньої біологічної активності.

Корейські науковці повідомили про створення здатного до надсинтезу дейноксантину генно-інженерного штаму *Deinococcus radiodurans* DX2, який був утворений шляхом інтеграції генів *dxs* та *crtB*, що кодують ключові ферменти каротиноїдного шляху. Під час культивування у середовищі з сахарозою як ростовим субстратом штам синтезував $394 \pm 17,6$ мг/л цього пігменту. Дослідження біологічної активності дейноксантину показало, що йому притаманна значно вища антиоксидантна активність порівняно з фітоїном, лікопіном, β -каротином та астаксантином.

Choi із співавт. встановили здатність морського штаму *Deinococcus* sp. AJ005 до одночасного синтезу дейноксантину та його похідного 2-кетодейноксантину, а також дослідили вплив природи джерела вуглецю (глюкоза, гліцерол, мальтоза, лактоза, галактоза, сахароза) на утворення каротиноїдів. Показано, що максимальний синтез пігментів з високою антиоксидантною

активністю досягався у середовищі з сахарозою при рН 7,4 та температурі 20°C.

Синтез каротиноїдів штамом *Deinococcus xibeiensis* R13 досліджували з використанням різних джерел вуглецю (глюкоза, фруктоза, сахароза, лактоза, крохмаль, гліцерин, ацетат натрію) та азоту (триптон, соєвий пептон, м'ясний екстракт, хлорид амонію, сульфат амонію). Встановлено, що найвищий рівень синтезу дейноксантину (6,64 мг/л) спостерігався у разі використання фруктози як джерела вуглецю та триптону як джерела азоту. Подальша оптимізація умов культивування, зокрема фізико-хімічних параметрів (30°C, рН 7, відсутність освітлення) та складу поживного середовища шляхом додавання мікроелементів (Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+}), показала, що внесення Fe^{2+} у концентрації 10 мкМ забезпечувало найбільш виражений стимулювальний ефект. За таких умов концентрація каротиноїдів була на 84% вищою, ніж до оптимізації.

Отже, радіорезистентні до іонізуючого випромінювання бактерії роду *Deinococcus* синтезують унікальний пігмент дейноксантин, що характеризується вищою антиоксидантною активністю порівняно з іншими каротиноїдними пігментами, завдяки чому є перспективним для використання у медицині.

Вплив концентрації екстрактів з коренів *Cichorium intybus* на синтез наночасток срібла

Богданович Т. А., Матвєєва Н. А.

Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України; Київ, Україна

bogdanovych_tais@ukr.net

Цикорій звичайний (*Cichorium intybus* L.) – це багаторічна трав'яниста рослина родини айстрових (Asteraceae), яка поширена по всьому світу і має широке застосування, зумовлене наявністю в її складі інуліну, кумаринів, флавоноїдів, органічних кислот та інших сполук. Деякі з цих сполук мають відновлювальну активність, тому екстракти можуть бути використані для «зеленого» синтезу наночасток для застосування у фармацевтичній галузі.

У роботі використовували етанольні (70%) екстракти нетрансформованих коренів та двох ліній «бородатих» коренів цикорію з гетерологічними генами інтерферону- $\alpha 2b$ людини. Наночастки синтезували шляхом змішування 5 мл водного розчину 1 mM AgNO_3 (Sigma) з 200 або 400 мкл екстрактів коренів з наступним нагріванням на водяній бані при 80°C протягом 1 години. Спостерігалася характерна зміна забарвлення кольору колоїдних розчинів з безбарвного на коричневий. Спектрофотометрія зразків в УФ-видимій області спектра підтвердила наявність характерних піків у діапазоні 420–470 нм. В усіх зразках значно вищими були піки колоїдних розчинів, отриманих з використанням більшої концентрації екстрактів. Піки спектрів колоїдних розчинів наночасток, отриманих з використанням екстрактів з «бородатих» коренів, були майже у 2 рази вищими, ніж у розчинах, отриманих «зеленим» синтезом з контрольних коренів. Отже, для ефективного отримання колоїдних розчинів наночасток срібла шляхом «зеленого» синтезу з екстрактів з коренів цикорію доцільним є використання 400 мкл екстрактів на 5 мл розчину 1 mM AgNO_3 .

Робота виконувалась за грантом НАН України «Особливості формування наночасток срібла шляхом «зеленого» синтезу за використання екстрактів з цикорію».

Оптимізація умов культивування *Saccharomyces cerevisiae*

для отримання заліозбагаченої дріжджової біомаси

Бондар Г., Красінько В., Пархомова О.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

abn2292@gmail.com

Вступ. Проблемою сьогодення є потреба у безпечних і технологічно прийнятних підходах до попередження залізодефіциту шляхом харчової фортифікації. Дане дослідження спрямоване на оптимізацію умов культивування *Saccharomyces cerevisiae* для отримання дріжджової біомаси з підвищеним вмістом заліза.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження були промислова культура сухих дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* торгової марки «Львівські дріжджі» (ПрАТ «Компанія Ензим», Україна). Досліджували вплив складу поживного середовища, стадії розвитку культури, а також режиму культивування – статичного (термостат) і динамічного (шейкер-інкубатор) – на накопичення заліза в біомасі. Як джерело заліза використовували заліза (II) сульфат (FeSO_4). Вихід біомаси визначали гравіметрично після висушування, а внутрішньоклітинний вміст Fe – методом атомно-абсорбційної спектроскопії.

Результати. Встановлено, що середовище Рідера за внесення FeSO_4 забезпечувало помірний ріст *Saccharomyces cerevisiae* (у межах 5,26–8,97 г/л), однак рівень біоаккумуляованого заліза був низьким і становив $1,23 \pm 0,07$ мг/г. У глюкозо-фосфатно-амонійному середовищі здатність дріжджів до накопичення Fe за внесення FeSO_4 суттєво зростала: вміст внутрішньоклітинного заліза досягав $2,42 \pm 0,22$ мг/г, при виході біомаси 4,54–6,54 г/л і відносно низькій варіабельності. Натомість середовище із солодовим екстрактом характеризувалося високою варіабельністю результатів, що знижує його придатність для відтворюваного процесу збагачення. Найбільш технологічно придатним виявилось середовище на основі меляси, яке забезпечувало стабільний ріст біомаси (6,31–6,43 г/л) за помірного, але відтворюваного збагачення Fe ($1,28$ – $1,45$ мг/г).

Щоб оцінити вплив фази росту дріжджів на біоаккумуляцію Fe, FeSO_4 вносили через 0, 12, 24 та 48 год від початку культивування, забезпечуючи однаковий час контакту клітин із залізом (12 год). Показано, що ефективність збагачення істотно залежить від стадії розвитку культури: за внесення Fe на 0 год накопичення становило 3,10 мг/г при біомасі 6,45 г/л, тоді як внесення на 12 год супроводжувалося зниженням Fe до 1,26 мг/г за порівнянної біомаси (5,48 г/л). Максимальну біоаккумуляцію зафіксовано при внесенні через 24 год – 5,09 мг/г при біомасі 5,62 г/л; при внесенні через 48 год рівень Fe залишався високим (4,88 мг/г) за стабільної біомаси (5,80 г/л).

Таким чином, оптимальним для внесення FeSO_4 є інтервал 24–48 год культивування, що забезпечує високий вміст Fe у біомасі без суттєвого пригнічення росту дріжджів.

За внесення FeSO_4 динамічні умови культивування (шейкер-інкубатор) забезпечували суттєво вищу біоаккумуляцію заліза у біомасі *S. cerevisiae* ($5,09 \pm 0,16$ мг/г проти $1,45 \pm 0,11$ мг/г у термостаті) при близьких значеннях виходу біомаси ($5,62 \pm 0,62$ та $6,42 \pm 0,22$ г/л відповідно). Такий ефект узгоджується з підвищенням масоперенесення та доступності Fe^{2+} для клітин за кращого перемішування і газообміну, що сприяє активнішому транспорту іонів заліза та їх внутрішньоклітинному депонуванню без вираженого зниження росту.

Висновки. Оптимізація умов культивування *Saccharomyces cerevisiae* показала, що склад поживного середовища, фаза росту культури та режим культивування суттєво впливають на ефективність збагачення біомаси залізом.

Розробка та оптимізація білірубін-чутливого амперометричного біосенсора на основі білірубіноксидази

^{1,2}Бужак А. В., ¹Беркета К. О., ^{1,2}Дзядевич С. В.,
^{1,3}Солдаткін О. О., ¹Яринка Д. В.

¹Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, м. Київ, Україна.

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

³Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна

angelishkabuzh@gmail.com

Серед ключових біохімічних маркерів патологій печінки та шлунково-кишкового тракту можна виділити білірубін, надлишок якого призводить до інтоксикації організму, що клінічно проявляється у вигляді гіпербілірубінемії. Підвищення рівня кон'югованого білірубіну в сироватці крові або сечі вказує на порушення відтоку жовчі або печінкову недостатність, а високий рівень

непрямого білірубіну — на гемолітичну анемію. Також високі показники цього біомаркеру характерні для гепатитів, цирозу, раку та низки інших синдромів. Особливо небезпечною є гіпербілірубінемія немовлят, яка поширюється на центральну нервову систему, спричиняючи незворотні неврологічні ураження. Відповідно, в клінічній практиці швидке та точне визначення концентрації білірубіну має критичне значення й потребує точних та надійних методів вимірювання.

Біосенсорні аналітичні прилади для швидкого та точного визначення аналітів у розчині стали оптимальним інструментом для детекції біологічно активних речовин. На відміну від традиційних методів визначення, таких як спектрофотометрія, капілярний електрофорез або хроматографія, біосенсорні тест-системи характеризуються коротшим часом аналізу, відносною дешевизною вимірювання, а також можливістю проведення вимірювань без складного обладнання та тривалих процедур підготовки зразків.

Дана робота присвячена розробці та оптимізації амперометричного біосенсора на основі білірубіноксидази (БОкс). Біоселективний шар на поверхні перетворювача формувався шляхом іммобілізації ензиму в краплі глутарового альдегіду. БОкс каталізує окиснення білірубіну до білівердину, що при робочому потенціалі $-0,15$ В далі окиснюється на поверхні платинового перетворювача з утворенням вільних електронів, що змінюють силу струму пропорційно до вмісту білірубіну в аналізованому розчині. Перед нанесенням біоселективної мембрани на основі БОкс на поверхню перетворювачів, методом електрополімеризації наносили напівпроникну мембрану з полі-*m*-фенілендіаміну (ПФД) для підвищення селективності системи щодо можливих інтерферентів.

При розробці біосенсора було проведено низку експериментів з підбору оптимальних параметрів іммобілізації біологічного матеріалу, зокрема визначено оптимальні концентрації глутарового альдегіду та ензиму. Також було перевірено вплив іонної сили, буферної ємності та концентрації білка в

розчині на відгук біосенсора й оцінено селективність біосенсора щодо інтерферентів, які можуть бути присутні у біологічних зразках.

В ході дослідження аналітичних характеристик розробленого біосенсора було показано, що він характеризується широким лінійним (до 1000 мкМ) і динамічним (до 2500 мкМ) діапазоном роботи, низькою границею визначення білірубіну (7,5 мкМ) та гарною відтворюваністю результатів ($RSD = 6,7\%$). Отже, запропонований біосенсор може бути ефективно застосований у медицині, біохімічних дослідженнях та клінічній діагностиці.

Робота виконана за підтримки проєкту НАН України дослідницьким лабораторіям/групам молодих учених НАН України для проведення досліджень за пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки у 2026-2027 р.

Вплив кислот на утворення конідій *Trichoderma viride*

Буйлук С. Р., Дрегваль О. А., Скляр Т. В.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна
microviro@ukr.net

Сучасне сільське господарство дедалі частіше стикається з проблемою зростання чисельності фітопатогенних мікроорганізмів та зниження ефективності традиційних хімічних засобів захисту рослин. Тривале та інтенсивне використання пестицидів призводить до формування резистентних популяцій збудників хвороб, накопичення токсичних залишків у ґрунті та рослинній продукції, а також негативного впливу на корисну мікрофлору агроєкосистем. У зв'язку з цим зростає актуальність впровадження біологічних методів захисту рослин, зокрема застосування препаратів на основі мікроміцетів роду *Trichoderma*.

Гриби роду *Trichoderma* широко відомі своєю антагоністичною активністю відносно фітопатогенних грибів, здатністю до швидкої колонізації субстратів, синтезу гідролітичних ферментів і вторинних метаболітів, а також позитивним впливом на ріст і розвиток рослин. Відомо, що за умов глибинного

культивування ці гриби переважно утворюють вегетативну біомасу та хламідоспори, тоді як інтенсивне конідієутворення характерне для поверхневого культивування. Одним із перспективних підходів є двоетапна технологія, яка передбачає накопичення біомаси в умовах глибинного культивування з подальшою індукцією конідієутворення в стаціонарних умовах. У цьому контексті актуальним є пошук факторів, що здатні стимулювати утворення конідій та підтримувати високу життєздатність згущеної біомаси.

Метою дослідження було вивчення впливу додавання кислот на утворення конідій, життєздатність та фунгістатичну активність згущеної біомаси *Trichoderma viride*, отриманої за умов глибинного культивування в різних поживних середовищах.

У ході дослідження використовували штам із колекції культур мікроорганізмів кафедри мікробіології, вірусології та біотехнології *Trichoderma viride* КМВ-F-15. Для стимуляції процесів конідієутворення застосовували обробку згущеної біомаси гриба соляною або оцтовою кислотою до рН 4,0. Життєздатність та фунгістатичну активність *T. viride* визначали за спільного культивування з фітопатогеном *Fusarium culmorum* ІМВ-F-50716. На поверхню картопляно-глюкозного агару накладали паперовий диск, просякнутий 1 % суспензією біомаси, навпроти якого розміщували агаровий блок фітопатогену. Відсоток колонізації поверхні агару *T. viride* визначали на третю добу, а відсоток інгібування росту фітопатогену – на сьому.

Отримані результати показали, що додавання оцтової кислоти сприяло інтенсифікації конідієутворення та забезпечувало вищі показники колонізаційної здатності біомаси гриба порівняно з варіантами без кислотної обробки або з використанням соляної кислоти. При цьому вирішальним фактором ефективного конідієутворення виявилася відсутність значної кількості хламідоспор у біомасі на етапі закладання на дозрівання. Найвищу здатність до колонізації поживного середовища після двотижневої витримки в стаціонарних умовах продемонстрував варіант біомаси, отриманий у

середовищі з дріжджовим автолізатом та сахарозою та оброблений оцтовою кислотою. Для цього варіанту спостерігалось поступове зростання колонізаційної здатності, що корелювало з яскравим утворенням конідій. Дослідження фунгістатичної активності показало, що біомаса *T. viride* з високим рівнем конідієутворення ефективніше пригнічувала ріст *F. culmorum*, що свідчить про прямий зв'язок між морфо-функціональним станом культури та її антагоністичними властивостями.

Отримані результати мають практичне значення для оптимізації технологій виробництва біопрепаратів на основі *T. viride*. Використання обробки оцтовою кислотою згущеної біомаси гриба, отриманої у глибинних умовах, сприяє утворенню конідій та підвищує фунгістатичну активність, що є важливим для створення ефективних і стабільних біологічних засобів захисту рослин.

Біологічно активні речовини *Aster alpinus* L.

Бурин С. Р., Сорока О. В., Целінь Я. М., Дробик Н. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, Україна
svyrom@gmail.com

Лікарські рослини здавна використовуються як природне джерело біологічно активних речовин (БАР) із широким спектром фармакологічної дії. Терапевтичні властивості рослин зумовлені наявністю складного комплексу первинних і вторинних метаболітів, які беруть участь у регуляції фізіологічних процесів та забезпечують адаптацію до умов середовища. Родина Айстрові (*Asteraceae*) є однією з найбільших серед покритонасінних рослин і налічує десятки тисяч видів, поширених у різних кліматичних зонах. Представники цієї родини характеризуються значною хімічною різноманітністю, що розглядається як важливий чинник їх еволюційного успіху та екологічної пластичності.

Особливий науковий інтерес серед представників родини *Asteraceae* викликає *Aster alpinus* L. — багаторічна трав'яниста рослина аркто-альпійського

походження, поширена у високогірних екосистемах Європи, зокрема в Українських Карпатах. Вид є типовим аркто-альпійським реліктом, занесеним до переліків рідкісних рослин, що зумовлює актуальність дослідження його хімічного складу, а також розробки підходів до збереження та відтворення природних популяцій.

За даними наукових джерел, усі частини *A. alpinus* містять комплекс БАР, серед яких провідну роль відіграють сапоніни та флавоноїди. Ці сполуки належать до вторинних метаболітів і виконують захисні функції, підвищуючи стійкість рослин до несприятливих умов довкілля та біотичних факторів. Водночас вони характеризуються антиоксидантними, протизапальними та потенційними імуномодулюючими властивостями, що визначає фармакологічну цінність фітосировини цього виду.

Сапоніни, виявлені у кореневищах і надземних органах айстри альпійської, характеризуються поверхнево-активними властивостями та здатністю впливати на проникність клітинних мембран. У фармакологічному аспекті вони відомі відхаркувальною, протизапальною та імуномодулюючою дією. Зокрема, тритерпеноїдні сапоніни представників роду *Aster* розглядаються як перспективні сполуки з потенційною протипухлинною активністю.

Флавоноїди є ще однією важливою групою БАР *A. alpinus*. Ці фенольні сполуки проявляють антиоксидантні властивості, нейтралізують вільні радикали та беруть участь у регуляції окисно-відновних процесів. Крім того, флавоноїди здатні чинити протизапальну, капіляророзміцнювальну та нейропротекторну дію, що визначає їх значення для профілактики і лікування низки захворювань. Присутність комплексу фенольних сполук і сапонінів у *A. alpinus* свідчить про потенційну нейротропну активність фітосировини цього виду.

Хімічна різноманітність вторинних метаболітів роду *Aster* розглядається не лише як фактор екологічної адаптації, а й як джерело фармакологічно цінних сполук. За результатами сучасних досліджень, БАР айстрових можуть

служувати додатковими маркерами при аналізі філогенетичних зв'язків між видами, хоча такий підхід має певні обмеження через паралельну еволюцію метаболічних шляхів.

З огляду на рідкісність *A. alpinus* в природних умовах та його потенційну фармакологічну цінність, перспективним напрямом є застосування біотехнологічних методів, зокрема культури тканин. Такі підходи дозволяють зберігати природні популяції, отримувати рослинний матеріал у контрольованих умовах і поглиблювати дослідження синтезу БАР. Отже, введення *A. alpinus* в культуру *in vitro*, отримання культур тканин і органів, їх дослідження та відбір високопродуктивних ліній є перспективним напрямом сучасних біологічних і фармакологічних досліджень.

Антагоністична активність *Bacillus amyloliquefaciens* E12 щодо збудників бактеріальних хвороб деревних культур

^{1,2}Буценко Л. М., ¹Пасічник Л. А., ²Шопінський В. В.

¹Відділ фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології

ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна

²Кафедра біотехнології і мікробіології Національного університету

харчових технологій, м. Київ, Україна

l.m.butsenko@gmail.com

Ендофітні мікроорганізми, які формують сталі симбіотичні взаємовідносини з рослинами, відіграють важливу роль у їх захисті від фітопатогенів. Разом із тим, такі мікроорганізми можуть сприяти покращенню проростання насіння, стимуляції росту паростків та захисту рослин від патогенів завдяки їх здатності продукувати фітогормони (ауксини, гібереліни, саліцилову і жасмонову кислоту тощо), біологічно активні метаболіти та антагоністичні сполуки. Зокрема, ендофітні бактерії роду *Bacillus* відіграють важливу екологічну роль у формуванні природних захисних механізмів рослин.

Висока антагоністична активність ендофітів проти широкого спектру фітопатогенних бактерій вказує на їхній значний біоконтрольний потенціал.

Метою нашої роботи було вивчення антагоністичних властивостей ендофітного штаму *Bacillus amyloliquefaciens* E12, який було ізолювано із насіння сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). Антагоністичну активність цього ендофітного штаму вивчали методом відстроченого антагонізму стосовно штамів фітопатогенних бактерій, які ізолювано із уражених бактеріальними хворобами деревних культур.

Використані в роботі штами фітопатогенних бактерій належать до *Lelliottia nimipressuralis* (штами L6, L10, L13, L146, ЛГК4, Ф9а¹) та *Lelliottia amnigena* штам ЛК1. Бактерії ізолювані в різних регіонах України:

- *L. nimipressuralis* L6, L10, L13, L146 були ізолювані в 2018 р. із уражених зразків дуба звичайного у Фастівському лісовому господарстві Київської обл.;
- *L. nimipressuralis* ЛГК4 було виділено в 2019 р. із мокнучих виразок кори ялиці білої у смт Яблунів Косівського району Івано-Франківської обл.;
- *L. nimipressuralis* Ф9а¹ було вилучено в 2020 р. із виразки кори дуба звичайного у Фастівському лісовому господарстві Київської обл.;
- *L. amnigena* ЛК1 було ізолювано із темно-коричневої ураженої ділянки деревини ялиці білої у смт Яблунів Косівського району Івано-Франківської обл.

Lelliottia nimipressuralis відома як небезпечний фітопатоген, що уражує деревні породи, спричиняючи появу мокнучих ран, які згодом трансформуються у виразки та можуть призводити до загибелі рослин. Бактеріальна водянка (wetwood) є однією з найпоширеніших і найнебезпечніших хвороб бактеріального походження в Україні в межах ареалу дуба звичайного, берези повислої, ялиці та інших деревних порід.

У ході наших досліджень встановлено, що штам *Bacillus amyloliquefaciens* E12 проявляє виражену антагоністичну активність щодо фітопатогенних бактерій. Зокрема, діаметр зон відсутності росту становив: *Lelliottia amnigena*

ЛК1 – 20,17 мм; *Lelliottia nimipressuralis* L6 – 18,15 мм; L10 – 15,15 мм; L13 – 12,12 мм; L14б – 15,10 мм; ЛГК4 – 13,14 мм; Ф9а' – 12,15 мм.

Таким чином, нами встановлено, що ендоефітні бактерії *B. amyloliquefaciens* E12 ізольовані із насіння сосни характеризуються антагоністичною активністю стосовно фітопатогенних бактерій *Lelliottia nimipressuralis* та *Lelliottia amnigena*, які спричиняють ураження деревних порід.

Отримані результати підтверджують перспективність використання антагоністичних мікроорганізмів для біологічного контролю бактеріальних хвороб деревних порід. Пошук та дослідження таких антагоністів є необхідним етапом у розробленні ефективних біопрепаратів для лісівництва, адже вони можуть стати екологічною альтернативою хімічним засобам захисту рослин, сприяти збереженню біорізноманіття та підвищенню стійкості лісових і аграрних екосистем.

Оптимізація параметрів культивування перещеплюваної лінії клітин FLK-BLV

Ващик Є. В., Кошелєв В. В., Бородай Н. В.

Лабораторія вірусології, Національний науковий центр «Інститут
експериментальної та клінічної ветеринарної медицини», м. Харків, Україна
yevgeniavashik@gmail.com

Лейкоз ВРХ чинить значний економічний вплив через зниження виробництва молока, ранню вибраковку та торговельні обмеження (Hassan et al., 2020). Всесвітня організація охорони здоров'я тварин (WOAH) класифікувала ензоотичний лейкоз великої рогатої худоби (EBL) як захворювання, яке суттєво впливає на міжнародну торгівлю. Важлива своєчасна якісна діагностика з наступною вибраковкою хворих тварин для оздоровлення стада.

Лінія клітин нирок плода ягняти, яка персистує інфікована вірусом лейкозу (FLK-BLV), є однією з найчастіше використовуваних довгострокових

культур, доступних для постійного виробництва вірусу. Клітини FLK-BLV або вірусні частинки, отримані з безклітинного культурального супернатанту, можуть бути використані з метою отримання діагностичних вірусних антигенів. Тому на сьогодні є актуальним оптимізація умов культивування клітин FLK-BLV, що полягає у підвищенні ефективності виробництва діагностичних антигенів вірусу лейкозу великої рогатої худоби.

Стаціонарне культивування клітин FLK-BLV (Fetal Lamb Kidney-Bovine Leukemia Virus) передбачає вирощування у флаконах або матрацах персистуюче інфікованих клітинних ліній на живильному середовищі (наприклад Ігла, Eagle's Minimum Essential Medium, EMEM), MEM (Earle's Balanced Salt Solution — EBSS, з солями Ерла), DMEM (модифіковане середовище Ігла Дульбекко, Dulbecco's Modified Eagle Medium) або RPMI-1640 (Roswell Park Memorial Institute) з 5-10% FBS (фетальної бичачої сироватки) за 37°C і 5% CO₂. У деяких протоколах для культивування використовується суміш 50% середовища Ігла та 50% середовища 199, хоча стандартне середовище EMEM/DMEM є більш поширеним. Також практикують додавання 850 мг/л NaHCO₃ + 120 мг/л пірувату натрію + 1х незамінні амінокислоти. Ключовим є дотримання стерильності, регулярна зміна середовища та пересів клітин (кожні 3-5 діб) при досягненні моношару (80-90% конфлюентності, для забезпечення безперервного продукування вірусу).

Проведена робота з культивування FLK-BLV у середовищі в комбінації DMEM з RPMI (1:1) з додаванням 10% FBS за 37°C і 5% CO₂ та визначення проліферативної активності FLK-BLV. Здійснено розсів на матраси суспензії культури клітин в різних посівних концентраціях (від 50 до 200 тис./см³) та визначення інтенсивності росту на 3, 5, 7 день.

Було розсіяно суспензію клітин на матраси площею 25 см² з посівною концентрацією 50, 100, 150, 200 тис та на 3, 5 та 7 добу проведено підрахунок клітин у камері Горяєва.

На 3 добу моношар в матрасах було сформовано: 200 тис. клітин - 80%, 150 тис. клітин - 50% та 100 тис - 10%, 50 тис. клітин - одиничні клітини. Також

на 3 добу в камері Горяєва підрахована кількість клітин: 200 тис -2 млн, 150 - 1,3 млн та 100 тис – 800 тис.

На 5 добу - сформовано повний моношар (200 тис - 100%), а 150 тис - 80%, а 100 тис - 30%. Кількість клітин в камері Горяєва складала при посіві 200 тис -2,2 млн, 150 тис. - 1,8 млн та 100 тис. - 1 млн.

На 7 добу – моношар культури клітин почав поступове відшаровуватися за посівних концентрацій від 150 до 200 тис. та виявлено ознаки старіння і деградації клітин.

Отримані результати свідчать, що за культивування FLK-BLV в середовищі DMEM в комбінації з RPMI (1:1) з додаванням 10% FBS за 37°C і 5% CO₂, оптимальною посівною концентрацією для швидкого формування повного моношару є 200 тис. клітин, оскільки вже на 5 добу досягається 100% конфлюентність із максимальною кількістю клітин.

**Впровадження методу високоефективної рідинної
хроматографії (ВЕРХ) у аналіз субстанції
біологічного/біотехнологічного походження Азитроміцину
Вельчинська О. В., Ніженковська І. В., Мелешко Р. А.**

Кафедра хімії ліків та лікарської токсикології Національного медичного
університету імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна
elena_wwu@ukr.net

До лікарських засобів біологічного/біотехнологічного походження відносять антибіотики. Азитроміцин – це представник групи макролідів, напівсинтетичне похідне еритроміцину А. Для визначення кількісного вмісту Державною Фармакопеею України (ДФУ) та Європейською Фармакопеею регламентовано метод рідинної хроматографії (2.2.29). За ДФУ регламентовано вміст субстанції 96.0-102.0%.

Актуальним завданням фармацевтичного аналізу є осучаснення спектру інструментальних методів для контролю якості субстанцій антибіотиків. З цією

метою нами впроваджено сучасний високотехнологічний метод вискоєфективної хроматографії (ВЕРХ), який характеризується на сьогодні найвищою ідентифікаційною здатністю. У порівнянні із іншими менш ефективними методами рідинної хроматографії метод ВЕРХ забезпечує краще розділення, короткий час аналізу та вищу пропускну здатність.

Матеріали та методи. Для проведення інструментальних досліджень використовували хроматограф Agilent 1260 з УФ (при 215 нм) детектором, колонка – ZORBAX Eclipse Plus C18, 150x4,6x5. Для виконання експериментального дослідження нами запропоновано наступні умови хроматографування: потік – 1,0 мл/хв, об'єм інжекції – 10 мкл, температура колонки – 50°C, час хроматографування – 6 хв. Під час адаптування умов хроматографування використовували базові фармакопейні валідовані методики з модифікацією складу розчинів та розчинників, а також, із мінімізацією використання агресивних розчинників і реагентів, що відповідає вимогам «зеленої» хімії.

Запропоновано: Рухому фазу А – ацетонітрил *P*, Рухому фазу В – 3,4 г дикалію гідрофосфату у 650 мл води для хроматографування *P*, значення рН досягнуто до $6,5 \pm 0,05$ за допомогою 10% розчину фосфорної кислоти, Розчинник – вода *P*.

Хроматографічна система вважалася придатною, якщо виконувалися наступні умови: ефективність хроматографічної колонки для азитроміцину повинна бути не менше 2000 теоретичних тарілок; коефіцієнт симетрії основного піку речовини (тейлінг) не має бути більшим 2,0; відносне стандартне відхилення площі піка азитроміцину після 5 послідовних введень стандартного розчину має становити не більше 2,0%.

Використовували розчин субстанції азитроміцину з концентрацією 0,53 мг/мл в рухомій фазі (ацетонітрил). У якості стандартного зразку використовували фармакопейний стандартний зразок ДФУ азитроміцину (конц. 0,53 мг/мл) в рухомій фазі (ацетонітрил).

При проведенні комп'ютерного аналізу використовували програму OpenLab CDS (рис. 1).

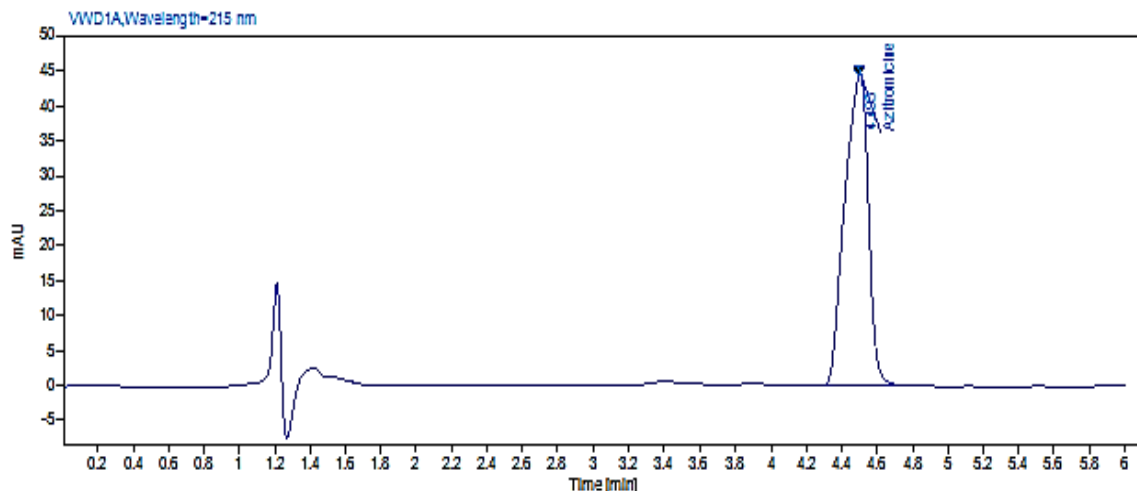


Рис. 1. Хроматограма розчину випробовуваного зразку субстанції: азитроміцин $R_t=4.493$ хв.

На хроматограмі спостерігається чіткий аналітичний сигнал АФІ Азитроміцину, інших супровідних речовин та продуктів деградації не виявлено.

Таким чином, адаптовано умови хроматографування методом ВЕРХ та модифіковано методики дослідження субстанції азитроміцину з використанням альтернативних та менш хімічно агресивних реагентів.

Вірусні хвороби тварин як моделі в біомедичних науках:

хвороба хронічного виснаження оленів

Височина А. В., Філіпцова О. В.

Національний фармацевтичний університет, Харків, Україна

philiptsova@yahoo.com

Хвороба хронічного виснаження оленів (CWD) є однією з найбільш актуальних проблем сучасної ветеринарії та екології. Це трансмісивна губкоподібна енцефалопатія (TSE), що вражає представників родини оленевих. Вперше захворювання було ідентифіковане наприкінці 1960-х років.

Збудником CWD є пріон (PrP^{Rsc}) – інфекційна білкова молекула, що не містить нуклеїнових кислот (ДНК або РНК). Патологічний білок відрізняється від нормального збільшеною кількістю β -складчастих структур, що надає йому

здатності агрегувати в амілоїдні волокна. Механізм патогенезу полягає у зміні конформації нормальних клітинних білків під впливом інфекційного пріона, що запускає ланцюгову реакцію. Це призводить до руйнування мозкової тканини та утворення в ній характерних порожнин (вакуолей). Клінічна картина захворювання характеризується тривалим інкубаційним періодом, що може тривати роками. На термінальних стадіях спостерігаються різка втрата ваги та виснаження; атаксія, опущена голова, порожній погляд; зміни поведінки: втрата страху перед людьми, апатія; надмірна спрага, слинотеча та сечовипускання. Захворювання завжди має летальний наслідок. На сьогодні CWD поширена у США, Канаді, Південній Кореї та країнах Скандинавії. Основними шляхами передачі є прямий контакт між тваринами та непрямий через забруднене середовище (грунт, воду, корм), де пріони довго зберігають активність.

Специфічного лікування чи вакцин не існує. Основними заходами контролю є моніторинг і тестування тканин мозку та лімфовузлів загинувших чи відстріляних тварин; регуляція щільності популяції через цілеспрямований відстріл; суворе обмеження переміщення живих тварин із заражених зон тощо.

Перспективи використання пробіотичних культур у технології ферментованих напоїв на рослинній основі

Вишковський Р. Г.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький, Україна
aapelsin28@gmail.com

Сучасний ринок харчових продуктів демонструє стрімке зростання попиту на веганські та безлактозні продукти, що зумовлено як поширенням аліментарних патологій (непереносимість лактози, алергія на білки коров'ячого молока), так і свідомим вибором споживачів на користь рослинних альтернатив. У цьому контексті особливої актуальності набувають ферментовані напої на рослинній основі, які поєднують пробіотичні

властивості традиційних кисломолочних продуктів з екологічністю та гіпоалергенністю рослинної сировини.

Технологія отримання таких напоїв передбачає використання різноманітної сировини: вівса, сої, мигдалю, кокоса, рису. Кожен вид сировини має особливості хімічного складу, що впливає на перебіг ферментації та вибір пробіотичних культур. Наприклад, вівсяна основа багата на β -глюкани, які мають пребіотичні властивості, тоді як соєва містить повноцінний білок та ізофлавоїди.

Ключовим етапом технології є ферментація, яка забезпечує не лише збагачення продукту пробіотичними мікроорганізмами, але й покращення засвоюваності нутрієнтів та формування характерних органолептичних властивостей. У таблиці 1 наведено порівняльну характеристику пробіотичних культур, які найчастіше використовуються у виробництві рослинних ферментованих напоїв.

Табл. 1. Характеристика пробіотичних культур для рослинних основ

Культура	Рослинна основа	Особливості метаболізму	Вплив на готовий продукт
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Вівсяна, соєва, рисова	Гомоферментативний, синтез антимікробних сполук	Пригнічення патогенної мікрофлори, приємний аромат
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Соєва, мигдальна, кокосова	Гомоферментативний, продукція бактеріоцинів	М'який смак, високі пробіотичні властивості, стійкість до низьких рН
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	Комбіновані основи	Гетероферментативний, синтез оцтової кислоти	Потужний пробіотичний ефект, покращення мікробіоти кишечника
<i>Streptococcus thermophilus</i>	Горіхова, кокосова	Гомоферментативний, термофільність	Швидкий старт ферментації, ніжна консистенція, солодкуватий присмак

Вибір конкретного штаму або їх композиції залежить від бажаних властивостей кінцевого продукту. Для отримання напоїв з м'яким смаком частіше використовують *S. thermophilus* або *L. acidophilus*, тоді як для продуктів з вираженим кисломолочним смаком та подовженим терміном зберігання доцільніше застосовувати *L. plantarum*.

Актуальним є питання виживаності пробіотиків у рослинному середовищі. На відміну від молока, рослинні основи не містять казеїну та лактози, які захищають бактерії у шлунково-кишковому тракті. Тому сучасні дослідження спрямовані на пошук штамів, стійких до низького рН, а також на розробку методів інкапсуляції пробіотиків для підвищення їх збереженості.

Також важливим аспектом є створення симбіотичних продуктів, де пробіотики поєднуються з пребіотиками — харчовими волокнами самої рослинної сировини або доданими компонентами (інулін, олігофруктоза), що дозволяє підвищити функціональну цінність напоїв та забезпечити краще приживлення пробіотичних культур у кишечнику споживача.

Таким чином, технологія ферментованих напоїв на рослинній основі є перспективним напрямком харчової біотехнології і відповідає сучасним споживчим трендам. Подальший розвиток цього напрямку пов'язаний з розширенням асортименту штамів пробіотиків, оптимізацією параметрів ферментації для різних видів сировини та поглибленим вивченням механізмів виживаності мікроорганізмів у рослинних середовищах.

Похідні 8-гідроксихінолінів як селективні сенсори Zn^{2+} у водних розчинах

Вірич П. А., Смокал В. О., Вірич П. А., Куцевол Н. В.

Хімічний факультет, Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

м. Київ, Україна

pavlo.virych@knu.ua

Метали залучені у багатьох фізіологічних функціях клітин. Вони відповідають за формування трансмембранного потенціалу, осмотичний тиск, ензиматичний каталіз, стабілізацію білків, транспорт тощо. Вміст катіонів змінюється у відповідь на злоякісну трансформацію клітин, розвиток діабету, порушення секреції гормонів та інші патології. Ca^{2+} , Mg^{2+} та Zn^{2+} є найпоширенішими двовалентними катіонами в організмі. Швидке визначення катіонів металів дуже важливе в діагностиці та призначенні лікування. Методи

абсорбційної та флуоресцентної спектроскопії є одним із найпоширеніших та найпростіших у застосуванні. Сенсори зв'язуються з доступним іоном металу та змінюють свої оптичні властивості, що спостерігається у вигляді оптичних властивостей. Похідні 8-гідроксихіноліну (8HQ) мають необхідний набір властивостей для створення оптичних сенсорів катіонів металів.

У дослідженнях використано похідні 8HQ 2-(4-метоксистирил)хінолін-8-ол (STQ-Me). Проводили запис спектрів оптичного поглинання 50 мкМ похідних 8HQ у фізіологічному розчині у присутності Mg^{2+} , Ca^{2+} та Zn^{2+} . Концентрації кожного катіона варіювали для досягнення молярних співвідношень 8HQ:катіон приблизно 3:1, 2:1, 1:1 та 1:10.

Зміни в спектрах поглинання залежали від співвідношення Mg^{2+} до STQ-Me. Найвища інтенсивність поглинання в основному максимумі була зареєстрована при співвідношеннях STQ-Me: Mg^{2+} 1:2 та 1:1. Всі інші співвідношення призводили до зниження поглинання. Збільшення поглинання при цих співвідношеннях свідчить про те, що хелатування Mg^{2+} стабілізує збуджений стан барвника або запобігає агрегації. Хелатування з Mg^{2+} оптимально відбувається при співвідношенні 2 молекули STQ-Me до 1 катіона. У цьому випадку розчинність утвореного комплексу Mg^{2+} також знижена порівняно з розчинністю вільного STQ-Me. Менш суттєві зміни в спектрах поглинання STQ-Me були зареєстровані в присутності Ca^{2+} . Найнижча амплітуда поглинання основного максимуму була визначена при співвідношенні STQ-Me: Ca^{2+} 3:1. Збільшення поглинання спостерігалось як при великому надлишку кальцію, так і при нижчих концентраціях Ca^{2+} , що відповідають співвідношенням STQ-Me: Ca^{2+} 2:1 та 1:1. Спектри поглинання STQ-Me у фізіологічному розчині змінювалися концентраційно-залежним чином у присутності Zn^{2+} . Подібні дані були отримані при вивченні спектрів поглинання STQ-Me у присутності Ca^{2+} , Mg^{2+} та Zn^{2+} . Ймовірно, що ці результати вказують на селективне хелатування Zn^{2+} порівняно з Mg^{2+} та Ca^{2+} .

Залежне від часу збільшення поглинання STQ-Me у фізіологічному розчині спостерігалось при додаванні Ca^{2+} та Mg^{2+} . У присутності Mg^{2+}

індикатор продовжував зростати до 60 хв. У присутності Ca^{2+} амплітуда поглинання збільшувалася протягом перших 20 хв, а потім залишалася постійною до 60 хв. Таким чином, утворені комплекси STQ-Me- Ca^{2+} та STQ-Me- Mg^{2+} потребують певного часу як для хелатування, так і для стабілізації у водному розчині для досягнення стану рівноваги. Навпаки, амплітуда поглинання розчинів STQ-Me у присутності Zn^{2+} стабілізувалася через 5 хв і після цього залишалася незмінною. Важливо зазначити, що спостережувані залежні від часу зміни в спектрах поглинання розчинів STQ-Me з окремими Mg^{2+} , Ca^{2+} та Zn^{2+} , ймовірно, не вказують на значні процеси агрегації після встановлення рівноваги. Амплітуда поглинання водних розчинів STQ-Me, що містять суміш катіонів, зменшувалася після 20 хвилин інкубації. Таким чином, процеси зв'язування та стабільність комплексів STQ-Me у фізіологічному розчині з окремими Mg^{2+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} та в їх сумішах були різними. Виходячи з результатів, сполука STQ-Me демонструє достатню стабільність у фізіологічному розчині та, ймовірно, здатна зв'язуватися з Zn^{2+} з певною селективністю у присутності Ca^{2+} та Mg^{2+} .

**Захисні ефекти карбонових частинок, наночастинок оксиду церію
та їх комплексу за умов УФ-А-індукованого ушкодження
клітин кісткового мозку**

¹Вірич П. А., ¹Сауленко К. О. ²Вірич П. А., ¹Сарнацька В. В.

¹Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології

ім. Р.Є. Кавецького НАН України, Київ, Україна

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

anabenas@gmail.com

Сучасні матеріали привертають увагу через свої особливі властивості та різноманітні можливості досліджень у різних напрямках науки. Карбонові частинки ефективно поглинають УФ-світло, створюючи бар'єр і демонструючи радіопротекторну активність. Наночастинки CeO_2 (CeO_2 НЧ) є потужними антиоксидантами, радіопротекторами завдяки зміні ступеня окиснення

$\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}^{4+}$, що надає їм широкий спектр біологічної активності. Комбінативні форми наноматеріалів на основні органічної і неорганічної компонентів мають високий потенціал як радіопротекторні та антиоксидантні засоби завдяки поєднанню декількох властивостей. Поєднання CeO_2 НЧ з різними формами карбонових матеріалів потенційно може розширити функціональні властивості окремих компонентів. Виходячи з цього було оцінено радіопротекторні властивості CeO_2 НЧ, карбонових частинок та їх комбінації після опромінення світлом 390 нм (УФ-А) на клітинах кісткового мозку миші (МВМС).

Дослідження було проведено на лінії клітин кісткового мозку миші (МВМС), отриманої з банку клітинних ліній Інституту експериментальної патології, онкології та радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України. Клітини культивували в поживному середовищі RPMI 1640 (BioWest, France) з 10% фетальною сироваткою теляти (FBS, BioWest), 100 Од/мл пеніцилін/стрептоміцин (BioWest, France), в атмосфері 5% CO_2 при 37°C. Для оцінки антиоксидантної активності зразків, клітини висаджували на 96-лункові планшети (Nunc, Данія) у кількості 1×10^4 /лунку. Тестові зразки додавали методом двократних розведень у діапазоні 1–0,00012 мг/мл. Для визначення антиоксидантних властивостей зразків вибрано дозу опромінення 36 Дж/см², що відповідає 40% загибелі клітин. Після опромінення клітини інкубували 24 год за попередніх умов. Кількість клітин у визначеному об'ємі середовища вимірювали за допомогою гемоцитометра. Також кількість живих клітин розраховували фотометрично після фарбування кристалічним фіолетовим. Середовище видаляли, і в кожному лунку додали 50 мкл розчину кристалічного фіолетового (5 мг/мл барвника у 70% метиловому спирті). Через 10 хвилин барвник тричі промивали водою. Результати реєстрували за допомогою планшетного спектрофотометра при довжині хвилі збудження 540 нм.

Показано найбільш ефективний захисний ефект карбонових частинок при концентраціях 0,03125-0,0156 мг/мл, що відповідає мінімальній загибелі клітин МВМС.

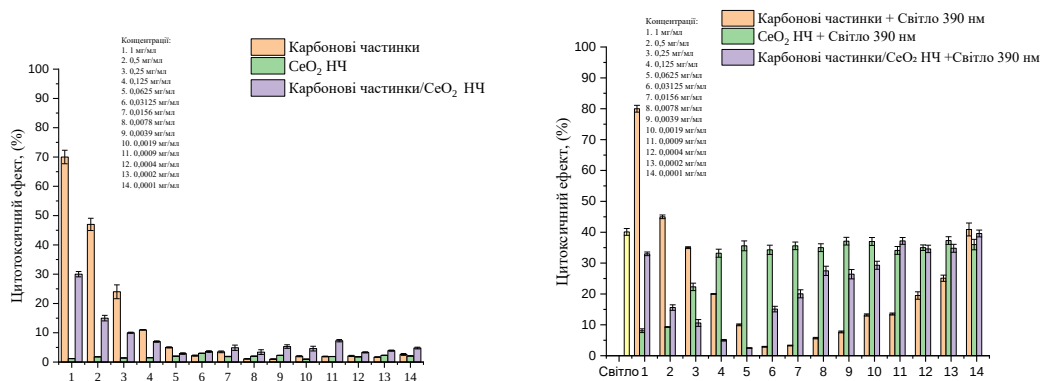


Рис. 1. Ефект карбонових частинок, CeO_2 НЧ та комбінації карбонові частинки/ CeO_2 НЧ на клітинах MBMC після опромінення світлом 390 нм у дозі 36 Дж/см^2 ($n = 5$, $M \pm SD$).

Виявлено концентрації CeO_2 НЧ 1-0,5 мг/мл, які проявляють найбільш виражені радіопротекторні властивості, знижуючи токсичність УФ світла на клітини MBMC до 10%. Подвійна система карбонових частинок з CeO_2 НЧ має нижчу ефективність порівняно із карбоновими частинками, але вищу ніж CeO_2 НЧ та показали найбільшу ефективність при концентрації 0,0625 мг/мл.

Таким чином карбонові частинки індивідуально мають вищі радіопротекторні властивості ніж CeO_2 НЧ та комбінативна форма CeO_2 НЧ/карбонові частинки.

Ланцюгоподібна міграція нейробластів у первинній культурі мозку новонароджених щурів: біотехнологічна модель для тестування нейропротекторних та нейрорегенеративних агентів

Всеволодська С. О., Майорова О. Р., Оченашко О. В., Сукач О. М.

Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України, Харків, Україна

vsevolodskaya1993@gmail.com

Вступ. Міграція нейральних клітин (НК) є одним з ключових процесів формування та регенерації нервової тканини. Розуміння механізмів міграційної поведінки нейробластів має важливе значення для розвитку клітинних біотехнологій та створення експериментальних моделей для дослідження нейрогенезу, а також для розробки нових підходів у регенеративній медицині.

Особливу увагу привертає явище колективної спрямованої міграції нейробластів — chain migration, яке спостерігається *in vivo* під час розвитку мозку та формування нейронних мереж. Відтворення цього процесу *in vitro* може бути використане як біотехнологічна модель для дослідження клітинної міграції, тестування біологічно активних речовин та оцінки потенційних нейропротекторних і нейрорегенеративних лікарських засобів.

Мета роботи. Морфометричний аналіз динаміки формування та просторової організації ланцюгоподібних міграційних структур у первинних культурах нейральних клітин мозку новонароджених щурів.

Матеріали та методи. НК виділяли з головного мозку новонароджених щурів та висівали в концентрації 3×10^6 кл/мл в 24-лункові планшети. Культивування проводили у два етапи: спочатку в середовищі з сироваткою для ініціації агрегації клітин, потім — у безсироватковому середовищі для стимуляції нейральної диференціації. Морфометричний аналіз виконували за мікрофотографіями (збільшення $\times 5$, $\times 10$, $\times 25$). Проаналізовано 40 міграційних ланцюгів та 15 клітинних агрегатів. Статистичну обробку проводили за допомогою t-критерію Стюдента та кореляційного аналізу.

Результати. Показано, що в присутності сироватки НК протягом перших годин культивування активно формують плаваючі клітинні агрегати. Ймовірно, це пов'язано з домінуванням гомотипічної адгезії (клітина-клітина) та енергетичною вигідністю тривимірної організації для підтримання клітинної життєздатності.

Прикріплення таких агрегатів до субстрату ініціювалося їх пересіванням чи заміною середовища на свіже. Після прикріплення спостерігалася активна міграція клітин агрегатів з наступним їх розпластування на периферії. Заміна середовища на без сироваткове індукувала масове утворення ланцюгоподібних структур клітинами з морфологією нейробластів. Максимальний розвиток таких структур спостерігався через 48 год культивування.

Морфометричний аналіз показав, що сформовані ланцюги складаються в середньому з $8,4 \pm 1,2$ клітин (діапазон 3–16 од.) з кроком міграції $48 \pm 6,5$ мкм.

Середня довжина ланцюгів становить 365 ± 42 мкм, досягаючи в окремих випадках 620 мкм. Клітини в ланцюгах мають веретеноподібну форму з вираженою полярністю (довжина тіла $23,5 \pm 2,1$ мкм) і орієнтовані вздовж осі міграції. Виявлено сильний позитивний зв'язок ($r = 0,88$) між розміром материнського агрегату та кількістю сформованих шляхів міграції: великі агрегати (> 180 мкм) генерують декілька магістральних ланцюгів.

Висновки. Первинна культура НК мозку новонароджених щурів демонструє високу здатність до самоорганізації та формування тривимірних клітинних агрегатів, що є важливим етапом забезпечення життєздатності клітин у культурі. Перехід до безсироваткового культивування індукує ланцюгоподібну міграцію нейробластів, що відтворює ключові механізми нейрональної міграції *in vivo*. Отримані морфометричні характеристики міграційних ланцюгів (довжина до 600 мкм, до 16 клітин у ланцюгу) свідчать про функціональну повноцінність моделі. Запропонована система може використовуватися як біотехнологічна експериментальна платформа для дослідження клітинної міграції, тестування біологічно активних сполук та оцінки потенційних нейропротекторних і нейрорегенеративних лікарських засобів.

Оцінка мієлопротекторного ефекту вуглецевого ентеросорбенту в умовах дії мелфалану та пухлинного процесу

Геращенко Б. І., Сарнацька В. В.

Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології

ім. Р.Є. Кавецького НАН України, м. Київ, Україна

bigerash63@gmail.com

Індуковане хіміотерапією пригнічення кісткового мозку (мієлосупресія) залишається однією з основних проблем у лікуванні раку. Водночас злоякісні новоутворення, проти яких застосовують протипухлинні препарати, також можуть спричиняти мієлотоксичність, порушуючи гемопоез. Ефективність терапевтичної дії хіміопрепаратів певною мірою залежить від індукованої ними мієлосупресії, оскільки її надмірна вираженість негативно впливає на

кровотворення та імунітет. Відомо, що мелфалан (МФ) суттєво пригнічує гемопоєз, насамперед через вплив на клітини кісткового мозку, які активно проліферують. Подібно до іншого алкілюючого препарату – циклофосфаміду, МФ особливо пригнічує еритропоєз. У цьому дослідженні, враховуючи потенційну ефективність вуглецевих ентеросорбентів у запобіганні цитостатичній мієлосупресії, було оцінено мієлопротекторний ефект високоактивованого ентеросорбенту в умовах дії МФ і пухлинного процесу на тваринній моделі. Для аналізу кісткового мозку застосовано метод цитофлуориметрії з використанням флуоресцентного барвника акридинового оранжевого, що дозволяє безпосередньо оцінити цитотоксичний ефект і процеси відновлення клітин, зокрема клітин еритропоєзу.

Відсотковий вміст поліхроматофільних еритроцитів (ПХЕ), який визначає стан еритропоєзу, представлено на рис. 1.

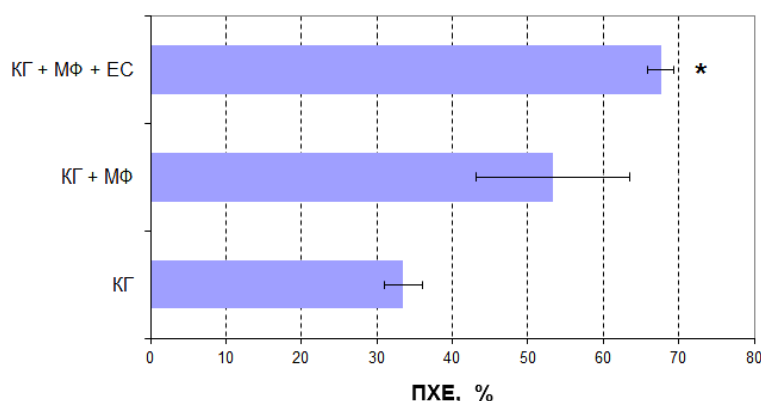


Рис. 1. Відсотковий вміст поліхроматофільних еритроцитів (ПХЕ) серед усіх еритроцитів кісткового мозку в різних групах тварин: 1) контрольна група з карциною Герена (КГ); 2) група тварин з карциною Герена під впливом мелфалану (КГ + МФ); 3) група тварин з карциною Герена під впливом мелфалану та вуглецевого ентеросорбенту (КГ + МФ + ЕС).

Статистичну відмінність ($P < 0,05$) у відповідній групі по відношенню до інших груп позначено зірочкою (*). Примітка. – Через 5 днів після перещеплення КГ розпочинали тритижневий курс терапії МФ без ЕС або з ЕС. Цитостатик вводили один раз на тиждень у дозі 2,5 мг на 1 кг маси тіла щура. Щурі отримували ентеросорбент щодобово у дозі 190 мг на тварину, за винятком днів введення МФ.

Несподіваний перерозподіл популяції ПХЕ в бік її збільшення спостерігали в групі щурів «КГ + МФ» ($53,3 \pm 10,2$ %) порівняно з групою «КГ» ($33,5 \pm 2,5$ %). Проте необхідно зазначити, що застосування ентеросорбції (група «КГ + МФ + ЕС») призвело до подальшого перерозподілу цієї популяції

в бік збільшення ($67,7 \pm 1,7 \%$), причому її відсотковий вміст був приблизно таким самим, як у групі інтактного контролю. Це спостереження свідчить про збереження / відновлення еритропоезу під впливом вуглецевого ентеросорбенту.

Отже, у дослідженні встановлено здатність вуглецевих ентеросорбентів впливати на ключові патогенетичні ланки за дії цитостатиків на пухлинний процес, зокрема потенційно зменшувати рівень ендогенної інтоксикації та коригувати метаболічні порушення, що може бути релевантним для запобігання мієлосупресії.

Сайленсинг генів вірулентності дерматофітів: перспективна біотехнологія терапії тварин без використання фунгіцидів

Голосова І. В., Дзигун Л. П.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна
holosova.inna@lil.kpi.ua

Дерматофітози представляють собою групу висококонтагіозних інфекційних захворювань шкіри, що спричиняються кератинофільними грибами родів *Microsporum*, *Trichophyton* та *Epidermophyton*. Глобальна поширеність цих патогенів охоплює від 20% до 25% населення планети, створюючи значне навантаження на системи охорони здоров'я та ветеринарний сектор. У контексті України актуальність проблеми підтверджується високим рівнем інфікованості домашніх тварин, які виступають основними резервуарами збудників. Основним етіологічним агентом залишається *Microsporum canis*, який виділяється у 81,8%-97% випадків дерматофітозів у котів та собак, що підкреслює його домінуючу роль в епізоотичному процесі.

Традиційні методи боротьби з дерматофітозами базуються на застосуванні хімічних фунгіцидів, таких як азоли, алліламіни та полієни. Проте інтенсивне використання цих препаратів призводить до виникнення стійких

штамів, що зумовлено мутаціями в генах біосинтезу ергостеролу або гіперекспресією ефлюксних помп. Більше того, фунгіциди можуть викликати подразнення шкіри, алопецію та еритему у тварин, а їх тривале застосування створює ризик накопичення токсичних залишків у продуктах харчування.

Першим і критичним кроком інфекції є прикріплення спор (артроконідій) до поверхні епідермісу, яке досягає максимуму вже через 6 годин після контакту. Цей процес опосередковується секретованими протеазами, серед яких особливе значення мають субтилізини. Дослідження моделі *Microsporum canis* продемонстрували, що субтилізин 3, ген Sub3, є ключовим адгезином. Використання моноклональних антитіл проти Sub3 або інгібіторів серинових протеаз, таких як хімоустатин, призводило до зниження здатності гриба прикріплюватися до корнеоцитів котів на 23% та 53% відповідно. Повний сайленсинг гена Sub3 викликає втрату адгезивної здатності, що фактично зупиняє інфекційний процес ще до початку інвазії.

РНК-інтерференція є фундаментальним біологічним процесом посттранскрипційного сайленсингу генів, що спостерігається у більшості еукаріотичних організмів, включаючи патогенні гриби. Процес ініціюється появою в клітині дволанцюгової РНК (длРНК), яка розпізнається ендонуклеазою типу RNase III, відомою як Dicer. Dicer розрізає длРНК на короткі фрагменти — малі інтерферуєчі РНК (міРНК) довжиною приблизно 19-25 нуклеотидів. Ці міРНК завантажуються в багатокомпонентний білковий комплекс RISC (RNA-induced silencing complex), де основний компонент — білок Argonaute — здійснює селекцію однієї з ниток РНК (антисенсової) як гіда. Комплекс RISC, керуючись гідовою РНК, знаходить комплементарну матричну РНК (мРНК) патогена та здійснює її розщеплення або блокує трансляцію. Результатом є специфічне вимкнення функції цільового гена без внесення змін у геном організму.

Використання РНК-інтерференції для терапії дерматофітозів має значні переваги перед класичними методами. Оскільки міРНК проектується під

конкретні послідовності нуклеотидів, можна досягти виняткової специфічності, вимикаючи гени гриба (наприклад, Sub3), не впливаючи на фізіологію тварини-господаря або корисну мікрофлору шкіри. Це мінімізує побічні ефекти, що є критичним для забезпечення добробуту тварин.

**Обґрунтування дизайну стрес-досліджень комбінованих
лікарських засобів – бензидамін з лідокаїном та ібупрофен
з кофеїном для розробки методик визначення супутніх домішок**

^{1,2}Гончар О. О., ¹Суржиков І. О., ³Чорний В. А.,

¹Головченко О. С., ¹Георгіянц В. А.

¹Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна

²КЗВО «Рівненська медична академія» РОР, м. Рівне, Україна

³АТ «Фармак», м. Київ, Україна

honchar.oxy@gmail.com

Вступ. Дослідження стабільності комбінованих лікарських засобів (ЛЗ) є ключовим етапом фармацевтичної розробки, що гарантує безпеку ЛЗ протягом усього терміну придатності. Поєднання декількох компонентів в одній лікарській формі створює ризики міжкомпонентних взаємодій та утворення специфічних продуктів деградації. Згідно з ICH Q1A(R2) та ICH Q14, розробка аналітичних методик має базуватися на результатах стрес-досліджень, що дозволяє підтвердити здатність методики розділити діючі речовини від усіх потенційних домішок.

Мета дослідження. Розробити та обґрунтувати дизайн стрес-досліджень комбінованих ЛЗ бензидаміну з лідокаїном та ібупрофену з кофеїном для подальшої розробки та валідації ВЕРХ-методик визначення супутніх домішок.

Методи дослідження. Теоретичний аналіз шляхів хімічної деградації АФІ; методологія стрес-тестування за ICH Q1B (фотоліз) та ICH Q2(R2) (валідаційні параметри); підходи Analytical Quality by Design (AQbD) для формування аналітичного цільового профілю (АТР).

Результати дослідження. На основі аналізу хімічної структури компонентів розроблено протокол примусової деградації. Визначено умови примусової деградації для комбінації бензидамін/лідокан: для лідокану гідрохлориду, як відносно стійкої амідної сполуки, заплановано жорсткий гідроліз (0,1 М НСІ та 0,1 М NaOH при 60 - 80°C), для моніторингу утворення технологічної домішки 2,6-диметиланіліну. Для бензидаміну гідрохлориду, схильного до окиснення, обрано умови впливу 3% розчину H₂O₂, термічний вплив (70°C) та фотоліз (згідно з ІСН Q1В, option 2). Для комбінації ібупрофен/кофеїн для обох досить стабільних АФІ як критичні умови обрано лужний гідроліз (0,1 М NaOH при 60-80°C) та термічний вплив (80°C, 2 доби) для контролю домішки В ібупрофену. Для допоміжної речовини обох комбінацій - метилпарабену, як ефіру парагідроксибензойної кислоти, передбачено оцінку гідролітичної деградації в умовах лужного та нейтрального гідролізу.

Дизайн дослідження передбачає досягнення цільового рівня деградації у межах 5 - 20%. Це дозволить експериментально підтвердити «аналітичну потужність» майбутніх ВЕРХ-методик з діодно-матричним детектуванням (DAD) для перевірки чистоти піків.

Встановлено аналітичний цільовий профіль (АТР), де критичним критерієм придатності системи є роздільна здатність $R_s \geq 2.0$ між піками діючих речовин та продуктами деградації. Такий підхід дозволить не лише валідувати методики за показником «Специфічність», а й обґрунтувати вибір первинної упаковки та умови зберігання готового ЛЗ.

Висновки. Сформовано науково обґрунтований дизайн досліджень впливу стрес-факторів на стабільність АФІ у комбінованих ЛЗ: бензидаміну з лідоканом та ібупрофену з кофеїном.

Запропонована стратегія відповідає міжнародним стандартам ІСН та створює підґрунтя для розробки та валідації уніфікованих «зелених» ВЕРХ-методик контролю вмісту домішок.

**Динаміка споживання комбінованих лікарських засобів блокаторів
рецепторів ангіотензину II з діуретиками у вигляді
фіксованих комбінацій в період 2020-2025 років в Україні**

Гончар А. О., Шолойко Н. В.

Кафедра організації та економіки фармації, Національний медичний
університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна
anton.a.gonchar@gmail.com

Актуальність. Артеріальна гіпертензія (АГ) та спровоковані нею серцево-судинні ускладнення залишаються одною з основних причин смертності дорослого населення України, навіть у період загальнонаціональних криз, таких як пандемія COVID-19 та повномасштабна війна. Сучасні клінічні настанови рекомендують застосовувати комбіновані лікарські засоби, зокрема у вигляді фіксованих комбінацій, з метою зниження та контролю артеріальної гіпертензії, та зниження ризику серцево-судинних ускладнень та смертності. Поточна економічна ситуація в країні, включаючи інфляцію, збільшує фінансових тягар для пацієнтів, які потребують постійного лікування АГ. Тому актуальною є потреба в створенні науково-обґрунтованих пропозицій включення комбінованих ЛЗ у вигляді фіксованих комбінацій до програм реімбурсації «Доступні ліки».

Мета – проаналізувати динаміку споживання групи комбінованих лікарських засобів - БРА + діуретик за період 2020-2025 років в грошовому еквіваленті та за кількістю спожитих таблеток. Визначити наявну потребу у створенні науково-практичних пропозицій щодо включення комбінованих ЛЗ у вигляді фіксованих для лікування АГ в програму «Доступні ліки»

Матеріал і методи: об'єктами дослідження були результати споживання ЛЗ за період 2020-2025 років в Україні групи комбінованих ЛЗ для лікування АГ. У дослідженні застосовувались статистично-математичні методи аналізу, а також контент-аналіз, порівняльний, логічний та системний аналізу та узагальнення даних.

Результати дослідження: за період з 2020 по 2025 рік спостерігалась наступна динаміка споживання комбінованих ЛЗ групи БРА+діуретики – з 96,7 млн таблеток в 2020 році до 134,4 млн таблеток у 2025 році. Водночас видатки пацієнтів на придбання цих ЛЗ росли значно більше – з 467,47 млн гривень у 2020 році до 1 324,04 млн гривень у 2025 році. Таким чином ми можемо встановити, що за кількістю таблеток споживання досліджуваних ЛЗ збільшилось на 29%, в той же час в грошовому еквіваленті видатки на споживання цих ЛЗ збільшилось майже в 3 рази.

Висновки: непропорційне збільшення видатків на споживання комбінованих ЛЗ порівняно зі збільшенням їх споживання підтверджують необхідність створення науково-обґрунтованих пропозицій включення комбінованих ЛЗ групи БРА+діуретики в урядову програму реімбурсації «Доступні ліки», що потенційно може зменшити фінансове навантаження на тих пацієнтів, які потребують постійної терапії цими ЛЗ.

Здорове харчування як важливий чинник збереження та зміцнення здоров'я населення

Горлачук Н. В.

Тернопільський національний медичний університет імені

І. Я. Горбачевського, м. Тернопіль, Україна

Horlachuk@tdmu.edu.ua

У сучасних умовах розвитку суспільства проблема здорового харчування набуває особливої актуальності. Нераціональний характер харчування, надмірне споживання висококалорійних продуктів, дефіцит вітамінів, мінеральних речовин і харчових волокон негативно впливають на стан здоров'я населення та сприяють поширенню хронічних захворювань. За даними численних наукових досліджень, саме харчування є одним із провідних чинників, що визначає рівень здоров'я та тривалість життя людини.

Здорове харчування — це фізіологічно повноцінне харчування, яке забезпечує організм необхідною кількістю енергії та поживних речовин з

урахуванням віку, статі, рівня фізичної активності та стану здоров'я. Основними принципами здорового харчування є збалансованість раціону, різноманітність продуктів, помірність у споживанні їжі та дотримання режиму харчування.

Важливим аспектом здорового харчування є оптимальне співвідношення білків, жирів і вуглеводів. Білки виконують пластичну функцію та необхідні для росту і відновлення тканин. Жири є джерелом енергії та жиророзчинних вітамінів, а вуглеводи забезпечують організм основною частиною енергетичних потреб. Порушення балансу цих компонентів може призводити до обміну речовин, ожиріння або дефіцитних станів.

Окрему роль у формуванні здорового раціону відіграють вітаміни, мінеральні речовини та харчові волокна. Недостатнє споживання овочів, фруктів, цільнозернових продуктів призводить до зниження імунітету, порушень роботи травної системи та серцево-судинних захворювань. Харчові волокна сприяють нормалізації травлення, виведенню токсичних речовин та регуляції рівня холестерину в крові.

Значну увагу в сучасному харчуванні приділяють обмеженню споживання солі, цукру, насичених жирів і продуктів швидкого приготування. Надлишок цих компонентів у раціоні є однією з причин розвитку артеріальної гіпертензії, цукрового діабету та інших неінфекційних захворювань. Тому формування культури харчування та інформування населення про принципи здорового способу життя є важливим завданням охорони здоров'я.

Сучасна харчова промисловість відіграє значну роль у забезпеченні населення продуктами здорового харчування. Розвиток функціональних продуктів, збагачених вітамінами, мінералами, пробіотиками та біологічно активними речовинами, дозволяє компенсувати дефіцит поживних елементів у раціоні. Такі продукти сприяють профілактиці захворювань і підвищенню адаптаційних можливостей організму.

Таким чином, здорове харчування є одним із ключових факторів збереження та зміцнення здоров'я населення. Дотримання принципів

раціонального харчування, підвищення якості харчових продуктів та формування свідомого ставлення до харчування сприятимуть покращенню якості життя та зниженню рівня захворюваності в суспільстві.

**Здатність мікроорганізмів різних екологічних ніш до синтезу
протеаз із фібрин(оген)олітичною активністю**

Гудзенко О. В., Варбанець Л. Д.

Відділ біохімії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології

ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна

alena.gudzenko81@gmail.com

Серцево-судинні захворювання, зокрема інфаркт міокарда та ішемічний інсульт, залишаються провідною причиною смертності, зумовлюючи близько 29% летальних випадків у світі. Ключовою ланкою патогенезу цих станів є тромбоутворення, де фібрин, що формується з фібриногену під дією тромбіну, виступає структурною основою тромбу. Накопичення фібрину в судинному руслі призводить до критичних порушень. Сучасна фармакотерапія тромбозів базується на використанні активаторів плазміногену (стрептокіназа, урокіназа, тканинний активатор плазміногену), які стимулюють перетворення плазміногену на плазмін для лізису фібринової сітки. Однак широке клінічне застосування існуючих препаратів обмежене їх високою вартістю, коротким періодом напіввиведення та ризиком серйозних побічних ефектів.. У зв'язку з цим особливої ваги набуває пошук альтернативних фібриногенолітичних та фібринолітичних ензимів мікробного походження. Здатність мікроорганізмів до синтезу фібрин(оген)аз часто корелює з умовами їхнього природного існування. Дослідження біорізноманіття різних екологічних ніш дозволяє виявити закономірності поширення продуцентів та обрати найбільш перспективні об'єкти для подальшої розробки тромболітичних засобів. У роботі проведено скринінг понад 600 штамів мікроорганізмів (бактерії роду *Bacillus*, актинобактерії, дріжджі, мікроміцети), виділених з різних екоотопів: морських екосистем (Чорне

та Мертве моря, Березанський лиман, Кінбурнська коса), ризосфери агроценозів та дикорослих рослин, екстремальних зон Антарктики, високогір'я Карпат (витік р. Прут) та прісних водойм. Аналіз отриманих даних дозволив класифікувати досліджені еконіші за потенціалом виявлення фібриногеназ. Найвищий рівень активності продемонстрували бактерії, виділені з донних осадів Чорного моря, зокрема штами 20 (20,5 од/мл), 19 (19,0 од/мл), 1 (15,66 од/мл), 16 та 13 (13 од/мл). Значну активність також зафіксовано у штамів, які виділені із води Березанського лиману (R13 – 13,44 од/мл, R11 – 13,02 од/мл, R10 – 10,63 од/мл, R12 – 8,32 од/мл) та прибережної зони Кінбурнської коси (L1, L2, L4, L7 та L9, яка становила 12,50, 11,20, 10,33 од/мл, 9,66 од/мл, 9,66 од/мл). Водночас мікроорганізми, ізольовані з екстремально солоних екосистем Мертвого моря, прибережної води Кінбурнської коси, а також асоціанти морських молюсків *Nacella concinna*, характеризувалися низьким рівнем ферментативної активності (0,33–0,5 од/мл) або повною її відсутністю. Серед бактерій, асоційованих із сільськогосподарськими культурами, виявлено також продуценти фібрин(оген)аз. Найвищу активність серед ризосферних ізолятів показав *Bacillus* sp. 21095 (15 од/мл) та *Bacillus* sp. A3 (7 од/мл), виділені із соризу та пшениці, відповідно.. Штами з ґрунтів рису (KS 1, 2, 7, 8) стабільно синтезували ферменти на рівні 5,0–5,33 од/мл. Разом з тим мікроорганізми, виділені з ризосфери рослин, із високогір'я Карпат прісних водойм, а також виділені виділених із екстремальних екосистем: фітоценозів та ґрунтів низькотемпературного регіону (Антарктика), фітоценозів та вулканічних викидів високогірного регіону (Еквадор), гіперсолених екосистем узбережжя Мертвого моря (Ізраїль), з бджолої вошини, мушлі молюсків, листя лікарських рослин з ґрунту Чорнобильської зони, а також забруднених фосфорними боєприпасами (Луганська обл) не здатні були гідролізувати фібрин(оген). Проведений в умовах експерименту порівняльний аналіз свідчить про виражену екологічну детермінованість синтезу фібрин(оген)аз. Найбільш сприятливими еконішами для пошуку активних продуцентів виявилися донні осадки Чорного моря та ризосфера злакових культур.

**Оптимізація умов сквашування молока
в технології виробництва м'яких сирів**

Гуляєв В. М., Анацький А. С., Філімоненко О. Ю., Шульга А. В.

Кафедра хімічних та біологічних технологій Дніпровського державного
технічного університету, м. Кам'янське, Україна
ddtu.kafpbt@ukr.net

В умовах сучасного розвитку харчових технологій особливого значення набуває розширення асортименту молочних продуктів, підвищення їхньої якості, безпечності та конкурентоспроможності. Одним із перспективних напрямів є виробництво м'яких сирів, які відзначаються високими споживчими властивостями, відносно коротким терміном визрівання та гнучкістю технологічних схем.

Нами виконані дослідження з метою оптимізації процесу ферментації молока і визначення впливу типу заквасочних культур і температури коагуляції на якісні показники м'якого сиру. Закваску вносили у пастеризоване при температурі 72–75°C молоко у кількості 1,5–2,0 % від маси молока, вміст сичужного ферменту становив 0,02 %. Час формування згустку – 45–60 хв. Після нарізання згустку проводили часткове видалення сироватки, пресування упродовж 2–3 год, соління і дозрівання у розсолі тривалістю 7–10 діб при температурі 8–10 °C.

Встановлено, що кращі показники якості сиру забезпечує використання комбінованих культур (*Lactococcus lactis subsp. lactis* + *Streptococcus thermophilus* + *Lactobacillus plantarum*) при дотриманні температури коагуляції 30±1°C. За даних умов формується стабільна структура, яка має помірну ламкість, збалансований солонувато-кисломолочний смак, при цьому відсутній надмірний синерезис.

Результати проведених досліджень можуть бути рекомендовані до впровадження в технологічний процес виробництва м'яких сирів на вітчизняних молокопереробних підприємствах.

Використання наноматеріалів для забезпечення біостійкості шкіряних матеріалів

Давидюк Д. А., Писаренко П. О., Охмат О. А.

Кафедра біотехнології, шкіри та хутра Київського національного
університету технологій та дизайну, м. Київ, Україна
gysb356@gmail.com, 1pysarenko1@gmail.com, oxmat.oa@knutd.edu.ua

Надання шкіряним матеріалам, використовуваним для виготовлення взуття, антимікробних властивостей є одним із ключових завдань. Органічна природа шкіряної сировини, яка складається з високомолекулярних білкових сполук, робить її чутливою до впливу патогенної мікрофлори. Останнє, у свою чергу, призводить до біодеструкції колагенової структури, що негативно впливає на гігієнічні характеристики та експлуатаційні властивості виробів. Для запобігання біодеструкції застосовують широкий асортимент біоцидів. Але традиційні способи антимікробного захисту шкіряних матеріалів часто не забезпечують належної ефективності, або не відповідають вимогам виробництва безпечних матеріалів, як товару широкого вжитку.

Один із сучасних підходів до антимікробної обробки шкіряних матеріалів зосереджений на використанні наночасток, синтезованих на основі срібла, міді, титану тощо. Серед переваг застосування наночасток металів як біоцидів варто відзначити їхню здатність витримувати високі температури (понад 100°C), а також зберігати антимікробні властивості шкіряних матеріалів навіть після їх багаторазового намочування–висушування. Особливий інтерес при цьому викликають наночастки, синтезовані методом біологічного синтезу, через застосування ресурсо– та екологічноощадних технологій отримання матеріалів з біоцидними властивостями. Важливо зазначити, що застосування наночасток металів для обробки шкіряних матеріалів не передбачає переоснащення підприємства для їх виробництва. Так, наприклад, застосування гібридних наноемульсій на основі Ag/ZnO–поліакрилатів сприяє проведенню багатофункціональної обробки за один етап, забезпечуючи комплексний

антимікробний захист структури шкіряних матеріалів. Перспективним є також застосування нанокомпозитів, отриманих на базі латексу та шкіряного пилу і оброблених наночастками ZnO. Обробка ж шкіряних матеріалів наночастками срібла надає високої стійкості до широкого спектра мікроорганізмів, зберігаючи при цьому необхідні фізико-механічні характеристики згідно з міжнародними стандартами якості.

Отже, застосування наноматеріалів відкриває додаткові можливості для виробництва шкіряних матеріалів, які відповідають сучасним вимогам екологічності й гігієни. А використання біосинтезованих наночасток визначає перспективний шлях до розробки екологічно безпечної продукції, що задовольняє суворі міжнародні стандарти якості.

Роль захисних агентів та пребіотиків при виробництві сухих дріжджів

Двінських А. В., Хохленкова Н. В.

Кафедра біотехнології Національного фармацевтичного університету,
м. Харків, Україна
nndugar@gmail.com

Сучасне виробництво сухих хлібопекарських заквасок стикається з проблемою значної втрати життєздатності клітин *Saccharomyces cerevisiae* під час сушіння (до 30–50 % без захисту). Це особливо критично для кондитерських виробів тривалого зберігання (пряники, кекси, панеттоне), де потрібна висока осмостійкість (вміст цукру у výroбах до 30 %), термостійкість та стабільний аромат протягом 12–18 місяців. Подорожчання імпортованих дріжджів, наприклад виробників Lesaffre, Lallemand, у 2025–2026 рр. актуалізує організацію вітчизняного виробництва сухих заквасок для таких виробів, що пов'язано з пошуком ефективних, доступних в Україні захисних агентів та пребіотиків.

Мета роботи — теоретично обґрунтувати роль трегалози та інуліну як захисних агентів при виробництві сухої хлібопекарської закваски пролонгованої дії на основі штамів *S. cerevisiae*.

У результаті аналізу літератури встановлено:

- трегалоза в концентраціях 5–10 % заміщує воду в мембранах, стабілізує білки та ліпіди, підвищує виживаність клітин після ліофілізації до 90–95 %;
- інулін в концентраціях 2–5 % діє як пребіотик і додатковий стабілізатор, посилює синергетичний ефект, покращує текстуру готового виробу та подовжує термін зберігання до 12–18 місяців при температурі 20 °С;
- комбінація цих речовин перевершує традиційні поліоли (гліцерин, сорбітол) за ефективністю та економічністю.

Висновок. Запропонована комбінація трегалози та інуліну дозволяє отримати суху закваску з високою життєздатністю, осмостійкістю та ароматичними властивостями, забезпечуючи повне імпортозаміщення та зниження собівартості виробництва. Це відкриває перспективи для організації власного біотехнологічного виробництва сухих заквасок для кондитерських виробів тривалого зберігання в Україні.

**Реалізація міждисциплінарних зв'язків у підготовці фахівців з
біотехнології: досвід навчально-наукової взаємодії при викладанні
дисципліни «Продукти біологічно активних речовин»**

^{1,2}Двірна Т. С., ¹Махія Л. М., ¹Карпюк У. В.,

¹Мінарченко В. М., ¹Підченко В. Т., ¹Чолак І. С.

¹Кафедра фармакогнозії та ботаніки Національного медичного університету
імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

²Відділ систематики і флористики Інституту ботаніки
ім. М.Г. Холодного НАН України, м. Київ, Україна
dvirna_t@ukr.net

Сучасна підготовка фахівців у галузі біотехнології та біоінженерії неможлива без поєднання теоретичних знань із практичним досвідом роботи в науковому середовищі. Особливої актуальності набуває формування міждисциплінарних зв'язків між фундаментальними біологічними науками, аналітичною хімією та прикладною біотехнологією, що забезпечує комплексне розуміння процесів отримання та дослідження біологічно активних речовин.

Одним із ефективних підходів до реалізації такої інтеграції є залучення здобувачів вищої освіти до діяльності провідних наукових установ. Це дозволяє не лише поглибити знання з профільних дисциплін, а й ознайомитися з сучасною науковою інфраструктурою, методами досліджень та реальними напрямками розвитку науки. Важливу роль у цьому контексті відіграє безпосередній контакт студентів із науковими колекціями, аналітичним обладнанням та лабораторними практиками, що формує розуміння повного циклу.

У цьому контексті навчально-наукові візити до профільних наукових установ є важливим елементом освітнього процесу, спрямованим на формування професійних компетентностей, дослідницького мислення та мотивації до подальшої наукової діяльності.

У межах вивчення дисципліни «Продукти біологічно активних речовин» було організовано ознайомлення здобувачів із діяльністю провідних наукових підрозділів у галузі ботаніки та біотехнології.

Важливим елементом візиту стало знайомство з колекцією культур мікроводоростей Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (IBASU-A) – унікальний науковий об'єкт і входить до реєстру національного надбання України. Колекція налічує значну кількість штамів водоростей, що використовуються як у фундаментальних, так і в прикладних дослідженнях. Особливу цінність становлять штами з біотехнологічним потенціалом, які можуть бути джерелом біологічно активних речовин. Ознайомлення з принципами формування та підтримання колекції сприяє розумінню ролі біорізноманіття як ресурсу для сучасної біотехнології.

Не менш важливою складовою стало відвідування Центру колективного користування хроматомаспектрометрії НАН України (ЦККХМС), де здобувачі ознайомилися з можливостями сучасного інструментального аналізу, зокрема рідинної хроматографії. Використання вискоєфективних (HPLC) та швидкісних (RRLC) методів дозволяє проводити ідентифікацію та кількісний аналіз складних сумішей органічних сполук, що є ключовим етапом у

дослідженні біологічно активних речовин. Застосування високочутливих детекторів забезпечує точність і надійність результатів, що має важливе значення для фармацевтичних та біотехнологічних досліджень.

Окрему увагу приділено ознайомленню з культуральними лабораторіями, де здійснюється культивування рослинних об'єктів *in vitro*. Такі підходи є основою сучасної біотехнології рослин і широко застосовуються для отримання цінних метаболітів, збереження генетичних ресурсів та створення нових форм із заданими властивостями.

Залучення здобувачів до роботи наукових лабораторій формує цілісне уявлення про створення біотехнологічних продуктів – від природного об'єкта до аналітичного підтвердження властивостей. Такий досвід інтегрує знання, підвищує мотивацію та сприяє професійній орієнтації.

Отже, використання навчально-наукових візитів як елемента освітнього процесу є ефективним засобом реалізації міждисциплінарного підходу, що забезпечує підготовку конкурентоспроможних фахівців у галузі біотехнології.

Створення функціональних продуктів на основі плодово-ягідних рослин

Джуренко Н. І., Паламарчук О. П., Сокол О. В., Тодорова В. І.

Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України, м. Київ, Україна

medbotanica@ukr.net

В умовах сьогодення фармацевтична та харчова промисловість стикаються з потребою споживачів у натуральних вітамінах, біологічно активних сполуках, які сприяють підвищенню цінності різнопланових харчових продуктів та фітозасобів, що спонукає науковців до дослідження та використання різноманітного рослинного джерела таких речовин як плодово-ягідні рослини: калина звичайна (*Viburnum opulus* L.), обліпіха крушиновидна (*Hippophaë rhamnoides* L.), актинідія коломікта (*Actinidia kolomikta* (Maxim) Maxim) та інші.

Лабораторія медичної ботаніки НБС НАН України протягом тривалого часу проводить комплексні дослідження рослин, здатних підтримувати

адаптаційний потенціал організму людини в умовах екологічно несприятливого навколишнього середовища для виявлення потенційної рослинної сировини з використанням в продуктах здорового харчування. Спільно з Університетом харчових технологій розроблено продукти спеціального призначення з плодів обліпихи, калини, актинідії, бузини у желейній формі, які одержали визнання, як допоміжні фітозасоби в системі комплексного оздоровлення організму в умовах повсякденної дії стресових, агресивних чинників хімічної і фізичної природи для відновлення дефіциту природних біорегуляторів. Це желейні продукти з високою біологічною цінністю. Для виготовлення желейних продуктів з високою біологічною цінністю використовувалась рідка фракція (сік з м'якоттю) плодів рослин (калина, обліпиха, актинідія), що містять потужний комплекс біологічно активних сполук та яблучний пектиновий концентрат, що забезпечує стійкість організму в умовах екологічного неблагополуччя.

В 80-х роках минулого сторіччя в Черкаській області вироблявся продукт – калина протерта з цукром.

Для розширення арсеналу біологічно активних рослинних олій досліджували жирнокислотний склад плодів цих рослин, що сприятиме раціональному їх використанню.

У ліпідній фракції з насіння к. звичайної ідентифіковано 8 вищих жирних кислот (ВЖК) з переважанням мононенасиченої олеїнової кислоти (53,4%) та значний відсоток поліненасичених ВЖК: лінолевої (9,6%), ліноленової (3,9%) та арахідонової (1,9%) кислот. Проведений аналіз ВЖК ліпідної фракції калини дозволив спрогнозувати, що проаналізована рослинна сировина є перспективною для створення рослинної олії калини з високою харчовою та антиоксидантною цінністю та достатньою сировинною базою.

Ліпідна фракція актинідії характеризується значною перевагою найбільш активних поліненасичених ВЖК представлених ліноленовою (64,55 %) та лінолевою (9,96 %) кислотами, мононенасичені - олеїновою (15,4 %), насичені – пальмітиновою (8,49 %) та стеариновою. Високий відсоток ненасичених ВЖК

свідчить про біологічну активність та можливості для використання при створенні масляних фітопрепаратів та лікувально-профілактичних желейних продуктів, рослинної харчової олії, тощо з широким спектром дії.

Більш широке використання в харчовій та фармацевтичній промисловості мають плоди обліпихи, на основі яких популярністю у споживачів користуються: сік, чаї, харчова рослинна олія та препарат олія обліпихова.

Представлені дослідження плодів плодово-ягідних рослин та різнопланові можливості їх використання як желейних продуктів, що містять вітаміни, флавоноїди, пектин, які стимулюють та регулюють процеси в організмі, рослинних олій з комплексом фізіологічно активних складових, таких як поліненасичені ВЖК визначають перспективи щодо розширення асортименту продуктів здорового харчування.

Актуальність застосування природних засобів захисту рослин в Україні

Добриден В. В., Гармаш С. М.

Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, Україна
svgarmash@ukr.net

Застосування хімічних засобів захисту рослин призвело до значного погіршення стану навколишнього середовища в Україні. Проблема пестицидного навантаження на агроценози може бути вирішена при застосуванні біологічних засобів захисту рослин від шкідників і хвороб. Згідно з постановою Ради Європи №834/2007, біологічний метод є основним стратегічним еколого-біологічним заходом контролю шкідливих організмів у посівах агрокультур за органічного вирощування. Цей метод сприяє підвищенню імунітету рослин та забезпечує стійкість рослин.

В наступний час на основі різних видів мікроорганізмів створена велика кількість біологічних препаратів не лише для захисту рослин, а й для підвищення врожайності та фіксації атмосферного азоту.

В структурі біологічних засобів захисту найбільшу частку становлять біопрепарати для підвищення врожайності агрокультур. Збільшилась кількість

комплексних біопрепаратів та препаратів для мобілізації важкодоступного фосфору з ґрунту.

Найбільші обсяги внесення біологічних препаратів здійснюють проти мишоподібних гризунів, стеблових метеликів та шкідників в зернових агроценозах. Застосування біологічних засобів в агроценозах зернових культур здійснюється переважно для захисту від хвороб. Спостерігається тенденція до збільшення обсягів обробок біологічними засобами проти шкідників і хвороб на овочевих культурах.

В наступний час актуальна проблема розробки нових ефективних і екологічно безпечних біологічних препаратів на основі різних біологічних агентів. Перспективним є використання біологічних препаратів комплексної дії, які забезпечать захист культур від двох і більше видів шкідливих організмів.

Оптимізувати застосування біологічних засобів захисту і підвищити їх ефективність можна шляхом використання феромонних пасток.

Актуально створення спеціалізованого виробництва біологічних засобів захисту рослин широкого спектра використання. Крім того, необхідно удосконалювати технології виробництва біологічних препаратів, за зменшення їх трудомісткості та енерговитрат. Перспективна розробка екологічно безпечних безвідходних глибоких технологій виробництва біопрепаратів.

Кафедра біотехнології та БЖД продовжує дослідження екстрактів з вермікомпостів у якості природного біопрепарату для захисту рослин від шкідників і хвороб рослин. Результати свідчать про перспективу їх використання, можливість отримати екологічно безпечну продукцію, яка може бути конкурентоспроможна на українському ринку.

Вченими низки країн встановлено, що вермікомпост можна використати в якості засобу захисту рослин, що особливо актуально для заміни екологічно небезпечних пестицидів препаратами рослинного або тваринного походження з метою охорони довкілля.

Впровадження біологічних препаратів захисту рослин дозволить поліпшити фітосанітарний стан навколишнього середовища.

Порівняльна характеристика *T. versicolor* і *S. commune* як продуцентів міцеліального матеріалу за умов глибинного культивування

Довга С. П., Дзигун Л. П.

Кафедра промислової біотехнології та біофармації Національного технічного університету
України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна
dovha.sofiia@lkl.kpi.ua

У зв'язку з потребою у зниженні антропогенного навантаження на навколишнє середовище, актуальним стає питання розробки та покращення нових перспективних матеріалів для виготовлення енерго- та ресурсозатратних виробів. Зокрема, матеріали на основі міцелію грибів є екологічною альтернативою у виробництві текстилю, замінника шкіри, продуктів харчування, а також у створенні конструкційних і пакувальних матеріалів.

Одним з можливих варіантів отримання міцеліальних листів є конверсія субстрату в грибну біомасу в рідкому середовищі з подальшою обробкою отриманої міцеліальної біомаси.

В літературі описаний спосіб отримання міцеліального матеріалу, за якого культивування проводили на качалкових колбах в рідкому середовищі за умов постійного перемішування. Отриману міцеліальну біомасу промивали, ресуспендували, гомогенізували та формували листи, які потім сушили 3–5 діб за кімнатної температури.

На сьогодні міцеліальні матеріали отримують переважно шляхом культивування базидієвих грибів, що формують плодові тіла і здатні колонізувати значні площі в природі. Перспективними є види здатні формувати щільну та стабільну міцеліальну структуру, до таких видів належать *Trametes versicolor* і *Schizophyllum commune*.

Метою роботи є аналіз літературних джерел і патентів щодо особливостей глибинного культивування *Trametes versicolor* і *Schizophyllum commune* для отримання міцеліального матеріалу, а також певних кінцевих властивостей отриманого матеріалу.

Обидва види під час культивування в рідкому середовищі з перемішуванням ростуть у формі дрібних сферичних кульок. Проте можливо відзначити значну різницю реологічних властивостей культуральної рідини. Це обумовлено інтенсивним виділенням *S. commune* полісахариду шизофілану (коефіцієнт консистенції $K = 491,4 \pm 134,2$ мПа·с), що не відзначається для *T. versicolor* ($K = 48,2 \pm 4,7$ мПа·с). Подібна різниця у в'язкості культуральної рідини впливає на якість перемішування під час культивування та відокремлення міцелію від рідини.

S. commune мав вищі показники приросту біомаси ніж *T. versicolor*. Його врожайність склала $8,62 \pm 0,23$ г/л, в той же час *T. versicolor* продемонстрував помірний ріст із концентрацією біомаси $5,93 \pm 0,14$ г/л. Таким чином, *S. commune* перевершує *T. versicolor* за швидкістю росту біомаси приблизно на 45%.

Крім того, показник кислотності середовища з *S. commune* становив $6,2 \pm 0,10$, а культуральна рідина *T. versicolor* мала показник $\text{pH} = 4,6 \pm 0,02$. Так, нижча кислотність середовища спостерігалася під час культивування *T. versicolor*, що є типовим для багатьох дереворуйнівних грибів і потенційно може мати негативний вплив на якість матеріалу.

Матеріали на основі *S. commune* продемонстрували вищі значення контактного кута змочування водою, які становили приблизно $116\text{--}130^\circ$, що свідчить про виражені гідрофобні властивості. Натомість матеріал, отриманий з *T. versicolor*, характеризувався значно нижчим значенням цього показника. Таким чином, водовідштовхувальні властивості матеріалу на основі *S. commune* є кращими.

Отже, можемо зробити висновок, що обидва види — *S. commune* та *T. versicolor* є гарними продуцентами для виготовлення міцеліальної сировини в умовах глибинного культивування з перемішуванням. Однак, з огляду на проаналізовану інформацію, варто віддати перевагу виду *S. commune*, який є кращим продуцентом сировини з точки зору вищих показників приросту біомаси, характеристик культуральної рідини, а також властивостей отриманого матеріалу, зокрема кращим водовідштовхувальними властивостям.

Фармацевтична та медична біотехнологія на сучасному етапі

¹Довжук В. В., ²Коновалова Л. В., ²Довжук Н. Ш.

¹Кафедра організації та економіки фармації

²Кафедра фізіології

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

dovika@ukr.net

Фармацевтична та медична біотехнологія є одним із секторів, що стрімко розвивається в сучасній науці. Фармацевтична промисловість відіграє важливу роль у боротьбі з хворобами, розробці нових методів лікування та засобів для лікування пацієнтів на Європейському просторі так і в Україні. У реаліях сьогодення необхідно, щоб Європа залишалась конкурентоспроможною для медичних досліджень та розробок, створені сприятливі умови для регуляторного та інноваційного середовища стимулювання. Витрати на ліки контролюються, але виникає необхідність у плідній співпраці та впровадженні нових методів лікування та засобів.

Широкий спектр біотехнологічних препаратів, що застосовується у світовій практиці, наприклад напрямок імунобіотехнологія, має перспективи на фармацевтичному ринку через постійну потребу сектору охорони здоров'я. Інтенсивний розвиток біотехнології, біохімії, імунології показав прогрес у розвитку світової фармації та створення ефективних вакцин, а також вакцин нового покоління, препаратів крові, інтерферонів, цитокінів та рекомбінантних продуктів різної спрямованості.

За даними EUROSTAT, фармацевтична промисловість є високотехнологічним сектором з найвищою доданою вартістю на одного зайнятого, що значно вище, ніж середнє значення для високотехнологічної та виробничої галузей. Фармацевтична промисловість також є сектором з найвищим співвідношенням інвестицій у дослідження та розробки до чистого обсягу продажів. У 2024 році ЄС в промислові дослідження та розробки інвестували в галузь охорони здоров'я близько 258,1 млрд. євро в дослідження

та розробки у 2023 році, що становить 20,5% від загальних витрат бізнесу на дослідження та розробки в світі. Отже, обмін досвідом та розширення міжнародної співпраці України з країнами ЄС, впровадження інноваційних біотехнологій у клінічну практику, розвиток стартапів у сфері біотехнологій є перспективним напрямом розвитку у фармацевтичному та медичному секторі.

Фармацевтична та медична біотехнологія є ключовим фактором розвитку сучасної медицини. Європа виступає лідером інновацій, тоді як Україна має значний науковий потенціал, який потребує підтримки та інтеграції в міжнародний науковий простір.

Мікробіологічна резистентність та безпечність морозива з рослинними інгредієнтами

Драка С. С., Грегірчак Н. М.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна,
sofiyadraka@gmail.com

У сучасній технології заморожених десертів спостерігається інтенсифікація використання нетрадиційної рослинної сировини. Попри кріогенну обробку, ці продукти залишаються об'єктами високого мікробіологічного ризику. Високий показник активності води ($a_w > 0,9$) та значна концентрація моно- і дисахаридів створюють субстрат для метаболізму специфічної мікрофлори псування. Особливу небезпеку становлять психротрофні бактерії (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*), що здатні до транзиторної персистенції у виробничому середовищі та накопичення біомаси за температур нижче -18°C .

Дослідження останніх років (2021–2025 рр.) акцентують увагу на вразливості багатокомпонентних систем до вторинної контамінації дріжджами та мікроміцетами (*Aspergillus spp.*), що вимагає впровадження методів біологічного контролю, зокрема шляхом інокуляції штамів молочнокислих бактерій (МКБ).

Експериментальні дослідження підтверджують, що мікробіологічний профіль готового продукту корелює з фізико-хімічними властивостями наповнювача та дотриманням параметрів холодового ланцюга (табл. 1).

Ананасово-кокосові системи виявилися більш стабільними ($1,2-1,5 \log_{10}$ КУО/г), що пояснюється інгібувальним впливом органічних кислот ананаса. Внесення культур *Lactobacillus spp.* після стадії дозрівання суміші дозволяє реалізувати стратегію біозахисту. За рахунок антагоністичної дії МКБ пригнічується розвиток психротрофів. Пастеризація сумішей забезпечує рівень КМАФАнМ $< 5 \log_{10}$ КУО/г. Проте горіхові наповнювачі часто містять резистентні спори пліснявих грибів, що вимагає впровадження суворих санітарно-гігієнічних регламентів обробки поверхонь та обладнання для запобігання формуванню мікробних біоплівки.

Таблиця 1. Порівняльні показники мікробіологічної стабільності та якості морозива з рослинними наповнювачами

Рецептурна композиція/ / технологія	КМАФАнМ ($\log_{10}$ КУО/г)	Термін стабільності (дів, при -18°C)	Технологічні особливості та ризики	Джерело (посилання)
Банан + кокосова основа	4,6 – 4,9	75	ризик розвитку дріжджів наприкінці терміну	10.4236/fns.2023.147044
Ананас + кокосова основа	1,2 – 1,5	> 90	висока кислотність	10.4236/fns.2023.147044
Порошок цедри апельсина	$< 4,0$	60	можлива контамінація мікроміцетами	10.1111/1471-0307.70034
Горіхові добавки	$< 5,0$	за регламентом	стійкість спор грибів до заморожування	10.3390/app12041988
Біомодифікація МКБ	3,5 – 4,2	> 120	продовження терміну зберігання (біоконтроль)	10.1002/fsn3.3762

Забезпечення гарантованих показників якості та безпечності морозива з фруктових-горіховими добавками можливе за умови реалізації мультибар'єрного захисту через валідацію сировини, ефективну термічну обробку (пастеризацію) наповнювачів та санітарну підготовку обладнання.

Використання захисних культур МКБ доцільно для біологічного стримування психротрофної мікрофлори. Моніторинг критичних точок у логістичному ланцюзі варто використовувати для недопущення температурної деградації продукту.

Нутригенетика: вплив генетичних факторів на формування харчових уподобань людини

Дроздова А. С., Філіпцова О. В.

Національний фармацевтичний університет, Харків

drozdovanasta13@gmail.com

У сучасному світі питання раціонального харчування та його впливу на здоров'я людини набуває особливої актуальності. Неправильне харчування є одним із важливих факторів розвитку багатьох хронічних захворювань, зокрема ожиріння, серцево-судинних хвороб і цукрового діабету. У зв'язку з цим зростає інтерес до вивчення індивідуальних особливостей харчування людини та факторів, що впливають на формування харчових уподобань. Одним із перспективних напрямів сучасної науки є нутригенетика — галузь, що досліджує взаємозв'язок між генетичними особливостями людини та реакцією її організму на різні компоненти їжі. Генетичні варіації можуть впливати на процеси обміну речовин, сприйняття смаку, апетит і засвоєння поживних речовин. Унаслідок цього люди з різними генотипами можуть по-різному реагувати на однакові продукти харчування. Відомо, що в різних популяціях людини існують відмінності у частоті певних генетичних варіантів, пов'язаних із метаболізмом поживних речовин і харчовою поведінкою. Такі відмінності сформувалися в процесі еволюції під впливом умов довкілля, способу життя та доступності продуктів харчування. Дослідження генетичних чинників харчових уподобань має важливе значення для розвитку персоналізованого харчування, яке передбачає індивідуальний підхід до формування раціону з урахуванням генетичних особливостей людини.

Метою роботи є дослідження взаємозв'язку між генетичними чинниками та формуванням харчових уподобань людини. Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання: проаналізувати наукові підходи до вивчення нутригенетики, розглянути вплив генетичних факторів на формування харчових уподобань людини, дослідити генетичні варіації, пов'язані з

харчуванням у різних популяціях, а також визначити значення нутригенетики для формування персоналізованих рекомендацій щодо харчування.

У процесі виконання роботи було використано теоретичні методи дослідження. Основними матеріалами стали наукові публікації, навчальні посібники та статті з біології, генетики й нутриціології, присвячені проблемам нутригенетики та харчових уподобань людини. У роботі застосовано аналіз наукової літератури для вивчення сучасних уявлень про генетичні механізми формування харчових уподобань, порівняльний аналіз даних щодо генетичних особливостей різних популяцій, узагальнення та систематизацію наукової інформації про вплив генетичних факторів на харчову поведінку людини.

У результаті дослідження встановлено, що формування харчових уподобань людини залежить від взаємодії генетичних, фізіологічних, психологічних і соціальних факторів. Значну роль у цьому процесі відіграють генетичні особливості організму. Генетичні варіації можуть впливати на сприйняття смакових відчуттів, апетит, регуляцію відчуття голоду і ситості, а також на обмін речовин і засвоєння поживних речовин. Наприклад, деякі генетичні варіанти визначають підвищену чутливість до гіркого смаку, що впливає на вибір певних продуктів. Іншим прикладом є генетично зумовлена здатність або нездатність дорослих людей перетравлювати лактозу. Також встановлено, що генетичні адаптації до певних типів харчування формувалися в різних популяціях протягом тривалого еволюційного періоду. Це призвело до відмінностей у метаболізмі поживних речовин та харчових звичках серед різних груп населення. У ході виконання роботи було досліджено взаємозв'язок між генетичними особливостями людини та формуванням її харчових уподобань. Встановлено, що нутригенетика є важливим міждисциплінарним напрямом науки. Генетичні варіації впливають на сприйняття смаку, апетит та обмін речовин. У різних популяціях людини існують відмінності у частоті генетичних варіантів, що зумовлює особливості харчування. Отже, вивчення генетичних факторів харчових уподобань має важливе значення для розвитку персоналізованого харчування та профілактики захворювань.

Мікробіологічний контроль води: нові технології у виробництві ліків

¹Дубініна Н. В., ²Тіщенко І. Ю.

¹Кафедра біологічної хімії та мікробіології Національного
фармацевтичного університету, м. Харків, Україна

²Кафедра фармації Приватного закладу вищої освіти «Університет
медицини та соціальних наук», м. Харків
dubininanata13@gmail.com

Вступ. Вода є універсальним розчинником та найважливішою допоміжною речовиною у фармацевтичному виробництві. Згідно з вимогами GMP та фармакопейними стандартами (ДФУ) у виробництві лікарських засобів використовується вода з чітко визначеними показниками мікробіологічної чистоти як для системи отримання води очищеної, так і води для ін'єкцій. Проблема полягає в тому, що водне середовище є сприятливим для розвитку грамнегативних бактерій, здатних до швидкої адаптації та формування стійких біоплівкок усередині трубопроводів.

Мета роботи — оцінити ефективність сучасних методів мікробіологічного контролю фармацевтичних водних систем та обґрунтувати переваги впровадження швидких аналітичних технологій для забезпечення стабільної якості продукції.

Матеріали та методи. Проведено порівняльний аналіз класичних культуральних методів (згідно з ДФУ) та сучасних інструментальних методів швидкого визначення біологічного навантаження, представлених у наукових оглядах та технічних звітах провідних аналітичних лабораторій.

Результати дослідження. Вода є основним матеріалом у виробництві лікарських засобів. Її застосування варіюється від використання як основа для лікарських препаратів до забезпечення випуску продукції та необхідного очищення обладнання. Головним ризиком при фармацевтичному виробництві для водних систем є біоплівкоутворення. Біоплівки, утворені угрупованнями мікроорганізмів, захищають бактерії від дії дезінфектантів та є джерелом подальшої контамінації й пірогенів.

Традиційний мікробіологічний контроль, який здійснюється протягом 5–7 діб має суттєвий недолік — тривалий час моніторингу, що заважає швидко виправити ситуацію у разі мікробного забруднення.

Аналіз джерел підтверджує обмеженість традиційних методів завдяки яким виявляється менше 1% бактерій. Більшість мікроорганізмів у очищеній воді перебувають у «некультивованому» стані — вони живі, але не ростуть на агаризованому середовищі. Це створює хибне враження про чистоту системи.

Сучасний підхід до мікробіологічного контролю базується на використанні лазерної індукованої флуоресценції (LIF) та проточної цитометрії. Ці методи дозволяють диференціювати життєздатні мікроорганізми (включаючи некультивовані форми) від неорганічних часток у режимі реального часу.

Застосування аналізаторів типу Sievers Soleil забезпечує отримання результату за 45 хвилин. Впровадження таких експрес-методів безпосередньо у виробничі цикли дозволяє здійснювати моніторинг у режимі «online» або «at-line». Це дає змогу виявити початкові стадії формування біоплівки ще до моменту їх масового відшарування та потрапляння у готову продукцію. Провідні фармацевтичні підприємства України вже активно впроваджують ці технології у виробничу практику.

Отримані дані свідчать, що використання швидких методів дозволяє оптимізувати цикли очищення системи, а саме замість регламентних обробок за графіком, підприємство може проводити дезінфекцію за фактичними показниками біонавантаження. Це не лише підвищує рівень мікробіологічної безпеки, а й знижує знос обладнання та енерговитрати, забезпечуючи стабільно високу якість лікарських засобів на всіх етапах виробництва.

Висновок. Перехід від класичного мікробіологічного посіву до експрес-методів контролю систем підготовки води є ключовим етапом модернізації фармацевтичного виробництва. Експрес-методи забезпечують безперервний контроль якості води, мінімізують ризик браку та дозволяють превентивно запобігати мікробному забрудненню.

Ізомеризація фторхінолонового каркасу як фактор зміни механізму зв'язування з бактеріальними топоізомеразами

**¹Євсєєва Л. В., ^{1,2}Василишин Р. Я., ³Коваль Н. В., ¹Дорошенко А. О.,
^{1,5}Чебанов В. А., ⁴Георгіянц В. А., ¹Коваленко С. М.**

¹Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна

²Research and Production Enterprise, «I.F. LAB», Kyiv, Ukraine

³ТОВ «Хімічна компанія «Сполука»», м. Київ, Україна

⁴Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна

⁵Інститут хімії функціональних матеріалів НТК «Інститут монокристалів» НАН України,
м. Харків, Україна
kovalenko.sergiy.m@gmail.com

Зростання стійкості бактерій до антибіотиків, зокрема до фторхінолонів, є глобальною загрозою охороні здоров'я та обумовлює необхідність пошуку нових підходів до створення антибактеріальних агентів із альтернативними механізмами дії.

Антибактеріальна активність фторхінолонів реалізується через інгібування бактеріальних топоізомераз II типу (ДНК-гірази та топоізомерази IV). На молекулярному рівні їх дія опосередковується кетокарбоксильним фармакофором C3/C4, який забезпечує формування координаційного потрійного комплексу «топоізомераза–фторхінолон–ДНК» за участю некаталітичного іона Mg^{2+} в активному центрі ферменту (так званий водно-магнієвий місток). Цей механізм є вразливим до мутацій у бактеріальних топоізомеразах: точкові заміни амінокислотних залишків (зокрема серину) порушують координацію Mg^{2+} , що перешкоджає формуванню стабільного водно-магнієвого містка, що, як наслідок, знижує ефективність зв'язування антибіотика.

У нашому дослідженні розглянуто перспективу ізомерних структурних аналогів фторхінолонових антибіотиків — ізохінолонів, у яких реалізовано перехід від класичного хінолонового скафолду до ізохінолонового, що супроводжується зміною топології карбоксильної групи та атома азоту.

Структурна ізомеризація хінолонового каркасу змінює геометрію фармакофору та може унеможливити класичне Mg^{2+} -залежне зв'язування, відкриваючи шлях до альтернативних механізмів взаємодії з ферментом.

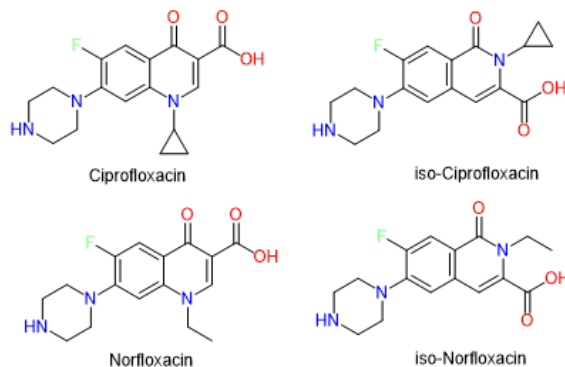


Рис. 1. Структурні формули фторхінолонових антибіотиків та їх ізомерів.

Основні результати та висновки. Проведено молекулярний докінг фторхінолонів та їх ізомерних форм із використанням 3D кристалічних структур бактеріальних топоізомераз (PDB: 2XKK, 5BS8 та ін.), включаючи моделі з різними режимами зв'язування інгібіторів. У Mg^{2+} -залежних сайтах класичні фторхінолони демонструють кращі параметри зв'язування (Affinity, Interaction Energy, Binding Enthalpy), ніж їх ізоформи. Це підтверджує, що ізомеризація порушує утворення водно-магнієвого містка. У комплексах з альтернативними інгібіторами (не фторхінолової природи, PDB: 8QQI, 9KGT) ізоформи (Isosparfloxacin, Isomoxifloxacin) показують порівнянні або кращі енергії взаємодії, ніж класичні фторхінолони.

Отримані результати свідчать про втрату здатності ізоформ фторхінолонів до утворення класичного Mg^{2+} -залежного механізму зв'язування. Ізохінолоновий скафолд здатен реалізовувати альтернативні режими інгібування бактеріальних топоізомераз, що може розглядатися як підґрунтя для розробки нових інгібіторів топоізомераз, здатних долати резистентність до фторхінолонів.

Дослідження виконані за підтримки гранту Міністерства освіти і науки України 0126U001147 «Молекулярний дизайн, синтез та скринінг антимікробної активності інноваційних аналогів фторхінолонів для подолання антибіотикорезистентності у патогенних мікроорганізмів».

Кріоконсервування еритроцитів собаки:

пошук ефективної концентрації диметилсульфоксиду

Єршова Н. А., Гуріна Т. М., Ніпот О. Є., Єршов С. С., Шпакова Н. М.

Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України, м. Харків, Україна

ershbas@gmail.com

Кріоконсервування еритроцитів собаки є актуальною проблемою сучасної ветеринарної трансфузіології, з огляду на зростаючу потребу в компонентах крові для надання невідкладної допомоги при травмах, хірургічних втручаннях та гострій крововтраті. Собаки є однією з основних груп тварин, для яких трансфузії застосовуються найчастіше, однак можливості їх донорського забезпечення залишаються обмеженими. Попри успішне впровадження технологій кріоконсервування еритроцитів людини, наявні методи збереження еритроцитів собаки супроводжуються високим рівнем гемолізу, що унеможливлює їх широке клінічне використання. Особливої уваги потребує проблема вибору ефективних кріопротекторів і оптимізації протоколів заморожування–відтаювання. В умовах воєнного стану проблема кріоконсервування еритроцитів собаки набуває особливої актуальності у зв'язку з потребою забезпечення трансфузійної допомоги службовим тваринам. Тому розробка ефективних методів кріоконсервування еритроцитів собаки є актуальним завданням сучасної кріобіології та ветеринарної медицини, вирішення якого сприятиме створенню банків крові тварин і підвищенню рівня екстреної ветеринарної допомоги.

Мета роботи: дослідити вплив концентрації диметилсульфоксиду (ДМСО) на збереження еритроцитів собаки під час кріоконсервування.

У дослідженні використовували еритроцити, отримані з крові клінічно здорових, статевозрілих самців собаки (*Canis lupus familiaris*), заготовленої на глюкозо-цитратному консерванті. Заготівлю крові та всі експериментальні процедури виконували відповідно до національних та міжнародних вимог біоетики згідно з «Загальними принципами експериментів на тваринах» (V Національний конгрес з біоетики, Київ, 2013) та «Європейською конвенцією

про захист хребетних тварин, що використовуються для експериментальних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1986). Виділення еритроцитів здійснювали за стандартною методикою. До еритроцитів крапельно додавали ДМСО в співвідношенні 1:1 та інкубували при кімнатній температурі протягом 20 хв. Кінцева концентрація кріопротектора становила 7,5 або 10 %. Зразки заморожували зануренням у рідкий азот (-196 °C) кріопробірок об'ємом 2 мл. Відтаювання здійснювали у водяній бані за температури 38–40 °C до повного зникнення твердої фази. Видалення кріопротектора проводили методом серійного центрифугування. На першому етапі до еритроцитів у співвідношенні 1:1 додавали розчин, що містив 0,6 моль/л NaCl. Після цього клітини двічі відмивали фізіологічним розчином. Вміст гемоглобіну, що вийшов у супернатант, визначали спектрофотометрично при довжині хвилі 543 нм. Рівень гемолізу еритроцитів визначали після їх відтаювання та на кожному етапі відмивання клітин від кріопротектора.

Отримані результати показали, що рівень гемолізу еритроцитів безпосередньо після заморожування–відтавання за умов використання 7,5 % та 10 % ДМСО суттєво відрізнявся і становив відповідно 32 % та 14 %. Це свідчить про більш ніж дворазове зниження пошкодження клітин на цьому етапі при підвищенні концентрації кріопротектора. Під час подальшого відмивання еритроцитів від внутрішньоклітинного кріопротектора рівень пошкодження клітин, заморожених із 7,5 % та 10 % ДМСО, достовірно не відрізнявся: на першому етапі він становив 5-8 %, на другому – приблизно 10 %, а на третьому – близько 5 %. Загальний рівень гемолізу еритроцитів, який охоплює показники після відтавання та відмивання від внутрішньоклітинного кріопротектора, при кріоконсервуванні з 7,5 % ДМСО становив 54 %. Збільшення концентрації кріопротектора до 10 % призводило до зниження пошкодження клітин до 32 %.

Отже, дослідження показали, що застосування 10 % ДМСО при кріоконсервуванні еритроцитів собаки є оптимальним, оскільки забезпечує мінімальний гемоліз після заморожування–відтавання та стабільність клітин під час відмивання.

**Методичні підходи до розробки робочої програми
дисципліни «Аналітична хімія» першого (бакалаврського) рівня
для здобувачів вищої освіти спеціальності
G21 «Біотехнології та біоінженерія»**

Зайцева Г. М., Рева Т. Д., Чхало О. М.

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця,
м. Київ, Україна
galinazaitseva777@gmail.com, revatd@ukr.net, ochkhalo@ukr.net

Вступ. Спеціальність «Біотехнології та біоінженерія» є однією із найперспективніших у нашому сьогоденні, фахівці цієї галузі відносяться до найбільш затребуваних на ринку праці в Україні та за кордоном і можуть працевлаштовуватися на підприємствах фармацевтичної, хімічної, харчової промисловості, у лабораторіях стандартизації та сертифікації, у лабораторіях хімічного та мікробіологічного напрямку, приймати участь у розробці проєктів, які пов'язані з вирішенням кроків синтезу нових сучасних лікарських препаратів тощо.

Враховуючи вищезазначене, у 2025 році на фармацевтичному факультеті Національного медичного університету імені О.О. Богомольця була ліцензована освітньо-професійна програма (ОПП у подальшому) G21 «Біотехнології та біоінженерія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, згідно з якою на 2 курсі вищенаведеної спеціальності освітнім компонентом (ОК) є аналітична хімія, на яку відводиться 8 кредитів (модулів-1, змістовних частин – 3, загальна кількість годин – 240). Отже, дисципліна «Аналітична хімія», з нашої точки зору, є однією з найважливіших та фундаментальних, оскільки оволодіння знаннями з цієї дисципліни закладає базис для подальшої спеціалізації фахівця.

Мета дослідження. Розробити робочу програму дисципліни «Аналітична хімія» першого (бакалаврського) рівня для здобувачів вищої освіти спеціальності G21 «Біотехнології та біоінженерія».

Результати. Враховуючи вищенаведене, нами була розроблена робоча програма (РП) з дисципліни «Аналітична хімія» для студентів 2 курсу усіх форм навчання (денної, вечірньої та заочної), що має наступний структурний опис у навчальних годинах: *денна форма* (лекції -30, практичні заняття -120, самостійна робота студента -90; *вечірня форма* (лекції -12, практичні заняття - 78, самостійна робота студента -150, *заочна форма* (лекції - 7, практичні заняття - 40, самостійна робота студента -193).

Баченням основних завдань при викладанні дисципліни «Аналітична хімія» співробітники кафедри аналітичної, фізичної та колоїдної хімії Університету є формування у здобувачів вищої освіти знань, умінь та практичних навичок, які відповідають програмним результатам навчання (ПРН) згідно зі Стандартом вищої освіти спеціальності G21 «Біотехнології та біоінженерія». У результаті вивчення дисципліни студент повинен знати етапи розвитку та основні закони аналітичної хімії, напрями протікання окисно-відновних реакцій та іонні рівноваги у розчинах електролітів, методи розділення та концентрування речовин, реакції якісного аналізу катіонів та аніонів та методики кількісного визначення речовин, математичну статистику стосовно оцінювання правильності та відтворюваності результатів дослідження. Здобувач вищої освіти повинен вміти користуватися мірним посудом, лабораторними та аналітичними терезами, готувати розчини наближеної та точної концентрації, володіти технікою виконання аналітичних реакцій, працювати з інструментарієм, приладами (спектрофотометром, рефрактометром, потенціометром, кондуктометром тощо), самостійно опрацьовувати літературні джерела, які знаходяться у вільному доступі, розробляти методики проведення кількісних визначень та виконувати необхідні обчислювання, оформлювати звітну документацію та протоколи дослідження.

Висновки. Розроблено РП дисципліни «Аналітична хімія» першого (бакалаврського) рівня для здобувачів вищої освіти спеціальності G21 «Біотехнології та біоінженерія».

**Вплив агрегатного стану індукційного середовища
на ефективність андрогенезу пшениці м'якої озимої**

Замбріборщ І. С., Шестопап О. Л., Чекалова М. С., Афіногенов О. А.

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення,
м. Одеса, Україна
zambriborsh@gmail.com

Андрогенез, який передбачає перенаправлення розвитку клітин мікроспор з мікрогаметофіту на спорофітний шлях з наступним одержанням подвоєних гаплоїдів (DH), широко використовується в програмах селекції рослин. Використання DH-технологій дозволяє суттєво скоротити тривалість селекційного циклу, забезпечуючи швидке отримання генетично однорідного матеріалу та підвищення точності добору цінних господарських ознак. Встановлено, що тип живильного середовища істотно впливає як на частоту переходу мікроспор до ембріогенного розвитку, так і на подальшу регенерацію зелених рослин, причому реакція значною мірою залежить від генотипу та фізіологічного стану експлантів. За даними сучасних досліджень, рідкі індукційні середовища часто забезпечують вищу частоту утворення андрогенних ембріонів порівняно з агаризованими, що пояснюється кращою доступністю поживних речовин і регуляторів росту, а також більш рівномірним впливом стресових факторів, необхідних для ініціації ембріогенезу. Упродовж останніх 15 років у нашій лабораторії для отримання подвійно гаплоїдних рослин пшениці м'якої озимої ефективно використовується тверде індукційне середовище 190-2. З огляду на суперечливість літературних даних та актуальність оптимізації DH-технологій, доцільним є порівняльне дослідження ефективності різних типів середовищ однакового хімічного складу.

Дослідження проводили у 2025 рр. з використанням методу культури *in vitro* ізольованих пиляків 26 генотипів пшениці м'якої озимої. Визначали відсоток калюсів, що сформувалися, відсоток зелених та альбіно рослин-

регенерантів від висаджених пиляків, відсоток рослин, що вижили після етапів адаптації до ґрунту та яровизації.

В результаті досліджень показано, що ефективність андрогенезу істотно залежить як від генотипу, так і від складу живильного середовища. Здатність до калусоутворення суттєво варіювала між генотипами. Так, показник «формування новоутворень» як на твердому, так і на рідкому середовищах коливався у широкому діапазоні: від 0,23 до 41,7 % та від 0,22 до 15,0 % відповідно. Ефективність утворення зелених регенерантів виявилася значно нижчою порівняно з процесом калусоутворення. П'ять із 26 генотипів не регенерували зелені рослини з новоутворень в наданих умовах культивування пиляків *in vitro*. Варіювання ознаки коливалось у межах 0,22–4,33% від кількості висаджених пиляків у варіанті досліду із використанням рідкого індукційного середовища 190-2 та 0,04 –17,33 % у варіанті з твердим індукційним середовищем. У більшості генотипів відсоток зелених рослин не перевищував 1–1,5%, за виключенням високочутливих до андрогенезу *in vitro* генотипів F42 (1,87% (р.), 6,62% (тв.)) та F46 (4,33% (р.), 17,33% (тв.)). Альбіно рослини формувались у незначній кількості незалежно від середовища. Показаний достовірний вплив генотипу, типу середовища та їх взаємодії на кількість зелених регенерантів (ANOVA two-way, $p < 0.001$). Після адаптації до умов *ex vitro* та яровизації регенерантів отримано 64 зелених рослини, які наразі дорощуються в умовах штучного клімату. Відсоток адаптації регенерантів достовірно вищий ($69,6 \pm 6,8\%$ проти $41,6 \pm 5,6\%$) у рослин, отриманих на рідкому середовищі.

Таким чином, генотип є ключовим фактором андрогенної відповіді, тоді як тип середовища визначає рівень її реалізації. Значуща взаємодія «генотип $\times$ середовище» вказує на необхідність добору умов культивування для кожного генотипу. Тверде середовище сприяло інтенсивнішому калусоутворенню та подальшій регенерації зелених рослин, тоді як адаптивний потенціал останніх був вищий за використання рідкого індукційного середовища.

**Підбір джерел азоту для максимізації продукування
пектинестерази *Trametes hirsuta* у глибинній культурі**

Зубик П. Р., Клечак І. Р.

Кафедра промислової біотехнології та біофармації, ФБТ,

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

pv.zubyk@i.ua

Пектин – структурний полісахарид клітинних стінок рослин, наявність якого негативно впливає на технологічні процеси харчової, текстильної, целюлозо-паперової промисловості, тощо. До ефективної деградації пектинових компонентів здатні пектинолітичні ферменти, які мають різну фізіологічну активність, включаючи як гідролітичний, так і негідролітичний розрив хімічних зв'язків. Пектинестерази діють на метильні та ацетильні групи пектинового скелету, тим самим збільшуючи доступність складових полісахариду для дії інших пектинолітичних ферментів.

Базидієві макроміцети роду *Trametes* (синонім *Coriolus*) часто розглядаються науковцями як джерела біологічно активних сполук, в тому числі ферментів. Представники цього роду (*T. versicolor*, *T. hirsuta*, *T. ochracea*) характеризуються високою ферментативною активністю не тільки окиснювальних, але й гідролітичних ферментів, в тому числі пектинолітичних. Важливим фактором впливу на синтез цих ферментів є джерело азоту, яке є основною ланкою для утворення амінокислот та, відповідно, білків.

З цієї точки зору, метою був аналіз впливу джерел азоту на пектинестеразну активність макроміцетів *T. hirsuta*.

Культивування штаму *T. hirsuta* IBK 1569 здійснювали у колбах об'ємом 250 см³ із 50 см³ середовища Норкранс (1% бурякового жому) з вихідним рН 7,0 за температури 28 °С. Джерелами азоту слугували нітрати калію (KN), амонію (NN), кальцію (CN), сульфат амонію (NS), казеїн (K), сечовина (U), дріжджовий екстракт (YE) та пептон (P). Як посівний матеріал використовували 5 см³ 7-добового міцелію, вирощеного на глюкозо-пептоно-

дріжджовому середовищі. У культуральній рідині визначали активність пектинестерази (ПЕА, од/см³) титруванням 0,1 N розчином NaOH згідно з Дудка та ін. Культивування та визначення активності проводили у трикратній повторюваності. Статистично відмінними вважали результати зі значенням $p < 0,05$ за критерієм Дункана.

Отримані результати щодо активності пектинестерази *T. hirsuta* IBK 1569 на середовищах з різними джерелами азоту.

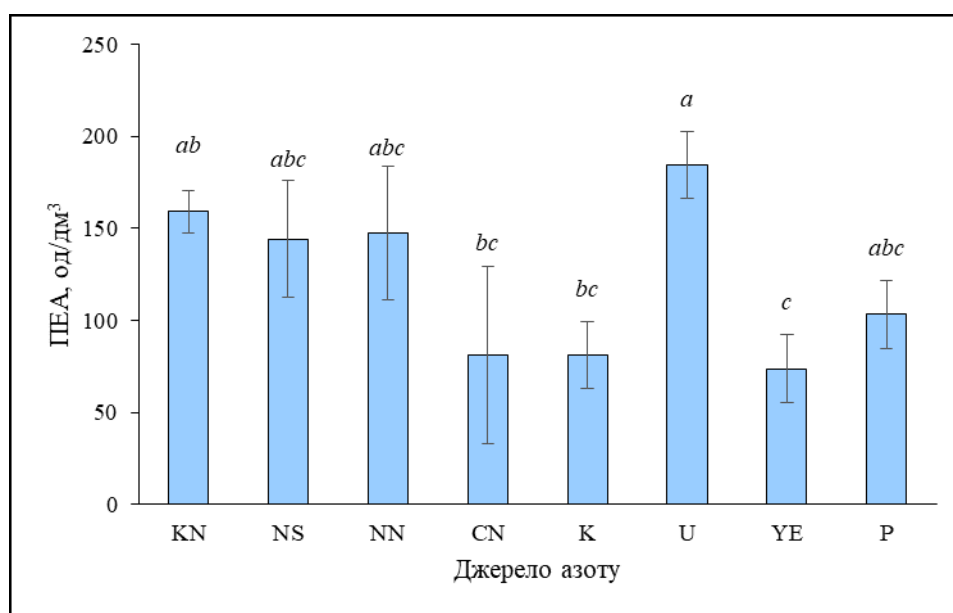


Рис. 1. Ефект джерела вуглецю на пектинестеразну активність *T. hirsuta* IBK 1569.

Найвищу пектинестеразну активність зафіксовано при використанні сечовини – $(184,26 \pm 18,28)$ од/см³. Порівняно з цим варіантом, активність при використанні інших джерел азоту знижується на 10–50 %. Найменший рівень пектинестеразної активності спостерігався при використанні дріжджового екстракту – $(73,71 \pm 18,28)$ од/см³, що у 2,50 раза нижче порівняно з максимальним значенням.

Таким чином, встановлено, що сечовина є найбільш ефективним джерелом азоту для індукції синтезу пектинестерази, забезпечуючи підвищення ферментативної активності у 1,2–2,5 раза порівняно з іншими дослідженими джерелами азоту. Отримані результати свідчать про доцільність використання цього джерела азоту для оптимізації складу поживних середовищ у виробництві пектинестерази.

Перспективи використання модифікованих альгінатних гідрогелів як матриць для іммобілізації симбіонтів сої

Зубков О.В., Шевченко Н. О.

Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України, Харків, Україна
alieksandr.zubkov@gmail.com

Вплив кліматичних змін та зростання антропогенного навантаження на агроєкосистеми зумовлює необхідність пошуку нових підходів до підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Одним з перспективних напрямів сучасних досліджень є вивчення ефективності застосування гідрогелів як регуляторів водного режиму та факторів адаптації рослин до абіотичних стресів.

У низці робіт продемонстровано позитивний вплив гідрогелів, зокрема на основі альгінату натрію, на ріст і розвиток культурних рослин, таких як пшениця, бок-чой, тощо. Нами раніше було досліджено вплив додаткових компонентів у гідрогелевих плівках на основі альгінату натрію на їх фізичні та технологічні властивості. Зокрема, проаналізовано 13 варіантів гідрогелей із додаванням клітковини різного походження, каррагінану, мікрокристалічної целюлози, пектинів, камедей, желатину та модифікованого крохмалю. Водночас вплив модифікованих гідрогелів на проростання насіння сої залишається недостатньо вивченим, що зумовлює актуальність подальших досліджень у цьому напрямі.

Суттєвою перевагою модифікованих гідрогелів є можливість їх використання як матриць для іммобілізації симбіонтів сої, зокрема бактерій родів *Rhizobium* та *Bradyrhizobium*. Це відкриває перспективу створення комбінованих систем, які поєднують гідрогелі з інокулятами культур, що може забезпечити підвищення ефективності росту і розвитку сої на ранніх етапах.

Таким чином у подальшому планується провести дослідження з визначення впливу гідрогелей та іммобілізованих до їхнього складу симбіотичний бактерій на ріст та розвиток насіння сої.

Метаболіти циклу Кребса як фактори біохімічної стимуляції мікроорганізмів активного мулу

Іншина Н. М. , Яхненко О. М.

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

n.inshina@med.sumdu.edu.ua

Активація ферментів та стимуляція метаболічних процесів в клітинах мікроорганізмів активного мулу посилює їх здатність розщеплювати та окиснювати молекули забруднюючих речовин. Аналіз результатів наукових досліджень свідчить, що ефективними стимуляторами метаболізму є субстрати біохімічних процесів енергетичного обміну. Центральну роль в процесах енергозабезпечення клітин відіграє цикл Кребса.

Метою даної роботи є з'ясування потенціалу використання метаболітів циклу Кребса для інтенсифікації процесів біологічного очищення води за рахунок активації метаболізму в клітинах мікроорганізмів активного мулу.

В роботі використовували бібліосемантичний та аналітичний методи, інформаційний пошук проводили на основі баз даних Scopus, Web of Science Core Collection, Google Scholar.

Метаболіти циклу Кребса здійснюють стимулюючий вплив на мікроорганізми активного мулу у наднижьких концентраціях. Цитрат і малат посилюють денітрифікуючу активність бактерій, сукцинат – здатність утилізувати поліфосфати. Під впливом цитрату і оксалоацетату у мікроорганізмів активується синтез екзогенних полісахаридів, що сприяє утворенню флокул та покращує седиментаційні властивості активного мулу. Цитрат, альфа-кетоглутарат і сукцинат збільшують чисельність та покращують видове різноманіття організмів у складі активного мулу.

Таким чином, застосування метаболітів циклу Кребса як факторів біохімічної стимуляції є ефективною стратегією регулювання біоценозу активного мулу, що може бути використано при розробці новітніх високоефективних біотехнологій очищення води.

**Підходи до локальної розробки та виробництва біосимілярів
та генеричних лікарських засобів для ад'ювантної терапії
нирково-клітинної карциноми в Україні**

Кайота О. В., Хохленкова Н. В., Волкова А. В.

Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна
akayota@gmail.com

Вступ. Інгібітори контрольних точок (PD-1/PD-L1 інгібітори, зокрема пембrolізумаб) та інгібітори тирозинкіназ (ІТК, зокрема сунітиніб) є найбільш обґрунтованими опціями ад'ювантної терапії нирково-клітинної карциноми (НKK) згідно з результатами клінічних досліджень (KEYNOTE-564, S-TRAC та ін.). Їх доступність в Україні обмежена високою вартістю оригінальних лікарських засобів (ЛЗ) та критичною залежністю від імпорту генериків сунітинібу.

Укладання Україною у 2026 році договору керованого доступу (ДКД) щодо ЛЗ пембrolізумаб для лікування меланоми демонструє визнання державою клінічної цінності інгібіторів PD-1. Водночас, ДКД не охоплює показань НKK, а доказова база щодо ефективності окремих представників класу інгібіторів PD-1 та ІТК в ад'ювантній терапії НKK створює передумови для розширення державного фінансування на це показання. За таких умов розробка біосимілярів та локальне виробництво генериків набувають особливої актуальності для зниження бюджетного навантаження при потенційному включенні НKK до програм державних закупівель.

Розробка біосимілярів інгібіторів PD-1/PD-L1 та налагодження локального виробництва сунітинібу можуть не тільки знизити фінансове навантаження на систему охорони здоров'я (за оцінками, на 30-50%), а й забезпечити стратегічну незалежність України у критичних секторах онкологічної допомоги.

Мета роботи Обґрунтування біотехнологічних підходів до розробки біосимілярів інгібіторів PD-1/PD-L1 та перспектив локального виробництва сунітинібу для підвищення доступності ад'ювантної терапії НKK в Україні.

Методи. Проведено аналіз нормативної бази України та ЄС щодо реєстрації біосимілярів (ВООЗ, ЕМА, ДЕЦ МОЗ), та систематизацію даних про виробничі потужності вітчизняних підприємств. Використано рекомендації ІСН (Q5E, Q6B) та настанови ЕМА щодо біосимілярності моноклональних антитіл.

Результати. Вітчизняні біотехнологічні підприємства мають GMP-сертифіковані лінії для виробництва рекомбінантних білків, однак повний цикл виробництва моноклональних антитіл в Україні не налагоджено. Розробка біосимілярів інгібіторів PD-1/PD-L1 передбачає: конструювання клітинної лінії – продуцента (СНО); масштабування культивування з контролем глікозилування; багатоетапне очищення (афінна та іонообмінна хроматографія) з вірусною інактивацією; аналітичну характеристику біосимілярності (структура, зв'язування з PD-1/PD-L1 та Fcγ-рецепторами) та клінічні дослідження.

Генерики сунітинібу, зареєстровані в Україні, виробляються виключно в Індії. Локальне виробництво відсутнє. Це відкриває перспективи для вітчизняних підприємств з метою зменшення залежності від критичного імпорту: синтез активного фармацевтичного інгредієнта (АФІ) методами органічної хімії (конденсація індолінон-піролового фрагменту), отримання малатної солі з контролем поліморфізму, розробка дозованої форми та дослідження біоеквівалентності. Додатковою можливістю є біотехнологічне отримання L-яблучної кислоти (малату) шляхом ферментації фумарової кислоти для забезпечення повного циклу виробництва.

Регуляторний аналіз показав, що в Україні біосиміляри моноклональних антитіл реєструються за спрощеною процедурою, гармонізованою з вимогами ЕМА. Для реєстрації необхідні дослідження порівнянності (аналітичні, доклінічні та клінічні), вартість яких становить приблизно 30–40 % від вартості розробки оригінального препарату.

Висновки. Біосиміляри інгібіторів PD-1/PD-L1 потребують значних інвестицій у спеціалізовані потужності, тому короткостроковим пріоритетом є налагодження локального виробництва генериків сунітинібу як технологічно простішого варіанту. Наявність діючого ДКД на пембролізумаб для меланоми

створює сприятливе регуляторне середовище та прецедент для подальшого розширення застосування інгібіторів PD-1, зокрема на ад'ювантну терапію НКК після завершення фармакоекономічної оцінки.

Комбінований підхід — локальні генерики сунітинібу в короткостроковій перспективі (2026–2027 рр.) та розвиток біотехнологічних компетенцій для виробництва біосимілярів у середньостроковій перспективі (2028–2030 рр.) — дозволить оптимізувати бюджетний вплив ад'ювантного лікування НКК та диверсифікувати постачання лікарських засобів для онкологічних пацієнтів в Україні.

Перспективи подальших досліджень. Техніко-економічне обґрунтування локального виробництва сунітинібу та моноклональних антитіл, фармакоекономічний аналіз біосимілярних і генеричних варіантів терапії НКК в умовах діючого ДКД, розробка дорожньої карти трансферу біотехнологій в Україні.

Технологічні особливості одержання комплексного екстракту з *Cetraria islandica*

Калініна В. С., Цісак А. О.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, м. Одеса, Україна
kobernikalena11@gmail.com

Зростання інтересу до фітотерапевтичних засобів зумовлює необхідність розробки ефективних та безпечних лікарських препаратів рослинного походження. Особливу увагу привертають лікарські лишайники, зокрема *Cetraria islandica* (цетрарія ісландська), яка є джерелом біологічно активних речовин різної хімічної природи, включаючи поліфенольні сполуки, полісахариди та лишайникові кислоти.

Встановлено, що полісахариди цетрарії проявляють виражені обволікаючі, імуномодулюючі та протизапальні властивості, тоді як поліфенольні сполуки забезпечують антиоксидантну та мембраностабілізуючу

дію. Однак традиційні підходи до екстракції не дозволяють одночасно ефективно вилучити як гідрофільні, так і помірно полярні компоненти, що обмежує фармакологічний потенціал отриманих екстрактів.

У зв'язку з цим актуальним є створення комплексних екстрактів шляхом поєднання різних методів екстракції, що забезпечує більш повне вилучення біологічно активних речовин та підвищення терапевтичної ефективності.

Мета роботи - розробка технології одержання комплексного екстракту зі слоєвища *Cetraria islandica* шляхом поєднання водної та спиртово-водної екстракції та оцінка його хімічного складу.

Матеріали та методи

Об'єктом дослідження було слоєвище *Cetraria islandica*. Для отримання екстрактів використовували два підходи:

Водна екстракція проводилась методом вичерпної екстракції із застосуванням зворотного холодильника. Екстрагування здійснювали тричі при нагріванні протягом 30 хвилин. Отриманий екстракт фільтрували та використовували для подальшого аналізу.

Спиртово-водна екстракція проводилась методом мацерації протягом 14 діб при кімнатній температурі. Співвідношення сировина : екстрагент становило 1:10. Після завершення екстракції витяжку відфільтровували.

Комплексний екстракт отримували шляхом змішування водного екстракту зі згущеним (упареним) спиртово-водним екстрактом до отримання однорідної системи.

Кількісне визначення екстрактивних речовин проводили гравіметричним методом. Вміст полісахаридів визначали після їх осадження, а суму поліфенольних сполук - спектрофотометрично у перерахунку на галову кислоту.

Результати та їх обговорення

У результаті проведених досліджень встановлено, що водна екстракція забезпечує ефективне вилучення гідрофільних компонентів, передусім полісахаридів. Вміст полісахаридів у водному екстракті становив 50,15%, а

загальний вміст екстрактивних речовин - 31,7%, що свідчить про високу ефективність даного методу щодо вилучення високомолекулярних сполук узгоджується з літературними даними щодо високої розчинності полісахаридів у воді.

Водночас спиртово-водна екстракція характеризувалася значно нижчим виходом екстрактивних речовин - 16,2%, що майже у два рази менше порівняно з водною витяжкою. Проте даний екстракт містив значну кількість поліфенольних сполук (17,9% у перерахунку на галову кислоту), які практично не вилучаються при використанні води як екстрагента, що підтверджується даними інших досліджень.

Отримані результати підтверджують доцільність використання комбінованого підходу до екстракції, оскільки різні за полярністю групи біологічно активних речовин мають різну розчинність, що також відзначається у сучасних наукових роботах.

З метою максимального збереження та поєднання фармакологічно значущих компонентів було запропоновано технологію отримання комплексного екстракту шляхом об'єднання водного екстракту та попередньо упареного спиртово-водного екстракту. Такий підхід дозволяє:

- забезпечити високий вміст полісахаридів;
- зберегти поліфенольні сполуки;
- отримати екстракт із розширеним спектром біологічної активності.

Комплексний екстракт надалі може використовуватись для розробки лікарських форм, що відкриває перспективи його практичного застосування та відповідає сучасним тенденціям розробки фітопрепаратів для місцевого застосування.

Висновки

1. Слоєвище *Cetraria islandica* є перспективною лікарською рослинною сировиною для створення протизапальних засобів завдяки високому вмісту біологічно активних речовин.

2. Водна екстракція забезпечує високий вихід полісахаридів (50,15%) та екстрактивних речовин (31,7%).
3. Спиртово-водна екстракція дозволяє отримати екстракт із високим вмістом поліфенольних сполук (17,9%), хоча загальний вихід екстрактивних речовин є нижчим (16,2%).
4. Розроблено технологію отримання комплексного екстракту шляхом поєднання водного та упареного спиртово-водного екстрактів.
5. Отриманий комплексний екстракт є перспективним для створення лікарських форм з широким спектром фармакологічної активності.

Біотехнологічні підходи у реабілітаційному догляді після ампутації кінцівок

Калюжная О. С., Рубан О. А., Хохленкова Н. В.

Національний фармацевтичний університет, Харків, Україна
kalyuzhnaya@nuph.edu.ua

Проблема реабілітації осіб з ампутаціями кінцівок набула критичної актуальності, особливо в контексті сучасних глобальних викликів та зростання кількості мінно-вибухових травм в Україні. Успішне протезування безпосередньо залежить від стану кукси – її форми, трофіки тканин та здоров'я шкірних покривів. Методи догляду направлені на запобігання та лікування специфічних ускладнень (контактний дерматит, фолікуліт, виразки, ішемія кукси, інфекції, нейропатичний біль).

Одним із найбільш перспективних напрямом є регенеративна медицина, зокрема методи цільової м'язової реіннервації (targeted muscle reinnervation, TMR) та регенеративного периферичного нервового інтерфейсу (regenerative peripheral nerve interface, RPNI). TMR передбачає перенаправлення перерізаних периферичних нервів до моторних гілок сусідніх м'язів, тоді як RPNI полягає в імплантації нервового кінця в аутологічний м'язовий трансплантат. Завдяки цьому нерви отримують чітку «ціль» для регенерації, що запобігає хаотичному

аксональному спраутінгу та формуванню болісних невром. Метод визнаний стандартом медичної допомоги в США та Європі для зниження фантомного болю та залишкового болю культі.

Іншим перспективним біотехнологічним напрямком є застосування аутологічної плазми, збагаченої тромбоцитами (platelet-rich plasma, PRP), та мезенхімальних стовбурових клітин (mesenchymal stem cells, MSC). PRP отримують шляхом центрифугування власної крові пацієнта з подальшим виділенням концентрату, що містить у 4–6 разів більше тромбоцитів. Активовані тромбоцити виділяють потужний «коктейль» біологічно активних факторів, зокрема IL-10, TGF- β та HGF. Ці речовини пригнічують про-запальні цитокіни (TNF- α та IL-6), перемикають макрофаги з про-запального M1-режиму на відновлювальний M2-режим і суттєво зменшують нейрозапалення. Мезенхімальні стовбурові клітини, отримані з жирової тканини або кісткового мозку, додатково стимулюють ангіогенез і модулюють імунну відповідь.

Значний прогрес спостерігається також у сфері 3D-біопринтингу. Технологія дозволяє створювати персоналізовані шкірні трансплантати, судинні структури та протезні сокети з використанням біо-чорнил, що складаються з гідрогелів, живих клітин і факторів росту. Механізм дії базується на імітації природного позаклітинного матриксу, що забезпечує ефективну васкуляризацію та інтеграцію імплантованих конструкцій з тканинами пацієнта. У світі 3D-біопринтинг уже застосовується для порятунку кінцівок та створення біологічних конструкцій. В Україні наразі переважно використовують класичний 3D-друк персоналізованих протезних сокетів (центри Superhumans та Protez Hub), тоді як повноцінний біопринтинг із живими клітинами перебуває на дослідницькому рівні. Перспективним напрямком вважається розвиток 4D-друку адаптивних матеріалів.

Окремий блок біотехнологічних рішень стосується догляду за шкірою кукси. Виробники активно інтегрують біоактивні компоненти безпосередньо в структуру силіконових та гелевих лайнерів. Наприклад, Alps South використовує в матеріалі лайнерів EasyLiner® пролонгований антиоксидант, а

також випускає спеціальні креми з вітаміном Е та маслом авокадо; Össur у лінії Iceross Dermo застосовує активні інгредієнти на основі алое вера та ментолу для постійного зволоження та захисту чутливої шкіри. Перспективними є дослідження з розробки багатофункціональних гідрогелевих плівок та покриттів на основі хітозану, альгінату, гіалуронової кислоти та карбоксиметилцелюлози, які можуть насичуватися PRP, MSC або рекомбінантними факторами росту, забезпечуючи пролонговане вивільнення активних речовин і реагуючи на рН або окислювально-відновний стан рани.

Таким чином, біотехнологічні підходи значно розширюють можливості реабілітаційного догляду після ампутації кінцівок.

Дослідження протеолітичної активності ензимовмісних косметичних засобів

Карікова С. А., Федорова О. В.

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

karikova9712@gmail.com

Використання ферментів протеолітичної дії, що мають природне походження, є перспективним напрямком у сучасній косметичній біотехнології. Такі ензими здатні ефективно руйнувати складні білкові матрикси, зокрема кератин, що дозволяє створювати засоби для делікатної ексfolіації без залучення агресивних хімічних агентів чи абразивних часток.

До ключових агентів, що застосовуються в таких рецептурах, належать гідролази, зокрема серинові та цистеїнові протеази (папаїн, бромелаїн, мікробіологічна кератиназа). Механізм їхньої дії полягає у селективному розщепленні пептидних зв'язків між клітинами рогового шару епідермісу.

Основним об'єктом впливу протеаз є корнеодесмосоми - спеціалізовані білкові комплекси, що забезпечують адгезію корнеоцитів. Ці структури формуються на етапі диференціації клітин і залишаються стабільними до моменту природного відлущування (десквамації). Природний процес

десквамації регулюється ендogenousними калікреїнами (KLK5, KLK7, KLK14), які активуються при слабкокислому значенні рН (~5).

Регуляція активності цих ферментів у шкірі здійснюється за допомогою іонів цинку та специфічних інгібіторів, таких як білок LEKTI. Дисбаланс у цій системі призводить до розвитку патологічних станів, зокрема атпічного дерматиту або іхтіозу. Використання зовнішніх ензимних засобів дозволяє імітувати природний біохімічний механізм руйнування корнеодесмосом.

Для аналітичного контролю якості та ефективності таких засобів застосовують спектрофотометричний метод, що базується на виявленні вільного L-тироzinу.

Дослідження базується на здатності ферментів розщеплювати казеїн до вільних амінокислот (зокрема тирозину) протягом інкубації при 37°C. Реакцію зупиняють трихлороцтовою кислотою (CCl_3COOH), після чого в безбілковому центрифугаті визначають кількість вивільненого тирозину за допомогою реактиву Фоліна-Чокальтеу. Інтенсивність забарвлення, що утворюється, вимірюють спектрофотометрично при 660 нм, а розрахунок ферментативної активності проводять за попередньо побудованим калібрувальним графіком.

Дослідження включає такі основні етапи: підготовка буферного розчину (створення буферного розчину з оптимальним рН (7,5) та додавання 1% Triton X-100 для екстракції ферментів), ферментативна стадія (взаємодія субстрату (казеїну) з досліджуваним зразком), аналітична стадія (осадження нерозщеплених білків та проведення кольорової реакції на тирозин); кількісна оцінка (визначення оптичної густини, яка прямо пропорційна активності протеаз у зразку).

Кількісне визначення базується на здатності тирозину утворювати забарвлені сполуки у лужному середовищі, що дозволяє розрахувати активність ферменту за кількістю вивільненого продукту гідролізу казеїну. Згідно з результатами проведених досліджень лише 2 з 10-ти досліджуваних зразків проявили хорошу протеолітичну активність.

**Інноваційні біотехнології визначення статі яєчних курчат
в період ембріонального розвитку**

Каркач П. М.

Кафедра технології виробництва продукції птахівництва та свинарства,
Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла церква, Україна
peter.karkach@gmail.com

Світова птахівнича індустрія протягом тривалого часу займається розробкою ефективних методів контролю статі пташенят у період їх ембріонального розвитку. Це пов'язано з промислових яєчних виробництвом товарних яєць, де потрібні тільки курчата жіночої статі, а добові пташенята чоловічої статі жорстоко вибраковуються в добовому віці, що серйозно підвищує етичні та правові проблеми. Подальша відгодівля на м'ясо півників яєчних кросів курей є економічно не вигідною, тому важливим є визначення статі і вибракування чоловічої статі ще до їх інкубації або у перший тиждень розвитку ембріону.

На сьогоднішній день успішно завершилися, пройшли фазу розробки і дійшли до практичного застосування в Європі три методи визначення статі:

1. гіперспектральний аналіз «CHEGGY», який включає підсвічування яєць в мірній камері знизу; виявлення повітряної камери за допомогою тепловізійної камери; запис спектрів гіперспектральною камерою зверху; аналіз, класифікація та маркування інкубаційних яєць на «жіночі», «чоловічі», «безплідні/нерозвинені»;
2. ендокринологічне статеве обстеження «Seleggt», яке здійснюють шляхом відбору зразків рідини яєць між 13 і 18 днями. Аналізуючи за допомогою імуноферментного аналізу рівень естрадіолу (E2), естрону сульфату (E1S) та тестостерону (T), встановлюють специфічні для статі відмінності в концентраціях у жіночих та чоловічих ембріонів, де точна ідентифікація статі є можливою на 10-й день інкубації;
3. аналіз ДНК «PlantEgg», використовуючи метод ПЛР (полімеразної ланцюгової реакції) для визначення відмінностей між двома статями за

допомогою відбору невеликої кількості генетичної ДНК, наявної в аллантаїчній рідині, і після ампліфікування за допомогою ПЛР, встановлюючи оптичний сигнал, що вказує на жіночу ДНК. У випадку з чоловічою ДНК сигнал не видно.

Кінцевою метою як генетичних, так і епігенетичних досліджень розвитку статі птахів є надання якомога раніше достовірної інформації про стать ембріонів і співпраця з приладами для ідентифікації одностатевих запліднених яйцеклітин.

Екзосоми людини: перспективи застосування та методи контролю якості

Кишинець Н. В.

ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів»,
м. Харків, Україна
nelkish@gmail.com

Екзосоми є позаклітинними везикулами розміром 30–150 нм, що виробляються всіма клітинами організму для обміну інформацією, граючи ключову роль у міжклітинній комунікації. В організмі людини вони діють як «кур'єри», які доставляють фактори росту, РНК та білки в цільові клітини задля стимуляції процесів регенерації. В клінічній практиці екзосомальної терапії, на відміну від прямого застосовування стовбурових клітин, притаманні нижча імуногенність та відсутність ризику пухлиноутворення.

Сучасні дослідження зосереджені на різних напрямках медичного застосування екзосом, а саме: транспорт ліків до клітин-мішеней, минаючи, завдяки мікроскопічним розмірам, біологічні бар'єри; регенерація тканин на клітинному рівні без ризику їх некрозу або імунної відповіді, що є суттєвою перевагою в порівнянні зі стовбуровими клітинами; протизапальна дія, спрямована на пригнічення цитокінового шторму – фізіологічної реакції, потенційно небезпечної для життя людини; діагностика онкологічних,

нейродегенеративних та запальних захворювань і, що вкрай важливо, на ранній стадії розвитку.

Хоча більшість фармацевтичних препаратів на основі екзосом ще знаходяться на стадії II або III фази клінічних випробувань, вже існують певні напрями їхнього використання – естетична медицина (сироватки для відновлення шкіри та волосся, лікування алопеції), комбустологія, терапія, дерматологія (лікування опіків та хронічних ран), лабораторна діагностика (маркери патологічного стану в крові, сечі, слині та іншій біологічній рідині).

Сьогодні над екзосомами працюють як наукові світові гіганти, так і спеціалізовані біотехнологічні компанії: Codiak BioSciences (США), Evox Therapeutics (Велика Британія), Capricor Therapeutics (США), Kimera Labs (США), EchoCoBio (Корея), Benev (США) тощо.

Попри успіхи, під час впровадження екзосом у медицину виникають труднощі щодо їх стандартизації, масштабування та зберігання. Зокрема, важко досягти ідентичності кожної серії екзосом (на відміну від традиційних лікарських засобів); складно отримати велику кількості чистих везикул у промислових масштабах без втрати їхньої якості; необхідно підтримувати наднизькі температури (-80°C) для збереження їхньої біологічної активності.

Наукова достовірність результатів базується на суворому дотримуванні настанов MISEV (2018, 2023). Обов'язковим етапом є валідація чистоти везикул аналізуванням співвідношення «кількість часток / загальний білок» для виключення стороннього забруднення. Ідентифікування екзосом проводять за наявністю специфічних тетраспанінів (CD63, CD81) та відсутністю негативних маркерів (напр., альбуміну), що мінімізує вплив мікробіологічних забруднювачів та інших домішок на результати терапевтичного застосування. Основними методами очищення є тангенціальне фільтрування та ексклюзійна хроматографія. Якість кожної серії підтверджують вимірюванням концентрації часток (метод NTA) та ідентифікуванням маркерів CD63/CD81.

Екзосоми мають величезний потенціал завдяки низькій імуногенності та здатності до цілеспрямованого впливу на клітини-мішені. Проте вони

потребують суворого дотримування протоколів очищення для уникнення стороннього забруднення. Впровадження екзосом у клінічну практику залежить від створення стандартизованих методів їхнього очищення та контролювання. Лише за умови дотримання високих стандартів GMP можливе гарантування безпечності цих препаратів.

Під час подальшого розвитку біотехнологій екзосоми можуть стати універсальним інструментом персоналізованої медицини, забезпечуючи точне доставляння ліків без побічних ефектів.

**Визначення коефіцієнтів пасивної проникності мембран
еритроцитів людини для ДМСО у присутності полівінілового спирту
та гіалуронової кислоти різної молекулярної маси**

Коваленко С. Є., Тимофєєва О. В., Коваленко І. Ф.,

Македонська В. О., Смольянінова Є. І.

Інститут проблем кріобіології та кріомедицини НАН України, м. Харків, Україна
s.kovalenko.kharkiv@gmail.com

Оптимізація складу кріозахисних середовищ для клітинних суспензій, зокрема еритроцитів людини, залишається пріоритетним завданням сучасної кріобіології. Ключовим аспектом є мінімізація цитотоксичної дії кріопротекторів шляхом введення до складу розчинів синтетичних та природних біополімерів, що дозволяє стабілізувати мембрани та регулювати осмотичні навантаження на клітини та процеси кристалізації. Стан плазматичної мембрани еритроцитів при підготовці до кріоконсервування є визначальним фактором їхньої подальшої збереженості. Визначення коефіцієнтів пасивної проникності мембран клітин для молекул кріопротекторів дає змогу оцінити їхній вплив на структурно-функціональний стан мембран та спрогнозувати розвиток осмотичних стресів на етапах інкубації.

Метою роботи було вивчення впливу полівінілового спирту (ПВС) та гіалуронової кислоти (ГК) різної молекулярної маси на проникність мембран еритроцитів людини для молекул ДМСО.

Дослідження проводили на еритроцитах донорської крові людини групи А(ІІ). У роботі використовували розчини ПВС (м. м. 9 кДа), низькомолекулярну (НмГК, 10–100 кДа) та високомолекулярну (ВмГК, >2000 кДа) гіалуронову кислоту в концентраціях 0,1%; 0,2%; 0,5% у поєднанні з 1М розчином ДМСО.

Для визначення коефіцієнтів пасивної проникності мембран еритроцитів людини для молекул ДМСО був застосований метод малокутового розсіювання світла. В результаті були отримані кінетичні криві гемолізу еритроцитів в 1М водних розчинах досліджуваних речовин. Інтенсивність розсіяного суспензією еритроцитів людини світла під кутом 9° у напрямку до пучка, що падає, вимірювали за допомогою пристрою, розробленого у відділі НТК ІПКіК НАНУ та виготовленого науково-виробничою фірмою «Кріокон» (м. Харків).

При визначенні коефіцієнтів проникності мембран еритроцитів для ДМСО використовували фізико-математичну модель гіпотонічного гемолізу еритроцитів, яка була розроблена фахівцями відділі НТК ІПКіК НАНУ.

Встановлено, що коефіцієнт проникності мембран еритроцитів для ДМСО у водному розчині без полімерів становив $(3,76 \pm 0,43) \times 10^7$ м/с. При додаванні ПВС у концентрації 0,1% спостерігалось достовірне підвищення проникності до $(4,69 \pm 0,41) \times 10^7$ м/с ($p < 0,05$), тоді як подальше збільшення концентрації ПВС до 1% призводило до зниження цього показника до $(3,02 \pm 0,16) \times 10^7$ м/с. Для розчинів НмГК (0,1–0,5%) значення коефіцієнтів варіювали в межах $(4,09–5,17) \times 10^7$ м/с, а для ВмГК — залишалися стабільними на рівні $(3,70–4,04) \times 10^7$ м/с. Статистично значущих відмінностей цього параметра у розчинах гіалуронової кислоти порівняно з контролем не виявлено. що може свідчити про її стабілізуючу дію на плазматичні мембрани еритроцитів.

Отримані результати свідчать про специфічну реакцію мембранних структур на присутність полімерів різної природи. Хоча вираженої цитотоксичної дії ПВС відносно еритроцитів немає, модифікація пасивної проникності мембран еритроцитів для молекул ДМСО у присутності 0,1% ПВС свідчить про можливий вплив цього синтетичного полімеру на структурний

стан мембран. В той же час гіалуронова кислота, яка є природнім полімером, може оказувати стабілізуючу дію на плазматичні мембрани еритроцитів людини, що підтверджує перспективність ГК як компонента кріозахисних розчинів для підтримки гомеостазу клітин.

Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на мікробіологічні показники дослідних зразків формового желейного мармеладу

¹Коваль А., ²Цихановська І.

¹Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна

² Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна
kovalalla68@gmail.com

Перспективним напрямком в галузі желейно-мармеладних виробів є створення продукції, яка має високі показники якості і тривалий термін зберігання. В якості поліпшувача формового желейного мармеладу нами розроблено та запропоновано харчову добавку «Магнетофуд» – нанопорошок з розміром частинок (70–80) нм. «Магнетофуд» [Патент UA № 126502, МПК А 23L 13/40, A23L 33/10. Харчова добавка «Магнетофуд»] – харчова добавка з високим функціонально-технологічним потенціалом. За рахунок Fe (II), нанорозмірів, розвиненої активної поверхні, бактеріостатичності, високої термостабільності «Магнетофуд» має відновні, антиоксидантні, антимікробні, сорбційні, комплексоутворюючі, емульгуючі, вологоутримуючі, жирутримуючі, вологозв'язуючі, стабілізуючі, структуруючі властивості. Це дозволяє рекомендувати «Магнетофуд» як добавку комплексної дії для підвищення якості та подовження терміну зберігання формового желейного мармеладу.

Метою роботи є дослідження впливу харчової добавки «Магнетофуд» на мікробіологічні показники дослідних зразків формового желейного мармеладу на агарі (зразок 1) та пектині (зразок 2) відразу після виготовлення та після

зберігання протягом 75 та 90 діб при відносній вологості повітря $\phi=(90\pm 2)\%$. Приготування дослідних зразків мармеладу проводили відповідно до традиційної технології формового желейного мармеладу за класичною рецептурою. Перелік мікробіологічних показників, за якими проводили контроль якості готових мармеладних виробів, встановлювали, керуючись вимогами ДСП 4.4.5.078; МБТ № 5061-89 і ДСТУ 4683:2006.

Таблиця 1. Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на мікробіологічні показники дослідних зразків формового желейного мармеладу порівнянні з контрольними зразками в процесі зберігання

Найменування показників	Норматив	Дослідні зразки желейного мармеладу при $\phi=(90\pm 2)\%$		
		Контрольні зразки	Зразок 1	Зразок 2
1	2	3	4	5
Термін зберігання 75 діб				
КМАФАнМ, КУО/г, відразу / через 90 діб	$1,0 \times 10^3$	не виявл. / $1,0 \times 10^2$	не виявл. / $1,0 \times 10^1$	не виявл. / $1,0 \times 10^1$
Дріжджі КУО/г, відразу/через 90 діб	50	не виявлено / 6,0	не виявлено / 2,0	не виявлено / 2,0
БГКП (коліформи), в 0,1 г, відразу/через 90 діб	не доз.	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Патогенні м/о, у тому числі бактерії ро-ду Salmonella, в 25г, відразу/через 90 діб	не доз.	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Плесняві гриби КУО/г, не більше, відразу / через 90 діб	50	не виявлено / 4,0	не виявлено / 2,0	не виявлено / 2,0
Термін зберігання 90 діб				
КМАФАнМ, КУО/г, відразу / через 90 діб	$1,0 \times 10^3$	не виявл. / $1,0 \times 10^3$	не виявл. / $1,0 \times 10^2$	не виявл. / $1,0 \times 10^2$
Дріжджі КУО/г, відразу/через 90 діб	50	не виявлено / 9,0	не виявлено / 4,0	не виявлено / 4,0
БГКП (коліформи), в 0,1 г, відразу/через 90 діб	не доз.	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Патогенні м/о, у тому числі бактерії ро-ду Salmonella, в 25г, відразу/через 90 діб	не доз.	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Плесняві гриби КУО/г, не більше, відразу / через 90 діб	50	не виявлено / 6,0	не виявлено / 3,0	не виявлено / 3,0

Введення харчової добавки «Магнетофуд» пригнічує контамінацію поверхні дослідних зразків мармеладних виробів:

– при зберіганні дослідних зразків мармеладу при вологості повітря (90 ± 2) % протягом 75 діб у зразках 1, 2 зменшується: КМАФАнМ в 10 разів, дріжджів – в 3 рази, пліснявих грибів – в 2 рази у порівнянні з контролем;

– при зберіганні дослідних зразків мармеладу при вологості повітря (90 ± 2) % протягом 90 діб у зразках 1, 2 зменшується: КМАФАнМ в 10 разів, дріжджів – в 2,5 рази, пліснявих грибів – в 2 рази у порівнянні з контролем.

Це пов'язано з бактеріостатичною дією харчової добавки «Магнетофуд».

**Праймінг насіння зернових злаків донором нітроген оксиду
і рослинними нейротрансмітерами як прийом для підвищення
його схожості і стійкості рослин до дії абіотичних стресорів**

^{1,2,3}Колупасєв Ю. Є., ^{1,2}Шахов І. В., ¹Ястреб Т. О.,

^{1,2}Тарабан Д. А., ¹Обозний О. І., ²Карпець Ю. В.

¹ Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, м. Харків, Україна

²Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

³Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

plant_biology@ukr.net

Для підвищення швидкості та однорідності проростання насіння, особливо у несприятливих умовах, в останнє десятиліття досить активно використовуються технології праймінгу (Paparella et al., 2015; Sako et al., 2020). Цим терміном визначають метод контрольованого зволоження та висушування зернівок для посилення в них передгермінативних метаболічних процесів (Waqas et al., 2019). Найбільш простий прийом праймінгу – гідропраймінг – частіше використовують у поєднанні з впливом на насіння розчинів різних фізіологічно активних речовин (ФАР), насамперед фітогормонів, стресових метаболітів і сигнальних посередників (Kaur, Kaur, 2018; Ibrahim, 2019; Kumar et al., 2021; Sen et al., 2021; Chipilski et al., 2023). Спектр цих сполук постійно розширюється. Останніми роками у світі особлива увага приділяється фізіологічній активності сполук, які умовно називають рослинними

нейромедіаторами, зокрема мелатоніну і γ -аміномасляній кислоті (ГАМК), котрі, як стало відомо, є важливими сигнальними молекулами рослин (Akula, Mukherjee, 2020; Hasan et al., 2021; Arnao et al., 2022; Mishra, Sarkar, 2023). Поряд із накопиченням знань про рослинні нейромедіатори сформувалися уявлення і про роль у функціонуванні рослин газотрансмітерів – ендогенних газоподібних сполук, що виконують сигнальні функції (Yao et al., 2019; Kolupaev et al., 2022). Серед останніх найбільш вивченим є нітроген оксид (NO), який нині вважається ключовим учасником сигнальних мереж рослинних клітин, пов'язаним з багатьма фітогормонами і рослинними нейромедіаторами.

Нами проведені порівняльні дослідження впливу праймінгу зернівок пшениці м'якої і тритикале мелатоніном, ГАМК і донором NO нітропрусидом натрію (НПН) на їх проростання в оптимальних і стресових умовах та стійкість проростків до осмотичного і сольового стресів. Встановлено, що 3-годинна обробка мелатоніном в концентраціях діапазону 5-50 мкМ, ГАМК від 0,2 до 2,0 мМ і НПН від 20 до 200 мкМ сприяла проростанню зернівок пшениці і тритикале, що зазнали прискореного старіння внаслідок попереднього 3-річного зберігання за умов нестабільної температури і вологості. Також обробка вказаними сполуками посилювала проростання насіння пшениці і тритикале з нормальною схожістю за умов осмотичного (13% ПЕГ 6000) або сольового (150 мМ NaCl) стресів та накопичення біомаси органів проростків. Водночас виявлено зменшення під впливом мелатоніну, ГАМК і донора NO інтенсивності окиснювального стресу в тканинах пагонів, що визначалася за рівнем генерації супероксидного аніон-радикала і вмістом гідроген пероксиду та малонового діальдегіду. Також праймінг спричиняв підвищення активності амілази у зернівках та вмісту розчинних вуглеводів у пагонах. За обробки старого насіння пшениці мелатоніном, ГАМК і донором NO у пагонах зростав загальний вміст фенольних сполук, а праймінг старого насіння тритикале спричиняв підвищення у пагонах вмісту антоціанів. За стресових умов обробка насіння пшениці мелатоніном, ГАМК і донором NO сприяла збереженню пулу фенольних сполук. Водночас праймінг зернівок тритикале запобігав зниженню

вмісту антоціанів у пагонах за умов осмотичного та сольового стресів. Примітно, що обробка зернівок ГАМК, як і вплив на них НПН, призводила до підвищення у пагонах вмісту ендogenous NO. Водночас за комбінованої обробки зернівок ГАМК і скавенджером NO метиленовим синім вплив ГАМК на енергію проростання зернівок, ріст проростків, активність амілази і вміст цукрів та вторинних метаболітів не проявлявся, що свідчить про ключову роль NO як посередника у регуляції проростання насіння і активації стрес-протекторних систем.

Мета-аналіз результатів досліджень впливу екзогенної трегалози на стійкість пшениці до абіотичних стресорів

^{1,2,3}Колупаєв Ю. Є., ⁴Шкляревський М. А., ^{1,2}Шахов І. В.,
^{1,2}Тарабан Д. А., ¹Обозний О. І., ¹Ястреб Т. О.

¹ Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, м. Харків, Україна

²Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

³Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

⁴ТОВ «Інтего Груп», м. Харків, Україна

plant_biology@ukr.net

Трегалоза – дисахарид, що утворений двома молекулами D-глюкози, з'єднаними 1,1-зв'язком, вважається широко розповсюдженим у різних організмів, включаючи бактерії, дріжджі, гриби і водорості, а також деяких комах, безхребетних і царство рослин (Han et al., 2024). Серед розчинних вуглеводів трегалозу вважають унікальним стресовим метаболітом рослин. Це пов'язано з її здатністю стабілізувати біомакромолекули та їх комплекси, виявляти пряму антиоксидантну активність та залучатися до клітинного сигналіngu (Iturriaga et al., 2009; Raza et al., 2024). Роль трегалози при стресах, пов'язаних із дегідратацією клітин (посуха, сольовий стрес, дія від'ємних температур, що супроводжується утворенням позаклітинного льоду), особливо важлива. За таких умов трегалоза навіть у невеликих концентраціях запобігає

злиттю мембранних везикул і зберігає ліпіди в рідкокристалічному стані (Ohtake et al., 2006). Трегалоза має високий потенціал гідратації при висиханні або заморожуванні; вона може стабілізувати білки та біологічні мембрани шляхом заміни поверхнево-зв'язаної води (Luzardo et al., 2000). Ще однією важливою властивістю трегалози є здатність зв'язувати радикальні активні форми кисню (АФО) і тим самим забезпечувати захист біомакромолекул від окиснювальних пошкоджень (Luo et al., 2008; Raza et al., 2024). Крім того, отримані дані про здатність трегалози впливати на експресію багатьох генів, пов'язаних із захисними реакціями на стресові впливи, у тому числі генів антиоксидантних ферментів.

Для об'єктивного аналізу впливу екзогенної трегалози на стійкість пшениці до посухи та теплового стресу ми провели мета-аналіз даних літератури, піддавши кількісній оцінці ростові показники, величини відносного вмісту води (RWC), хлорофілу, а також ключових характеристик, пов'язаних зі станом антиоксидантної та осмопротекторної систем. В результаті пошуку було знайдено 475 публікацій, але після ретельного перегляду було відібрано лише 15 з них, що містили 65 пар спостережень, які характеризують вплив трегалози на інтегральні фізіологічні показники (ріст рослин, відносний вміст води (RWC) та вміст хлорофілу), 61 пару спостережень щодо впливу трегалози на рівень окиснювального стресу і стан мембран, та 115 пар спостережень щодо впливу трегалози на функціонування антиоксидантної та осмопротекторної систем. Мета-аналіз був виконаний з використанням моделі випадкових ефектів, оскільки серед досліджень очікували гетерогенність. Величини ефектів оцінювали шляхом розрахунку натурального логарифму відношення середнього значення відповідного показника за дії цільової сполуки до контролю (варіант без обробки ФАР): $\ln(R_{\text{експерим.}}/R_{\text{контроль}})$.

Результати засвідчили, що обробка трегалозою значно покращила ріст рослин та збільшила вміст RWC і хлорофілу в умовах посухи, але не за високих температур. Однак, зниження вмісту продуктів перексидного окиснення ліпідів, а також виходу електролітів під впливом трегалози у пшениці спостерігалось за

обох типів стресу. Обробка трегалозою не лише змінювала активність основних антиоксидантних ферментів у тканинах рослин (супероксиддисмутази, каталази, гваяколпероксидази), а й сприяла збільшенню вмісту аскорбату, відновленого глутатіону та цукрів під час посухи. Проведений мета-аналіз вказує на необхідність спеціального вивчення особливостей дії трегалози при різних типах стресів та у розрізі різних таксономічних груп рослин.

Подяка. Ця робота є частиною проєкту «Комплексне наукове дослідження механізмів стійкості сільськогосподарських рослин до біотичних, абіотичних та антропогенного стресів, використання генетичного різноманіття та створення стресостійких сортів і гібридів», що фінансується Міністерством освіти і науки України (реєстраційний номер 0125U003530).

Застосування личинок *Lucilia sericata* в медицині

Кондратюк Д. Л.

Кафедра промислової біотехнології та біофармації, КПІ ім. Ігоря Сікорського,

м. Київ, Україна

kondratiukdaniella@gmail.com

Біохірургія, або терапія личинками, є біотерапевтичним методом лікування хронічних ран, що ґрунтується на використанні асептично вирощених личинок мухи *Lucilia sericata*.

Згідно з результатами досліджень різних авторів, терапія личинками забезпечує ефективне очищення ранової поверхні шляхом селективного видалення некротичних тканин. Механізм дії методу пов'язаний із біохімічною активністю секрету личинок, який містить комплекс протеолітичних ферментів, здатних розщеплювати білкові компоненти некротизованих тканин. Унаслідок цього відбувається їх ферментативне розрідження та подальше поглинання личинками у процесі позатілесного травлення. Дослідження Chambers та співавт. показали, що ферменти личинок здатні ефективно деградувати компоненти позаклітинного матриксу, що сприяє очищенню ранової поверхні та формуванню грануляційної тканини. Окрім ферментативного дебридменту, секрет личинок проявляють виражену антимікробну активність. Так,

Altincicek і Vilcinskas встановили, що личинки *Lucilia sericata* синтезують низку антимікробних пептидів, які беруть участь у пригніченні росту патогенних мікроорганізмів.

За результатами клінічних спостережень, застосування терапії личинками сприяє швидкому очищенню хронічних ран та формуванню грануляційної тканини. Sherman та співавт. відзначають високу ефективність методу при лікуванні важких ранових уражень, зокрема у випадках, коли традиційні методи лікування є малоефективними. Найчастіше терапія використовується при синдромі діабетичної стопи, трофічних виразках і пролежнях.

Таким чином, результати досліджень різних авторів свідчать, що терапія личинками забезпечує комплексний терапевтичний ефект, який включає селективний дебридмент некротичних тканин, антимікробну дію та стимуляцію регенеративних процесів у рані. Це дозволяє розглядати даний метод як перспективний напрям біотерапії у лікуванні хронічних ранових уражень.

Вплив дифузійно-лімітованої агрегації на морфогенез колоній дріжджів

Коробка І. О., Грецький І. О.

Кафедра біотехнології, шкіри та хутра, Київський національний університет
технологій та дизайну, м. Київ, Україна
korainessa2005@gmail.com

Ріст і просторово-часова організація мікроорганізмів є фундаментальними питаннями сучасної мікробіології та біотехнології. Особливу увагу привертає формування колоній дріжджів як модельної системи, що поєднує клітинну біологію з фізичними процесами переносу речовин. Одним із ключових механізмів, який може визначати морфологію та динаміку росту мікробних популяцій, є дифузійно-лімітована агрегація (ДЛА) — процес, за якого швидкість росту обмежується надходженням поживних речовин шляхом дифузії.

Актуальність дослідження впливу ДЛА на дріжджі визначається важливістю цих мікроорганізмів у біотехнологічних процесах. Вивчення чинників, що обмежують ріст і розвиток дріжджових популяцій, є необхідним для поглиблення уявлень про закономірності їхнього функціонування та для оптимізації умов культивування з метою підвищення ефективності біотехнологічного виробництва.

У рамках дослідження було обрано дріжджі *Saccharomyces*. Для проведення експериментів застосовували *Saccharomyces cerevisiae* Y-2519 з колекції Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України. Зазначений штам є типовим і рекомендованим для застосування в наукових дослідженнях. Залежність радіальної швидкості росту *S. cerevisiae* при різних варіантах щільності поживного середовища оцінювали використовуючи методи регресіонного аналізу в теорії планування експерименту по повнофакторному плану 3^2 . Дріжджі вирощували при 28°C протягом 168 годин на модифікованих варіантах твердого поживного середовища середовища YEPD, до складу якого входили дріжджовий екстракт (1%), ферментативний пептон (2%), мікробіологічний агар та глюкоза були у змінних концентраціях. Було застосовано дев'ять різних варіантів середовища, що поєднували три рівні вмісту глюкози (0,5%, 2%, 3,5%) з трьома рівнями концентрації агару (0,5%, 2,5%, 4,5%). Статистична обробка даних планованого експерименту (розрахунок коефіцієнтів регресії, дисперсійний аналіз (ANOVA) і побудова поверхонь відгуку проводилась з застосуванням тріал-версії програми Statistica (TIBCO Software Inc., <https://www.tibco.com/>) з використанням бібліотеки DOE.

Аналіз отриманих результатів засвідчив наявність відмінностей у варіабельності ростових показників залежно від концентрації агару в поживному середовищі. Встановлено, що максимальні значення діаметра колоній реєструвалися на поживних середовищах із підвищеною концентрацією глюкози, особливо за умов мінімального вмісту агару.

Порівняння з літературними даними демонструє узгодженість отриманих результатів із сучасними уявленнями про роль дифузійних обмежень у рості

мікробних популяцій. Згідно з дослідженнями, дифузійно-лімітований ріст може визначати просторову організацію колоній за умов обмеженої доступності поживних речовин, зокрема при високій щільності середовища або низькій швидкості дифузії. Це частково узгоджується з нашими спостереженнями щодо впливу концентрації агару, який опосередковано регулює дифузію субстратів.

Водночас літературні дані вказують, що для дріжджів, зокрема *Saccharomyces cerevisiae*, дифузійні обмеження не завжди є визначальним фактором росту, а морфогенез колоній часто контролюється внутрішньоклітинними програмами розвитку, такими як псевдогіфальний ріст. Таким чином, отримані результати підтверджують, що дифузійно-лімітовані процеси можуть впливати на варіабельність і просторові характеристики росту колоній, однак не є єдиним механізмом, що визначає їх розвиток.

Дослідження гідроксикоричних кислот сировини *Musa paradisiaca* L.

Костира Ю. В., Попик А. І.

Кафедра фармакогнозії та нутриціології Національного фармацевтичного університету, м.

Харків, Україна

uliakostira@gmail.com

Банан (*Musa paradisiaca* L.) – відома цінна харчова та лікувальна рослина родини Бананові (*Musaceae*). Її здавна використовують в народній медицині для лікування лихоманки, кашлю, бронхіту, дизентерії, алергійних інфекцій. Плоди банану мають низку експериментально встановлених фармакологічних властивостей: противиражкову, антибактеріальну, репаративну, антиоксидантну тощо. До хімічного складу рослини входять різні групи біологічно активних речовин: алкалоїди, сапоніни, дубильні речовини, флавоноїди, полісахариди, вітаміни, амінокислоти, жирні кислоти та мінеральні речовини.

Метою нашої роботи було якісне визначення гідроксикоричних кислот у плодах та шкірці банану. Ідентифікацію гідроксикоричних кислот сировині

проводили методом паперової хроматографії. Для проведення аналізу використовували водно-етанольні витяжки з плодів та шкірки банану, для чого наважку (20,0 г) подрібненої до розміру часток 2-3 мм сировини заливали 200 мл 70 % етанолу і нагрівали протягом 30 хв. Отримані витяжки фільтрували через паперовий фільтр та концентрували у вакуумі, потім хроматографували на папері Filtrak FN, у наступних рухомих фазах: 2 % кислота оцтова, 15 % кислота оцтова, етилацетат – кислота мурашина – вода (8:1:1). Хроматограми обробляли парами амоніаку та феруму хлоридом. За результатами хроматографічного аналізу у витяжках з плодів та шкірки банану було виявлено не менше 3 речовин із блакитною та фіолетовою флуоресценцією, яка посилювалась при обробці хроматограм хромогенними реактивами. За значенням показнику R_f зони флуоресценції відповідали хлорогеновій, неохлорогеновій та кофейній кислотам. Одержані дані, будуть враховані при розробці проекту методик контролю якості на досліджувану сировину.

Сучасні підходи до стандартизації та контролю якості

моноклональних антитіл

Кошова О. Ю., Меркулова Ю. В., Кишинець Н. В.

Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості

лікарських засобів», м. Харків, Україна

elenko926734@gmail.com

Вступ. Терапевтичні моноклональні антитіла (МАТ) є одним із пріоритетних класів сучасної фармакотерапії – їх широко застосовують в онкології, ревматології, імунології, гематології, при лікуванні орфанних та автоімунних захворювань. На відміну від низькомолекулярних сполук, якість імунобіологічних препаратів не може бути підтверджена лише визначенням вмісту діючої речовини або окремих фізико-хімічних показників: вона потребує комплексної оцінки структурних характеристик, біологічної активності, чистоти, профілю домішок, стабільності та мікробіологічної безпеки. Метою

роботи стало узагальнення сучасних підходів до стандартизації та контролю якості імунобіологічних лікарських засобів на прикладі МАТ.

Матеріали та методи. Матеріалами дослідження були загальні та спеціальні фармакопейні вимоги до імунобіологічних лікарських засобів, сучасні регуляторні підходи до їх оцінювання, а також наукові публікації, присвячені стандартизації та контролю якості МАТ. Використано методи аналізу, систематизації та узагальнення нормативних і наукових джерел.

Результати та обговорення. Контроль якості МАТ охоплює оцінювання ідентичності, чистоти, вмісту активної речовини, біологічної активності, агрегатного стану, молекулярної гетерогенності, процес-асоційованих і продукт-асоційованих домішок, мікробіологічної безпеки та стабільності. Особливу увагу приділяють профілю глікозилювання, наявності фрагментів та агрегатів, здатності зв'язуватися з мішенню, а в окремих випадках – оцінюванню ефекторних функцій Fc-фрагмента. Зміни структури або мікрогетерогенності білкової молекули можуть суттєво впливати на фармакологічні властивості, імуногенність та стабільність препарату, що робить їх контроль обов'язковим елементом оцінювання якості.

Узагальнення фармакопейних підходів показало, що чинна система контролю якості МАТ орієнтована на інтегроване оцінювання критичних атрибутів якості. Фармакопейні вимоги формують методологічну основу для вибору аналітичних процедур, валідації методик, застосування референтних стандартів та встановлення прийнятних критеріїв якості. Водночас сучасна тенденція полягає у поступовому переході від контролю окремих показників до комплексної характеристики препарату як цілісної біологічної системи. У цьому контексті особливого значення набувають високочутливі фізико-хімічні та біоаналітичні методи, здатні детально охарактеризувати складні білкові молекули та підтвердити їх структурно-функціональну відповідність.

Разом з тим стандартизація і контроль якості МАТ залишаються складним завданням через різноманітність цієї групи препаратів, обмежену уніфікованість методичних підходів, варіабельність окремих біологічних

випробувань та необхідність відповідати фармакопейним вимогам. Це зумовлює потребу у подальшому вдосконаленні аналітичних платформ, розвитку підходів, заснованих на оцінюванні критичних атрибутів якості, та адаптації системи контролю до сучасних біотехнологічних лікарських засобів.

Висновки. Сучасні підходи до стандартизації та контролю якості МАТ ґрунтуються на комплексному оцінюванні структурних, фізико-хімічних, біологічних і мікробіологічних характеристик. Для терапевтичних МАТ контроль якості має враховувати складну молекулярну організацію, мікрогетерогенність, біологічну активність і профіль супровідних домішок, що вимагає багаторівневої системи аналітичного оцінювання. Подальший розвиток цієї сфери пов'язаний з удосконаленням сучасних методів аналізу, впровадженням фармакопейних вимог та стратегій, орієнтованих на критичні атрибути якості.

Роль фармакопейних вимог у сучасній системі забезпечення якості лікарських засобів в Україні

Кошова О. Ю., Дяченко Л. О.

Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр
якості лікарських засобів», м. Харків, Україна
elenko926734@gmail.com

Вступ. Забезпечення якості лікарських засобів є одним із ключових завдань сучасної фармацевтичної галузі, оскільки безпосередньо впливає на ефективність, безпеку та відтворюваність фармакотерапії. В Україні ця система ґрунтується не лише на вимогах належних практик та регуляторних процедурах, але й на фармакопейних стандартах, які визначають науково обґрунтовані підходи до стандартизації, контролю та інтерпретації результатів аналізу. Державна Фармакопея України (ДФУ) посідає в цій системі центральне місце як офіційний нормативний документ, що містить загальні вимоги до лікарських засобів, фармакопейні статті та методики контролю якості.

Розроблення та подальший розвиток ДФУ супроводжуються планомірною роботою, спрямованою на гармонізацію національних фармакопейних вимог із Європейською фармакопеею з урахуванням потреб вітчизняної фармацевтичної практики. Метою роботи стало узагальнення ролі фармакопейних вимог у сучасній системі забезпечення якості лікарських засобів.

Матеріали та методи. Матеріалами дослідження були загальні та спеціальні фармакопейні вимоги до лікарських засобів, сучасні підходи до організації їх контролю якості, а також наукові публікації, присвячені стандартизації фармацевтичного аналізу. У роботі використано методи аналізу, порівняння, узагальнення та систематизації нормативних і наукових джерел.

Результати та обговорення. Фармакопейні вимоги є одним із базових елементів системи забезпечення якості лікарських засобів в Україні: ДФУ не лише встановлює вимоги до показників якості та методів аналізу, а й формує цілісну модель фармакопейного забезпечення, яка поєднує європейські тексти, національні монографії, фармакопейні стандартні зразки, валідацію аналітичних методик, метрологічне забезпечення та професійне тестування контрольних лабораторій. Така модель дала змогу поєднати гармонізацію з Ph. Eur. із врахуванням специфіки вітчизняного фармацевтичного ринку, зокрема щодо готових лікарських засобів, екстемпоральних препаратів і окремих національних об'єктів стандартизації.

Роль фармакопейних вимог не обмежується регламентуючою функцією. Загальні фармакопейні статті встановлюють уніфіковані вимоги до методів аналізу, домішок, мікробіологічної чистоти, розчинення, однорідності дозованих одиниць та стерильності – тобто до тих показників, відтворюваність яких є критично важливою як для виробничого контролю, так і для незалежної лабораторної перевірки. Завдяки цьому фармакопейні вимоги є спільною методичною основою для підприємств, випробувальних лабораторій і регуляторних органів.

Важливим елементом практичної реалізації фармакопейних вимог є власна національна система фармакопейних стандартних зразків, яка забезпечує

аналітичну незалежність у тих випадках, коли об'єкти контролю відсутні в Ph. Eur., зокрема при аналізі готових лікарських засобів і дослідженнях стабільності. Не менш значущим є включення до ДФУ стандартизованих процедур валідації кількісних методик, що забезпечує єдність підходів до підтвердження придатності аналітичних методів у різних лабораторіях.

Висновки. Фармакопейні вимоги в Україні є одним із ключових механізмів забезпечення якості лікарських засобів, що поєднують нормативну, методичну та практичну складові контролю. Подальше вдосконалення цієї системи пов'язане з розширенням національних текстів, розвитком аналітичних підходів і збереженням балансу між міжнародною гармонізацією та національними потребами.

**Міжнародні тенденції розвитку фармакопейного
та регуляторного забезпечення контролю
якості лікарських засобів та їх імплементація в Україні**

Кошова О. Ю., Дяченко Л. О.

Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр
якості лікарських засобів», м. Харків, Україна
elenko926734@gmail.com

Вступ. Організація контролю якості (КЯ) лікарських засобів формується під впливом кількох взаємопов'язаних процесів: міжнародної гармонізації фармакопейних стандартів, оновлення регуляторних підходів до аналітичних методик і переходу до управління якістю впродовж усього життєвого циклу препарату. Для України ця тематика має особливе значення у зв'язку з послідовною гармонізацією Державної Фармакопеї України (ДФУ) з Європейською фармакопеєю (Ph. Eur.) та розвитком національної моделі фармакопейного забезпечення КЯ. Метою роботи стало узагальнення сучасних міжнародних тенденцій у фармакопейному та регуляторному забезпеченні КЯ лікарських засобів і оцінка їх імплементації в Україні.

Матеріали та методи. Матеріалами дослідження були чинні фармакопейні вимоги Ph. Eur. та ДФУ, настанови ІСН (Q2(R2), Q12, Q13, Q14), документи ВООЗ і ЕМА, а також наукові публікації, присвячені стандартизації фармацевтичного аналізу та організації КЯ лікарських засобів. Використано методи аналізу, систематизації та узагальнення нормативних і наукових джерел.

Результати та обговорення. Аналіз сучасного регуляторного середовища виявив три ключові тенденції у сфері КЯ лікарських засобів. Перша – міжнародна гармонізація фармакопейних стандартів. Провідну роль відіграє Фармакопейна дискусійна група (PDG), що координує зближення підходів між Ph. Eur., USP та JP. Ph. Eur. зберігає статус основного джерела офіційних стандартів якості в Європі, а її перехід з 2025 року до виключно онлайнового формату з щорічним оновленням трьома випусками відображає цифровізацію сучасного фармакопейного регулювання. Другою тенденцією є оновлення підходів до розробки та валідації аналітичних методик. У червні 2024 року набули чинності взаємодоповнювальні настанови ІСН Q14 та ІСН Q2(R2), що закріпили науково- та ризик-орієнтований підхід до розробки, валідації і подальшого супроводу аналітичних методик. Це означає перехід від оцінки окремої методики як статичного інструмента до управління її придатністю впродовж усього життєвого циклу. У тому самому напрямі формують підхід настанови ІСН Q12 і Q13, які пов'язують КЯ з постреєстраційним управлінням змінами та безперервним виробництвом. Третя тенденція – розширення охоплення фармакопейних і регуляторних стандартів. У лютому 2024 року ВООЗ опублікувала 10-е видання Компендіуму настанов із забезпечення якості фармацевтичних препаратів, що включає 8 нових і 10 переглянутих настанов та охоплює весь цикл – від розробки до постмаркетингового нагляду. Паралельно Ph. Eur. і ЕМА адаптують підходи до біологічних препаратів, сучасних матеріалів упаковки та послідовно замінюють методи, пов'язані з використанням тварин, на альтернативні. В Україні зазначені тенденції

знаходять практичне відображення у розвитку ДФУ: здійснюється гармонізація національних монографій з Ph. Eur., функціонує власна система фармакопейних стандартних зразків, що забезпечує аналітичну незалежність при контролі готових лікарських засобів, а стандартизовані процедури валідації аналітичних методик закладають єдину методичну основу для лабораторної практики.

Висновки. Сучасна організація КЯ лікарських засобів ґрунтується на поєднанні фармакопейних стандартів і регуляторних механізмів, орієнтованих на гармонізацію, цифровізацію, ризик-орієнтоване управління та супровід життєвого циклу аналітичних методик і продукту. В Україні вже сформовано вагоме підґрунтя для реалізації цих підходів через розвиток ДФУ та її гармонізацію з європейськими вимогами. Подальший розвиток системи пов'язаний із своєчасною імплементацією міжнародних фармакопейних і регуляторних оновлень та їх адаптацією до потреб національної лабораторної і регуляторної практики.

Біостимулятори та їх вплив на продуктивність картоплі в умовах кліматичної нестабільності

¹Кравченко Н. В., ²Мирончук Д. Л., ²Хаба В. В., ³Косенко Д. С.

¹Кафедра здоров'я природи та якості харчових ресурсів, Державний університет
«Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна

²Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна

³Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

kravchenko_5@ukr.net

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) - це одна з провідних продовольчих культур в Україні та світі, саме вона забезпечує продовольчу безпеку, формування стабільного аграрного виробництва та розвитку переробної промисловості. В умовах змін клімату, деградації ґрунтів і підвищення вартості мінеральних добрив актуальним є пошук екологічно безпечних та економічно ефективних способів підвищення врожайності культури. Одним із перспективних напрямів біологізації землеробства є застосування

біостимуляторів – природних, або синтетичних речовин, які в малих концентраціях активізують фізіолого-біохімічні процеси рослин, підвищують їх стійкість до стресових факторів та сприяють реалізації генетичного потенціалу продуктивності.

Метою роботи було дослідити вплив біостимуляторів на ріст, розвиток та продуктивність картоплі. Об'єктом дослідження були середньостиглі сорти картоплі: Щедрик, Анатан, а також сорти Бельмонда та Гранада, що вирощуються в умовах Житомирської області, зокрема у господарстві ПП «Імпак». Дослідження проводили в польових умовах на дерново-підзолистих ґрунтах Житомирщини. У роботі використовували такі біостимулятори: **Епін-Екстра (епібрасинолід)** - регулятор росту з антистресовою дією; **Циркон актив (гідроксикоричні кислоти)** - стимулятор коренеутворення та імуномодулятор; **Гумат калію** - джерело гумінової кислоти; **Мегафол (амінокислотний біостимулятор)** -активатор метаболічних процесів; **Радіфарм** - препарат для стимуляції розвитку кореневої системи.

Схема досліду: контроль (без застосування біостимулятора); обробка бульб перед садінням біостимулятором; позакореневе підживлення у фазі змикання рядків; комбіноване застосування (обробка бульб + позакореневе підживлення). Повторність досліду - триразова. Облікова площа ділянки - 25 м².

Упродовж вегетації проводили фенологічні спостереження, визначали висоту рослин, кількість стебел, площу листової поверхні. Після збирання врожаю визначали загальну врожайність, кількість та масу товарних бульб. Застосування біостимуляторів позитивно вплинуло на енергію проростання бульб та початковий розвиток рослин. У варіантах із передпосадковою обробкою відзначалося більш дружність сходів та формування потужнішої кореневої системи. У фазі бутонізації рослини дослідних варіантів перевищували контроль за висотою на 8–12 %, а за кількістю стебел - на 10–15 %. Позакореневе підживлення сприяло підвищенню інтенсивності фотосинтезу, а саме у збільшенні площі листової поверхні. Найвищі показники врожайності отримано у варіанті комбінованого застосування біостимулятора. Приріст урожаю

порівняно з контролем становив у середньому 15–20 %. Спостерігалось збільшення частки товарних бульб та підвищення їх середньої маси. Передпосадкова обробка бульб препаратами Елін-Екстра та Радіфарм сприяла підвищенню енергії проростання на 6–9 % порівняно з контролем. У сортів Щедрик і Бельмонда інтенсивно сформувалась коренева системи. Позакореневе підживлення Мегафолом і Цирконом у фазі бутонізації сприяло збільшенню площі листової поверхні на 10–14 %, що позитивно вплинуло на фотосинтетичну активність рослин. Найвищу врожайність сформували варіанти з комбінованим застосуванням біостимуляторів. Приріст урожаю становив: сорт Щедрик – 17-19 %; Анатан – 14-16 %; Бельмонда - 18-21 %; Гранада-15-18 %.

**Маркетингові дослідження біотехнології картоплі:
сучасні тенденції та перспективи впровадження**

**¹Кравченко Н. В., ²Фурдига М. М., ²Олійник Т. М.,
²Захарчук Н. А., ²Купріянова Т. М., ²Гнітецький М. О.**

¹Кафедра здоров'я природи та якості харчових ресурсів, Державний університет
«Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна

²Інститут картоплярства НААН України, смт. Немішаєве, Київська обл., Україна
kravchenko_5@ukr.net

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є однією з найважливіших продовольчих культур у світі. За обсягами виробництва вона посідає провідні позиції серед продовольчих культур, відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки. Традиційні технології вирощування картоплі часто супроводжуються зниженням урожайності через накопичення вірусних інфекцій, дегенерацію сортів та погіршення якості насіннєвого матеріалу.

Біотехнологічні методи, зокрема культура тканин *in vitro*, мікроклональне розмноження та отримання безвірусного матеріалу, стали важливим інструментом сучасного картоплярства. Ці технології дозволяють отримувати здоровий посадковий матеріал високої якості, що забезпечує підвищення

врожайності на 20–40 %. Водночас, ефективне впровадження біотехнологій у виробництво потребує проведення маркетингових досліджень, які дозволяють визначити попит на біотехнологічну продукцію, оцінити економічну доцільність її виробництва та визначити перспективні напрями розвитку. Біотехнологія картоплі включає ряд сучасних технологій, що використовуються для отримання високоякісного посадкового матеріалу. Найбільш поширеними є: мікроклональне розмноження; культура меристем; отримання мінібульб; молекулярно-генетичні методи селекції. Використання цих технологій дозволяє значно підвищити якість посадкового матеріалу та продуктивність культури (Табл. 1).

Таблиця 1. Основні біотехнологічні методи вирощування картоплі та їх ефективність

Біотехнологічний метод	Основна мета	Переваги
Культура меристем	Оздоровлення рослин	Отримання безвірусного матеріалу
Мікроклональне розмноження	Масове розмноження	Висока швидкість отримання рослин
Вирощування мінібульб	Первинне насінництво	Підвищення якості насіння
Молекулярні маркери	Селекція	Прискорення створення нових сортів

Маркетингові дослідження показують, що попит на біотехнологічний посадковий матеріал картоплі постійно зростає. Це пов'язано з необхідністю підвищення продуктивності культури та покращення якості продукції. Біотехнологія картоплі: культура меристем; мікроклональне розмноження; виробництво мінібульб, молекулярна селекція. Встановлено, що найбільш поширеною технологією є мікроклональне розмноження, яке дозволяє швидко отримувати велику кількість безвірусного матеріалу (Табл. 2).

Таблиця 2. Економічна ефективність використання біотехнологічного посадкового матеріалу картоплі

Показник	Традиційна технологія	Біотехнологічна технологія
Урожайність, т/га	20–25	30–40
Втрати від вірусів, %	15–30	3–5
Рентабельність, %	25–35	45–60

Отримані результати свідчать, що використання біотехнологічного посадкового матеріалу забезпечує значне підвищення економічної ефективності виробництва картоплі. Маркетингові дослідження показують, що найбільший

попит на біотехнологічний посадковий матеріал спостерігається серед фермерських господарств та аграрних підприємств, які спеціалізуються на виробництві насіннєвої картоплі.

Перспективи інтеграції агровольтаїки при вирощуванні картоплі

¹Кравченко Н. В., ¹Ключевич М. М., ²Каракурбанли І., ²Сулейманова С.

¹Кафедра здоров'я природи та якості харчових ресурсів, Державний університет

«Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна

²Науково-дослідний інститут плодовоовочівництва та чаєвництва Міністерства сільського господарства Азербайджану, смт. Зердабі, Губинський район, Азербайджан

kravchenko_5@ukr.net

Розвиток біотехнологій в аграрному секторі стає стратегічним напрямом забезпечення продовольчої безпеки й енергонезалежності держави. Одним із найперспективніших рішень сучасного сільського господарства є поєднання агротехнологій із відновлюваними джерелами енергії, а саме системами агровольтаїки (AV, *agrivoltaics*). Саме завдяки можливості інтеграції агровольтаїчних систем у технологію вирощування картоплі (*Solanum tuberosum* L.), а також біотехнологічні підходи щодо підвищення стійкості рослин і ефективності використання ресурсів у таких умовах.

Підвищення стабільності агроєкосистем та оптимізація використання земельного фонду є ключовими завданнями народного господарства України. Зміни клімату, часті посухи та енергетичні виклики стимулюють пошук інтегрованих технологій, що поєднують аграрне виробництво та відновлювану енергетику. Агровольтаїка - це технологія одночасного використання сільськогосподарських земель для вирощування культур і виробництва сонячної енергії. Її впровадження дозволяє не лише зменшити антропогенний тиск на довкілля, а й створює нові економічні можливості для фермерських господарств. Картопля, як базова продовольча культура України відзначається високими вимогами до вологості й температурного режиму. Біотехнології

відіграють ключову роль у створенні сортів, здатних ефективно розвиватися за зміненого спектру освітлення та мікроклімату. Застосування методів тканинної культури, клітинного добору, а також молекулярно-генетичних маркерів дозволяє відібрати генотипи з підвищеною тіньостійкістю, ефективнішим фотосинтезом при розсіяному світлі та стабільною продуктивністю в умовах періодичного затінення. Використання мікроклонального розмноження сприяє отриманню якісного безвірусного посадкового матеріалу, що є базою для інноваційних систем точного землеробства на агровольтаїчних ділянках. Додатково перспективним є застосування біопрепаратів на основі ризобактерій і мікоризних грибів, які посилюють водоутримуючу здатність ґрунту та підвищують фотосинтетичну активність рослин.

Оптимальне розміщення сонячних панелей конструкції 5-6 м забезпечує пропускання близько 60 % природного освітлення, при цьому зберігаючи можливість роботи сільськогосподарської техніки. Під панелями утворюється мікроклімат із нижчими денними температурами (на 2-4 °C) і вищою відносною вологістю повітря, що зменшує транспіраційне навантаження на рослини. Біотехнологічні рішення, такі як сенсорний моніторинг вологи, фотосинтетичного активного випромінювання та мікробіологічного стану ґрунтів, дають змогу адаптивно керувати умовами вирощування, корекції поливу, живлення та регулювання положення панелей для оптимізації освітленості посівів. Агровольтаїчні системи створюють подвійну функціональність землекористування - одержання біомаси та електроенергії з тієї ж площі. Енергія, вироблена на агровольтаїчній фермі площею 1 га, може забезпечити електропостачання систем зрошення, сховищ і виробничих приміщень, знижуючи витрати господарств на енергію до 40 %.

З екологічного погляду, впровадження агровольтаїки захисту ґрунтів від ерозії та перегріву, а також покращує водний баланс агроландшафтів. Поєднання енергетичних і біотехнологічних підходів формує основу для сталого сільського господарства замкненого циклу, де продукти рослинництва, енергія та біоматеріали інтегровані в єдину систему.

Вплив органічних, мінеральних і зелених добрив на якість продукції картоплі

¹Кравченко Н. В., ¹Можарівська І. А., ²Бондус Р. О., ³Купріянова Т. М.

¹Кафедра здоров'я природи та якості харчових ресурсів, Державний університет
«Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна

²Лабораторія технічних, кормових та овочевих культур, Устимівська дослідна станція
рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, Полтавська обл., Глобинський р-н, п/в
Устимівка, Україна

³Відділ біотехнології і біотехнічних систем, Інститут картоплярства НААН України,
сmt. Немішаєве, Бучанський район, Київська обл., Україна
kravchenko_5@ukr.net

Встановлено, що застосування органічних і мінеральних добрив впливає на основні показники якості продукції, зокрема на вміст сухої речовини, крохмалю та нітратів. Доведено позитивний вплив зелених добрив на формування біохімічних показників бульб картоплі.

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є однією з провідних продовольчих культур у світі, важливою складовою продовольчої безпеки. Якість бульб визначається комплексом показників, серед яких провідне значення мають: вміст сухої речовини, крохмалю, цукрів, а також нітратів. Формування цих показників значною мірою залежить від генетичних особливостей сорту, ґрунтово-кліматичних умов, системи удобрення та технологічних елементів вирощування культури.

У сучасному картоплярстві особливого значення набуває раціональне використання добрив, оскільки рівень мінерального живлення рослин впливає не лише на урожайність, але й на якість отриманої продукції. За даними численних досліджень встановлено, що підвищення норм мінеральних добрив може супроводжуватися певним зниженням вмісту сухої речовини та крохмалю в бульбах. Разом із тим застосування сидеральних культур, як елементу біологізації землеробства сприяє поліпшенню родючості ґрунту, оптимізації живлення рослин і формуванню високоякісної продукції.

Метою досліджень було встановлення впливу різних систем удобрення на формування біохімічного складу та якісних показників бульб картоплі. Результати досліджень свідчать, що система удобрення істотно впливала на вміст сухої речовини у бульбах картоплі (Табл. 1).

Таблиця 1. Вплив систем добрив на вміст сухої речовини у бульбах картоплі

Варіант удобрення	Вміст сухої речовини, %
Без добрив (контроль)	22,4
Гній, 40 т/га	22,0
Мінеральні добрива	20,2
Ярі сидерати	23,1
Озимі сидерати	23,2

Як показали результати досліджень, вирощування картоплі без застосування добрив уміст сухої речовини в бульбах становив 22,4 %. Внесення гною зумовлювало незначне зниження цього показника, тоді як застосування мінеральних добрив сприяло більш істотному його зменшенню. Водночас використання сидеральних культур позитивно вплинуло на формування цього показника, забезпечуючи підвищення вмісту сухої речовини у бульбах.

Одним із основних показників технологічної цінності картоплі є вміст крохмалю. Результати досліджень показали, що цей показник змінювався залежно від застосованої системи удобрення (Табл. 2).

Таблиця 2. Вплив різних видів добрив на вміст і збір крохмалю у бульбах картоплі

Варіант удобрення	Вміст крохмалю, %	Збір крохмалю, ц/га
Контроль (без добрив)	16,5	36,7
Гній, 40 т/га	16,2	51,3
Мінеральні добрива	16,0	50,8
Озиме жито (сидерат)	17,2	47,5
Жито + ріпак (сидерат)	17,0	48,9

Отже, застосування сидеральних культур сприяє покращенню якісних показників продукції та зменшенню накопичення нітратів, що свідчить про перспективність їх використання у сучасних системах вирощування картоплі.

**Наукове обґрунтування складу
стоматологічного фітогелю комплексної дії**

Лаба І. С., Хохленкова Н. В.

Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна

hohnatal@gmail.com

Вступ. Стоматологічні кровотечі є поширеним ускладненням клінічної практики та виникають у 20–50 % пацієнтів під час проведення лікувальних і хірургічних втручань у ротовій порожнині. Основними причинами є екстракція зубів, кюретаж пародонтальних кишень, захворювання пародонту, а також системні порушення гемостазу та застосування антикоагулянтів.

Незважаючи на наявність антигеморагічних препаратів, на фармацевтичному ринку практично відсутні лікарські засоби на основі лікарської рослинної сировини (ЛРС), які б поєднували гемостатичну, антимікробну та протизапальну дію і могли безпечно застосовуватись у широких групах пацієнтів.

Перспективним підходом є створення комбінованих фітопрепаратів, однак їх ефективність значною мірою залежить від раціонального підбору компонентів. У даній роботі запропоновано принцип диференційованого позиціонування ЛРС, за яким кожен компонент забезпечує один провідний фармакологічний ефект, що дозволяє уникнути дублювання механізмів дії та підвищити ефективність композиції за рахунок синергії біологічно активних речовин.

Метою роботи є обґрунтування складу стоматологічного гелю комплексної дії на основі ЛРС з урахуванням їх хімічного складу та механізмів фармакологічної активності.

Матеріали та методи включали аналіз сучасних наукових публікацій (PubMed, Scopus, Web of Science), а також даних Державної фармакопеї України. Критеріями відбору сировини були наявність доведеної

фармакологічної активності, доступність ресурсної бази та технологічна сумісність із гідрофільними гелевими системами.

У результаті дослідження обґрунтовано доцільність використання трьох видів ЛРС із чітким функціональним розподілом.

Гемостатичний ефект забезпечують кореневища змійовика (*Bistorta officinalis*), які містять значну кількість гідролізованих танінів (до 25 %). Їх дія зумовлена локальною преципітацією білків слизової оболонки з утворенням захисної плівки, що зменшує проникність судин та сприяє зупинці кровотечі. Додатково фенольні сполуки виявляють антиоксидантну та помірну протизапальну активність.

Антимікробну дію забезпечують листя брусниці (*Vaccinium vitis-idaea*), що містять арбутин, дубильні речовини та флавоноїди. Арбутин у процесі гідролізу утворює гідрохінон, який пригнічує ріст та адгезію мікроорганізмів, зокрема *Streptococcus mutans* і *Candida albicans*. Поліфенольні сполуки додатково порушують формування біоплівок і модулюють запальну відповідь, сприяючи відновленню тканин.

Антиоксидантний і протизапальний компонент представлений корою калини (*Viburnum opulus*), яка містить фенольні сполуки, флавоноїди та іридоїди. Ці речовини здатні нейтралізувати активні форми кисню та інгібувати медіатори запалення, що сприяє зменшенню ушкодження тканин і прискоренню репаративних процесів. Встановлено, що при використанні водно-спиртових екстрагентів основна фармакологічна активність кори калини пов'язана саме з поліфенольними компонентами.

Висновки. Таким чином, запропонована композиція охоплює основні патогенетичні ланки стоматологічних кровотеч: локальний гемостаз, контроль мікробного фактору та зменшення запалення і оксидативного стресу. Усі обрані види ЛРС є доступними, технологічно сумісними та перспективними для створення лікарської форми у вигляді гелю.

**Біотехнологічні підходи до отримання рибофлавіну
та перспективи його застосування у сільському господарстві**

Лазарець П. С., Поліщук В. Ю.

Кафедра промислової біотехнології та біофармації Національного технічного університету
України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна
pavlo.ls.0307@gmail.com

Сучасна біотехнологія відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки, раціональному використанні ресурсів і зниженні екологічного навантаження. Одним із перспективних напрямів є отримання біологічно активних сполук для аграрного сектору, зокрема мікробіологічний синтез вітамінів, серед яких значний інтерес становить рибофлавін.

Промислове виробництво рибофлавіну базується переважно на біотехнологічних методах із використанням мікроорганізмів-продуцентів, таких як *Eremothecium ashbyi*, *Ashbya gossypii*, *Bacillus subtilis*. Порівняно з хімічним синтезом ці процеси є більш екологічними та енергоефективними, однак значна частка собівартості припадає на поживні середовища, що зумовлює пошук дешевших джерел сировини.

У тваринництві рибофлавін є важливим компонентом кормових добавок, необхідним для нормального обміну речовин, росту та розвитку тварин. Його застосування підвищує продуктивність і покращує фізіологічний стан, тоді як дефіцит призводить до метаболічних порушень і зниження імунітету. Рибофлавін у кормових добавках також може сприяти поліпшенню якості продукції тваринництва, зокрема молока та м'яса, що є важливим для агропромислового сектору. Це зумовлює необхідність пошуку ефективних і економічно доцільних способів його отримання.

Однією з актуальних проблем агропромислового комплексу є утворення значних обсягів побічних продуктів переробки сільськогосподарської сировини. За оцінками, щорічно у світі втрачається близько 1,3 млрд тонн харчових продуктів, що становить третину їх виробництва.

Олійно-жирова галузь України забезпечує значні обсяги переробки соняшнику, сої та ріпаку, утворюючи побічні продукти – макуху та шрот, багаті на білки, ліпіди та інші поживні компоненти. Завдяки цьому вони можуть використовуватись як сировина для біотехнологічних процесів, зокрема культивування продуцентів рибофлавіну. Використання таких субстратів у середовищах для *Eremothecium ashbyi* сприяє інтенсифікації біосинтезу рибофлавіну, підвищенню біосинтетичної активності клітин і збільшенню виходу продукту. Крім того, це дозволяє частково замінити дорогі компоненти середовищ і знизити собівартість виробництва.

У роботі досліджено можливість поверхневого культивування *Eremothecium ashbyi* на відходах олійно-жирової промисловості з метою їх збагачення рибофлавіном (табл. 1). Як субстрати використовували соєву макуху, соняшникову макуху та шрот, а також ріпаковий шрот. Встановлено, що тип субстрату істотно впливає як на інтенсивність накопичення рибофлавіну, так і на приріст біомаси продуцента.

Показано, що при культивуванні на соєвій макусі спостерігається значний приріст біомаси, однак високий вміст насичених жирних кислот пригнічує біосинтез рибофлавіну, внаслідок чого його накопичення є низьким (зразок №1 – $0,19 \pm 0,01$ мг/г). Натомість високий вміст рибофлавіну ($1,01 \pm 0,05$ мг/г) отримано на ріпаковому шроті (зразок №2), що пов'язано з високим вмістом протеїну та сприятливим жирнокислотним складом. Найвищі показники було зафіксовано при культивуванні на соняшниковій макусі (зразок №3 – $1,2 \pm 0,13$ мг/г) та соняшnikового шроту (зразок №4 – $1,3 \pm 0,05$ мг/г), що корелює з підвищеним вмістом протеїну у вихідних субстратах.

У процесі культивування відзначено підвищення вмісту протеїну в усіх досліджених зразках за рахунок накопичення біомаси продуцента. Найбільше зростання спостерігалось у зразках із високим рівнем синтезу рибофлавіну, що підтверджує доцільність їх використання як збагачених кормових продуктів.

Таблиця 1. Результати вимірювання вмісту протеїну до і після культивування на відходах олійно-жирової промисловості

№ зразка	Вміст рибофлавіну після поверхневого культивування, мг/г	Вміст протеїну у зразку до культивування (на суху речовину), %	Вміст протеїну у зразку після культивування (на суху речовину), %
1	0,19±0,01	46,8	55,6
2	1,01±0,05	38,2	44,6
3	1,2±0,13	44,5	50,0
4	1,3±0,05	38,5	41,6

Таким чином, результати дослідження підтверджують ефективність використання відходів олійно-жирової промисловості як субстратів для поверхневого культивування *Eremothecium ashbyi* з метою їх збагачення рибофлавіном. Встановлено залежність накопичення вітаміну від складу субстрату, зокрема вмісту протеїну та жирнокислотного профілю. Отримані збагачені продукти можуть бути використані як цінні кормові добавки, що поєднують підвищений вміст вітаміну В₂ і білка, що підтверджує перспективність даного підходу для аграрного виробництва.

Реакція Хорнера–Водсворта–Еммонса з етильним реагентом: вплив етильного замісника на властивості

Ларін О. Є., Коряко С. С.

Кафедра хімії та фармації Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, м
Ніжин, Україна
sashalarin36@gmail.com

Реакція Хорнера–Водсворта–Еммонса (Horner–Wadsworth–Emmons, HWE) є однією з ключових методик сучасного органічного синтезу для побудови вуглець–вуглецевого подвійного зв'язку. Вона широко застосовується для отримання функціоналізованих алкенів, зокрема α,β -ненасичених естерів, нітрilів та інших електронодефіцитних систем. Порівняно з класичною реакцією Віттіга, HWE-реакція характеризується вищою селективністю (переважно E-ізомер), м'якшими умовами та кращою сумісністю з різноманітними функціональними групами.

Особливий інтерес становить варіювання алкільного замісника у фосфонатному реагенті. Найбільш дослідженими є метильні та незаміщені (гідрогенові) системи, тоді як етильні аналоги вивчені значно менше, попри їх потенційно важливий вплив на фізико-хімічні та біологічні властивості продуктів.

Введення етильного замісника призводить до зростання ліпофільності молекули, що може позитивно впливати на проникність через біологічні мембрани. У порівнянні з метильними аналогами, етильна група має більший стеричний об'єм, що може змінювати конформаційні переваги молекули та її взаємодію з біомішенями. Крім того, етильний замісник здатен впливати на електронну густину в реакційному центрі, що відображається як на перебігу самої HWE-реакції, так і на стабільності отриманих продуктів.

У фармацевтичній хімії навіть незначні зміни алкільного замісника (метил → етил) можуть суттєво впливати на біологічну активність сполук, їх метаболічну стабільність та фармакокінетичні параметри. Такі модифікації часто використовуються в підходах “структура–активність” (SAR) для оптимізації лікарських кандидатів. Зокрема, збільшення гідрофобності може підвищувати афінність до гідрофобних сайтів білків, але водночас впливати на розчинність і біодоступність.

Перспективними об'єктами дослідження є напружені біциклічні системи, зокрема 3-оксабіцикло[3.1.0]гексанові та 3-азабіцикло[3.1.0]гексанові похідні. Такі каркаси привертають увагу як структурні ізостери більш гнучких циклічних систем (наприклад, піперидинів), забезпечуючи підвищену жорсткість молекули, що є важливим фактором у взаємодії з біологічними мішенями. Введення етильного замісника в такі системи може додатково модулювати їх просторову організацію та фізико-хімічні характеристики.

Таким чином, систематичне дослідження впливу етильного замісника у продуктах реакції Хорнера–Водсворта–Еммонса, зокрема у порівнянні з метильними та незаміщеними аналогами, є актуальним напрямом. Воно дозволяє не лише оптимізувати умови синтезу, але й оцінити потенціал

отриманих сполук як перспективних біологічно активних агентів у фармацевтичній та медичній біотехнології.

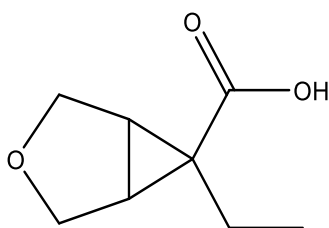
Порівняльний аналіз замісників $R = H, CH_3, C_2H_5$

- **Розмір і гідрофобність:** Етильний замісник (C_2H_5) значно більший за метильний і несиметричний, що підвищує ліпофільність молекули. Зі збільшенням розміру алкілу ($H \rightarrow CH_3 \rightarrow C_2H_5$) зростає $\log P$, що може покращувати проникність через ліпідні мембрани, але ускладнює розчинність у воді.
- **Біологічна активність:** Збільшена гідрофобність часто асоціюється з підвищеною спорідненістю до гідрофобних ділянок біологічних мішеней. Наприклад, при дослідженні тієнопіримідинових сполук C_6-H було заміщено на $C_6-CH_2CH_3$ замість C_6-CH_3 – внаслідок цього протипухлинна активність зросла у 100–1000 разів порівняно з метильним аналогом. Такий ефект одержання більш потужних сполук за рахунок збільшення алкілу («гомологізація») відомий у фармацевтичній хімії.
- **Фармакокінетика та селективність:** Більш ліпофільні сполуки мають вищу білковозв'язувальність. Тобто етильний алкіл може покращити абсорбцію, але й підвищити чутливість до метаболічного руйнування. З іншого боку, об'ємна етильна група може стабілізувати певні конформації молекули, що впливає на селективність зв'язування з рецепторами. В цілому, порівняно з метилом, етил забезпечує кращу гідрофобність та зв'язування за рахунок більшої поверхні контакту, але вимагає балансування властивостей розчинності та токсичності.

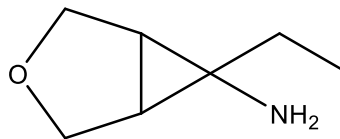
Приклад синтезованих молекул та їх біологічний потенціал

Заплановані сполуки мають ядра 3-оксабіцикло[3.1.0] та 3-азабіцикло[3.1.0] з етильним замісником у 6-му положенні. 3-Азабіциклічний фрагмент (п'ятичленне кільце з одним атомом N, сплюснуте циклапропаном) широко поширений у біологічно активних комплексах. У літературі відомо, що похідні 3-азабіцикло[3.1.0]hexane можуть інгібувати гістондеацетилазу

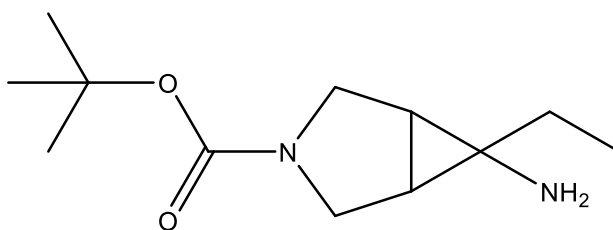
(HDAC), взаємодіяти з опіоїдними рецепторами та демонструвати антибактеріальну дію. Попередні дослідження спірофузованих азабіциклів (сполуки з барбітуровим ланцюгом) показали значну протипухлинну активність (IC_{50} приблизно 4–24 μM) по ряду клітинних ліній. Це свідчить про перспективність азабіциклічних каркасів для розробки БАР. У випадку оксабіциклічних аналогів (з атомом О замість N) за очікуваннями сполука буде менш базичною, але «жорстка» структура циклу підвищує метаболічну стабільність. Хоча оксабіцикло[3.1.0]системи описані рідше, їх вже використовують як основу для лігандів (наприклад, для гістамінових H_3/H_4 -рецепторів), що свідчить про фармацевтичний інтерес до таких структур. Усі перелічені молекули – 6-етил-3-оксабіцикло[3.1.0]hexan-6-карбонова кислота, її амін, а також відповідні карбонові ефіри та амінокарбонові похідні – можуть бути потенційними прекурсорами для ліків, зокрема в напрямках «біологічно активні речовини» та «фармацевтична біотехнологія».



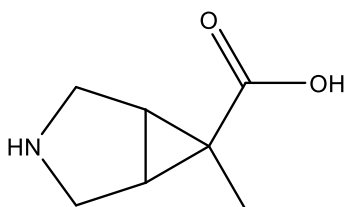
6-ethyl-3-oxabicyclo[3.1.0]hexane-6-carboxylic acid



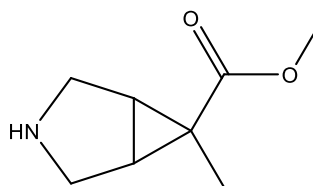
6-ethyl-3-oxabicyclo[3.1.0]hexan-6-amine



tert-butyl 6-amino-6-ethyl-3-azabicyclo[3.1.0]hexane-3-carboxylate



6-ethyl-3-azabicyclo[3.1.0]hexane-6-carboxylic acid



methyl 6-ethyl-3-azabicyclo[3.1.0]hexane-6-carboxylate

Постбіотики як нове покоління біологічно активних речовин

Литвинова М. І., Філіпцова О. В.

Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна

mashulalitinova069@gmail.com

Упродовж останніх десятиліть значна увага дослідників приділяється вивченню ролі кишкової мікробіоти у підтриманні здоров'я людини. Доведено, що склад та функціональна активність мікробіоти впливають на імунну систему, метаболізм, бар'єрну функцію кишечника та ризик розвитку ряду захворювань. У зв'язку з цим активно розвивається напрям застосування біологічно активних компонентів мікробного походження, серед яких особливу увагу останніми роками привертають постбіотики.

Згідно з визначенням Food and Agriculture Organization та World Health Organization, постбіотики – це препарати нежиттєздатних мікроорганізмів або їхніх компонентів, які забезпечують користь для здоров'я господаря. До складу постбіотиків можуть входити клітинні фрагменти бактерій, коротколанцюгові жирні кислоти, бактеріальні метаболіти, ферменти, пептиди, полісахариди та інші біологічно активні сполуки, що утворюються в процесі метаболізму пробіотичних мікроорганізмів.

Актуальність дослідження постбіотиків зумовлена низкою їхніх переваг порівняно з пробіотиками. На відміну від живих мікроорганізмів, постбіотики характеризуються більшою стабільністю під час зберігання, не потребують підтримання життєздатності клітин та мають вищий профіль безпеки, що особливо важливо для осіб з ослабленим імунітетом. Крім того, постбіотики зберігають біологічну активність навіть після термічної обробки, що розширює можливості їх використання у фармацевтичній та харчовій промисловості.

Сучасні дослідження підтверджують значний терапевтичний потенціал постбіотиків.

Так, у консенсусній роботі Seppo Salminen, Марії Кармен Колладо, Акіхіто Ендо та інших дослідників (2021), опублікованій у журналі *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, було запропоновано сучасне наукове визначення постбіотиків та продемонстровано їх потенційну роль у підтриманні здоров'я людини. Автори зазначають, що постбіотики можуть сприяти модуляції імунної відповіді, покращенню бар'єрної функції кишечника та регуляції складу кишкової мікробіоти.

Важливу роль серед постбіотичних компонентів відіграють коротколанцюгові жирні кислоти, зокрема ацетат, пропіонат і бутират, які утворюються в результаті ферментації харчових волокон кишковими бактеріями.

Ці сполуки беруть участь у регуляції енергетичного обміну, підтриманні цілісності епітелію кишечника та модуляції імунної відповіді.

У дослідженнях Glenn R. Gibson та співавторів показано, що коротколанцюгові жирні кислоти відіграють важливу роль у підтриманні гомеостазу кишкової мікробіоти та зниженні інтенсивності запальних процесів у кишечнику.

Крім того, постбіотики можуть проявляти антимікробні властивості. Деякі бактеріальні метаболіти, зокрема бактеріюцини та органічні кислоти, здатні пригнічувати ріст патогенних мікроорганізмів, що відкриває перспективи їх застосування як природних антимікробних агентів у харчовій промисловості.

Таким чином, постбіотики розглядаються як перспективне нове покоління біологічно активних речовин, що поєднують високу біологічну ефективність, безпечність та технологічну стабільність.

Подальші дослідження у цьому напрямі сприятимуть розробці нових функціональних харчових продуктів, дієтичних добавок та фармацевтичних препаратів на основі постбіотичних компонентів.

Проблеми створення та виробництва препарату проти шигельозу на основі бактеріофагів

Литовчак К. Р.

Кафедра промислової біоінженерії та біофармації, ФБТ, КПІ ім. Ігоря Сікорського,
м. Київ, Україна
ksenialitovchak@gmail.com

Шигельоз є однією з найбільш поширених бактеріальних кишкових інфекцій, що спричиняється бактеріями роду *Shigella* та характеризується ураженням слизової оболонки товстого кишечника. За сучасними епідеміологічними оцінками, у світі щорічно реєструється близько 188 млн випадків шигельозу, значна частина яких припадає на країни з низьким рівнем санітарії та обмеженим доступом до безпечної питної води. У державах із розвинутою системою водопостачання та санітарного контролю ця проблема часто залишається поза увагою через відносно низьку частоту спалахів, однак у глобальному масштабі інфекція продовжує становити загрозу для громадського здоров'я.

Епідеміологічна ситуація щодо шигельозу у світі ускладнюється тим, що станом на сьогодні ефективна ліцензована вакцина проти шигельозу відсутня, а лікування переважно полягає у застосуванні антибактеріальних препаратів та регідратаційній терапії. Водночас однією з ключових проблем сучасної медицини є швидке зростання антибіотикорезистентності збудників шигельозу – представників роду *Shigella* (зокрема *S. dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. sonnei*, *S. boydii*), включаючи формування мультирезистентних варіантів, що суттєво обмежує ефективність стандартної терапії. У зв'язку з швидким поширенням антибіотикорезистентності серед збудників шигельозу існує нагальна потреба в розробці альтернативних антимікробних засобів. Одним із найбільш перспективних і біологічно обґрунтованих підходів на сьогодні є застосування бактеріофагів як специфічних агентів для боротьби зі збудниками шигельозу та профілактики інфекції.

Бактеріофаги – це віруси, що специфічно інфікують бактеріальні клітини та використовують їхній метаболічний апарат для власної реплікації. Вони є природними компонентами мікробіоценозів і поширені в навколишньому середовищі, зокрема у воді, ґрунті та біологічних субстратах, де присутні бактерії. Бактеріофаги діють шляхом специфічного розпізнавання та інфікування бактеріальних клітин, у які вони вводять свій генетичний матеріал. Надалі вірус використовує клітинний апарат бактерії для синтезу нових фагових частинок, що зрештою призводить до лізису клітини та вивільнення віріонів. Принципово інший механізм дії, що полягає у лізисі клітин патогена, дозволяє ефективно знищувати бактерії, у тому числі резистентні до антибактеріальних препаратів, зокрема збудників шигельозу.

Розробка фагового препарату проти шигельозу включає кілька ключових етапів: ізоляцію та селекцію бактеріофагів, визначення їх літичної активності щодо збудників шигельозу – бактерій роду *Shigella*, геномну характеристику бактеріофагів з метою підтвердження їх безпечності, формування фагових коктейлів (комбінацій кількох бактеріофагів із різним спектром дії), а також культивування, очищення та стандартизацію препарату. Однак створення фагових препаратів супроводжується певними технологічними труднощами, зокрема необхідністю забезпечення високого титру фагових часток, стабільності препарату під час зберігання та широкого спектра літичної активності щодо клінічних ізолятів збудника.

Таким чином, подальші дослідження у напрямі застосування фагових препаратів проти збудників шигельозу доцільно зосередити на оптимізації умов отримання бактеріофагів, підвищенні титру фагових часток, забезпеченні стабільності препарату та формуванні фагових коктейлів із широким спектром літичної активності щодо клінічних ізолятів *Shigella*. Комплексне вирішення цих завдань матиме наукову та практичну цінність і сприятиме створенню ефективних і безпечних фагових препаратів як перспективної альтернативи або доповнення до традиційної антибактеріальної терапії та вирішенню проблеми антибіотикорезистентності.

**Біотехнологія отримання бурштинової кислоти за допомогою
штаму дріжджів *Yarrowia lipolytica* ВКПМ Y-3314**

Малишко К. С.

Кафедра біотехнології, біофізики та аналітичної хімії, НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна

Kateryna.Malyshko@ihti.khpi.edu.ua

Бурштинова кислота є важливою дикарбоною органічною сполукою, яка належить до перспективних платформних хімічних речовин біоекономіки. Вона широко застосовується у хімічній, фармацевтичній, харчовій та полімерній промисловості для синтезу розчинників, полімерів, пластифікаторів, лікарських препаратів та харчових добавок. Традиційні методи її отримання базуються на нафтохімічній сировині, що пов'язано зі значними енергетичними витратами та негативним впливом на довкілля. У зв'язку з цим актуальним напрямом є розробка екологічно безпечних біотехнологічних методів виробництва бурштинової кислоти.

Метою роботи є аналіз можливостей отримання бурштинової кислоти біотехнологічним методом із використанням штаму дріжджів *Yarrowia lipolytica* ВКПМ Y-3314, а також визначення оптимальних умов культивування для підвищення продуктивності штаму.

Дріжджі *Yarrowia lipolytica* належать до групи нетрадиційних дріжджів і характеризуються високою метаболічною активністю, здатністю засвоювати різні джерела вуглецю та синтезувати широкий спектр біологічно активних сполук. Ці мікроорганізми ефективно використовують такі субстрати, як глюкоза, гліцерин, органічні кислоти та інші відновлювані джерела вуглецю. Штам *Yarrowia lipolytica* ВКПМ Y-3314 є перспективним продуцентом органічних кислот, зокрема бурштинової, завдяки стабільності та високій продуктивності під час культивування. Крім того, цей штам демонструє високу толерантність до змін рН та концентрації субстрату, що робить його зручним для промислового масштабування.

Біотехнологічний процес отримання бурштинової кислоти включає підготовку поживного середовища, яке містить джерела вуглецю, азоту та мінеральні компоненти, необхідні для росту мікроорганізмів. Культивування дріжджів здійснюється у біореакторі за контрольованих умов температури, кислотності середовища, аерації та перемішування. У процесі метаболізму відбувається перетворення органічних субстратів через основні метаболічні шляхи клітини, зокрема гліколіз і цикл трикарбонових кислот, що призводить до утворення та накопичення бурштинової кислоти у культуральному середовищі. Ефективність процесу значно підвищується при регуляції співвідношення джерел вуглецю та азоту, що впливає на баланс метаболітів і швидкість накопичення продукту.

Важливим етапом технології є оптимізація умов ферментації, зокрема підбір оптимальної температури, рН середовища, складу поживного середовища та режиму аерації. Контроль цих параметрів дозволяє підвищити продуктивність мікроорганізмів і збільшити вихід цільового продукту. Після завершення процесу ферментації бурштинову кислоту виділяють із культуральної рідини шляхом відокремлення біомаси, очищення та подальшої кристалізації продукту. Отриманий продукт відповідає сучасним стандартам чистоти і може бути використаний як у наукових дослідженнях, так і у промисловому виробництві.

Застосування біотехнологічних методів отримання бурштинової кислоти має низку переваг порівняно з традиційним хімічним синтезом. До них належать можливість використання відновлюваної сировини, зниження енергетичних витрат, екологічність процесу та отримання продукту високої чистоти. Таким чином, використання штаму дріжджів *Yarrowia lipolytica* ВКІМ У-3314 є перспективним напрямом розвитку промислової біотехнології та може сприяти створенню ефективних і екологічно безпечних технологій виробництва бурштинової кислоти. Подальші дослідження мають бути спрямовані на вивчення генетичного потенціалу штаму та розробку методів масштабування процесу для промислових умов.

**Деконтамінація інструментів після відбору зразків
головного мозку для дослідження на сказ
з використанням хлорвмісних дезінфікуючих засобів**

^{1,2}Мальована Л. В., ^{2,3}Полупан І. М.

¹ Вінницька регіональна державна лабораторія Державної служби України з питань
безпеки харчових продуктів та захисту споживачів, м. Вінниця, Україна

² Інститут ветеринарної медицини НААН, м. Київ, Україна

³ Державний науково-дослідний інститут з лабораторної діагностики та ветеринарно-
санітарної експертизи, м. Київ, Україна
malvaluda@gmail.com; vetmedic@ukr.net

Вступ. Сказ – гостра зоонозна вірусна інфекція, збудником якої є нейротропний РНК-геномний вірус роду *Lyssavirus*, родини *Rhabdoviridae*. Лабораторна діагностика відіграє ключову роль у своєчасній ідентифікації збудника сказу і прийнятті рішення щодо здійснення протиепізоотичних заходів та призначення постконтактної антирабічної профілактики. Для постановки достовірного діагнозу на сказ потрібно ідентифікувати збудник за допомогою мікроскопічних, вірусологічних або молекулярно-генетичних методів. Дослідження мазків-відбитків головного мозку здійснюється методом флуоресціюючих антитіл (МФА). На сьогодні молекулярно-генетичні методи набули широкого використання в лабораторній діагностиці сказу завдяки швидкості та чутливості. Поряд із перевагами, ці методи мають і недоліки, серед яких критичним є висока вірогідність контамінації: перехресної від одного дослідного зразка до іншого та продуктами ампліфікації. І якщо в приміщенні молекулярно-генетичної лабораторії постійно проводяться заходи попередження контамінації, то в секційній під час відбору головного мозку ними часто нехтують, тому значно зростає ймовірність отримання хибно-позитивних результатів. В результаті постає проблема вибору методів дезінфекції та деконтамінації інструменту, підбору найоптимальніших деззасобів з огляду на їх здатність деактивувати вірус сказу, деградувати РНК в

умовах високого органічного навантаження. Одними з найбільш широко використовуваними хлорвмісні деззасоби.

Метою роботи було провести випробування хлорвмісного деззасобу «Госпісепт» (ТОВ «Бланідас» Україна) та оцінити його ефективність для знешкодження збудника сказу та його РНК.

Ефективність дезінфекції перевіряли в МФА, використовуючи набір «РАБІТЕСТ-РІФ (RABITEST-FAT)» (Україна) та ЗТ-ПЛР-РЧ, протокол LN 34 (Gigante et al., 2018). Для контамінації інструментів було вибрано один позитивний та один негативний на сказ зразок. Екстракцію нуклеїнових кислот проводили набором «Patho Gene-spin», iNtRON Biotechnology (Республіка Корея).

Отримані результати (Таблиця 1) лабораторних досліджень зразків змивів з інструментів методом ЗТ-ПЛР-РЧ та МФА були валідними, але не ідентичними. Після дезінфекції вірусна оболонка була повністю зруйнована, тому при дослідженні мазків в МФА комплекси антиген-антитіло не утворювались. І навпаки, при проведенні ЗТ-ПЛР-РЧ РНК збудника сказу було виявлено, адже мішенню для протоколу LN 34 є ділянка геному вірусу сказу довжиною лише 165 п.н.

Таблиця 1. Результати досліджень, отриманих ЗТ-ПЛР-РЧ та МФА

№ п/п	Зразок	Результат	
		ЗТ-ПЛР-РЧ (LN 34)	МФА
1	0,03 % розчин "Госпісепту"	Виявлено РНК збудника сказу	Негативно
2	0,06 % розчин "Госпісепту"	Виявлено РНК збудника сказу	Негативно
3	0,15 % розчин "Госпісепту"	Виявлено РНК збудника сказу	Негативно
4	Позитивний контроль	Виявлено РНК збудника сказу	Позитивно
5	Негативний контроль	РНК збудника сказу не виявлено	Негативно

Висновки. Ефективність дезінфекції може залежати від методів дослідження, з якими працює лабораторія. Проведення молекулярно-генетичних досліджень на сказ вимагає більш ретельної дезінфекції та очищення інструментів для відбору зразків.

**Кінетико-спектрофотометричне визначення
ацетил-L-карнітину за реакцією пер гідролізу
Манько С., Блажеєвський М., Кучер Т., Криськів Л.**

Тернопільський національний медичний
університет імені І.Я. Горбачевського м. Тернопіль, Україна
manko_solole@tdmu.edu.ua

Актуальність. Ацетил-L-карнітин (ALC) є ацетильованою формою амінокислоти L-карнітину. Широко використовується для лікування периферичних нейропатій. Згідно даних з літературних джерел, для кількісного визначення вмісту ALC використовують методи ВЕРХ та ГХ, МС. Відсутність у структурі АФІ хромофорного угруповання унеможливорює пряме спектрофотометричне визначення, тому відомі підходи базуються на ферментативних методах або проведенні дериватизації. Складність апаратурного оформлення, процедури визначення і використання неекологічних реактивів обумовлюють актуальність опрацювання альтернативної спектрофотометричної методики кількісного визначення ALC.

Матеріали та методи. У дослідженні використовували субстанцію ацетил-L-карнітину гідрохлориду, 3,3',5,5' тетраметилбензидин (97%, Aldrich), 50% розчин H_2O_2 (ПП «Система Оптимум»), 0.2 М фосфатний буферний розчин. Вимірювання поглинання проводили на спектрофотометрі «Shimadzu UV-1800» з оригінальним ПЗ UV-Probe 2.71, застосовували аналітичні ваги RAD WAG AS 200/C, ультразвукову баню Elmasonic Easy 60H, рН-метр FiveEasy Plus (MettlerToledo), а також мірний посуд класу А.

Результати та обговорення. Запропоновано здійснювати кількісне визначення ALC за початковою швидкістю утворення продукту спряжених реакцій - пергідролізу ALC у присутності гідрогену пероксиду та пероксикислотного окиснення 3,3',5,5'-тетраметилбензидину (ТМБ). Утворена внаслідок гідролітичного розщеплення ALC перацетатна кислота реагує з ТМБ утворюючи хінондімін, за зростанням поглинання якого у часі і здійснювали

визначення. Реакцію проводили у слабколужному середовищі ($\text{pH} = 8,5$), а утворення забарвленого продукту реєстрували спектрофотометрично в кінетичному режимі при $\lambda_{\text{max}} = 415 \text{ нм}$. Було встановлено що тангенс кута нахилу лінійної ділянки кінетичної кривої (1-10 хв) прямо пропорційний кількості ALC. Показано що початкова стадія пергідролізу є лімітуючою, а висока селективність індикаторної реакції з ТМБ, дозволила визначати ALC у діапазоні концентрацій 82 – 410 мкг/мл. Методом найменших квадратів було отримано рівняння регресії, $\text{tg}\alpha = (0,1567 \times C + 0,0001)$, $R^2 = 0,9993$, межа виявлення та межа кількісного визначення становлять 14 та 42 мкг/мл, відповідно. При визначенні ALC у модельних розчинах $\text{RSD} \leq 1,5 \%$, $\delta = 0,5$ ($n = 5$, $P = 0,95$).

Висновки. Опрацьовано чутливу кінетико-спектрофотометричну методику кількісного визначення ацетил-L-карнітину в субстанції. Її перевагами є простота, швидкість, а також можливість вибірково визначати вміст АФІ у присутності продуктів його гідролізу і домішок, без попереднього розділення.

Застосування вітамінно-гормональних препаратів у відтворенні свиней

Мартинюк І. М., Сушко О. Б., Хмельков В. М.

Інститут тваринництва НААН, м. Харків, Україна
martinyuk.i.n.2015@ gmail.com

Інтенсифікація галузі свинарства має передбачати максимальне використання біологічних особливостей свиней не тільки через забезпечення прогресивних методів розведення і годівлі, але і шляхом застосування нових біотехнологічних методів стимуляції відтворювальної здатності тварин.

Ефективність відтворення може бути підвищена при використанні способів стимуляції охоти у основних свиноматок і полягає у вимогах сучасних інтенсивних технологій.

Мета нашої роботи полягала у вивченні ефективності окремих біотехнологічних прийомів для більш повної реалізації репродуктивного

потенціалу свиней. У наших дослідженнях використовували вітамінно-гормональна стимуляція статевої функції у свиноматок та визначали їх репродуктивні показники: кількість маток які опоросилися, їх багатоплідність у весняну та літню пори року. У дослідній групі тварин використовували комплексний вітамінний препарат „Інтровіт” в дозі 8 мл в/м кожній тварині за 3 дні до відлучення поросят та вдень відлучення поросят гормональний препарат «Геставет» у дозі 5 мл в/м. Контрольній групі тварин не вводили вітамінних та гормональних препаратів.

За результатом проведених досліджень встановлено, що при введенні вітамінного та гормонального препаратів свиноматкам та використанні природного парування у весняну пору року, у дослідній групі опоросилось на 10 % свиноматок більше порівняно з контрольною, що становить 11,8 %.

Багатоплідність свиноматок дослідної групи, була вищою на 6,8 %, порівняно із контрольною групою тварин, свиноматкам яким вводили комплексні препарати народили на 34 голів поросят, або 17,8 % більше ніж в контрольній групі.

Таблиця 1. Відтворювальна здатність основних свиноматок при застосуванні вітамінно-гормональної обробки

Група	Схема обробки тварин	Осіменіно, голів	Опоросилось		Народилося поросят, гол.	Багатоплідність, гол
			гол.	%		
Весняна пора року						
Дослід	Вітамінно-гормональна	20	17	85,0	192	11,29 ± 0,25 *
Контроль	Обробки не проведено	20	15	75,0	158	10,53 ± 0,24
Літня пора року						
Дослід	Вітамінно-гормональна	20	16	80,0	163	10,19 ± 0,16
Контроль	Обробки не проведено	20	13	65,0	128	9,85 ± 0,15

Примітка. * P> 0,95 - порівняно до контролю.

У літню пору року було встановлено, що: при застосуванні вітамінно-гормональної обробки у дослідній групі опоросилось на 15 % більше свиноматок, ніж у контрольній, що становить 18,7 %.

За результатами досліджень встановлено, що у дослідній групі народилося на 35 поросят, або на 21,5 % більше ніж у контрольній. Показник багатоплідності свиноматок дослідної групи становив 10,19 голів, у тварин контрольної групи 9,85 голів, тобто був менший на 3,4 %. Визначаючи вплив пори року на репродуктивні показники свиноматок встановили, що за опоросом різниця між свиноматками дослідних груп складала 5,0 % на користь свиноматок, які стали супоросними на весні. Між контрольними групами різниця за опоросами складала 10,0 %, тобто різниця суттєва..

На підставі отриманих результатів пропонується схема вітамінно-гормональної стимуляції репродуктивної функції свиноматок.

Вплив генетичної трансформації на біоактивність екстрактів *Bidens pilosa* L.

¹Матвєєва Н. А., ¹Лучко Л., ²Лижнюк В.

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, Київ, Україна

²Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, Україна

joyna@ukr.net

Bidens pilosa L. (родина Asteraceae) – лікарська рослина, поширена у тропічних та субтропічних регіонах. У ній виявлено ряд сполук з багатофункціональною біологічною активністю, зокрема комплекс поліфенолів. В експериментальних умовах екстракти з *B. pilosa* проявляли гепатопротекторну, протидіабетичну, протималарійну, антиоксидантну та протизапальну активність.

У нашій роботі порівнювали особливості активності водно-етанольних (30:70) екстрактів з трансгенних та нетрансформованих коренів *B. pilosa* у реакції аутоокиснення адреналіну, яка є модельною системою для оцінки впливу біоактивних сполук на утворення супероксидних радикалів та прояв прооксидантної активності. Визначали спектрофотометричні параметри реакції за допомогою спектрофотометра Fluorat-02 Panorama.

Встановлено, що обидва екстракти у концентрації 40 мкл достовірно виявляли прооксидантні властивості у хімічній системі аутоокиснення адреналіну. Разом з тим, така активність екстракту з трансгенних коренів *B. pilosa* була вищою, ніж активність екстракту з коренів нетрансформованих рослин. Ці дані корелюють із визначеним нами раніше вмістом сполук поліфенольної природи, у тому числі флавоноїдів, який був більшим саме у трансгенних коренях, а також із даними ряду публікацій, що свідчать про те, що поліфеноли рослинного походження можуть діяти як прооксиданти. Виявлені відмінності активності екстрактів з трансгенних та контрольних коренів свідчать про суттєвий вплив генетичної трансформації на синтез метаболітів та їхню окисно-відновну поведінку, що може бути використано для отримання цінних сполук медичного призначення.

Робота частково виконана за підтримки гранту МОН 0125U000412.

**Особливості викладання анатомії та фізіології рослин для студентів
спеціальності «Біотехнологія та біоінженерія»**

Махиня Л. М., Мінарченко В. М., Карпюк У. В.,

Двірна Т. С., Чолак І. С., Підченко В. Т.

Кафедра фармакогнозії та ботаніки Національного медичного університету

ім. О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

larisamahin@gmail.com, valminar@ukr.net, uliana.karpiuk@gmail.com, dvirna_t@ukr.net,

sophora9@gmail.com, foxkin@gmail.com

Викладання фундаментальних дисциплін, зокрема анатомії та фізіології рослин, для студентів біотехнологічного профілю потребує переходу від класичної описової морфології до аналітичного підходу, де рослинний організм розглядається як високоефективна біологічна система. Сучасна підготовка спеціалістів у галузі біоінженерії потребує не лише фундаментальних знань про будову рослинного організму, а й глибокого розуміння механізмів адаптації на клітинному та тканинному рівнях. Вивчення дисципліни має базуватися на

поєднанні класичної морфології з функціональним аналізом фізіологічних процесів. У курсі анатомії та фізіології рослин особливу увагу слід приділяти структурам, що забезпечують виживання рослин у стресових умовах та вміти кількісно оцінювати біологічні процеси.

Для майбутніх біотехнологів вивчення анатомії та фізіології рослин є базою для майбутнього гібридного моделювання складних біотехнологічних процесів. Одним з акцентів програми курсу може бути фокусування на мікроструктурах, що регулюють фізико-хімічні процеси. Дисципліна дозволяє студентам зрозуміти природні механізми виживання, а саме розуміючи захисні бар'єри при вивченні ролі товстого воскового шару кутикули, який різко знижує кутикулярну транспірацію. Дослідження опушення, як системи пасивного охолодження. Густі волоски створюють бар'єрний шар повітря, що зменшує випаровування та тепловіддачу. Аналіз здатності світлого забарвлення або сріблястого опушення до віддзеркалення сонячних променів, що запобігає перегріву тканин.

Для студентів-біотехнологів важливо кількісно оцінювати біологічні процеси. Вивчення інтенсивності транспірації в різних умовах середовища є ключовим для розуміння водного режиму. Порівняльний аналіз екологічних груп (мезофіти, гідрофіти, ксерофіти) дозволяє простежити еволюцію механізмів регуляції водного балансу. Експериментальне підтвердження того, як морфологічні ознаки (наприклад, герметизація бруньок смолистими речовинами) впливають на кріорезистентність тканин.

Навчання має стимулювати студентів розглядати рослину як складну саморегульовану систему. Зокрема, дослідження покривних лусок бруньок як механічних та теплових ізоляторів для захисту меристеми від вимерзання та висихання. Важливим елементом підготовки є вивчення комбінованих стресів. Здобувачі освіти мають розуміти як рослини герметизують органи смолами для захисту від льоду, що відкриває шлях до створення нових кріопротекторних технологій. Викладання анатомії та фізіології рослин для майбутніх

біотехнологів повинно зміщуватися від простого опису структур до аналізу їхньої функціональної ефективності.

Розуміння того, як рослини оптимізують накопичення органічних речовин за умови обмежених ресурсів, є ключовим для створення високопродуктивних біосистем. Крім того, вивчення процесів дихання дозволяє оцінити енергетичні витрати рослини на підтримку життєдіяльності та адаптацію до стресових чинників. У біоінженерії такий комплексний підхід допомагає моделювати організми з максимально ефективним метаболізмом, де енергія дихання раціонально використовується для росту та захисту, а фотосинтетична продуктивність залишається стабільною навіть при зміні умов довкілля.

Інтегрований підхід до викладання предмету, де конкретна анатомічна структура безпосередньо пов'язується з фізіологічною функцією, дозволяє студентам-біотехнологам формувати цілісну картину біологічних адаптацій. Це закладає фундамент для розробки стійких агроєкосистем та нових біоматеріалів для використання у фармації та медицині.

Сучасні підходи до фармацевтичного аналізу субстанції Прогестерону

Мелешко Р. А., Вельчинська О. В., Ніженковська І. В.

Кафедра хімії ліків та лікарської токсикології

Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

rama8376@ukr.net

Прогестерон (прегн-4-ене-3,20-діон) – це стероїд, який відноситься до статевих гормонів хребетних тварин та людини. Контроль якості субстанції прогестерону як продукту біологічного/біотехнологічного походження підлягає суворому виконанню. Державна Фармакопея України (ДФУ) не регламентує аналіз субстанції прогестерону. Субстанцію прогестерону аналізують за допомогою монографії Європейської Фармакопеї. Супровідні речовини у складі субстанції аналізують методом рідинної хроматографії. Субстанція

прогестерону для виготовлення фармацевтичної композиції вимагає підтвердження її чистоти більш ефективним інструментальним методом, оскільки вона може містити супровідні речовини – неприпустимі домішки.

З цією метою нами впроваджено сучасний високотехнологічний метод високоефективної хроматографії (ВЕРХ), який забезпечить найвищу ідентифікаційною ефективність. Нами виконано хроматографічне дослідження методом ВЕРХ зразків субстанцій прогестерону з використанням базових умов хроматографування і валідованих методик дослідження, які було розроблено для аналізу методом рідинної хроматографії субстанції.

Матеріали та методи. Для проведення інструментальних досліджень використовували хроматограф Agilent 1200 з діодно-матричним детектором, колонка – AQUASIL C18, 50x4,6x5. Для виконання експериментального дослідження нами запропоновано наступні умови хроматографування: потік – 1,0 мл/хв, детектування – УФ при 241 нм, об'єм інжекції – 10 мкл, температура колонки – 30°C, час хроматографування – 20 хв.

Запропоновано склад: розчиннику – вода для хроматографування *P* – ацетонітрил *P* (1:1, V/V), рухомої фази А – вода для хроматографування *P*, рухомої фази В – ацетонітрил *P*.

Хроматографічна система вважається придатною, якщо виконуються наступні умови: розділення між піком домішки С та піком прогестерону при аналізі розчину придатності системи має бути не менше 2,0; відносне стандартне відхилення площі піка прогестерону після 6 послідовних введень стандартного розчину має становити не більше 5%; фактор симетрії для піку прогестерону має бути в межах 0,8-1,5. У якості стандарту використовували фармакопейний стандартний зразок ДФУ прогестерону з концентрацією 0,001 мг/мл у розчиннику. Для розчину придатності системи використовували фармакопейний стандартний зразок ДФУ прогестерону та прогестерону домішки С концентрацією 0,2 мг/мл та 0,01 мг/мл, відповідно, у розчиннику.

При проведенні комп'ютерного аналізу використовували програму OpenLab CDS (рис. 1).

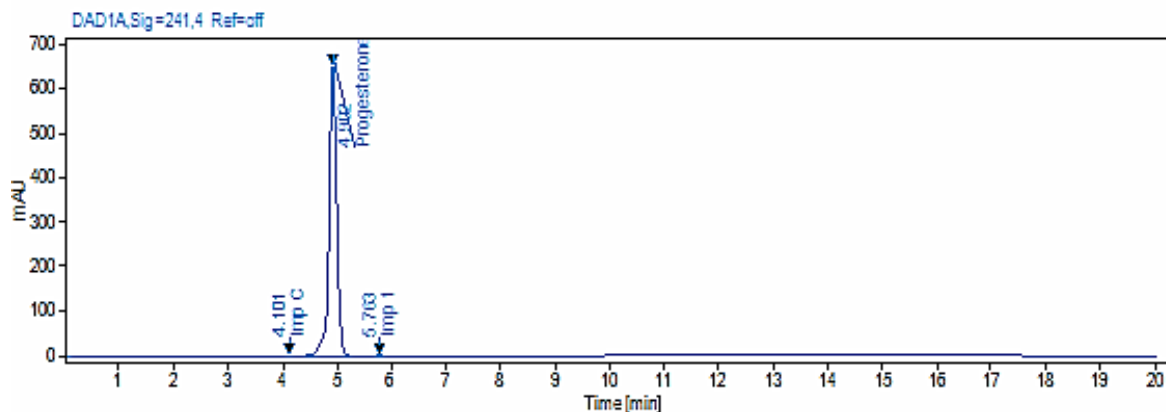


Рис. 1. Хроматограма випробовуваного зразку: Прогестерон ($R_t=4,902$ хв), домішка С ($R_t=4,101$ хв), неідентифікована домішка 1 ($R_t=5,763$ хв).

За допомогою методу ВЕРХ виявлено, що досліджувана субстанція Прогестерону містить специфіковану домішку С та неідентифіковану домішку 1, що підтверджує необхідність її додаткової очистки.

Корекція активності амінотрансфераз у морських свинок за умов хронічного холодового стресу

Мирний В. Г., Моїсєєва Н. М., Ахатова Ю. С., Горіна О. Л.

Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України, м. Харків, Україна
ukrainanataliy@gmail.com, juliyaakhatova@gmail.com

Холодовий стрес є одним із найпоширеніших природних стресорів, який призводить до комплексної перебудови метаболізму, спрямовану на підтримання температурного гомеостазу та енергетичного балансу. Тривалий вплив низьких температур супроводжується активацією нейроендокринних механізмів, прискоренням катаболічних процесів, порушенням мікроциркуляції та розвитком тканинної гіпоксії, що може призводити до ушкодження внутрішніх органів, передусім печінки як центрального органа метаболічної адаптації. Важливими біохімічними індикаторами цих змін є аланінамінотрансфераза (АЛТ) та аспартатамінотрансфераза (АСТ), активність яких відображає як цитолітичні процеси, так і перебудову енергетичного обміну, пов'язану зі збільшенням використання амінокислот у глюконеогенезі за умов стресу.

Пошук засобів фармакологічної корекції наслідків холодового стресу є актуальним завданням експериментальної медицини. Особливий інтерес становлять регуляторні нейропептиди (НП), зокрема синтетичний аналог ендогенного лей-енкефаліну, який має стрес-протекторні, антигіпоксичні та мембраностабілізуючі властивості, що може впливати на адаптаційні можливості організму. У зв'язку з цим метою дослідження було оцінити вплив синтетичного НП на активність АЛТ та АСТ у морських свинок за умов хронічного холодового стресу.

Дослідження проведено на статевозрілих самцях морських свинок лінії Dunkin-Hartley віком 5–6 місяців (600–800 г). Тварин розподіляли на групи ($n=12$ у кожній): інтактну (утримання при 18°C), контрольну (підшкірне введення 0,5 мл фізіологічного розчину за 30 хв до моделювання хронічного холодового стресу (ХХС) та дослідну (підшкірне введення синтетичного НП в дозі 100 мкг/кг за 30 хв до ХХС).

Моделювання ХХС здійснювали шляхом циклічного температурного впливу: 1 год при 18 і 4°C , надалі протягом 5 діб проводили чергування 12 год при 4°C і 12 год при 18°C . На 6-ту добу після припинення стресового впливу проводили забір крові з яремної вени. Активність АЛТ та АСТ визначали у сироватці крові стандартним кінетичним методом за швидкістю утворення продуктів реакції.

У тварин із ХХС активність АЛТ підвищувалась приблизно на 4% порівняно з інтактною групою, тоді як активність АСТ зростала більш виражено, майже на 14%, що свідчить про більшу чутливість цього показника до тривалого холодового впливу. Введення синтетичного НП на тлі ХХС супроводжувалось зниженням активності АЛТ на 23% відносно групи ХХС ($p \leq 0,05$) і на 21% порівняно з інтактними тваринами ($p \leq 0,05$).

Водночас активність АСТ у групі ХХС з введенням синтетичного НП перевищувала показники як інтактної групи (приблизно на 22%, $p \leq 0,05$), так і групи ХХС без корекції (близько 7%), що вказує на різноспрямований вплив препарату на амінотрансферазний профіль за умов холодового стресу.

Таким чином, синтетичний НП, аналог ендogenous лей-енкефаліну, модулює біохімічні прояви хронічного холодового стресу, знижуючи активність АЛТ, що може свідчити про обмеження цитолітичних процесів у печінці, водночас підвищення активності АСТ може відображати особливості метаболічної адаптації організму до тривалого переохолодження. Отримані результати підтверджують доцільність подальшого вивчення регуляторних нейропептидів як засобів корекції холодового стресу.

Зміни спектра гліадинів у генетично модифікованих форм пшениці м'якої озимої з підвищеним вмістом проліну

Михальська С. І., Комісаренко А. Г., Михальський Л. О.

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, м Київ, Україна
mykhalskasvitlana@gmail.com

Сучасні глобальні кліматичні зміни, що супроводжуються зростанням температурного режиму та частоти посушливих явищ, зумовлюють необхідність створення нових генотипів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) з підвищеним рівнем адаптивності до абіотичних стресів. Особливої актуальності набуває селекція на посухостійкість рослин за умови збереження високої продуктивності та якості зерна.

У роботі використано генетично модифіковані рослини пшениці озимої, що містять дволанцюговий РНК-супресор гена проліндегідрогенази (*proDH*), утворений внаслідок інтеграції двох екзонів та інтрону гена *proDH Arabidopsis thaliana* L. Встановлено, що інгібування активності проліндегідрогенази в результаті дії РНК-інтерференції приводить до підвищеної акумуляції вільного проліну та зростання стійкості генетично зміненої пшениці до осмотичних стресів.

Відомо, що пролін виконує подвійну функцію в рослинному організмі: як осмопротектор за умов водного дефіциту та як структурний компонент запасних білків ендосперму. Підвищений рівень проліну в генетично модифікованих формах може зумовлювати активацію біосинтезу пролін-

збагачених білків, зокрема гліадинів, що безпосередньо впливає на формування білкового комплексу зерна.

Електрофоретичний аналіз гліадинів зерна генетично модифікованої пшениці м'якої озимої, проведений методом кислотного поліакриламідного гел-електрофорезу, виявив певну варіабельність білкового спектра між досліджуваними зразками. У більшості із них спостерігалось збереження загальної структури гліадинового спектра порівняно з вихідною формою, що свідчить про спільність генетичної основи білкового комплексу. При цьому в деяких зразках встановлена наявність відмінностей між вихідною формою і трансгенними варіантами, які проявлялися у зміні інтенсивності окремих смуг, появі додаткових компонентів та варіаціях електрофоретичної рухливості. Такі зміни можуть бути наслідком кількісних перебудов у синтезі гліадинових фракцій, змін амінокислотного складу білків із підвищенням частки проліну, а також диференційованої експресії генів локусів *Gli* за умов стресу.

Найбільш виражені зміни виявлено в зоні ω -гліадинів, які характеризуються найвищим вмістом проліну та високим рівнем поліморфізму. Посилення або поява нових ω -компонентів у генетично модифікованих форм порівняно з контролем може свідчити про адаптивний зсув у напрямі синтезу пролін-збагачених білків як складової механізму осмостійкості.

Зона γ -гліадинів характеризується відносно високою стабільністю, однак між деякими генотипами відмічено варіації інтенсивності забарвлення окремих компонентів, що вказує на кількісні відмінності у синтезі відповідних білкових фракцій.

Отже, встановлені відмінності в спектрі гліадинів між вихідними і генетично модифікованими формами пшениці озимої можуть бути опосередковано пов'язані з підвищеним вмістом проліну та потенційно впливати на технологічні властивостях зерна. Отримані результати свідчать про доцільність використання гліадинового спектра як біохімічного маркера адаптивних змін і якості зерна в селекційних та біотехнологічних дослідженнях.

Встановлення гарантійного терміну придатності молочних напоїв до споживання

¹Мінорова А. В., ¹Крушельницька Н. Л., ¹Седень І. А., ²Наріжний С. А.

¹Відділ молочних продуктів та дитячого харчування,

Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна

²Кафедра харчових технологій та технології переробки продуктів тваринництва,

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна

MinorovaAnt@gmail.com

Окислення ліпідів – одна з провідних причин погіршення якості харчових продуктів, що призводить до утворення прогірклого смаку, втрати жиророзчинних вітамінів та псування продукту. З метою інгібування цих процесів, подовження терміну зберігання продуктів, збереження їх смакових та поживних цінностей застосовуються антиоксиданти – синтетичні та натуральні.

У світі харчової індустрії зростає інтерес до природних антиоксидантів. Серед них поєднанням високої радикал-захисної здатності та маркетингової привабливості виділяється біофлавоноїд таксифолін (dihydroquercetin). Відмічено, що використання таксифоліну та дослідження його впливу на здоров'я людини було, в основному, проведено закордонними вченими в медичній та фармакопейній промисловостях. В контексті використання таксифоліну в харчовій, зокрема молочній промисловості, та дослідження його впливу на подовження терміну зберігання молочних продуктів, кількість наукових досліджень вкрай обмежена.

Враховуючи, що таксифолін має потужні антиоксидантні властивості, і таким чином, може впливати на процеси, які відбуваються під час зберігання молочних продуктів (мікробіологічні та ін.), виникає потреба дослідити його вплив на динаміку показників якості та безпечності напоїв протягом зберігання. Дослідження в даному напрямі є перспективними та нагальними, оскільки подовження терміну зберігання молочних продуктів без зміни їх користі для

здоров'я, а також смакових характеристик, є актуальною проблемою для виробників молочної продукції та її реалізації в торгівельній мережі.

Завданням наукових досліджень було вивчення можливості подовження терміну зберігання розроблених молочних напоїв, використовуючи таксифолін-екстракт у вигляді порошку (ТУ У 20.1–44291462-003:2025 «Екстракт, багатий на таксифолін (taxifolin-rich extract). Технічні умови»). Як предмет досліджень було визначено чотири рецептури напою молочного яблучно-амарантового: №1 та №2 – з вмістом жиру до 1% (нежирні); №3 та №4 – з вмістом жиру 6% (вершкові). Кожна з рецептур поділялась на контрольний зразок та з додаванням таксифоліну. За рекомендацією Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2470 доза таксифоліну становила 0,020 г/кг від маси молочного напою. Додавали біофлавоноїд на етапі підготування сухих інгредієнтів. З метою встановлення гарантійного терміну придатності напоїв до споживання досліджено динаміку органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників протягом зберігання (35 діб).

Встановлено, що в усіх свіжовироблених зразках та протягом їх зберігання дріжджів, плісневих грибів та бактерій групи кишкової палички виявлено не було. Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ, КУО/1см³) мала позитивну тенденцію вмісту в зразках молочних напоїв з таксифоліном ($4,5 \times 10^4$ КУО/1см³ та $2,0 \times 10^2$ КУО/1см³ у контрольних зразках нежирного та вершкового напою без таксифоліну на відміну від вмісту $1,8 \times 10^3$ КУО/1см³ та $1,3 \times 10^1$ КУО/1см³ нежирного та вершкового з таксифоліном відповідно) на кінець терміну зберігання. Відмічено, що в вершкових напоях з таксифоліном органолептичні та фізико-хімічні показники були значно кращі. На нашу думку, антиоксидантна дія таксифоліну більш виражена у напоях з підвищеним вмістом жиру, що буде приводом для підтверджень у подальших дослідженнях.

За результатами наукової роботи встановлений гарантійний термін придатності напоїв до споживання. Так, для напоїв молочних нежирних без таксифоліну термін зберігання становить 7 діб, з додаванням таксифоліну – 12

діб, для напоїв з масовою часткою жиру 6% без таксифоліну – 10 діб, з додаванням таксифоліну – 17 діб. Тобто, застосування біофлавоноїду таксифоліну дозволяє подовжити термін придатності нежирних молочних напоїв на 5 діб, вершкових – на 7 діб.

Оптимальний склад поживного середовища для культивування мікрощеплених *in vitro* рослин помідора

Мірошніченко Т. М., Івченко Т. В., Баштан Н. О.

Лабораторія генетики, генетичних ресурсів і біотехнології,
Інститут овочівництва і баштанництва НААН, сел. Селекційне, Харківська обл., Україна
miroshnichenkotetiana@gmail.com

Різні методи щеплення на підщепи широко застосовуються на плодових, декоративних та овочевих рослинах для підвищення їх урожайності та/або стійкості до несприятливих факторів навколишнього середовища. Однак позитивний ефект цієї процедури значною мірою залежить від правильно підібраної підщепи. Для швидкої оцінки спорідненості щеп, тобто того, наскільки підщепа та прищепа підходять один одному, можливе застосування біотехнологічних методів, зокрема мікрощеплення в культурі *in vitro*. В стерильній культурі отримують пробіркові рослини підщеп та прищеп і проводять щеплення. Мікрощеплені рослини культивують на поживних середовищах *in vitro* до повного приживлення прищепи, після чого адаптують до нестерильних умов для всебічної селекційної оцінки.

Для помідора методи мікрощеплення в культурі *in vitro* досконало не відпрацьовані. Метою даного дослідження було визначити оптимальний склад поживного середовища для культивування *in vitro* мікрощеплених рослин помідора.

Дослідний матеріал – верхівки пробіркових рослин сорту Смаколик, щеплені на створену в ІОБ НААН підщепу БК-88. В умовах ламінарного боксу щепи довжиною 2,5 – 3 см і діаметром 2 мм з'єднували косим зрізом, фіксуючи

їх за допомогою розрізаних по твірній стерильних пластикових трубок. Щеплені рослини вміщували в культуральні ємності з досліджуваними поживними середовищами (скляні банки об'ємом 250 мл).

Досліджено 3 варіанти поживних середовищ: 1) середовище Мурасиге-Скуга (MS) безгормональне агаризоване (контроль); 2) MS безгормональне агаризоване з половинним вмістом мінеральних речовин; 3) MS безгормональне рідке з половинним вмістом мінеральних речовин + перліт. Обліки проводили через 3 тижні культивування. Повторність досліду 4-разова.

Рівень приживлення прищеп не залежав від середовища і складав у середньому 92 %. Однак встановлені істотні відмінності за біометричними показниками мікрощеплених пробіркових рослин помідора в залежності від варіанту досліду (табл. 1).

Таблиця 1. Середні значення біометричних показників мікрощеплених рослин помідора в культурі *in vitro* в залежності від складу поживного середовища

Варіант	Поживне середовище	Біометричні показники				
		Висота пагона, мм	Діаметр пагона, мм	Довжина кореня, мм	Ступінь розвитку кореня, бал	Кількість листків, шт.
1	MS безгормональне агаризоване (контроль)	27,9	1,9	87,5	3	4,7
2	1/2 MS безгормональне агаризоване	31,1	1,8	107,3	4	4,3
3	1/2 MS безгормональне рідке +перліт	46,5	2,3	126,0	5	7,1
НІР ₀₅		4,3	0,3	20,3	-	0,7

Параметри рослин на середовищі MS з половинним вмістом мінеральних речовин (варіант 2) в цілому знаходились на рівні контролю. Однак середні показники висоти пагона та довжини кореня хоча й не виходили за межі похибки досліду, були дещо вищими, ніж на контрольному середовищі.

Найбільш оптимальним виявилось безгормональне поживне середовище MS з половинним вмістом мінеральних речовин з додаванням перліту (варіант 3), за використання якого середня висота пагона становила 46,5 мм, довжина кореня – 126,0 мм, кількість листків – 7,1 шт., що істотно перевищувало аналогічні показники на інших варіантах. Використання перліту у поєднанні з

рідким поживним середовищем замість агару сприяло кращій аерації коріння, що важливо для культури помідора.

Результати даних досліджень було перевірено на 6 інших комбінаціях щеп та використано при розробці патенту на корисну модель «Спосіб мікрощеплення рослин помідора в культурі *in vitro*».

Мультиензимна біосенсорна система для одночасного визначення активності аланінамінотрансферази та аспартатамінотрансферази в біологічних рідинах

¹Мруга Д. О., ^{1,2}Ваховський Є. Р., ^{1,2}Дзядевич С. В., ^{1,3}Солдаткін О. О.

¹Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, м. Київ, Україна

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

³Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

genyud93@gmail.com

Аланінамінотрансфераза (АЛТ) та аспартатамінотрансфераза (АСТ) є ензимами класу трансфераз, що залучені до ряду ключових метаболічних процесів в людському організмі. Визначення активності цих ензимів в крові є важливим для діагностики та моніторингу хвороб серця (асоційованих з АСТ) та печінки (асоційованих з АЛТ). Існує ряд класичних методів визначення активності ензимів: колориметрія, спектрофотометрія, флюорометрія тощо. Проте ці методи мають ряд недоліків: дороге та громіздке обладнання, інкубаційні етапи з фіксованим часовим інтервалом, необхідність висококваліфікованого персоналу, відсутність point-of-care технологій. Натомість біосенсори пропонують швидкий, відносно дешевий портативний аналіз, що буде зручним для впровадження в клінічну практику.

В роботі було розроблено амперометричну біосенсорну систему, що включає два монобіосенсори піруватокситази (ПОкс) та глутаматоксидази (ГлОкс) для селективного визначення активності АЛТ та АСТ відповідно. Для

проведення вимірювань використовувалася триелектродна система амперометричного аналізу, що містила платиновий дисковий робочий електрод, додатковий платиновий електрод та електрод порівняння Ag/AgCl. Задля одночасної роботи кількох біосенсорів в складі системи усі електроди під'єднувались до потенціостату через мультиплексор.

Для створення біоселективних елементів було розглянуто кілька варіантів іммобілізації ензимів на поверхні перетворювачів. У ході розробки було визначено, що ПОкс є менш стабільним у порівнянні з ГлОкс, тому потребує м'якшого методу іммобілізації (фізичного заключення в полімерну матрицю), який не пошкоджуватиме активні центри ензиму ковалентними зв'язками. Натомість ГлОкс має достатню стабільність і дозволяє застосовувати більш міцний метод хімічної іммобілізації за допомогою глутарового альдегіду (ГА). Біоселективний елемент на основі ПОкс створювали, включивши фермент у полімерну матрицю: ферментний гель (10% гліцерину, 5% БСА, 4,86 Од./мкл ПОкс у 25 мМ HEPES, рН 7,4) змішували з 19,8% PVA-SbQ у співвідношенні 1:2. На електрод наносили 0,15 мкл суміші та полімеризували під УФ (365 нм) до 2,4 Дж/см² (~8 хв).

Біоселективний елемент на основі ГлОкс створювали ковалентним зшиванням глутаральдегідом: ферментний гель (10% гліцерину, 4% БСА, 8% ГлОкс) змішували з 0,5% ГА у співвідношенні 1:2, наносили 0,05 мкл на електрод та сушили 35 хв. Обидва електроди перед роботою промивали 2–3 рази по 3 хв у робочому буфері. Для обох біосенсорів було визначено оптимальні умови іммобілізації біоселективного елементу, а саме, спосіб іммобілізації, концентрація іммобілізуючого агенту, співвідношення об'ємів гелю та іммобілізуючого агенту, час іммобілізації тощо. Також були підібрані оптимальні концентрації речовин, необхідних для протікання ензиматичних реакцій, а саме, субстратів та коензимів для іммобілізованої ПОкс (іони фосфатів, тіамінпірофосфат, іони магнію), і для вільних АЛТ та АСТ в розчині (аланін, аспартат, а-кетоглутарат, піридоксальфосфат).

Основні аналітичні характеристики розробленої системи були наступними: лінійний діапазон лежав в межах 1-110 Од.акт./л АСТ та 1-500

Од.акт./л АЛТ, що дозволяє проводити вимірювання як фізіологічних, так і патологічних рівнів трансаміназ (в нормі ~ 30 Од.акт./л, при патології – до 300 Од.акт./л); межа детекції склала 1 Од.акт./л як для АСТ, так і для АЛТ; чутливість становила 0,137 нА/хв на 1 Од.акт./л АСТ та 0,05 нА/хв на 1 Од.акт./л АЛТ. Також було запропоновано методику одночасного вимірювання активності АСТ і АЛТ з використанням розробленої біосенсорної системи. Таким чином, враховуючи аналітичні характеристики створеної системи та запропоновану методику вимірювання, було доведено, що розроблений біосенсорний пристрій є перспективним для одночасного вимірювання активності АЛТ та АСТ в реальних зразках біологічних рідин.

Робота виконана в рамках проєкту бюджетної програми КПКВК 6541230 «Підтримка пріоритетних для держави наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок».

Епідеміологічний аналіз захворюваності на SARS-CoV-2 у 2019–2023 рр. та роль біотехнологічних підходів у контролі пандемії

Науменко А. Ю.

Кафедра промислової біотехнології та біофармації Національного технічного університету
України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» м. Київ, Україна
naum.nastia@gmail.com

Пандемія COVID-19 стала одним із найбільших викликів для глобальної системи охорони здоров'я у XXI столітті. Починаючи з 2019 року, поширення коронавірусної інфекції SARS-CoV-2 спричинило значні соціальні, економічні та медичні наслідки у більшості країн світу. Високі темпи передачі вірусу та періодичні хвилі захворюваності зумовили необхідність постійного епідеміологічного моніторингу та аналізу динаміки поширення інфекції.

Особливе значення у боротьбі з пандемією мали досягнення сучасної біотехнології. Розробка ефективних вакцин, зокрема на основі мРНК та вірусних векторів, а також впровадження високочутливих методів діагностики

(ПЛР-тестування) стали ключовими інструментами стримування поширення захворювання. Саме завдяки цим підходам стало можливим зниження рівня захворюваності та контроль епідемічного процесу.

У зв'язку з цим, аналіз захворюваності на COVID-19 у динаміці та виявлення сезонних закономірностей є актуальним завданням, що дозволяє оцінити ефективність впроваджених заходів та роль біотехнологічних рішень у подоланні пандемії.

Аналіз захворюваності на COVID-19 у період 2019–2023 рр. свідчить про виражену хвилеподібну динаміку епідемічного процесу. На початковому етапі пандемії спостерігалось поступове зростання кількості випадків, що пов'язано з активним поширенням вірусу серед населення та відсутністю сформованого імунітету.

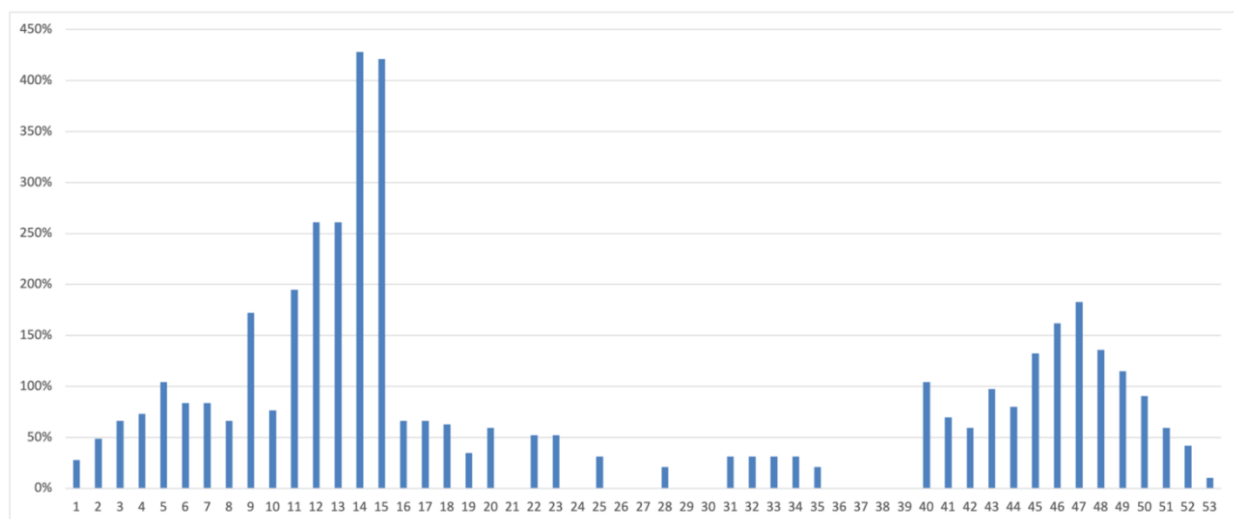


Рис.1. Стовпчаста діаграма сезонності коронавірусів SARS-CoV-2 за 2019-2023 рр.

Згідно з представленою стовпчастою діаграмою сезонності, найвищі показники захворюваності спостерігаються у холодні періоди року, зокрема на 14–15 тижнях, де зафіксовано максимальні значення (понад 400%). Додатковий підйом відзначається наприкінці року (45–48 тижні). У міжсезонний (літній) період рівень захворюваності значно знижується, що підтверджується нижчими показниками на діаграмі та сумарними значеннями. Загалом варіабельність показників (від 1,0 до 41,0) і коефіцієнт сезонності 161% свідчать про

нерівномірний розподіл випадків протягом року та виражену залежність від сезонних факторів.

Важливу роль у зниженні захворюваності та контролі пандемії відіграли досягнення сучасної біотехнології. Зокрема, впровадження ПЛР-тестування дозволило своєчасно виявляти інфікованих осіб і обмежувати поширення вірусу, тоді як масова вакцинація (з використанням мРНК та векторних вакцин) сприяла формуванню колективного імунітету. Це, у свою чергу, призвело до зменшення кількості важких випадків і загального рівня захворюваності, що особливо помітно у пізніші періоди пандемії.

Таким чином, отримані результати демонструють чітко виражену сезонність і хвилеподібний характер перебігу пандемії, з піковими підйомами у холодні періоди року та спадом у літні місяці.

Морфолого-біологічна характеристика гриба *Amanita citrina* Pers.

Науменко А. Ю.

Кафедра промислової біотехнології та біофармації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» м. Київ, Україна
naum.nastia@gmail.com

Amanita citrina — неїстівний гриб роду *Amanita*, відомий під англійською назвою *False Deathcap*. Хоча він не належить до смертельно отруйних видів, гриб становить потенційну небезпеку через значну зовнішню схожість зі смертельно отруйними мухоморами, зокрема з *Amanita phalloides* та *Amanita virosa*. Саме тому збирання цього виду не рекомендується.

Актуальність дослідження гриба *Amanita citrina* Pers. зумовлена необхідністю поглибленого вивчення отруйних та умовно токсичних представників роду *Amanita*, які можуть становити потенційну небезпеку для здоров'я людини через подібність до їстівних видів. Крім того, важливим є розуміння екологічної ролі цього виду як мікоризоутворюючого організму у лісових екосистемах.

Метою роботи є узагальнення та аналіз літературних даних щодо морфологічних особливостей, поширення, токсичних властивостей та екологічного значення *Amanita citrina Pers.*

Amanita citrina Pers. характеризується капелюшком діаметром 3–10 см, який у молодих плодових тіл має кулясту форму, згодом стає розлогим. Забарвлення варіює від світло-жовтого до жовтуватого-зеленого, іноді майже білого. Поверхня гладка, часто з залишками білих бородавок. Ніжка циліндрична, 4–12 см заввишки, з характерною бульбоподібною основою та плівчастим кільцем. Пластинки білі, вільні, м'якоть світла з жовтуватим відтінком під шкіркою, із неприємним запахом, що нагадує сиру картоплю.

Вид поширений у Європі, Північній Америці та Азії, зокрема на території України. Росте переважно у листяних і хвойних лісах, утворюючи мікоризу з дубом, буком, сосною та іншими деревами. Найчастіше трапляється на кислих ґрунтах у літньо-осінній період.

Amanita citrina Pers. є ектомікоризним базидіальним грибом, який характеризується повільним ростом міцелію та високою вимогливістю до умов культивування *in vitro*.

У культурі *in vitro* міцелій *Amanita citrina* росте повільно та формує компактні колонії з чітко окресленими краями. Структура міцелію зазвичай тонковолокниста, щільна, з поєднанням субстратного та повітряного росту. На початкових стадіях колонії мають біле або кремово-біле забарвлення, яке з віком може змінюватися на блідо-жовте або світло-лимонне. Зворотний бік колоній, як правило, не пігментований.

Поверхня колоній є сухою, матовою або слабко блискучою, без утворення дифузних пігментів у поживному середовищі. Запах у культурі або відсутній, або дуже слабкий, іноді з ледь помітним неприємним землисто-картопляним відтінком, що відповідає запаху м'якоті плодових тіл у природних умовах.

Оптимальні умови культивування включають слабкокисле або нейтральне середовище з показником рН у межах 5,5–7,0, відсутність

інтенсивного освітлення та стабільний температурний режим. За несприятливих умов ріст міцелію різко сповільнюється або припиняється. У штучних умовах *Amanita citrina* не утворює плодових тіл і базидіоспор, зберігаючи виключно вегетативну форму росту.

Перспективи використання алое вера в косметології

Негода Т. С., Бабко Б. С., Ніженковський О. І.

Кафедра аптечної та промислової технології ліків,
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна
t-negoda@meta.ua

Алое було універсальною рослиною протягом багатьох тисячоліть у всіх цивілізаціях. Воно містить низку хімічних компонентів, які можна використовувати для приготування косметичних, лікарських та фармацевтичних засобів, засобів особистої гігієни, а також для додавання гіркоти до алкогольних напоїв. Його також вирощують як декоративні рослини. Крім того, алое використовувалося для приготування багатьох традиційних засобів для загоєння ран, знеболення тканин, зупинки росту грибків, вірусів та бактерій, покращення кровотоку та дії як протизапальних, омолоджувальних та протиалергічних засобів. Багато різновидів *A. vera* L. (*A. barbadensis*) та деякі інші види *A. arborescens*, *A. sinkatana*, *A. ferox* та *A. pulcherrima* широко вивчені та відомі як багаті джерела ефірних олій, жирних кислот, алкалоїдів та фенольних сполук, які мають низку терапевтичних та корисних для здоров'я властивостей людини. Екстракти та ізоляти видів алое відомі своєю антиоксидантною, протираковою, протизапальною та антимікробною активністю. Таким чином, їхній економічний потенціал та застосування в косметичній та особистій гігієнічній, нутрицевтичній, фармацевтичній та харчовій промисловості зростають. Обмежена кількість досліджень щодо екологічного та комерційного потенціалу більшості видів алое.

Таким чином було розроблено п'ять лабораторних рецептур для миття волосся було приготовано шляхом змішування гелевої маси *A. elegans* з

шістьма натуральними та спеціально розробленими інгредієнтами. Інгредієнтами були кокосова олія, олія жожоба, лимонний сік, оливкова олія, чиста гліцерина олія та вітамін Е.

**Ефірні олії - популярна тенденція в сучасних
цілісних підходах в охороні здоров'я**

Негода Т. С., Ващенко К. Д., Ніженковський О. І.

Кафедра аптечної та промислової технології ліків,
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна
t-negoda@meta.ua

Використання ефірних олій шляхом інгаляції або безпосереднього нанесення на шкіру для досягнення фізичного, психологічного позитивного ефекту стає дедалі популярнішою тенденцією в сучасних цілісних підходах до охорони здоров'я. Ефірні олії вважаються натуральними та чистими продуктами, серед найпоширеніших - лаванда, чайне дерево, м'ята перцева та іланг-іланг. Однак в останні роки склад цих олій виявився складнішим, ніж вважалося раніше. Збільшення використання призвело до збільшення кількості повідомлень про алергічний контактний дерматит, реакцію гіперчутливості уповільненого типу на алергени у сенсibilізованих осіб. В останні роки ефірні олії набули популярності завдяки більш цілісному підходу до охорони здоров'я. Ароматерапія, практика вдихання або безпосереднього нанесення ефірних олій на шкіру для досягнення фізичного, психологічного та духовного благополуччя, стала поширеною практикою. Загальне опитування населення показало, що ефірні олії використовувалися через невдачі лікування в минулому, бажання альтернативних методів лікування та думку, що ефірні олії безпечніші за інші доступні методи лікування. Такі олії, як лаванда, чайне дерево, м'ята перцева та іланг-іланг, стають дедалі поширенішими в безрецептурних засобах особистої гігієни та використовуються пацієнтами для дифузії, перорального прийому, включення до складу домашніх продуктів та

безпосереднього нанесення на шкіру. Хоча ефірні олії зазвичай продаються у чистому вигляді, важливо розуміти, що їхня формула складна, що піддає шкіру впливу численних потенційних алергенів.

Ефірні олії та їх компоненти зазвичай зустрічаються в терапевтичних засобах, багато з яких рекомендуються лікарями завдяки їхнім знеболювальним, протисвербіжним та протикашльовим/протинабряковим властивостям. Ментол, компонент олії перцевої м'яти, міститься в популярних засобах для знеболення та свербіння, а також у місцевих засобах для пригнічення кашлю. Камфора, терпен, отриманий з камфорних дерев, часто зустрічається в поєднанні з ментолом, оскільки він забезпечує подібні переваги. Олія евкаліпта, отримана з евкаліптових дерев, входить до складу препаратів, що сприяють зняттю закладеності носа та придушенню кашлю. Ці продукти часто використовуються лікарями як безпечніші альтернативи іншим місцевим та системним фармацевтичним препаратам або в поєднанні з додатковими методами лікування для досягнення додаткової користі. Хоча ці компоненти рослинного походження зберігають свій алергенний потенціал, вони містяться в значно менших концентраціях порівняно з безпосереднім нанесенням олій на шкіру і тому є безпечнішими альтернативами.

**Натуральні поверхнево-активні речовини
як багатфункціональні інгредієнти
Негода Т. С., Гера О. С., Ніженковський О. І.**

Кафедра аптечної та промислової технології ліків,
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна
t-negoda@meta.ua

Поверхнево-активні речовини характеризуються своєю здатністю адсорбуватися на межі розділу рідина та тверда речовина-вода. Їх можна класифікувати як поверхнево-активні речовини та емульгатори на основі їхньої молекулярної маси та властивостей. Протягом багатьох років індустрія хімічних поверхнево-активних речовин швидко зростала, щоб задовольнити

потреби споживачів. Як наслідок, такий поштовх призвів до пошуку більш стійких та біорозкладних альтернатив, оскільки хімічні поверхнево-активні речовини не є біорозкладними.

Зростання застосування поверхнево-активних речовин зросло разом зі зростанням екологічної обізнаності у всьому світі, що призвело до пошуку більш стійких та біорозкладних альтернатив, оскільки хімічні поверхнево-активні речовини не є біорозкладними та можуть мати негативне ставлення до природи. В останні часи відмічається збільшення інтересу до морських молекул, включаючи мікробно-продуковані та біоповверхнево-активні речовини. Вони групуються як гліколіпіди, ліпопептиди, жирні кислоти, полімерні та тверді сполуки, з яких гліколіпіди та ліпопептиди є двома основними ізолюваними родинami. Метаболічна функція біоповверхнево-активних речовин у бактеріях полягає в тому, що вони дозволяють організмам використовувати субстрати, нерозчинні у воді, діючи як природні емульгатори. Бактерії, що продукують біосурфактанти, широко ототожнюються з морськими бактеріями, пов'язаними з розливами та витокami нафти, де вони сприяють поглинанню вуглеводневих масел як джерел метаболічного вуглецю. Біоповверхнево-активні речовини мають ряд переваг над своїми хімічними аналогами, включаючи нижчу токсичність, біорозкладність, підвищену екологічну сумісність та добру стабільність у різних діапазонах рН та температур. Крім того, біологічні поверхнево-активні речовини (ПАР) демонструють пов'язані біологічні властивості, які можуть дозволити виробникам робити додаткові заяви про користь для здоров'я своєї продукції. Таким чином, натуральні ПАР можуть бути багатофункціональними інгредієнтами з низкою бажаних фізико-хімічних та біологічних властивостей, що надають високу додану цінність споживчим продуктам при використанні в комерційних цілях. Однак їх застосування ускладнюється їхньою зниженою економічною ефективністю порівняно із синтетичними ПАР через низьку вихідність та високі виробничі витрати, що призводить до середньої загальної собівартості виробництва приблизно в тридцять разів вищої, ніж у хімічних ПАР. Нещодавні вдосконалення технології

виробництва біоповерхнево-активних речовин дозволили збільшити продуктивність у 10-20 разів. Тим не менш, подальші вдосконалення все ще є критично важливими та необхідними.

Перспективи використання рослинних екстрактів при розробці рослинного шампуню

Негода Т. С., Капленко Н. В., Савченко Д. С.

Кафедра аптечної та промислової технології ліків,
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна
t-negoda@meta.ua

Шампунь – це косметичний засіб, який використовується для очищення волосся та шкіри голови, і містить у своїй формулі кілька типів компонентів, таких як поверхнево-активні речовини, розчинники, барвники, регулятори рН, зв'язуючі речовини, консерванти тощо. Слово «шампунь» походить від індійського слова *sārpā*, що означає «штовхати», яке було розширено для позначення дії миття волосся. Шампуні, доступні на ринку, існують у різних формах, таких як порошок, рідина, лосьйон, крем, желе та аерозоль. Деякі інгредієнти можуть бути додані до шампунів для спеціалізації їх застосування, наприклад, шампунь-кондиціонер, шампунь проти лупи, дитячий шампунь, шампунь для краси тощо. Трави використовувалися з давніх часів для лікування та зміцнення волосся. Рослини багаті на біоактивні компоненти, включаючи вітаміни, ефірні олії, амінокислоти, гормони, ферменти тощо, що робить їх відповідним вибором для використання в косметичці. На ринку є кілька лікарських трав, які використовуються для виробництва трав'яних шампунів. Використання трав'яних шампунів зросло за останні десятиліття. Споживачі вважають, що трав'яні шампуні безпечні та нешкідливі. Трав'яні шампуні, доступні на ринку, містять рослинні екстракти на основі синтетичних компонентів, але в рецептурі також можуть використовуватися необроблені, порошкоподібні або інші похідні форми рослин. Створення шампуню з використанням повністю натуральних компонентів є складним завданням.

Кореневище та корінь *G. glabra* використовувалися для різних медичних та економічних цілей. Вони мають різноманітне застосування в косметичі, медицині та фармацевтичній промисловості, а також використовуються в кондитерській, харчовій та тютюновій промисловості як підсолоджувач. Повідомляється, що *G. glabra* має різноманітні біологічні властивості, такі як протівірусні, протизапальні, антиоксидантні, гепатопротекторні, антибактеріальні, цитотоксичні, протипротозойні та протипухлинні, і використовувався в різних клінічних дослідженнях, таких як шлунково-кишкові, ендокринологічні, дерматологічні та респіраторні захворювання. *G. glabra* містить різноманітні фітокомпоненти, такі як споніни (головним чином гліциризин), флавоноїди (головним чином ліквіригенін та ліквіритин), ізофлавоноїди (головним чином глабридин, кумарини, стильбеноїди) та різні сполуки. Це дослідження планувалося для розробки рослинного шампуню (шампунь з лакрицею) з використанням екстракту *G. glabra* для впровадження продукту з визначеними стандартними характеристиками. Вибір лакриці ґрунтувався на її застосуванні в косметичі, протизапальній, антибактеріальній та протигрибковій активності, а також наявності сапонінів у її фітокомпонентах, що робить її відповідним вибором для шампуню.

Використання ефірних олій як традиційних засобів лікування респіраторних інфекцій

Негода Т. С., Криштальова М. Е., Савченко Д. С.

Кафедра аптечної та промислової технології ліків,
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна
t-negoda@meta.ua

Ароматичні та запашні рослини є основною частиною традиційних терапевтичних засобів, і вони продемонстрували чудову антибактеріальну та протівірусну активність. Крім того, багато з них також мають значну протизапальну активність і використовуються як допоміжні засоби при лікуванні інфекцій.

Було проведено дослідження широкого спектру ефірних олій їстівних рослин з метою визначення антибактеріального потенціалу цих ефірних олій. Роль цих рослин як терапевтичних засобів є вражаючою в багатьох культурах. Дослідження показали, що ефірні олії чебрецю та орегано, засновані на фенольних компонентах таких як карвакрол та тимол, показали сильну кореляцію з пригніченням деяких патогенних бактеріальних штамів (наприклад, *Escherichia coli*). Також було підтверджено кореляцію між антибактеріальною дією летких олій та їх хімічними сполуками, включаючи високу кількість фенольних компонентів, таких як карвакрол або евгенол. Інші ефірні олії, такі як орегано, чабер, гвоздика та мускатний горіх з високою концентрацією летких фенольних сполук, пригнічують грампозитивні, ніж грамнегативні патогенні бактерії більше. Однак, у деяких ефірних оліях, таких як *Achillea spp.* (Деревій) мав сильну антибактеріальну активність проти грамнегативних респіраторних патогенів (*Haemophilus influenzae*, *Pseudomonas aeruginosa*), тоді як *Streptococcus pyogenes* був найбільш стійким до цієї олії. Інші ефірні олії, такі як м'ята перцева та м'ята кучерява, пригнічують метицилін-резистентний тип золотистого стафілокока. Попередні дослідження показали, що ефірні олії, що містять альдегід або фенол як основний компонент, мають найвищу антибактеріальну активність. Ця антибактеріальна активність нижча в ефірних оліях, що містять велику кількість терпенових спиртів, порівняно з ефірними оліями, що містять альдегід або фенол як основний компонент.

Інші ефірні олії, що містять терпеновий кетон або ефір, демонстрували значно слабшу активність, а олія, що містить терпеновий вуглеводень, була відносно неактивною. Виходячи з цих висновків, ефірні олії, такі як чебрець, кориця, лемонграс, перила та м'ята перцева, продемонстрували відповідний вплив на інфекції дихальних шляхів. Толерантність грамнегативних бактерій до ефірних олій пояснюється наявністю гідрофільної зовнішньої мембрани, яка блокувала проникнення гідрофобних ефірних олій до мембрани клітини-мішені, оскільки грампозитивні бактерії були більше схильні до впливу ефірних олій, ніж грамнегативні бактерії, про що повідомлялося кілька разів.

Використання ефірної олії кореневищ *Hedychium spicatum*

Негода Т. С., Кулик А. І., Савченко Д. С.

Кафедра аптечної та промислової технології ліків,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна

t-negoda@meta.ua

У нашому дослідженні ми виявили, що види *Hedychium* багаті на терпени та терпеноїди. Дитерпени та дитерпеноїди, тобто гедихенон, гедихілактон D, коронарин D, етиловий ефір коронарину D тощо, можуть мати майбутній потенціал як протизапальні засоби та можуть бути ефективними проти медіаторів та попередників запалення. Терпеноїди розчинні в гексані, тоді як матеріали, екстраговані гексаном, навряд чи будуть використовуватися для споживання людиною. Відповідні зелені технології можуть допомогти екстракту стати більш поширеним у використанні людиною, такому як екстракція надкритичною рідиною та методи екстракції на основі етанолу. Екстракти та окремі сполуки були виділені з *Hedychium spicatum* та *Hedychium coronarium*, і обидва види були досліджені *in vitro* на предмет протизапальних, протигрибкових, антимікробних та цитотоксичних властивостей.

Визначення можливих фармакологічних шляхів та специфічної лікарської активності окремих кандидатів у ліки може допомогти покращити та зміцнити рослинні активні фармацевтичні інгредієнти.

Терпени використовуються в парфумерії та ароматерапії завдяки їхньому приємному запаху та ароматичному ефекту. Це дослідження показало, що види *Hedychium* багаті на ароматичні властивості. Види *Hedychium* містять монотерпени та сесквітерпени, присутні в ефірній олії листя, квітів, кореневищ та коренів. Терпени мають хіральний характер, тобто вони надають сполукам різні фізіологічні характеристики, такі як запах, лікарська активність та токсичність. Ненасиченість є ключовою особливістю терпенів, як і наявність атомів кисню в терпеноїдах. Гексанові, етилацетатні та хлороформні екстракти частин рослин видів *Hedychium* містять різні дитерпени, дитерпеноїди та дитерпеноїди

лабданового типу. Метанольні, етанольні, водно-спиртові та водні екстрактні фракції містять поліфенольні сполуки, флавоноїди, ксантони та деякі глікозиди.

Ефірна олія частин рослини *Hedychium* має ароматичну, протизапальну та антимікробну активність завдяки моно- та сесквітерпенам. Гексанові, етилацетатні та хлороформні фракції демонструють значну протизапальну, цитотоксичну та антимікробну активність завдяки терпеноїдам та лабдановим дитерпенам. Метанольні та етанольні екстракти частин рослини *Hedychium* містять антиоксидантний та водно-спиртовий екстракт, а також мають антиоксидантну та бронходилататорну активність. Трав'яний препарат з використанням різних частин (наприклад, листя, кореневищ та квітів) екстрактів *Hedychium* має ефективні протизапальні, знеболювальні, протидіабетичні та протиастматичні властивості. Це пояснюється тим, що в традиційних лікарських системах використовуються цілі частини рослини, висушений порошок та водно-спиртовий або спиртовий екстракт, які містять усі активні молекули, необхідні для лікування захворювання або недуги.

Наше дослідження показує, що екстракти та ефірні олії *Hedychium spicatum*, *Hedychium coronarium*, *Hedychium ellipticum*, *Hedychium aurantiacum*, *Hedychium gardnerianum* мають протизапальну, жарознижувальну, захисну для шкіри та антибактеріальну дію.

Перспективи використання *Azadirachta indica*

Негода Т. С., Мацюк О. В., Савченко Д. С.

Кафедра аптечної та промислової технології ліків,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна

t-negoda@meta.ua

Дерева нім були одним з основних інгредієнтів традиційного індійського аюрведичного лікування з доісторичних часів. Нещодавно здобуло світове визнання завдяки своїм широким терапевтичним властивостям. Традиційно листя, квіти, насіння, плоди, коріння, гілочки та кору нім використовують для лікування лихоманки, інфекцій, шкірних захворювань та стоматологічних

проблем. Імуномодулюючі, протівірусні, протівиразкові, антиоксидантні, протизапальні, антигіперглікемічні, протигрибкові та протипухлинні властивості нім та його компонентів добре відомі.

Екстракти кори, листя та олії нім використовуються для лікування різних захворювань таких як закреп та кишковий гелмінтоз. Крім того, вони життєво важливі для лікування виразок, ревматизму. *Azadirachta indica* L. є багатим джерелом багатьох сполук. Азадирахтин є найважливішим активним компонентом.

Серед речовин, присутніх у листі, є німбінат натрію, німбідол, німбін, німболінін, німбідин, гедунін, саланін, кверцетин, аскорбінова кислота, н-гексакозанол, амінокислоти, 6-дезацетилнімбінен, німбандіол, німболід, 7-дезацетил-7-бензоїлазадірадіон, 7-дезацетил-7-бензоїлгедунін, 17-гідроксіязадірадіон та німбіол.

Поліфенольні флавоноїди, тобто β -ситостерол та кверцетин, визнані такими, що мають протигрибкові та антибактеріальні властивості, і були виділені зі свіжого листя німу.

Гедунін та азадірахтин – два важливі компоненти насіння німу. Німбін має протизапальні властивості для лікування різних запальних захворювань, таких як артрит та проблеми зі шкірою. Він має широкий спектр антибактеріальної дії проти бактерій, грибків та вірусів, що пояснює його традиційне застосування для загоєння ран та лікування інфекцій.

Німбідин сприяє загоєнню ран що робить його корисним при лікуванні рваних ран, термічних травм та інших шкірних травм.

Тому досить перспективним є використання *Azadirachta indica* як джерела багатьох біологічно активних речовин.

Перспективи використання ефірної олії *Laurus nobilis*

Негода Т. С., Надорожина В. С.

Кафедра аптечної та промислової технології ліків,
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна
t-negoda@meta.ua

Ефірні олії рослинного походження, такі як мирт (*Myrtus communis* L.) та лавр (*Laurus nobilis* L.), являють собою комплекс різних ліпофільних, низькомолекулярних, ароматичних та летких сполук, що зазвичай складаються з монотерпенів, сесквітерпенів, фенілпропанів та їх оксигенованих похідних, таких як спирти, альдегіди, ефіри, кетони, феноли та оксиди. Ефірні олії з ароматичних та лікарських рослин проявляють різні біологічні та фармакологічні властивості, наприклад, антибактеріальну, протигрибкову, противірусну, протизапальну, імуномодуючу, антиоксидантну та ранозагоювальну дію, наприклад, при сонячних опіках, хімічних опіках, радіаційних опіках та екземі.

Як показує аналіз літературних джерел внутрішньошлункове застосування ефірної олії лавра та мирта протягом двох тижнів впливає на втрату ваги, знижує гліколітичну активність, ліпідні параметри (холестерин, тригліцериди, холестерин ліпопротеїнів низької щільності (ЛПНЩ та холестерин ліпопротеїнів дуже низької щільності (ЛПДНЩ)) та атерогенні показники, що призводить до захисту серцево-судинної системи. Ефірна олія лавра може бути використана для лікування медикаментозного ожиріння та пов'язаних з ним захворювань, оскільки він впливає на метаболізм ліпідів у печінці та пригнічує ферменти, відповідальні за метаболізм вуглеводів у глюкозу у травному тракті, що призводить до втрати ваги. На противагу цьому, ефірна олія мирта демонструє кращу антиоксидантну здатність у більшості тканин, крім нирок, де він викликає прооксидантний ефект, порівняно з ефіром лавра. Ефірна олія мирта збільшує проникність та нестабільність мембрани еритроцитів, що призводить до втрати селективності для надходження

токсичних речовин у клітину. З іншого боку, ефірна олія мирта призводить до запалення кишечника, зменшуючи кількість пробіотичних бактерій та збільшуючи кількість *ентеробактерій*.

Вплив ефірних олій на мігрень

Негода Т. С., Поврозник Н. В.

Кафедра аптечної та промислової технології ліків,
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна
t-negoda@meta.ua

Неврологічні захворювання вражають нервову систему, нервові корінці, вегетативну нервову систему, нервово-м'язові з'єднання та м'язи. Фітотерапія вже давно використовується для лікування цих захворювань. Однією з таких рослин є лаванда, яка складається з різних сполук, включаючи терпени, такі як ліналоол, лімонен, тритерпени, ліналілацетат, спирти, кетони, поліфеноли, кумарини, цинеол та флавоноїди. Ця рослина має свій цілющий ефект на багато захворювань: тривога та депресія, мігрень. Ця рослина має також протизапальну дію. Лаванда містить 100 різних комбінацій, включаючи терпени, такі як ліналоол, лімонен, тритерпени, ліналілацетат, спирти, кетони, поліфеноли, кумарини, цинеол та флавоноїди. *L. angustifolia*, *L. latifolia* та *L. intermedia* використовуються для екстракції ефірних олій. Ліналоол у цій рослині має інгібуючий ефект через рецептори гамма-аміномасляної кислоти (ГАМК-А). Цей ефект пригнічує лімбічну систему та зменшує тривожність.

Згідно з міжнародною класифікацією головних болів, третє видання, мігрень повинна складатися щонайменше з п'яти нападів протягом життя, тривати 4–72 години та мати щонайменше дві з наступних характеристик: одностороння локалізація, пульсуючий/пульсуючий характер, помірна або сильна інтенсивність, посилення/уникнення звичайної фізичної активності, нудота та/або блювання, світлобоязнь та фонофобія.

Незважаючи на використання фармакологічних препаратів для лікування мігрені, використання нефармакологічної терапії для полегшення симптомів мігрені зростає та недооцінюється. До них належать нейромодулятори, акупунктура, поведінкова терапія, тренування релаксації, уникнення харчових тригерів, а також достатній сон і фізичні вправи. Згідно з великим популяційним дослідженням, багато пацієнтів з мігренню використовують додаткові та альтернативні ліки для полегшення симптомів. Було виявлено, що лаванда, м'ята перцева, ромашка, аніс, базилік, троянда та суміш ефірних олій зменшують інтенсивність та частоту мігрені.

Мікроводорості - перспективна сировина для широкого спектру застосувань

Негода Т. С., Прудько А. О.

Кафедра аптечної та промислової технології ліків,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна

t-negoda@meta.ua

Мікроводорості є одними з найперспективніших сировин для широкого спектру застосувань завдяки легкості їх культивування, швидким темпам росту та здатності накопичувати значну кількість ліпідів та інших цінних сполук. Було проаналізовано хімічний склад двох видів мікроводоростей, *Chlorella* sp. та *Spirulina platensis*. *Спіруліна* містить багато функціональних біоактивних інгредієнтів з антиоксидантною та протизапальною активністю, включаючи фенольні фітохімічні речовини та фікобіліпротеїн С-фікоціанін. Найвищий вміст ліпідів було виявлено у *Chlorella* sp., який був більш ніж удвічі вищим порівняно зі *Spirulina platensis*. Обидві мікроводорості містять насичені жирні кислоти. *Spirulina platensis* містить високий вміст пальмітинової кислоти (42,9%) та ліноленової кислоти (22,5%), а також низький вміст насичених жирних кислот (8,5%), тоді як *Chlorella* sp. містить високоолеїнову (21,9%), лінолеву (25,3%) та α -ліноленову кислоти (10,2%).

Антиоксидантні, антимікробні та імуномодулюючі властивості *Chlorella* підкреслюють її фармакологічне значення, окрім його ролі в загоєнні ран. Було показано, що гідрогелева формуляція, що містить *Chlorella* покращує загоєння ран. Ця формуляція призводить до збільшення відкладення колагену, утворення шкірних придатків та зменшення кількості запальних клітин, а також до чітких ознак базальних пластинок порівняно з контрольними групами. Ці прозагоювальні та протизапальні характеристики, у поєднанні з антиоксидантною та антибактеріальною активністю, свідчать про те, що *Chlorella* може служити перспективним місцевим засобом для лікування різних захворювань шкіри, включаючи як гострі, так і хронічні рани.

Противірусні молекули рослинного походження

Негода Т. С., Сікорський В. В.

Кафедра аптечної та промислової технології ліків,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна

t-negoda@meta.ua

Пандемія вірусних захворювань, таких як новий коронавірус (2019-nCoV), спонукала науковий світ дослідити противірусні біологічно активні сполуки, а не аналоги нуклеїнових кислот, інгібітори протеаз чи інші токсичні синтетичні молекули. Нові вірусні інфекції, що значною мірою пов'язані з 2019-nCoV, поставили під сумнів виживання людства. Важливо, що лікарські трави пропонують широкий спектр терапевтичних противірусних хемотипів, які можуть пригнічувати реплікацію вірусу, запобігаючи адсорбції вірусу, приєднуючись до клітинних рецепторів, пригнічуючи проникнення вірусу в клітину-хазяїна та конкуруючи за шляхи активації внутрішньоклітинних сигналів.

Природа забезпечила ще одне надійне джерело противірусних засобів, і майже 40% препаратів, доступних на даний момент, є прямо чи опосередковано

рослинними похідними. Ряд етноботанічних досліджень зосереджено на виявленні можливих терапевтичних рослин для ще ефективнішого вирішення проблем охорони здоров'я, демонструючи значення лікарських рослин у системі надання медичної допомоги. Рослинні засоби та екстраговані натуральні продукти часто є значним джерелом розробки нових противірусних препаратів. Характеристика противірусних препаратів з таких природних джерел проливає світло на те, як вони взаємопов'язані з циклом реплікації вірусу, таким як проникнення, реплікація, збірка та вивільнення вірусу, а також на цільову спрямованість на точні взаємодії вірус-хазяїн. Тут ми перераховуємо противірусну активність низки натуральних продуктів та рослинних лікарських засобів проти конкретних критичних вірусних патогенів. Глибше розуміння механізму дії та оцінка відповідних сполук надасть унікальне розуміння концепції нових противірусних препаратів для ще ефективнішої взаємодії з вірусами.

Переваги сольового назального зрошення

Негода Т. С., Толкачева А. В.

Кафедра аптечної та промислової технології ліків,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна

t-negoda@meta.ua

Розчини для назального зрошення демонструють численні позитивні ефекти в клінічному застосуванні у верхніх дихальних шляхах. Вони переважно механічні (очищення слизової оболонки) та пов'язані з осмолальністю (зменшення набряку та зволоження епітелію). Проаналізувавши літературні джерела ми переконалися в позитивному впливі розчинів для назального зрошення загалом, а також для широкого кола клінічних показань, таких як інфекційні захворювання верхніх дихальних шляхів, алергічний риніт, післяопераційний догляд тощо.

Історія сольового назального зрошення справді є довгою, починаючи з давніх аюрведичних практик і закріплюючись на Заході на початку 20 століття. Сьогодні з'являється все більше статей, що висвітлюють вплив сольового назального зрошення, від досліджень *in vitro* до рандомізованих клінічних випробувань та оглядів літератури. Ґрунтуючись на рекомендаціях більшості європейських та американських професійних асоціацій, морська вода, окремо або в поєднанні з іншими препаратами, займає своє місце в лікуванні численних захворювань верхніх дихальних шляхів, насамперед хронічного (рино)синуситу, алергічного риніту, гострих інфекцій верхніх дихальних шляхів та післяопераційного відновлення. Крім того, враховуючи її численні механізми дії та дедалі більшу кількість доказів нещодавніх досліджень, місцево застосовувані препарати морської води можуть відігравати важливу роль у профілактиці вірусних та бактеріальних інфекцій верхніх дихальних шляхів.

Препарати морської води забезпечують переваги додаткових іонів порівняно з сольовим розчином, мають відмінний профіль безпеки та рекомендуються більшістю професійних асоціацій в галузі оториноларингології.

Однозначно свідчить на користь препаратів з морською водою над фізіологічним розчином. Завдяки своїм хімічним складовим, таким як магній, кальцій, калій, бікарбонат та інші іони, морська вода демонструє ряд додаткових хімічних ефектів, від сприяння відновленню клітин та зменшення запалення до зниження в'язкості слизу та збільшення частоти скорочень війок. Численні дослідження пацієнтів з носовою ретардацією, вагітних жінок, дітей та людей похилого віку показують винятково хороші профілі безпеки препаратів з морською водою. Побічні ефекти трапляються рідко та здебільшого проявляються у вигляді печіння та виділень з носа, а серйозні побічні ефекти практично відсутні.

**Засосування дієтичних добавок з *Chlorella vulgaris*
при atopічному дерматиті**

Негода Т. С., Фасуляк А. О., Ніженковський О. І.

Кафедра аптечної та промислової технології ліків,
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна
t-negoda@meta.ua

Атопічний дерматит – це хронічне запальне захворювання шкіри, яке може суттєво погіршити якість життя пацієнтів. Атопічний дерматит найчастіше виникає у віці до шести років, і хоча його поширеність зростає у всьому світі, терапевтичні можливості лікування обмежені. *Chlorella vulgaris* (CV) – це вид прісноводних зелених водоростей роду *Chlorella*, модулює фактори, що викликають алергію, при потраплянні всередину. Лікування CV зменшує показники дерматиту, товщину епідермісу та зволоженість шкіри.

Атопічний дерматит – поширене хронічне захворювання шкіри, яке викликає постійний свербіж. За останнє десятиліття поширеність atopічного дерматиту серед дітей зросла більш ніж на 20%, що пояснюється змінами способу життя та навколишнього середовища. Приблизно у 60% пацієнтів з atopічним дерматитом симптоми проявляються до шести років. Атопічний дерматит зазвичай вважається першим кроком «атопічного маршу» – типового прогресування алергічних захворювань, яке часто вперше виникає в дитинстві. Перспективною сировиною для розробки дієтичних добавок, які б застосовувалися б при atopічному дерматиті є хлорела. Хлорела — це рід одноклітинних зелених водоростей, що містить амінокислоти, білок, вітаміни, харчові волокна та різноманітні антиоксиданти, біоактивні матеріали та хлорофіли. Вона вважається потенційним джерелом їжі завдяки високому вмісту білка та інших поживних компонентів. *Chlorella vulgaris* (CV), містить високу концентрацію білка (51% – 58% сухої речовини), а також безліч інших біологічних та профілактичних функцій. Окрім того, β -1,3-глюкан в складі

Хлорели діє як імуностимулятор, поглинач вільних радикалів та відновник ліпідів крові. Споживання CV також може мати захисний ефект у випадках гострого ураження печінки та може викликати антиоксидантну активність. Водорості містять біоактивні сполуки, які можуть діяти як протизапальні та антиоксидантні засоби.

Мікрководорості - як природні біомедичні матеріали

Негода Т. С., Хріпунова Т. В., Ніженковський О. І.

Кафедра аптечної та промислової технології ліків,
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна
t-negoda@meta.ua

Хлорела належить до відділу Chlorophyta та складається з дрібних, нерухомих, сферичних одноклітинних мікрководоростей з одним хлоропластом. Хлорела переважно мешкає у прісній воді, але кілька видів також зустрічаються в морському середовищі. Вони є автоспорами та розмножуються переважно безстатевим шляхом шляхом мітозу.

Види хлорели використовувалися як біоресурс завдяки їхнім цінним молекулам. Хоча спочатку їх вважали харчовим ресурсом через високий вміст білка, останнім часом їх почали використовувати для виробництва біопалива. Види хлорели мають високу адаптивність до змін навколишнього середовища, і ці характеристики роблять хлорелу найефективнішою мікрководорістю для виробництва біоресурсів.

Використання мікрководоростей як природних біомедичних матеріалів поступово зростає в галузі регенерації та відновлення тканин.

Мікрководорості - це одноклітинні або багатоклітинні фотосинтетичні автотрофні мікроорганізми, широко поширені в морській та прісній воді. Вони складаються з ліпідів, білків, вуглеводів та різних інших компонентів, а їхній розмір коливається від кількох мікрометрів до кількох сотень мікрометрів. Крім

того, мікроводорості багаті на різні фотосинтетичні пігменти, такі як хлорофіл а та b і каротиноїди.

Мікроводорості можна використовувати в інтегрованій діагностиці та лікуванні під контролем візуалізації для безперервного моніторингу розвитку уражень та підвищення терапевтичної ефективності. Завдяки цим перевагам, мікроводорості мають великий потенціал як природні біомедичні матеріали в галузі відновлення тканин.

Окрім їх застосування в харчовій, нутрицевтичній та паливній промисловості, мікроводорості широко використовуються для сприяння відновленню різних тканин, включаючи шкіру, шлунково-кишковий тракт, кістки, серцево-судинні, легеневі, нервові тканини.

На основі поглиблених досліджень мікроводоростей біоактивність, здатність до націлювання та функціональність мікроводоростей можна покращити за допомогою використання екстрактів мікроводоростей, композитних систем доставки ліків на основі мікроводоростей та нанопрепаратів, модифікацій поверхні та гідрогелів, завантажених мікроводоростями. Поліпшення цих властивостей може підвищити терапевтичну ефективність та сприяти відновленню та регенерації тканин.

Крім того, це може усунути обмеження, що накладаються на терапевтичний вплив мікроводоростей цими факторами, такими як життєздатність мікроводоростей, фагоцитоз і кліренс імунними клітинами.

Таким чином, мікроводорості - це невеликі, прості мікроорганізми з широким спектром джерел та низькими витратами на культивування. Нещодавні дослідження показали, що мікроводорості можуть регулювати умови мікросередовища в місці травми під час відновлення тканин та сприяти загоєнню ран завдяки протизапальній, антиоксидантній та антибактеріальній дії.

**Потенційна роль ефірних олій у
терапевтичному лікуванні вульгарних вугрів**

Негода Т. С., Шавро Н. В.

Кафедра аптечної та промислової технології ліків,
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна
t-negoda@meta.ua

У більшості медичних контекстів комбінація стратегій виявляється оптимальним методом лікування акне, що забезпечує найкорисніші результати. Рослинні засоби проти акне складаються з різних рослинних екстрактів, комбінацій рослинних екстрактів та фітохімічних речовин для місцевого (наприклад, лосьйони, креми, гелі) та перорального (наприклад, капсули та таблетки) застосування. Серед цих рослинних препаратів важливу роль відіграють ефірні олії, які входять до складу засобів для очищення, механічної обробки, вітамінів та незмивних засобів у категорії безрецептурних засобів від акне. Ефірні олії, разом з їхніми леткими компонентами, мають здатність проникати крізь шкіру та сприяти посиленому проникненню активних сполук у глибші шари шкіри. Ці ефекти досягаються шляхом порушення структурованої ліпідної структури між корнеоцитами в роговому шарі та взаємодії з міжклітинним доменом білків, що викликає зміни в їх конформації. Ці механізми означають, що місцеве застосування ефірних олій (наприклад, лосьйонів, гелів для вмивання обличчя, гелів, кремів) дозволяє фітосполукам досягати області волосяних фолікулів для прямої дії на *Cutibacterium acnes*. Найбільш значущими ефектами сполук, що містяться в ефірних оліях, для лікування вульгарних вугрів є антибактеріальні, спрямовані на *Cutibacterium acnes*, та протизапальні, контролюючи запалення, спричинене інфекцією. Антибактеріальна активність ефірних олій пояснюється здатністю їхніх складових взаємодіяти з клітинними мембранами, порушуючи цілісність мікробів та призводячи до загибелі клітин. Досліджувані мікроорганізми, що викликають акне, були ефективно нейтралізовані ефірною олією орегано.

Орегано, тимол та чебрець виявилися трьома найефективнішими антимікробними засобами проти *Cutibacterium acnes* при використанні аналізів мінімальної інгібуючої концентрації, диско-дифузії та мінімальної бактерицидної концентрації. Щодо *Cutibacterium acnes* та *Staphylococcus epidermidis*, ефірні олії лемонграсу та чайного дерева продемонстрували помірну антибактеріальну активність. Ефірні олії ромашки, м'яти та лаванди були неефективними проти жодного з досліджених мікроорганізмів, що викликають акне.

Біоремедіаційний потенціал консорціумів базидіоміцетів

Нестеренко О. Р.

Факультет біотехнології і біотехніки, КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

olehnesterenko3@gmail.com

Забруднення довкілля стійкими ксенобіотиками вимагає розробки ефективних екобіотехнологічних підходів для біоремедіації довкілля. Базидієві гриби відомі продукуванням комплексу позаклітинних ферментів (лаккази, лігнінпероксидази та манганзалежної пероксидази), які виявляють високу здатність до окислативної деструкції складних органічних сполук. Використання штучних консорціумів між різними видами базидіоміцетів є перспективним інструментом для підвищення біоремедіаційного потенціалу завдяки симуляції їхньої взаємодії в умовах природного середовища, що може призводити до стимуляції секреції ключових деградаційних ферментів.

Метою роботи є аналіз результатів наукових досліджень, які стосуються біоремедіаційного потенціалу штучних консорціумів, сформованих з різних видів базидієвих грибів.

Міжвидова взаємодія базидіоміцетів у консорціумах реалізується різними механізмами, які є наслідком конкуренції за ресурси та простір. Наприклад, взаємодія між *Marasmiellus trojanus* та *Marasmius pallescens* призводить до індукції у *M. pallescens* термостабільних та термолабільних хімічних сполук,

що зумовлюють у *M. troyanus* синтез і вивільнення лаккази, яка не продукується в умовах монокультури. Збільшення рівня синтезу оксидоредуктаз також пов'язане з оксидативним стресом, що формується при спільному культивуванні базидіоміцетів.

Спільне культивування *Pyrenopeziza sanguineus* та *Phanerochaete chrysosporium* забезпечувало 100 % деградацію суміші антибіотиків (ципрофлоксацин, норфлоксацин, сульфаметоксазол), тоді як культивування *P. chrysosporium* у монокультурі призводило до деструкції лише 63,3 – 73,2% цих речовин. Інший консорціум (*Ganoderma applanatum* та *Laetiporus sulphureus*) виявляв здатність до деградації 99,5 % суміші нестероїдних протизапальних засобів (целекоксиб, диклофенак, ібупрофен) за 72 години, що супроводжувалося підвищенням активності лаккази на 201 %, лігнінпероксидази на 180 % та манганзалежної пероксидази на 135 %. Для порівняння: рівень деградації монокультурою *Ganoderma applanatum* складав 61 %, а рівень деградації монокультурою *Laetiporus sulphureus* — 73 %.

Спільне культивування *Ganoderma lucidum* та *Trametes versicolor* призводило до підвищення продукції лаккази у 3,5 та 9,2 рази порівняно з відповідними монокультурами. Збільшення виходу ферменту скорочувало період напіврозпаду токсичного трифенілметанового барвника малахітового зеленого приблизно до однієї третини від часу, необхідного для індивідуальних штамів.

В той же час, культивування деяких базидіоміцетів у бінарних культурах може знижувати ефективність деградації забруднювачів. Наприклад, монокультура базидіоміцета *P. pulmonarius* забезпечувала високий рівень деградації поліхлорованих біфенілів (ПХБ) — 95,4 %, однак у бінарному консорціумі з *T. sanguinea* цей показник критично знизився до 47 – 55 %. Падіння деградаційного потенціалу корелювало з пригніченням секреції лаккази у консорціумі, порівняно з монокультурами. Через виражений антагонізм грибів у бінарній культурі (зниження міцеліального росту *P. pulmonarius* та більша швидкість росту *T. sanguinea*) метаболічний ресурс

грибів перенаправляється на синтез захисних позаклітинних сполук, а саме спиртів, альдегідів, кетонів і терпенів, а не ферментів для деградації ПХБ. Такі результати свідчать про актуальність раціонального скринінгу та підбору пар для формування консорціумів базидіоміцетів.

Таким чином, консорціуми базидіоміцетів є перспективним біотехнологічним інструментом для біоремедіації довкілля завдяки потенційному збільшенню синтезу оксидоредуктаз. Успішне застосування цього підходу вимагає проведення попереднього скринінгу та підбору пар, яке має враховувати комплексну оцінку взаємодії базидіоміцетів у бінарній культурі.

Сучасні підходи до аналізу субстанції антибіотику Цефтриаксону шляхом імплементації методу високоефективної рідинної хроматографії

Ніженковська І. В., Вельчинська О. В., Мелешко Р. А.

Кафедра хімії ліків та лікарської токсикології,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

iryna.nizhenkovska@gmail.com

Субстанцію Цефтриаксону аналізують за Державною Фармакопеею України (ДФУ) та Європейською Фармакопеею (монографія 01/2008-0991, 10.0) у вигляді солі – Цефтриаксону натрію. Для визначення кількісного вмісту та супровідних речовин у складі субстанції регламентовано метод рідинної хроматографії (2.2.29).

Нами впроваджено сучасний високотехнологічний метод високоефективної хроматографії (ВЕРХ), який є сучасною альтернативою методу рідинної хроматографії та характеризується високою точністю і найвищою ідентифікаційною здатністю.

Матеріали та методи. Для проведення інструментальних досліджень використовували хроматограф Agilent 1260 з УФ детектором (при 254 нм). Умови хроматографування: колонка – Hypersil Gold C18, 100x2,1x3; потік – 0,25

мл/хв, об'єм інжекції – 1,5 мкл, температура колонки – 25°C, час хроматографування 8 хв.

Нами запропоновано склад розчинів:

- Буферний розчин – 1,742 г дикалію гідрофосфат в 100 мл води, рН 7,0 $\pm 0,05$ за допомогою фосфорної кислоти;
- Рухома фаза – 3,2 г тетрабутиламонію броміду у 700 мл води *P*, 200 мл ацетонітрилу *P*, 100 мл буферного розчину.

Використовували розчин субстанції з кінцевою концентрацією цефтриаксону 0,5 мг/мл в рухомій фазі. У якості стандарту використовували фармакопейний стандартний зразок ДФУ цефтриаксону з концентрацією 0,5 мг/мл в рухомій фазі.

Хроматографічна система вважається придатною, якщо виконуються наступні умови: ефективність хроматографічної колонки для цефтриаксону повинна бути не менше 2000 теоретичних тарілок; коефіцієнт симетрії основного піку речовини (тейлінг) не має бути більшим 2,0; відносне стандартне відхилення площі піка цефтриаксону після 5 послідовних введень стандартного розчину має становити не більше 2,0%.

При проведенні комп'ютерного аналізу використовували програму OpenLab CDS (рис. 1).

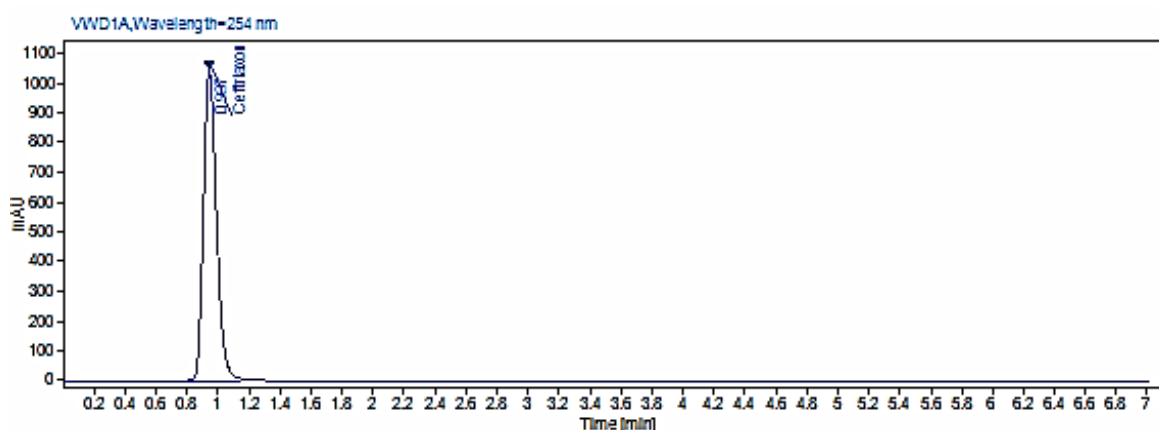


Рис. 1. Хроматограма розчину випробовуваного зразку субстанції: цефтриаксон $R_t=0.937$ хв.

На хроматограмі спостерігається чіткий аналітичний сигнал АФІ цефтриаксону, інших супровідних речовин та продуктів деградації не виявлено.

Таким чином, адаптовано умови хроматографування методом ВЕРХ та модифіковано методики дослідження субстанції цефтриаксону (Фармакопеями регламентується аналіз солі – цефтриаксону натрій) з використанням альтернативних та менш хімічно агресивних реагентів.

**Розробка функціонального напою на основі матча,
морського колагену та *Hericium erinaceus***

Нікітенко В. Д., Соловйова О. В.

Кафедра біотехнології Національного фармацевтичного університету,
м. Харків, Україна
nikitenkovioleta2007@gmail.com

У сучасній біотехнології активно розвивається напрям створення функціональних напоїв із комплексною дією на організм, зокрема поєднання матча, морського колагену та грибних адаптогенів дозволяє отримати продукт із ноотропними, антиоксидантними та адаптогенними властивостями, тому важливим є не лише підбір компонентів, а й детальне дослідження їхньої взаємодії, стабільності та поведінки в різних умовах. У ході роботи було сформовано модель функціонального напою на основі сухої суміші та проведено серію експериментів, спрямованих на оцінку впливу температури, часу, світла, рН та складу на його властивості.

Дослідження впливу умов зберігання проводили шляхом розподілу свіжоприготованого напою на зразки, які зберігали при кімнатній температурі та в холодильнику, з подальшою оцінкою результатів одразу після приготування, через 2 години та через 24 години. Встановлено, що при кімнатній температурі напій змінюється швидше: випадає осад, колір поступово переходить із темно-зеленого у жовто-зелений, запах стає менш інтенсивним, а смак набуває гіркоти. У холодильнику ці зміни відбуваються повільніше, проте вже через 24 години в обох випадках спостерігається суттєве

погіршення якості — втрата свіжості аромату та зміна смаку, що свідчить про обмежену стабільність системи незалежно від температури зберігання.

Окремо досліджували вплив світла, для чого зразки залишали на світлі і у темряві, з оцінкою змін через 1, 3, 6 та 24 години. Встановлено, що на світлі напій значно швидше втрачає насичений зелений колір, стає жовтим і прозорішим, тоді як у темряві ці процеси відбуваються повільніше і колір довше залишається інтенсивним. Це підтверджує, що хлорофіл є нестабільним під дією світла і швидко деградує, що впливає як на зовнішній вигляд, так і на якість напою.

Дослідження кислотності проводили шляхом вимірювання рН одразу після приготування та через 2, 6 і 24 години у двох варіантах: без додаткових компонентів і з додаванням кислоти (лимонного соку). Встановлено, що без добавок рН поступово знижується з часом, що свідчить про перебіг внутрішніх хімічних процесів, тоді як у кислому середовищі рН залишається стабільним протягом усього періоду дослідження. Це вказує на те, що слабокисле середовище сприяє стабілізації системи та збереженню біоактивних речовин.

Додатково було проведено температурний тест, у якому напій готували з використанням води температурою 60–70 °С та 80–90 °С. Встановлено, що при нижчій температурі зберігається насичений зелений колір, трав'яний запах і помірна гіркота, тоді як при вищій температурі напій жовтіє, запах стає менш вираженим, а смак більш гірким, що свідчить про руйнування чутливих біоактивних компонентів, зокрема катехінів і хлорофілу.

Оцінку синергії компонентів проводили на трьох зразках: матча з водою, матча з колагеном та матча з колагеном і грибним екстрактом. Встановлено, що матча має високий антиоксидантний потенціал, додавання колагену частково його знижує, однак введення грибного екстракту відновлює антиоксидантну активність, що свідчить про синергічну взаємодію компонентів у системі.

Антиоксидантну активність визначали для різних зразків: свіжого напою та напою після 24 годин зберігання. Встановлено, що свіжий напій має високу антиоксидантну активність, тоді як після 24 годин цей ефект значно

зменшується або зникає. Це підтверджує втрату антиоксидантних властивостей з часом.

У всіх зразках спостерігалось випадання осаду, особливо білкової фази колагену, що свідчить про його нестабільність у водному середовищі та загальну обмежену фізико-хімічну стабільність напою.

Таким чином, встановлено, що властивості функціональних напоїв на основі матча значною мірою залежать від умов приготування, складу, температури, світла, рН та часу зберігання. Найбільш виражені органолептичні та функціональні характеристики спостерігаються у свіжоприготованому напої, тоді як навіть за оптимальних умов зберігання відбувається поступова деградація компонентів і зниження його якості.

Антимікробна активність поверхнево-активних речовин *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017, синтезованих за наявності еукаріотичного індуктора та попередників біосинтезу фітогормонів

¹Охмакевич А. М., ^{1,2}Пирог Т. П.

¹Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

²Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАНУ, м. Київ, Україна

okhmakevycham@nuft.edu.ua

Актуальною проблемою сьогодення є використання токсичних агрохімікатів проти фітопатогенів у рослинництві, що спричиняють ризики серйозного гострого та хронічного отруєння людини, забруднення екосистем та виникнення резистентних штамів. Контроль бактеріозів сільськогосподарських культур часто ускладнений через їхню переважно поліциклічну природу і відсутність системних антибактеріальних речовин. Як сучасну альтернативу хімічним пестицидам можна розглядати поверхнево-активні речовини (ПАР) мікробного походження завдяки їх нетоксичності та легкій біодеградабельності у поєднанні з антимікробною активністю.

У попередніх дослідженнях показано, що ПАР *Nocardia vaccinii* IMB B-7405, синтезовані у середовищі з попередниками біосинтезу ауксинів (триптофан) і гіберелінів (еритритол), характеризувались антимікробною активністю щодо фітопатогенних бактерій. Також було встановлено, що антимікробну щодо умовних патогенів активність поверхнево-активних речовин *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017 можна суттєво підвищити у разі внесення *Saccharomyces cerevisiae* БТМ-1 у різному фізіологічному стані у середовище культивування.

Метою дослідження є визначення антимікробної щодо фітопатогенних бактерій активності поверхнево-активних речовин *R. erythropolis* IMB Ac-5017, синтезованих за наявності дріжджового індуктора та попередників біосинтезу фітогормонів.

Культивування *R. erythropolis* IMB Ac-5017 здійснювали у рідкому мінеральному середовищі з етанолом 2% (об'ємна частка), триптофаном (300 мг/л) або еритритолом (400 мг/л). Як індуктор використовували супернатант *S. cerevisiae* БТМ-1. Концентрацію позаклітинних поверхнево-активних речовин визначали ваговим методом після екстракції модифікованою сумішшю Фолча. Антимікробну активність ПАР визначали методом двократних розведень за показником мінімальної інгібуючої концентрації. Як тест культури під час визначення біологічної активності ПАР використовували штами бактерій *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* IMB B-9167 та *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* IMB B-10₂ з колекції живих культур відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України.

Встановлено, що внесення супернатанту *S. cerevisiae* БТМ-1 у середовище з еритритолом або триптофаном супроводжувалось синтезом поверхнево-активних речовин з вищою антимікробною щодо досліджуваних фітопатогенних бактерій активністю порівняно з такою препаратів, синтезованих за аналогічних умов, але без індуктора.

Так, мінімальна інгібуюча концентрація поверхнево-активних речовин *R. erythropolis* IMB Ас-5017, одержаних за наявності супернатанту дріжджів і попередника біосинтезу ауксинів, становила 0,23 і 0,94 мкг/мл відповідно щодо *P. syringae* pv. *tomato* IMB В-9167 та *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* IMB В-10₂, що у 13,3-54,3 разів нижче порівняно з такою ПАР, синтезованих у середовищі з триптофаном, але без індуктора. Антимікробна активність щодо цих фітопатогенних бактерій ПАР, утворених у середовищі з еритритолом та супернатантом дріжджів, була у 20,8-41,7 разів вищою, ніж встановлена для препаратів, синтезованих без дріжджового індуктора (мінімальні інгібуючі концентрації 0,78-1,56 та 32,5 мкг/мл відповідно).

Отже, у результаті проведеної роботи встановлено можливість суттєвого підвищення антимікробної щодо фітопатогенних бактерій активності поверхнево-активних речовин *R. erythropolis* IMB Ас-5017 внесенням супернатанту *S. cerevisiae* БТМ-1 у середовище з попередниками біосинтезу фітогормонів ауксинової та гіберелінової природи.

**Метаболічна пластичність мієліну:
від енергетичного резерву до терапевтичних стратегій**

Паненко М. В., Бачинський Р. О.

Кафедра біологічної хімії Харківського національного медичного університету,
м. Харків, Україна
mvpanenko.st24@knmu.edu.ua

Експериментальні дослідження останніх років кардинально трансформують уявлення щодо ролі мієлінової оболонки. Мієлін починають розглядати як динамічну метаболічну структуру, здатну до активної участі в енергетичному гомеостазі нейронів. Означена концепція набуває особливої актуальності в умовах зростання поширеності демієлінізуючих захворювань і когнітивних дисфункцій серед населення України, де хронічний стрес воєнного часу створює додаткові чинники ризику нейродегенеративних процесів.

Мета дослідження – аналіз сучасних наукових даних щодо метаболічних функцій мієліну в енергетичному забезпеченні центральної нервової системи.

Дослідження американських науковців у 2022 році показали, що незважаючи на збережену експресію основних структурних білків мієліну, експериментальні тварини демонстрували масивну гіпомієлінізацію на тлі критичного дефіциту холестеролу. Цікавою особливістю виявилось часткове відновлення процесів мієлінізації у старіючих тварин за рахунок компенсаторної активації механізмів захоплення екзогенного холестеролу від навколишніх клітин.

У публікації колективу дослідників у Nature Neuroscience 2024 року було продемонстровано здатність олігодендроцитів до розщеплення власних мієлінових ліпідів за гострого дефіциту глюкози, що супроводжується вивільненням вільних жирних кислот для подальшого β -окиснення. Отже, олігодендроцити постають не просто як продуценти ізолювальної оболонки, а як повноцінні метаболічні симбіонти нейронів.

Іспанські науковці у 2025 році застосували мультикомпонентну T2-релаксометрію для неінвазивної оцінки мієлінового вмісту в головному мозку десяти атлетів-марафонців до і безпосередньо після змагань. Зареєстровано статистично значуще зниження мієлінової водної фракції (MWF) у моторних провідних шляхах: понтинний перехрест продемонстрував редукцію на 28%, а кірково-спинномозковий тракт – на 26%. Важливим виявився факт повної реверсії MWF до вихідних значень через два місяці спостереження, що виключає гіпотезу незворотного пошкодження мієлінових структур.

Канадські дослідники у 2025 році вперше встановили модеруючу роль ліпопротеїнів високої щільності (ЛПВЩ) у взаємозв'язку між фізичною активністю та мієліновим вмістом. Встановлено, що нейропротективний ефект фізичної активності щодо мієліну реалізується переважно в осіб з достатніми або підвищеними концентраціями ЛПВЩ.

Ізраїльська наукова команда в 2025 році продемонструвала, що транскрипційний фактор TFII-I функціонує як «молекулярне гальмо» процесу

мієлінопродукції. Генетична інактивація GTF2I (гену, що кодує TFII-I) селективно в мієлінізуючих клітинах призвела до формування аномально товстих мієлінових оболонок, прискорення проведення нервових імпульсів і значного покращення моторних функцій експериментальних мишей. Це відкриття окреслює революційні перспективи: фармакологічне пригнічення активності TFII-I в олігодендроцитах може стати новітнім терапевтичним підходом для відновлення мієлінових структур при розсіяному склерозі, хворобі Альцгеймера, синдромі Вільямса та розладах аутистичного спектру.

Висновки. Традиційне сприйняття мієлінової оболонки обмежувалось її роллю як електричного ізолятора, що забезпечує сальтаторне проведення потенціалів дії вздовж аксонів. Дані проведеного аналізу сучасних наукових джерел переконливо свідчить, що мієлін являє собою не статичну ізолюючу структуру, а динамічний енергетичний резервуар, здатний підтримувати нейрональний метаболізм.

Виявлення змін мембран тестикулярних інтерстиціальних клітин після інкубації та кріоконсервації з кріопротекторами

¹Пахомов О. В., ²Посохов Є. О.

¹Інститут проблем кріобіології та кріомедицини НАН України, м. Харків, Україна

²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

м. Харків, Україна

yevgenposokhov@gmail.com

Зміни мембран є одними з центральних факторів, що визначають виживання клітин під час кріоконсервації. Ми протестували деякі кріозахисні композиції без сироватки/ксенону, включаючи диметилсульфоксид (ДМСО) та полімери, на предмет їх осмотичного впливу та токсичності щодо тестикулярних інтерстиціальних клітин (ІК). Виживання ІК визначали після їх контакту з ДМСО, декстраном (Д40), гідроксиетилкрохмалем (ГЕК), поліетиленгліколями (ПЕГ400 та 1500) або після кріоконсервації та видалення кріопротекторного агента (КПА). Для оцінки змін у плазматичній мембрані ІК

було застосовано флуоресцентний мембранний зонд О1О. Дослідження виживання клітин показало, що ДМСО знижує виживання ІК залежно від часу та дози. КПА знижує метаболічну активність ІК, що свідчить про його токсичний вплив на живу клітину в цілому. Було встановлено, що токсичний ефект також впливає на плазматичну мембрану. Мембрани ІК не змінювалися після інкубації з 0,7 М ДМСО. Присутність Д40, ГЕК або ПЕГ у середовищах, що містять ДМСО, призводила до гідратації плазматичної мембрани та пошкодження мембран клітин, інкубованих з ПЕГ. Кріоконсервація спричиняла виражену дегідратацію мембран ІК, що вижили, навіть після видалення КПА у середовищах, що містять ПЕГ, та низькі показники виживання ІК. Кріоконсервація з найкращим кріозахисним середовищем, доповненим 0,7 М ДМСО та 100 мг/мл Д40, призводила до мінімальних змін мембран, що свідчить про його вищу здатність захищати мембрани під час кріоконсервації.

Біоремедіація води: біологічні методи видалення основних промислових забруднювачів

Первякова А. В., Пилипенко Д. М.

Кафедра біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів біотехнології,

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

pdmforwork@btu.kharkiv.ua

Біоремедіація води, або гідробіоремедіація – це технологія, яка використовує природні біологічні процеси, переважно за участю бактерій, дріжджів та рослин, для нейтралізації, деградації або іммобілізації небезпечних забруднювачів. Головною метою цих процесів є відновлення якості водного середовища до прийнятних екологічних та санітарних стандартів. В основі цього методу лежать здатність мікроорганізмів використовувати забруднюючі речовини як джерело їжі та енергії, зв'язування забруднювачів на поверхні клітин (біосорбція), поглинання забруднювачів клітиною (біоаккумуляція).

Найбільшу загрозу для водних середовищ становлять нафтові вуглеводні та поліароматичні вуглеводні – ПАВ (токсичні та канцерогенні речовини, які також

спричиняють фізичне задушення водних тварин); мікропластик – ПЕТ (фізичне забруднення довкілля); фармацевтичні препарати (викиди антибіотиків сприяють розвитку стійкості до них); пестициди та синтетичні барвники, галогеновані феноли (високотоксичні, впливають на гормональну систему), ртуть (нейротоксин, накопичується в харчових ланцюгах), нітрати та фосфати (спричиняють «цвітіння води», що призводить до гіпоксії та загибелі риби).

Для вирішення задач біоремедіації води використовуються різноманітні мікроорганізми та біологічно активні речовини, які направлені на руйнування або поглинання конкретних груп забруднювачів. Наприклад, спільноти мікроорганізмів, які живуть на зануреному у воду листі, здатні до біотрансформації нікосульфурону, знижуючи вміст гербіцидів на 29– 66% за 40 днів. Бактерії роду *Pseudomonas* використовуються для деградації нафтових вуглеводнів та ПАВ. Вони виробляють біосурфактанти та ферменти, які розщеплюють ПАВ через діоксигеназний шлях. Біодеградація нафталіну, одного з ПАВ, досягла 91,16% за 10 днів інкубації.

Бактерії, які несуть *mer*-оперон, використовуються для детоксикації ртуті. Цей генетичний комплекс забезпечує ферментативне відновлення токсичної іонної ртуті Hg^{2+} до елементарної Hg^0 , яка є леткою. Штами бактерій, що несуть *mer*-оперон, продемонстрували здатність видаляти до 80% хлориду ртуті з культурального середовища. Генно-модифіковані мікроорганізми також представляють інтерес для біоремедіації, наприклад, ті, що експресують фермент FAST-ПЕТазу, який використовується для гідролізу ПЕТ-пластику. Застосування цього ферменту дозволило досягти деградації близько 40% комерційної ПЕТ-плівки всього за 4 дні.

Фермент пероксидаза хрому, іммобілізована на носії, використовується для окислення та полімеризації галогенованих фенолів разом із фотоокисленням діоксиду титану. Використання вдосконалених методів окислення з цим ферментом дозволило досягти руйнування пентахлорфенолу на рівні 97% зі значним зниженням токсичності.

Біокальцій (наприклад, яєчна шкаралупа) – природний адсорбент і преципітант, що осаджує надлишок фосфатів і нітратів у вигляді цінних мінеральних сполук. Додавання біокальцію забезпечило видалення нітратів на рівні 84% та загального азоту на 57%.

Таким чином, гідробіоре mediaція є екологічно чистою та сталою технологією, необхідною для боротьби з поширеними забруднювачами, які не видаляються традиційними очисними спорудами. Біоре mediaція води є фундаментально відмінною від традиційних фізико-хімічних методів, таких як фільтрація або хімічне осадження. Традиційні методи часто просто переміщують забруднювач, створюючи проблему утилізації відходів, а біоре mediaція руйнує або трансформує забруднювачі у менш шкідливі форми. Висока ефективність досягається завдяки використанню спеціалізованих біологічних агентів – від природних мікроорганізмів та ферментів до генно-модифікованих штамів – що дозволяє націлюватися на конкретний вид забруднення.

Наночастки міді як антимікробний агент

для обробки шкіряних матеріалів

Писаренко П. О., Охмат О. А.

Кафедра біотехнології, шкіри та хутра, Київський національний університет

технологій та дизайну, м. Київ, Україна

1pysarenko1@gmail.com, oxmat.oa@knu.edu.ua

Мідь – один з найпоширеніших металів, який є основою для отримання наночасток (CuNPs), які синтезують або хімічним, або біологічним методами. Матеріали, оброблені CuNPs, демонструють антимікробні властивості проти грампозитивних і грамнегативних бактерій, а також протигрибкову активність. Перспективним є напрям використання CuNPs для створення певного рівня антимікробних властивостей у біоматеріалів тваринного походження, використовуваних для виготовлення деталей взуття – шкіряних матеріалів. При цьому здійснюється обробка CuNPs шкіряних матеріалів, виготовлених із

застосуванням сполук хрому – традиційних реагентів у виготовленні натуральної шкіри для взуття. Збільшення або зменшення антимікробної активності оцінюють при цьому відповідно до контрольного зразка шкіряного матеріалу, обробку якого CuNPs не проводять. В експерименті виявлений різний рівень створеної інгібуючої активності на шкіряних матеріалах, у випадках застосування для обробки CuNPs хімічно– або біосинтезованих. При цьому найвищу інгібуючу активність зафіксовано для *Bacillus subtilis* на шкіряному матеріалі, де біосинтезовані наночастки виявилися значно ефективнішими за хімічно синтезовані, досягаючи рівня 189,20 % при концентрації 3 мкм у порівнянні з контролем. Водночас для *Escherichia coli* результативність була значно нижчою (10,22 %), а для *Pseudomonas aeruginosa* обробка взагалі не дала результату через природні механізми захисту цієї бактерії від міді. Цікавим є і те, що антимікробний ефект не має лінійної залежності від концентрації використовуваних CuNPs. Тобто її підвищення не гарантує посилення захисту. А отже, оптимальне застосування CuNPs потребує індивідуального підбору параметрів, враховуючи спосіб синтезу часток та тип тест-культури.

Роль грибів у біосинтезі наночастинок заліза

Погрібна А. С., Скроцька О. І.

Кафедра біотехнології і мікробіології, Національний університет

харчових технологій, м. Київ, Україна

annapogrebnaa329@gmail.com

Наночастинки заліза (FeNPs) завдяки своїм унікальним фізико-хімічним властивостям знаходять широке застосування в біомедицині, агрономії та екології, зокрема для біоремедіації, доставки лікарських засобів, діагностики захворювань та боротьби з патогенними мікроорганізмами. Гриби, завдяки здатності продукувати різноманітні біомолекули, виступають ефективними біоагентами для синтезу наночастинок заліза. Використання грибів дозволяє отримувати наночастинки з контрольованими розмірами та морфологією,

одночасно забезпечуючи їх стабільність та біологічну активність. Актуальність досліджень у цій галузі зростає через потребу в розробці безпечних, ефективних та багатофункціональних наноматеріалів для сучасної медицини, екології та сільського господарства.

Нами проведено аналітичний огляд сучасних наукових публікацій (2024-2025 рр.), що проіндексовані у базах даних PubMed та Google Scholar. Публікації присвячені біосинтезу наночастинок оксиду заліза при використанні грибів.

Для синтезу наночастинок заліза використовують ентомопатогенні види грибів, такі як *Beauveria bassiana*. Для біосинтезу наночастинок використовують культуральну рідину *Beauveria bassiana*, а як попередник – 0,1 М розчин FeCl_3 . Утворення FeNPs підтверджено появою максимуму поглинання на УФ-спектрі при 264 нм. Синтезовані наночастинок можуть бути ефективно використані для очищення довкілля завдяки здатності до біоремедіації важких металів, зокрема хрому. Окрім цього, вони мають значний потенціал в аграрній сфері для контролю шкідників через виражену антибактеріальну активність, а також можуть застосовуватися в біомедицині як антибактеріальні агенти.

Для біосинтезу наночастинок також використовують мікроскопічні нитчасті гриби *Fusarium graminearum*. У процесі синтезу FeNPs використовують біомасу цих грибів, а як попередник – 1 мМ розчин солі $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$. Отримані наночастинок продемонстрували значну антиоксидантну активність: при концентраціях 0,01; 0,1; 1; 10 і 100 г/мл рівень нейтралізації вільних радикалів становив 4,48%, 11,31%, 24,6%, 46,9% і досягав 100% відповідно. Найвищу активність зафіксовано при концентрації 100 г/мл. Синтезовані FeNPs можуть застосовуватися для біоремедіації з метою видалення важких металів, а також як протигрибкові засоби, зокрема проти *Candida albicans*. Окрім цього, завдяки своїм антиоксидантним властивостям вони мають потенціал у лікуванні інфекцій та боротьбі з патогенними мікроорганізмами.

Ще один приклад біосинтезу наночастинок заліза із застосуванням нитчастих грибів – використання *Aspergillus elegans*. Для отримання $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{NPs}$ використовували безклітинний водний екстракт і супернатант культуральної рідини *Aspergillus elegans*, а як попередники – 8 мМ розчин $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ та 1 мМ розчин $\text{FeCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$. Формування наночастинок підтверджувався появою піку поглинання на УФ-спектрі при 300 нм. Синтезовані $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{NPs}$ демонструють широкий спектр можливого використання: вони ефективні у біоре mediaції для видалення важких металів з води, проявляють антибактеріальну активність, можуть використовуватися для очищення промислових стічних вод, а також мають потенціал у біомедицині, зокрема для доставки лікарських засобів і діагностики захворювань.

Отже, біосинтез наночастинок заліза за участю грибів є екологічним і перспективним підходом. Отримані FeNPs характеризуються антибактеріальними, антиоксидантними властивості та можуть застосовуватися в біоре mediaції, біомедицині та агрономії. Дослідження цієї теми відкриває нові можливості для створення безпечних і функціональних наноматеріалів.

Вирощування органів і тканин *in vitro*

Пономаренко А. О., Ходаківська Ю. О.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна
ponomarenko.a.o-bt32@edu.kpi.ua

Ключові слова: вирощування тканин *in vitro*, трансплантація, тканинна інженерія, регенеративна медицина, стовбурові клітини, тривимірні клітинні культури, біореактори, біоматеріальні каркаси, васкуляризація, органи.

Вступ. Стрімке зростання кількості пацієнтів, які потребують трансплантації органів і тканин, у поєднанні з хронічною нестачею донорського матеріалу зумовлює активний розвиток альтернативних підходів у регенеративній медицині, зокрема технологій вирощування тканин і органів.

Цей напрям є надзвичайно актуальним, оскільки дозволяє потенційно створювати функціональні біологічні конструкції, сумісні з організмом реципієнта, та зменшувати ризик імунного відторгнення.

Традиційні методи регенерації *in vivo* базуються на стимуляції власних репаративних механізмів організму або трансплантації клітин і тканин без попереднього контрольованого формування структури. Такі підходи часто супроводжуються обмеженою керованістю процесу, ризиком фіброзу, нерівномірною диференціацією клітин та низькою відтворюваністю результатів. Використання біоматеріальних каркасів (scaffolds) у тканинній інженерії частково вирішує проблему просторової організації клітин, однак має низку обмежень, пов'язаних із біосумісністю, деградацією матеріалів, порушенням васкуляризації та можливими запальними реакціями. У цьому контексті підходи *in vitro*, спрямовані на формування тканин без жорстких каркасів або з використанням біоміметичних матриць, розглядаються як перспективна альтернатива.

Метою роботи є дослідження процесу вирощування органів і тканин методом *in vitro*.

Матеріали та методи. У межах даної роботи було проведено огляд і аналіз сучасної наукової літератури, присвяченої вирощуванню органів і тканин *in vitro*, що висвітлюють механізми культивування клітин, використання стовбурових клітин, біореакторів і тривимірних культур, а також масштабованості методів та їх клінічного потенціалу.

Результати та обговорення. Метод вирощування тканин і органів *in vitro* ґрунтується на культивуванні клітин у контрольованих лабораторних умовах із відтворенням мікрооточення, максимально наближеного до фізіологічного. Як клітинний матеріал використовують диференційовані соматичні клітини, ембріональні або індуковані плюрипотентні стовбурові клітини (iPSC), здатні до проліферації та спрямованої диференціації. Процес *in vitro* включає ізоляцію клітин, їх розмноження, формування тривимірних клітинних агрегатів (сфероїдів або органоїдів) та подальше дозрівання у спеціальних середовищах

або біореакторах. Застосування біореакторів дозволяє контролювати подачу поживних речовин, кисню та механічні стимули, що суттєво підвищує функціональність отриманих тканин.

Основною перевагою методу *in vitro* є високий рівень контролю над процесами клітинної диференціації та організації тканини. Крім того, такі моделі широко використовуються для вивчення розвитку органів, моделювання захворювань, тестування лікарських засобів і токсикологічних досліджень, що зменшує потребу у використанні тваринних моделей. Водночас ключовими проблемами залишаються складність васкуляризації великих тканинних конструкцій, обмежена функціональна зрілість органоїдів та труднощі інтеграції отриманих структур після трансплантації.

Висновки. Відповідно до проведеного аналізу встановлено, що вирощування органів і тканин *in vitro* є одним із найперспективніших напрямів сучасної біотехнології та регенеративної медицини. Цей підхід дозволяє подолати низку обмежень традиційних методів *in vivo* та *scaffold*-орієнтованих технологій, забезпечуючи контрольоване формування біологічних структур. Попри наявні технічні та біологічні виклики, подальший розвиток клітинних технологій, біореакторних систем і методів васкуляризації створює передумови для їх широкого клінічного застосування в майбутньому.

Розробка косметичного засобу з екстрактом мікроводоростей

Пономаренко Ю. О., Соловйова А. В.

Кафедра біотехнології, Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна

juliaponomarenko131706@gmail.com

Косметичні продукти на основі мікроводоростей часто є «багатоцільовими» та застосовуються в як сонцезахисні засоби, сенсibilізатори шкіри та барвники, а також як агенти для зволоження та відбілювання.

Використання сумішей мікроводоростей у косметичних формулах дозволяє досягти синергетичного ефекту, оскільки різні види мікроорганізмів

синтезують унікальні набори біоактивних сполук: каротиноїди, полісахариди, жирні кислоти та пептиди. Використання екстрактів кількох видів водоростей дозволяє створювати багатофункціональні продукти.

Морські інгредієнти часто використовуються у косметичних продуктах для чутливої шкіри та включають види *Laminaria ochroleuca*, *Ascophyllum nodosum*, *Asparagopsis armata* та *Chlorella vulgaris*. Екстракти *Ascophyllum nodosum* та екстракт *Asparagopsis armata*, мають клінічні докази, що підтверджують їх використання для чутливої шкіри. Загалом, морські інгредієнти, що використовуються в косметиці для чутливої шкіри, пропонуються для зменшення запалення шкіри та покращення бар'єрної функції.

Концепція синергії кількох активів мікроводоростей дозволяє створювати рецептури, які працюють на різних рівнях дерми одночасно. Поєднання астаксантину, полісахаридів, пептидів та екзополісахаридів створює комплексний механізм захисту та відновлення. Кожен елемент у цій комбінації виконує свою специфічну функцію, посилюючи дію інших. Астаксантин завдяки своїй унікальній структурі пронизує ліпідний бішар мембрани клітин, захищаючи їх від пероксидного окиснення ліпідів. Полісахариди формують на поверхні шкіри тонку повітропроникну плівку, яка запобігає трансепідермальній втраті води і забезпечує миттєвий ефект наповнення. Пептиди стимулюють фібробласти до синтезу власного колагену та еластину, прискорюючи регенерацію тканин, пошкоджених оксидативним стресом. Екзополісахариди, що виділяються мікроводоростями, мають високу спорідненість зі шкірою, здатні заповнювати мікрорельєф, забезпечуючи «ефект філлера» та зміцнюючи клітинні зв'язки.

Препарати морського походження є перспективними активними інгредієнтами для косметичних продуктів для чутливої шкіри. Їхнє поглиблене дослідження, зосереджене на екстрагованих метаболітах можуть відкрити чудові можливості для косметичної промисловості.

**Біотехнологічний аспект впливу позитивного підкріплення на
психоемоційний стан студентів покоління Z в умовах війни**

Прокопенко Д. С., Белінська А. П.

Кафедра біотехнології, біофізики та аналітичної хімії, Національний технічний
університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

Diana.Didukh@ihti.khpi.edu.ua

Умови воєнного стану в Україні супроводжуються підвищеним рівнем психоемоційного навантаження на студентську молодь, що безпосередньо впливає на навчальну мотивацію, когнітивні процеси та загальну адаптацію до освітнього середовища. Особливо вразливою до стресових чинників є молодь покоління Z. Під поколінням Z розуміється когорта студентів, народжених приблизно з середини 1990-х до початку 2010-х років, яка формується та функціонує в умовах повної цифровізації, а зараз переживає навчання в період повномасштабної війни, що обумовлює специфіку їхніх психоемоційних реакцій та потреб в освітньому середовищі. У зв'язку з цим актуалізується пошук немедикаментозних підходів підтримки психоемоційного стану студентів у кризових умовах.

У межах даного дослідження здійснено системний аналіз наукової літератури з міждисциплінарних позицій, що охоплюють галузі психології, нейробиології та біотехнології, з метою вивчення кореляцій між практиками позитивного підкріплення та динамікою психоемоційних станів у представників студентської молоді покоління Z. Емпіричні дані свідчать, що вербальні форми підтримки, такі як схвалення та заохочення, виступають потужними модуляторами нейрохімічної активності головного мозку. Зокрема, спостерігається цілеспрямована активація дофамінергічних, серотонінергічних та окситоцинергічних нейромедіаторних систем, ключових у процесах регуляції мотиваційно-вольової сфери, стабілізації емоційного фону та формування суб'єктивного відчуття соціальної безпеки.

Результати сучасних досліджень доводять, що систематичне позитивне підкріплення асоціюється зі зниженням базальних рівнів стрес-реагуючих

гормонів, насамперед кортизолу, та може виконувати функцію протективного чинника щодо когнітивних функцій (уваги, пам'яті, виконавчого контролю) в умовах хронічного психоемоційного стресу, спричиненого тривалими надзвичайними обставинами. З біотехнологічної перспективи зазначені психофізіологічні зрушення можуть бути концептуалізовані як цілеспрямована адаптивна відповідь організму на зовнішній соціально-емоційний стимул, який запускає каскад компенсаторно-відновлювальних механізмів гомеостатичної регуляції. Таким чином, педагогічна похвала може розглядатися в парадигмі «біологічно активного соціального інтервенту» або «емоційного біостимулу», здатного індукувати нейропластичні зміни та підвищувати фізіологічну резильєнтність індивіда.

Аналіз освітніх і психологічних практик засвідчує, що стратегічно вибудоване позитивне підкріплення, зосереджене на оцінці зусиль та прогресу в навчальному процесі, є детермінантою формування мотиваційної установки на розвиток. Це, у свою чергу, сприяє оптимізації механізмів саморегуляції та превенції синдрому емоційного вигорання серед студентів. Синергетичне поєднання біотехнологічного підходу, що розглядає людину як комплексну біологічну систему, із принципами позитивної психології та педагогіки створює наукове підґрунтя для проектування освітнього середовища. У такому середовищі емоційна підтримка набуває статусу не просто інструменту педагогічного впливу, а важливого фактора біологічної та психологічної адаптації в умовах стресу. Отже, реалізація принципів позитивного підкріплення може розцінюватися як ключовий елемент немедикаментозної, біологічно обґрунтованої стратегії підтримки психоемоційного благополуччя та академічної ефективності студентів у контексті травматичних викликів воєнного часу. Інтеграція знань з нейробіології, біотехнології та освітньої психології відкриває перспективи для розвитку нових дослідницьких програм, спрямованих на створення адаптивних моделей освітнього простору, що базуються на глибинному розумінні біологічних механізмів стресостійкості, нейропластичності та внутрішньої мотивації.

**Біотехнологічні аспекти створення комплексного біопрепарату
на основі метилотрофних бактерій, виділених із агровідходів**

Пронін І. В., Калюжная О. С.

Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна

proninigor49@gmail.com

Вступ. Сучасне сільське господарство стикається з викликами деградації ґрунтів та негативного впливу хімічних добрив на екосистеми. Перспективною альтернативою є біопрепарати на основі метилотрофних бактерій, які здатні використовувати одновуглецеві сполуки, такі як метанол, для стимуляції росту рослин, фіксації азоту та протидії фітопатогенам.

Метою дослідження є виділення та вивчення властивостей метилотрофних культур бактерій з подальшою перспективою розробки комплексного біопрепарату для покращення розвитку сільськогосподарських культур.

Матеріали та методи. Дослідження проводилися на базі лабораторії, облаштованої відповідно до вимог асептики та біобезпеки наступним обладнанням: боксом БСР-3 (клас 2) – для проведення робіт в асептичних умовах; вагами ТВЕ-0,21, магнітною мішалкою з підігрівом, автоклавом «A8 electro», водяною баней Joanlab – для підготовки живильних середовищ; шафою ГП-20 - для підготовки лабораторного посуду; термостатами ТС-20 – для вирощування зразків культур; біологічними мікроскопами серії XS-8530 MICROmed та МІКМЕД 5 з темнопольним конденсором – для дослідження властивостей культур. Методологія включала: 1) ізоляцію штамів – відбір проб із місць зберігання агровідходів та висів на селективне мінеральне середовище (MMS) з 0,5% метанолу як єдиним джерелом вуглецю; 2) морфологічний аналіз – фарбування за Грамом, Буррі-Гінсом та Ожешко; 3) біохімічні тести – визначення каталазної та оксидазної активності, ферментація вуглеводів на середовищі Кліглера та Ендо, аеробіозу на тіогліколевому середовищі; 4) агрономічні властивості – оцінка азотфіксації на середовищі Ешбі, ріст на різних джерелах вуглецю (мета-нол, форміат, глюкоза, ацетат), та інокуляція насіння пшениці в GROW-BOX системі.

Результати дослідження. Культурально-морфологічна характеристика. В результаті селекції було виділено три морфотипи бактерій: з помаранчевими, білими та кремовими колоніями. Мікроскопічне дослідження показало, що всі ізоляти є грамнегативними паличками середнього розміру (1,5–3,0 мкм), які не утворюють спор. За допомогою методу Буррі-Гінса підтверджено наявність капсул, що сприяє утворенню захисних біоплівок.

Біохімічний профіль та метаболічна універсальність. Культури продемонстрували наступні біохімічні властивості: оксидазо- та каталазопозитивність, що характерно для метилових бактерій; ферментація вуглеводів – штами ферментують глюкозу, але не лактозу; сірководень та газ не утворюються; відсутність росту на середовищі Ендо підтвердила, що штами не належать до родини *Enterobacteriaceae*; тип дихання – облігатний аеробіоз (ріст виключно на поверхні тіогліколевого середовища). Досліджено факультативність штамів: вони здатні утилізувати не лише метанол, а й глюкозу, ацетат та форміат натрію при нейтральному рН. Встановлено нейтрофілість культур – кисле середовище (рН 4) пригнічує їх ріст.

Технологічні та агрономічні аспекти. Виявлено потенційну здатність до фіксації атмосферного азоту (активний ріст на безазотному середовищі Ешбі). Важливим аспектом для промислового масштабування є встановлений факт прискорення росту: додавання вітаміну В5 (пантотенату кальцію) дозволило отримати виражені колонії вже на 2-гу добу культивування проти 3-х діб у контролі. Тест на сумісність підтвердив відсутність антагонізму між виділеними морфотипами, що дозволяє створювати на їх основі стійкі мікробні консорціуми для синергічної дії. Попередні випробування в GROW-BOX системі показали прискорення проростання насіння пшениці при інокуляції.

Висновки. У виділених штамів факультативних метилотрофних бактерій із агровідходів визначено комплекс ознак, необхідних для створення біопрепарату; сумісність штамів відкриває шлях до створення комплексного препарату з ростостимулюючими та захисними властивостями.

Формування метрологічної культури майбутніх біотехнологів

Пушкарьова Я. М., Зайцева Г. М.

Кафедра аналітичної, фізичної та колоїдної хімії Національного медичного
університету імені О. О. Богомольця, м. Київ, Україна
yaroslava.pushkarova@gmail.com

Якість дослідницьких і виробничих етапів у біотехнології напряму залежить від точності та відтворюваності проведених вимірювань. Контроль параметрів біотехнологічних процесів (температури, рН, концентрацій, ферментативної активності тощо) неможливий без ґрунтовної метрологічної підготовки фахівців. У цьому контексті дисципліна «Основи метрології» відіграє ключову роль у формуванні метрологічної культури як важливої складової професійних компетентностей майбутніх біотехнологів.

Викладання курсу «Основи метрології» для студентів спеціальності «Біотехнології та біоінженерія» має прикладний характер і орієнтується на специфіку біологічних та біохімічних об'єктів. Особливу увагу приділено поняттям похибки та невизначеності вимірювань, калібруванню вимірювального обладнання, валідації методик аналізу, а також забезпеченню правильності та відтворюваності експериментальних результатів. Практичні заняття орієнтують здобувачів освіти на аналіз реальних даних професійного спрямування, оцінювання надійності одержаних результатів і формування критичного ставлення до вимірювальної інформації. Застосування кейс-методів і прикладів із біотехнологічної практики сприяє підвищенню мотивації та акцентує навчання на професійному розвитку студентів.

Викладання дисципліни «Основи метрології» є необхідним складником підготовки майбутніх біотехнологів, оскільки забезпечує формування основ метрологічної культури, що включає коректне виконання вимірювань, аналіз та інтерпретацію експериментальних даних. Інтеграція метрологічних знань із фаховими дисциплінами сприяє підвищенню якості освітнього процесу та готовності студентів до науково-дослідної й виробничої діяльності.

**Стійкість гемоглобіну до окисної дії пероксиду водню
у кріоконсервованих еритроцитах**

Рамазанов В. В., Руденко С. В.

Інститут проблем кріобіології та кріомедицини НАН України, Харків.

ramazanovviktor9891@gmail.com

Трансфузія еритроцитів тяжкохворим пацієнтам або при хірургічних ускладненнях та тяжких травмах викликає посилення запалення та окислювального стресу, що часто призводить до несприятливих наслідків. Підвищення рівня прозапальних цитокінів викликає наростання оксидативного стресу, коли взаємне посилення окислювального стресу та запалення створює замкнутий порочний цикл, який може прискорювати несприятливі наслідки. Необхідно знайти спосіб блокування певної реакції, що призведе до гальмування або розриву зазначеного порочного кола.

В умовах системи мікроциркуляції тканин при дисмутації супероксиду в інтраваскулярному просторі утворюється значний рівень пероксиду водню. Даний окислювач проникає у тканини, а також в еритроцити з утворенням метгемоглобіну, що розкладається до вільного геміну. Гемін взаємодіє з мембраною та порушує зв'язок цитоскелетних білків. У присутності пероксиду водню він може викликати перекисне окислення ліпідів. У результаті прискорене пошкодження еритроцитів призводить до їх утилізації в макрофагах печінки з підвищенням концентрації іонів Fe^{2+} , які викликають додаткове посилення окисного стресу та запалення.

Детоксикація пероксиду водню може запобігти розвитку дисфункції еритроцитів, а також пошкодженню тканин кисневими радикалами, і може призвести до гальмування або розриву порочного кола «окислювальний стрес – запалення». Основними ферментами детоксикації пероксиду водню є каталаза, глутатіонпероксидаза (GPx) та пероксиредоксин-2 (Prx2). Каталаза має більше значення в антиоксидантному захисті цитоплазми. При порушенні активності каталази, GPx та Prx2 активуються та переміщуються до мембрани. Стимуляція

утилізації пероксиду водню еритроцитами може здійснюватися антиоксидантними ферментами лише на рівні мембрани за умови, якщо цитозольна фракція цих ферментів змінить свою локацію на мембранну. Якщо ця стимуляція відбудеться, то можливий розрив порочного кола «окислювальний стрес – запалення».

Порівнювали окислення гемоглобіну в еритроцитах при дії пероксиду водню після заморожування у стандартному кріоконсерванті з гліцерином та в кріоконсерванті зі зниженою концентрацією NaCl.

Таблиця 1. Оцінка вмісту гемоглобіну (Hb) та метгемоглобіну (metHb) у зразках еритроцитів при дії пероксиду водню (ПВ).

Показники	Спосіб кріоконсервування	
	Стандартний склад з гліцерином (0,63% NaCl)	Модифікований склад з гліцерином (0,25% NaCl)
Hb у контрольних еритроцитах, мкмоль/л	$35,3 \pm 4,5$	$37 \pm 5,1$
Hb у еритроцитах при дії ПВ, мкмоль/л	$18,8 \pm 2,3$	$35,9 \pm 4,6$
metHb в еритроцитах при дії ПВ, мкмоль/л	$16,5 \pm 2,0$ (46,5%)	$1,1 \pm 0,17$ (3%)

З таблиці видно, що стійкість гемоглобіну до окисної дії пероксиду водню в еритроцитах після заморожування у модифікованому кріоконсерванті зі зниженою концентрацією NaCl вище ніж при заморожуванні у стандартному кріоконсерванті.

Таким чином, заморожування еритроцитів у кріоконсерванті зі зниженою концентрацією NaCl може призвести до модифікації структури мембран з експозицією додаткових місць зв'язування ферментів детоксикації пероксиду водню та їх активації. Зміна локації ферментів може простимулювати редокс-потенціал, який необхідний для ефективної циркуляції еритроцитів у кровотоку при трансфузії, виключаючи їх утилізацію та розвиток посттрансфузійного запалення.

Роль клітинної лінії у формуванні глікозильного профілю та виходу терапевтичного моноклонального антитіла

Рижук А. М., Георгіянець В. А.

Кафедра фармацевтичної хімії, Національний фармацевтичний університет,
м. Харків, Україна
ryzhuk.anastasia@gmail.com

Глікозилювання – це процес посттрансляційної модифікації, який передбачає додавання вуглеводних структур до білків, включаючи терапевтичні моноклональні антитіла. Структури вуглеводів, що додаються під час глікозилювання, можуть суттєво впливати на властивості цих антитіл, включаючи їхні функції ефектора Fc, фармакокінетику та імуногенність. Отже, глікозилювання часто вважається критичною характеристикою якості під час виробництва біофармацевтичних препаратів.

Модуляція глікозилювання дозволяє генерувати різні варіанти, включно з високоманнозними, афукозильованими, галактозилюваними та сіаїльованими глікоформами. Було виявлено, що сіаїлювання та фукозилювання антитіл залежать від тканини продуцента та ізотипу антитіла, що дозволяє визначати оптимальні типи продуцентних клітин відповідно до бажаного механізму дії антитіла. Крім того, у клітинах, чутливих до дії отриманих антитіл, виробляються великі кількості (>20%) неглікозильованих антитіл. Різне глікозилювання в різних продуцентних клітинах може призвести до зміненої потужності антитіл, що виробляються *in vivo*, залежно від бажаного способу дії, і може впливати на період напіврозпаду їхньої сироватки.

Рекомбінантні моноклональні антитіла зазвичай виробляються з використанням клітин яєчника китайського хом'яка (CHO), завдяки високій продуктивності та стабільності експресії. Натомість існує суттєва проблема пов'язана з варіабельністю глікозилювання білків, яка призводить до формування гліканів відмінних від людського профілю. Це пов'язано з тим, що клітини CHO не експресують ферменти β -галактозид α 2,6-сіалілтрансферази,

α 1,3/4 фукозилтрансферазу або β -1,4-N-ацетилглюкозамінілтрансферазу III, які експресуються в людських клітинних лініях. Крім того, під час експресії цитидинмонофосфату N-ацетилнейрамінової кислоти гідроксилази, глікопротеїни, що виробляються в *СНО*, несуть потенційно імуногенну N-гліколілнейрамінову кислоту.

Одним із перспективних підходів до отримання рекомбінантного білку з профілем глікозилювання подібним до людського, є використання клітинної лінії ембріональної нирки людини 293 (НЕК293). На відміну від *СНО*, НЕК293 здатна формувати біантенарні нейтральні та сіалізовані фукозильовані N-глікани, які містять залишки N-ацетилгалактозаміну, типового компоненту людських гліканів.

Дослідження порівняння клітинних ліній *СНО* та НЕК293 показали, що НЕК293 характеризується підвищеною активністю ферментів N- та O-глікозилювання. Це сприяє ефективнішій експресії складних глікозильованих білків, і приблизно третина важких для синтезу людських білків демонструє кращу секрецію саме в системі НЕК293.

Проте як і всі лінії людських клітин, клітини НЕК293 несуть потенційний ризик виникнення вірусів, специфічних для людини, що може поставити під загрозу безпеку та ефективність кінцевого продукту. Також дані клітини зазвичай агрегуються в суспензійній культурі, особливо при більшій щільності, що може обмежувати масштабне виробництво.

Посттрансляційні модифікації є важливим аспектом, який слід враховувати при виборі системи господаря для виробництва білка, оскільки вони можуть суттєво впливати на біологічну активність, стабільність, фармакокінетику та імуногенність. Тому контроль модифікацій необхідний на будь-якому рівні експресії, щоб забезпечити стабільну якість і однорідність біологічних препаратів, а також мінімізувати небажані ефекти. Хоча клітини НЕК293 терапевтичні засоби з нативним глікозилюванням, необхідно враховувати їх схильність до агрегування в суспензії, що обмежує здатність вирощування у більших масштабах.

**Цифрова трансформація ринкових досліджень
у виробничому секторі фармації та біотехнології**

Рогуля О. Ю., Крупенко Х. С.

Кафедра менеджменту, маркетингу та забезпечення якості у фармації,
Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна
rogulyaolga@gmail.com

Біотехнологія та фармація є одними з найбільш капіталомістких і регульованих галузей. Згідно з даними компанії Deloitte, середня вартість розробки інноваційного лікарського засобу у 2024 році становила 2,28 млрд дол. США, при цьому провідні компанії витратили понад 7,7 млрд дол. США на клінічні випробування препаратів, розробку яких згодом було припинено. Отже, в умовах високого ризику ринкові дослідження є основою управлінських рішень на етапах наукових досліджень і зберігають значущість під час перебування продукту на ринку.

Маркетингові дослідження у виробничому секторі охоплюють кілька ключових напрямів, одним із яких є аналіз конкурентного середовища та виробничих потужностей, що включає бенчмаркінг технологічних платформ, оцінку завантаженості підприємств, моніторинг конкурентного пайплайну (у сегменті біосимілярів) та аналіз ланцюгів постачання АФІ. Окремим напрямом є дослідження ланцюга створення вартості, в межах якого здійснюється оцінка ринку CDMO для обґрунтування рішень щодо контрактного виробництва, а також аналіз M&A-активності з метою визначення стратегічних напрямів інтеграції.

Встановлено, що трансформація ринкових досліджень пов'язана із впровадженням штучного інтелекту (ШІ) та предиктивної аналітики для обробки масивів неструктурованих даних. Платформи Market Intelligence (AlphaSense, Veeva, IQVIA) забезпечують автоматизований моніторинг патентів, наукових публікацій та галузевих звітів у режимі реального часу. Зокрема, аналіз тональності публічних виступів і звітів топ-менеджменту компаній дає змогу

виявляти приховані стратегічні пріоритети конкурентів. Предиктивне моделювання ринкового попиту ґрунтується на синергії епідеміологічних даних, демографічних прогнозів та макроекономічних індикаторів.

Актуальним є аналіз даних реального світу (Real World Evidence, RWE), який дає змогу досліджувати фактичні призначення препаратів і поведінку лікарів, на відміну від контрольованих умов клінічних випробувань, що стає інструментом точного планування обсягів виробництва. Дані електронних медичних записів і страхових реєстрів забезпечують прогнозування споживання на рівні популяцій, формуючи доказову базу для виробничих рішень. Digital Phenotyping та цифрові біомаркери дають змогу глибше зрозуміти вплив захворювання на щоденну активність пацієнта, що є важливим для оцінки реальної ефективності терапії та коригування маркетингової стратегії. Social Listening на основі ШІ передбачає аналіз форумів пацієнтів і груп підтримки з метою виявлення незадоволених потреб ринку та рідкісних побічних ефектів, які могли бути не зафіксовані під час клінічних випробувань через обмежену кількість випадків. Моніторинг професійних мереж (зокрема, LinkedIn) і галузевих конференцій є додатковим інструментом відстеження позицій лідерів галузі та формування актуальної картини ринкових трендів. Перспективним методом мінімізації інвестиційних ризиків є Digital Twin (цифровий двійник) — імітаційне моделювання виробничих процесів, що дає змогу тестувати сценарії зміни обсягів виробництва або диверсифікації постачальників АФІ. Для комплексного аналізу ринку використовуються спеціалізовані платформи (Citeline, Evaluate Pharma, GlobalData), які забезпечують бенчмаркінг виробничих потужностей, моніторинг конкурентного середовища та оцінку частки ринку у розрізі терапевтичних класів і географічних сегментів.

Отже, ринкові дослідження стають ключовим інструментом обґрунтування стратегічних рішень у біотехнологічному та фармацевтичному виробництві. Інтеграція ШІ, предиктивної аналітики та RWE забезпечує підвищення точності прогнозування, оптимізацію виробничих процесів і зниження ймовірності інвестиційних помилок.

**Апсайклінг яблучної помаси як джерела
біологічно активних сполук у харчовій біотехнології**

Роль Н. В., Гаюк Н. В.

¹Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна

nataliia.rol@btsau.edu.ua

Сучасні тенденції розвитку харчової та аграрної біотехнології спрямовані на впровадження принципів циркулярної економіки та раціонального використання ресурсів. У цьому контексті особливу увагу привертає вторинна рослинна сировина, зокрема яблучна помаса, яка утворюється у значних обсягах при виробництві соків та концентратів.

Незважаючи на традиційне використання помаси як кормової або низькоцінної сировини, численні дослідження підтверджують, що вона містить значні кількості біологічно активних сполук — поліфенолів, пектинових речовин та харчових волокон. Це обумовлює її потенціал як джерела функціональних інгредієнтів для харчових систем.

Яблучна помаса є складною біохімічною системою, у якій значна частина біологічно активних сполук локалізована у клітинних стінках. Поліфенольний комплекс представлений фенольними кислотами (зокрема хлорогеновою), флавоноїдами (катехіни, епікатехіни) та дигідрофлавононами (флоридзин), які зумовлюють антиоксидантні властивості сировини.

Важливим компонентом є пектинові речовини — високомолекулярні полісахариди, здатні до гелеутворення, що визначає їх технологічну цінність у харчових системах. Окрім того, пектини та харчові волокна проявляють пребіотичні властивості, сприяючи нормалізації мікробіоти кишечника.

Ефективність вилучення поліфенольних сполук значною мірою залежить від природи екстрагенту. Водно-спиртові розчини вважаються оптимальними завдяки здатності забезпечувати баланс між розчинністю гідрофільних і частково гідрофобних компонентів. Застосування таких систем сприяє

руйнуванню зв'язків між поліфенолами та полісахаридними матрицями клітинної стінки, що підвищує вихід цільових сполук.

Антиоксидантна активність екстрактів яблучної помаси зумовлена здатністю фенольних сполук виділяти електрони або атоми водню, стабілізуючи вільні радикали та перериваючи ланцюгові реакції окиснення. Це визначає перспективність їх використання у створенні функціональних харчових продуктів із підвищеною біологічною цінністю.

Сучасні підходи до переробки яблучної помаси базуються на концепції каскадної біорефінерії, яка передбачає послідовне вилучення цінних компонентів: поліфенолів, пектину та харчових волокон. Такий підхід дозволяє максимально ефективно використовувати сировину та мінімізувати утворення відходів.

Аналіз сучасних експериментальних досліджень свідчить, що яблучна помаса є концентрованим джерелом біологічно активних сполук, зокрема поліфенолів, харчових волокон та пектинових речовин. Встановлено, що загальний вміст поліфенолів суттєво залежить від методу екстракції та умов обробки сировини: при використанні водно-спиртових систем він може досягати близько 20–22 мг GAE/г сухої речовини, тоді як у перерахунку на свіжу масу становить близько 0.5 – 0.6 г/100 г. Важливою особливістю є значна варіабельність результатів, обумовлена сортом яблук, ступенем подрібнення, вологістю та попередньою технологічною обробкою.

Доведено, що ферментаційна обробка яблучної помаси (зокрема за участю молочнокислих бактерій) сприяє підвищенню вмісту доступних фенольних сполук на 50–75%, що пов'язано з ферментативним руйнуванням клітинних стінок і вивільненням зв'язаних форм поліфенолів. Антиоксидантна активність екстрактів, визначена методами DPPH та ABTS, досягає високих значень (до 80–96% інгібування радикалів), що підтверджує функціональну значущість фенольного комплексу.

Таблиця 1. Лабораторні показники яблучної помаси

Показник	Значення	Умови визначення
Загальний вміст поліфенолів (TPC)	~21.9 мг GAE/г сухої речовини	50% етанол, 50 °С, 240 хв, Folin–Ciocalteu
Загальний вміст поліфенолів	0.56 г/100 г свіжої маси	HPLC, сорт Golden Delicious
Вміст фенольних сполук (HPLC)	733–1286 мкг/г сухої маси	до/після ферментації LAB
Антиоксидантна активність (DPPH)	до 96% інгібування	водні екстракти
Антиоксидантна активність (ABTS)	до 82.6% інгібування	після ферментації
Харчові волокна	до 60–65% сухої маси	узагальнені лабораторні дані
Фенольні кислоти	523–1542 мг/кг сухої маси	аналітичні дослідження
Флавоноїди	2153–3734 мг/кг сухої маси	аналітичні дослідження
Вихід пектину	9–20% від сухої маси	кислотна/ультразвукова екстракція
Ступінь естерифікації пектину	58–65%	лабораторна екстракція

Крім того, яблучна помаса характеризується високим вмістом харчових волокон (до 60–65% сухої маси), що включають целюлозу, геміцелюлози та пектин.

Останній є ключовим технологічним компонентом, оскільки його вихід при екстракції може становити 9–20% від сухої маси сировини, а ступінь естерифікації (близько 60%) забезпечує добрі гелеутворюючі властивості.

Таким чином, сукупність отриманих експериментальних даних підтверджує, що яблучна помаса є не просто відходом переробки, а багатокомпонентною біохімічною системою, придатною для глибокої переробки за принципом біорефінерії з отриманням функціональних інгредієнтів із високою доданою вартістю.

**Вдосконалення штамів *Corynebacterium glutamicum*
для надсинтезу ароматичних органічних кислот**

¹Савчук О. О., ^{1,2}Пирог Т. П.

¹Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна,

²Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАНУ, м. Київ, Україна

savchuksasha2019@gmail.com

Ароматичні органічні кислоти широко використовуються у фармацевтичній, харчовій та хімічній промисловості як попередники різних практично цінних продуктів. Традиційні способи їх одержання ґрунтуються переважно на хімічному синтезі, який часто супроводжується використанням токсичних реагентів, утворенням небажаних побічних продуктів та значними енергетичними витратами. У зв'язку з цим зростає інтерес до біотехнологічних способів одержання ароматичних органічних сполук з використання мікроорганізмів як біологічних агентів.

Одним із перспективних продуцентів метаболітів ароматичної природи є *Corynebacterium glutamicum*, для якого характерні висока швидкість росту, метаболічна гнучкість і наявність добре розвиненого шикіматного шляху.

Мета роботи – проаналізувати сучасну наукову літературу про використання метаболічної та генетичної інженерії для отримання штамів *C. glutamicum* – надсинтетиків ароматичних органічних кислот.

Підвищення продуктивності *C. glutamicum* у синтезі метаболітів ароматичної природи досягається шляхом переналаштування метаболічних потоків, оптимізації активності ключових ферментів та блокування побічних шляхів метаболізму. Наприклад, для одержання шикімової кислоти було сконструйовано рекомбінантний штам *C. glutamicum* Inha310, у якому інактивовано ген *aroK*, що кодує фермент шикіматкіназу і відповідає за подальше перетворення шикімату. Крім того, було видалено гени *qsuB*, *pyk1* та *qsuD*, пов'язані з відведенням проміжних метаболітів у побічні шляхи.

Інтенсифікацію потоку через шикіматний шлях здійснено за рахунок надекспресії генів *aroE*, *qsuC*, *aroB*, *aroF* та *aroG*, а також використання мутантних форм ферментів *AroF* і *AroG*, менш чутливих до алостеричного інгібування ароматичними сполуками. Поєднання цих генетичних модифікацій з оптимізацією умов періодичного культивування дало змогу отримати штам, який синтезує 37,3 г/л шикімової кислоти.

Для надсинтезу протокатехової кислоти було застосовано комплексну метаболічну інженерію штамів корінебактерій. Зокрема, посилено перетворення 3-дегідрошикімату у протокатехову кислоту шляхом надекспресії гена *qsuB*, що кодує дегідрошикіматдегідратазу. Додатково сконструйовано альтернативний шлях синтезу через 4-гідроксибензоат за рахунок введення гена *ubiC* з *Providencia rustigianii* та використання ендогенного ферменту *PobA*. Для запобігання деградації цільового продукту було інактивовано ген *pcaHG*, а метаболічний потік через шикіматний шлях посилено шляхом експресії мутантної форми гена *aroG(S180F)*. Додаткове підсилення синтезу попередників забезпечували інтеграцією генів *aroD*, *aroE*, *aroA*, *aroCKB*, а також *tkt* і *tal*. У результаті таких модифікацій отримано рекомбінантний штам *C. glutamicum* PCA3, здатний синтезувати 82,7 г/л протокатехової кислоти.

Отже, *C. glutamicum* є перспективним біологічним агентом для біосинтезу практично цінних метаболітів ароматичної природи, оскільки має розвинений шикіматний шлях і добре піддається генетичним модифікаціям.

Завдяки своїм фізіолого-біохімічним особливостям цей мікроорганізм може бути ефективно використаний для розроблення біотехнологічних процесів одержання ароматичних органічних кислот та інших важливих ароматичних сполук.

**Ліофілізована сироватка кордової крові як засіб корекції
посттравматичних змін головного мозку
при вибуховій черепно-мозковій травмі**

**¹Сальников Д. О., ^{1,2}Прокопюк В.Ю., ¹Ахатова Ю. С.,
¹Прокопюк О.С.**

¹Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України, м. Харків, Україна

²Харківський національний медичний університет, м. Харків, Україна

dmytrosalnikov1@gmail.com

Вибухова черепно-мозкова травма (ЧМТ) є однією з актуальних медико-соціальних проблем сучасності. Незважаючи на значну кількість досліджень, ефективні засоби терапії ЧМТ залишаються обмеженими, що обумовлює необхідність пошуку нових підходів до корекції посттравматичних змін.

Перспективним напрямком є застосування похідних кордової крові, які містять широкий спектр факторів росту, нейротрофічних факторів та інших регуляторних молекул, здатних позитивно впливати на процеси відновлення нервової тканини. Ліофілізована сироватка кордової крові (ЛСКК) може розглядатися як зручна форма такого біологічного препарату з потенційними нейротрофічними властивостями. У зв'язку з цим мета роботи полягала у дослідженні морфологічних змін поверхневих, проміжних і глибоких структур мозку при експериментальній вибуховій ЧМТ у мишей та визначенні впливу ЛСКК на виявлені ознаки в головному мозку у різні терміни після травми.

Вибухову ЧМТ моделювали у мишей лінії BALB/c віком 6 місяців за допомогою пристрою генерації хвилі повітря високого тиску (207 кПа) з локалізацією впливу на тім'яну ділянку.

Сироватку кордової крові отримували від здорових породіль (38–40 тижнів вагітності). Ліофілізацію проводили за температури від –40°C до –30°C протягом 10 год (кінцевий тиск 10 Па, залишкова вологість $\leq 2\%$). Препарат вводили внутрішньочеревно у дозі 10 мкл / 25 г маси тіла 1 раз на добу протягом 5 діб.

Морфологічне дослідження проводили через 3, 7, 14, 21, 30 та 60 діб після травми. Головний мозок тварин фіксували у 2,5% формаліні, після стандартної гістологічної обробки та забарвлювання зрізів гематоксиліном-еозином. Аналіз виконували методом світлової мікроскопії з використанням програм TourView v3.7 та GraphPad Prism. Статистичну обробку проводили за допомогою однофакторного ANOVA з пост-хок тестом Тьюкі, відмінності вважали значущими при $p < 0,05$.

У контрольних (інтактних) тварин моторна кора, ретроспленальна зона та СА1 зона гіпокампу мали типову морфологію з чіткими шарами, еухромними ядрами нейронів, відсутністю пікнозу та набряку. Після вибухової ЧМТ найбільші зміни спостерігались у поверхневих шарах моторної кори, розмір шару за ознаками набряку збільшувався на 29% на 3 добу, зберігаючись підвищеним до 21 доби. У ретроспленальній зоні кори набряк проявлявся менш виражено, розмір шару на 3 добу збільшувався на 18 % та нормалізувався до 14 доби. У СА1 зоні гіпокампу зміни були незначними і не виявлялись після 2 тижнів. У глибоких структурах мозку (таламус, гіпоталамус) спостерігались мінімальні зміни, обмежені незначним зменшенням розмірів клітин та поодиноким пікнозом. У групі тварин, що отримували лікування ЛСКК, ознаки та морфометричні показники відновлювались швидше. Набряк моторної кори повністю зникав на 7 добу ($p < 0,05$). У ретроспленальній зоні кори зменшення набряку спостерігалось вже через 3 доби ($p < 0,05$), у СА1 зоні гіпокампу нейрони розташовувались більш компактно, що підтверджує позитивний ефект ЛСКК на відновлення проміжних шарів мозку. Ці дані свідчать, що ЛСКК сприяє прискореному відновленню гістоархітектури поверхневих і проміжних структур мозку, помірно впливаючи на глибокі ділянки.

Таким чином, вибухова ЧМТ призводить до виражених змін у поверхневих шарах моторної кори, менші пошкодження спостерігаються у ретроспленальній зоні та СА1 гіпокампу. ЛСКК прискорює регрес набряку та сприяє відновленню структури як поверхневих, так і глибоких шарів мозку, демонструючи саногенетичний ефект відносно наслідків вибухової черепно-мозкової травми.

**Технологія одержання біомаси *Lactobacillus*
rhamnosus GG ATCC 53103 як компонента пробіотика**

¹Самойленко В. В., ^{1,2}Пирог Т. П.

¹Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

²Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України,

м. Київ, Україна

vika.samoylenko11@gmail.com

Глобальний ринок пробіотиків демонструє стаłe зростання: так, наприклад, за даними п'ятирічного аналізу продажів у аптечних мережах Чорногорії, обсяги реалізації пробіотичних добавок з 2018 по 2023 рр. збільшилися на понад 80 %, причому найвищий темп зростання зафіксовано після 2020 р. в контексті пандемії COVID-19. В Україні щорічно виписується понад 1 млн е-рецептів на антибактеріальні препарати, а понад 40 % населення страждають на прояви алергії, що формує значний попит на пробіотичні добавки, здатні відновлювати мікробіоту кишечника та знижувати ризик atopічних реакцій. Зростання попиту на пробіотики обумовлює актуальність розробки ефективних та економічно обґрунтованих біотехнологій забезпечення пробіотичної біомаси.

Мета роботи – на основі аналізу сучасної наукової літератури обґрунтувати вибір оптимального штаму *Lactobacillus rhamnosus* як продуцента пробіотичної біомаси, розробити технологію її отримання та здійснити масштабування лабораторного процесу біосинтезу до промислового ферментаційного обладнання для виробництва пробіотичного препарату «Йогурт Канадський Нова Формула».

У результаті порівняльного аналізу обрано штам *Lactobacillus rhamnosus* GG ATCC 53103 (Armand та ін., 2023), який характеризується високою концентрацією біомаси (68,14 г/л), короткою тривалістю культивування (20 год) та найменшою умовною вартістю 1 г біомаси (0,66 грн/г) в порівнянні з іншими штамми. На основі розрахунку річної потреби в цільовому продукті

визначено потужність виробництва, яка становить 1 044 кг біомаси *L. rhamnosus* GG на рік, що відповідає 18 м³ культуральної рідини з врахуванням втрат при виділенні.

У роботі (Armand та ін., 2023) оптимізували методом Plackett–Burman склад середовища для культивування штаму GG ATCC 53103 (г/л): глюкоза – 112,5; меляса – 56,25; казеїн – 18,75; дріжджовий екстракт – 18,75; K₂HPO₄ – 13,1; полісорбат-80 – 1,88; MgSO₄·7H₂O – 0,375; MnSO₄·4H₂O – 0,075; CaCl₂·2H₂O – 0,1875; симетикон – 1,25.

У процесі розробки технологічної схеми компоненти середовища нами було розділено на дві композиції залежно від режиму стерилізації. Термолабільна композиція А (глюкоза, меляса, казеїн, дріжджовий екстракт, полісорбат-80) готується та стерилізується в окремому реакторі при 112 °С, 30 хв. Композиція Б (солі, симетикон) готується у реакторі-змішувачі, а стерилізується безпосередньо у ферментері при 131 °С, 40 хв, рН 4,0–4,5, що запобігає осадженню солей магнію та фосфатів.

Технологічна схема культивування *L. rhamnosus* GG ATCC 53103 включає допоміжні роботи (підготовка аераційного повітря, приготування титрувальних агентів (6% HCl, 6% NaOH та 10М NaOH), приготування та стерилізація поживних середовищ) та технологічний процес (дві стадії вирощування посівного матеріалу: в колбах на качалці та інокуляторі об'ємом 20 л з коефіцієнтом заповнення 0,79; виробничий біосинтез у ферментері об'ємом 250 л з коефіцієнтом заповнення 0,7).

Виробничий біосинтез здійснюється при температурі 37 °С, рН 7,0, швидкості перемішування 100 об/хв і аерації 0,3 л повітря /л середовища за хвилину. Рівень рН підтримується автоматичною подачею 10 М NaOH. Після 20 год культивування концентрація біомаси становить 68,14 г/л (Armand та ін., 2023).

Сучасні методи мікробіологічного контролю стерильності лікарських препаратів

Саустян Я. С., Дубініна Н. В.

Кафедра біологічної хімії та мікробіології,
Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна
anasaustan@gmail.com

Стерильність ліків є основою їхньої безпеки та ефективності, тому контроль стерильності розглядається як ключовий етап виробництва лікарських засобів. На сучасному етапі традиційні мікробіологічні підходи мають суттєві обмеження: вони потребують тривалого часу на інкубацію, що затримує отримання результатів; не завжди здатні виявити всі види мікроорганізмів, особливо ті, що ростуть повільно або мають специфічні умови для розвитку. Саме тому виникла потреба у сучасних технологіях, які працюють швидше й точніше.

Сучасні молекулярно-генетичні методи, зокрема *ПЛР* (у тому числі *qPCR*) та метод *ізотермічної ампліфікації LAMP*, дозволяють значно скоротити час, є точними (знаходять мікроби навіть тоді, коли їх дуже мало в зразку) та належать до сучасних методів мікробіологічного контролю стерильності лікарських препаратів. Метод *LAMP* має певні переваги перед *ПЛР* дослідженням. Попри простоту і швидкість у виконанні дослідження, методика не потребує зміни температур, тому його можна застосовувати поза лабораторією та використовувати для регулярного виробничого контролю.

Поряд з молекулярно-генетичними методами активно розвиваються автоматизовані системи на основі *біосенсорів* та *флуоресценції*. Біосенсори працюють на принципі специфічної взаємодії між мікроорганізмом та сенсорною системою, що дає сигнал, який можна виміряти, тоді як флуоресцентні методи засновані на здатності клітин або їхніх компонентів випромінювати світло під дією певних хвиль, що спрощує їх ідентифікацію без необхідності тривалого культивування. Зазначені методи дозволяють отримувати результати у реальному часі.

Для сучасної фармації важливим напрямом є *проточна цитометрія*. Завдяки здатності аналізувати фізіологічні параметри окремих клітин у суспензії, цей метод скорочує (порівняно з класичними культуральними методами) цикл контролю до 1,5–2 годин. У поєднанні з методами візуалізації (зокрема флуоресцентні та спектроскопічні підходи) це створює надійну основу для достовірної оцінки стерильності, зменшує до мінімуму вплив людського фактору на результати аналізу.

Хоча сучасні технології контролю стерильності дають багато переваг (швидший випуск ліків, автоматизацію та більшу безпеку), їх не можна впроваджувати без чіткої стандартизації та узгодження з вимогами GMP. Це пояснюється тим, що фармацевтична галузь є однією з найбільш регламентованих сфер, де кожна нова методика повинна бути офіційно підтверджена, узгоджена та задокументована. Найбільші проблеми стосуються високої вартості обладнання, яке часто потребує спеціалізованого сервісного обслуговування, а також необхідністю залучати кваліфікований персонал. Працівники повинні володіти не лише базовими знаннями з мікробіології, а й умінням працювати з автоматизованими системами, сучасними молекулярними технологіями та програмним забезпеченням для аналізу даних. Навіть якщо метод загалом є ефективним, його результати потрібно окремо перевіряти для кожного препарату, тобто аналітичну методику слід підтвердити з урахуванням властивостей ліків, способу їх виробництва та умов зберігання. Такий підхід гарантує, що результати контролю будуть достовірними й відтворюваними в будь-яких виробничих умовах.

Таким чином, новітні технології надають широкі можливості для фармацевтичної галузі. Вони допомагають підвищити ефективність виробництва та якість контролю, зокрема у сфері забезпечення стерильності лікарських форм. Однак їхнє впровадження потребує великих витрат, високої кваліфікації персоналу та суворого дотримання міжнародних стандартів GMP. Лише за таких умов можна поєднати технологічний прогрес із гарантією безпеки для пацієнтів.

**Розробка наносомальних форм антиоксидантів рослинного
походження для терапії нейродегенеративних захворювань**

Саустян Я. С., Філіпцова О. В.

Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна

anasaustan@gmail.com

Антиоксиданти рослинного походження розглядаються як перспективні агенти для профілактики та лікування нейродегенеративних захворювань. Проте їх клінічне застосування обмежене низькою біодоступністю, швидким метаболізмом та недостатнім проникненням через гематоенцефалічний бар'єр. У сучасних оглядах показано, що нанодоставні системи (ліпосоми, нанокапсули тощо) дозволяють подолати ці бар'єри, забезпечуючи стабільність антиоксидантів, контрольоване вивільнення та таргетовану дію на клітини.

Дослідження показують, що куркумін, наприклад, у ліпосомальних наноформах зменшує амілоїдні відкладення та оксидативний стрес у моделях хвороби Альцгеймера, а також впливає на зниження рівня нейрозапалення та покращення синаптичної пластичності. Окремо відзначається синтез наночастинок із використанням екстрактів лікарських рослин, який поєднує екологічну безпеку з терапевтичним потенціалом. У дослідженнях показано, що такі наночастинки можуть одночасно виконувати функцію носія та мати власну антиоксидантну активність, посилюючи ефект інкапсульованих сполук. Це відкриває можливості для створення біосумісних препаратів, які здатні долати гематоенцефалічний бар'єр та забезпечувати тривалу дію в ЦНС.

У систематичних оглядах наголошується, що нанотехнології відкривають нові можливості для клінічної трансляції антиоксидантної терапії, проте більшість робіт залишаються на доклінічному рівні. Питання довгострокової безпеки наноматеріалів, їх стабільності при зберіганні та стандартизації рослинних екстрактів у наноформах потребують додаткового вивчення.

**Екологічно безпечні методи утилізації рослин
після очищення ґрунтів методом фітореMediaції**

Сидоренко О. І., Голуб Н. Б.

Кафедра біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна
sydorenko.olexandra@lil.kpi.ua

ФітореMediaція є перспективною екологічно орієнтованою технологією очищення ґрунтів, забруднених важкими металами. Вона ґрунтується на здатності рослин акумулювати або трансформувати токсичні елементи та розглядається як ефективна альтернатива кошовним фізико-хімічним методам. Водночас після завершення процесу очищення формується значний обсяг рослинної біомаси, яка містить високі концентрації важких металів і може стати джерелом вторинного забруднення довкілля. Питання безпечної утилізації таких відходів є критичним етапом, що визначає загальну екологічну ефективність ремедіаційних заходів.

Рослини-гіперакумулятори здатні накопичувати у своїх тканинах значну кількість токсичних елементів. Неконтрольоване поводження з такою біомасою призводить до ремісії забруднювачів у біогеохімічні цикли, тому вона класифікується як небезпечні відходи.

Найпоширенішим методом є термічна утилізація. Спалювання дозволяє скоротити об'єм біомаси до 90%, концентруючи метали в золі, що спрощує їх подальше захоронення. Однак цей процес вимагає складних систем газоочистки для уловлювання летких сполук металів. Екологічно доцільнішим є піроліз. Він дозволяє отримати синтез-газ, піролізну рідину та біовугілля. Останнє має високу сорбційну здатність, проте метали в ньому залишаються, хоч і в більш стабільній формі, що обмежує його використання в сільському господарстві, але відкриває перспективи для технічного застосування.

Перспективним напрямом є анаеробне зброджування вологої біомаси з отриманням біогазу. Головною перешкодою є токсичність важких металів для

метаногенних бактерій. Ефективним рішенням є ко-ферментація — змішування токсичної сировини з чистими органічними субстратами, знижує концентрацію інгібіторів і стабілізує процес газотворення.

Особливу увагу привертає технологія «фітомайнінгу» — вилучення цінних металів із золи рослин. Процес передбачає спалювання біомаси з подальшим гідрометалургійним вилуговуванням металів кислотами. Це дозволяє повернути ресурси у виробничий цикл, реалізуючи принципи циркулярної економіки. Також доцільним є виробництво рідкого біопалива. Дослідження показують, що під час ферментації або екстракції олії важкі метали залишаються у твердому залишку, тоді як кінцеве паливо залишається чистим. За економічної недоцільності переробки застосовують методи стабілізації перед захороненням на спецполігонах.

Висновки. Стратегія поводження з біомасою після фіторе mediaції має зміститися від простого захоронення до комплексної переробки. Найдоцільнішими є інтегровані підходи: використання піролізу для сухої сировини та анаеробного зброджування — для вологої. Впровадження технологій фітомайнінгу та біопалива дозволяє компенсувати частину витрат на ремедіацію та мінімізувати екологічні ризики.

Антиоксидантна активність біофлавоноїдів дикорослих ягід

Сімахіна Г. О.

Кафедра технології оздоровчих продуктів, Національний університет
харчових технологій, м. Київ, Україна
galinasimahina@gmail.com

У даний час найбільш успішно серед антиоксидантів у фармацевтичних і харчових технологіях застосовуються комплекси олігомерних проантоціанідинів – одні з найважливіших біологічно активних сполук, що входять до складу натуральних дієтичних добавок та оздоровчих продуктів, необхідних у раціонах харчування, особливо в екстремальних умовах життєдіяльності. Антиоксидантна активність є однією з найважливіших

характеристик цих сполук, і їй визначенню приділяється особлива увага у багатьох наукових роботах з дослідження натуральних біологічно активних речовин. Головна функція антиоксидантів – перехоплення вільних радикалів, які виникають у результаті певних процесів у клітинах живого організму і здатні атакувати життєво важливі мішені, якщо природний механізм їх нейтралізації виявляється неіснуючим. Проантоціанідини – це клас поліфенолів, що містяться у складі різних рослин. Багато з них є олігомерами катехіну та епікатехіну, а також їхніх складних ефірів галоїчної кислоти. Проантоціанідини відкрив у 1947 р. Жак Маскельє, який вилучив олігомери з кісточок винограду (*Vitis vinifera* L.) та соснової кори (*Pinus maritima* L.).

Перевагами використання проантоціанідинів, окрім їхньої антиоксидантної активності, є протизапальні, антимікробні властивості тощо. Доведено також, що ці сполуки підтримують здоров'я серцево-судинної системи і сприяють зниженню ризику серцево-судинних захворювань. Вони також підвищують ефективність дії вітаміну С у живому організмі, продовжуючи її тривалість. Тому цілком обґрунтованим є пошук нових природних джерел олігомерних проантоціанідинів і введення їх до сфери виробництва оздоровчих продуктів антиоксидантного призначення.

Предметом дослідження в даній роботі обрано шкірки журавлини, калини та інших дикорослих ягід, які є вторинними сировинними ресурсами у технологіях отримання напоїв, соків, концентратів. Окрім очікуваного антиоксидантного ефекту олігомерних проантоціанідинів досліджуваних ягід, відомо, що антоціани пригнічують деградацію сполучної тканини колагеназою та еластазою і сприяють збереженню еластичності шкіри, а біокомплекс дикорослих ягід загалом підвищує імунний захист організму.

Мета роботи полягає у вивченні та зіставленні антиоксидантної активності олігомерів на прикладі шкірок журавлини з аналогічними показниками таких відомих природних джерел, як екстракт виноградних кісточок та пікногенол (екстракт кори французької приморської сосни).

Антиоксидантну активність олігомерів визначали за їхньою здатністю нейтралізувати радикали за методом DPPH, тобто за величиною показника E_{C50} – концентрації олігомерів, необхідної для поглинання 50% вільних радикалів. Що менший цей показник, то вищою є здатність антиоксиданта поглинати вільні радикали. Отримані результати наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Антиоксидантна активність досліджених зразків за методом DPPH, E_{C50} , мг/см³

Досліджені зразки	DPPH E_{C50} , мг/см ³	Досліджені зразки	DPPH E_{C50} , мг/см ³	Досліджені зразки	DPPH E_{C50} , мг/см ³
Олігомери шкірок журавлини	95,8	Олігомери пікногенолу	59,4	Олігомери екстракту винограду кісточок	66,7

З отриманих даних видно, що антиоксидантна активність олігомерних проантоціанідинів шкірок ягід журавлини значно вища, ніж у зразках порівняння: на 38% переважає аналогічний показник олігомерів пікногенолу і на 30,4% – показник екстракту кісточок винограду.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок про доцільність використання вторинних сировинних ресурсів, які утворюються при переробленні дикорослих ягід на цільові продукти, у якості натуральних фітопрепаратів антиоксидантної дії, що дає можливість створити безвідходні технології.

Дієтичні добавки сорбційної дії на фармацевтичному ринку України

Сіора І. В., Геращенко І. І.

Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України, м. Київ, Україна

siora@ukr.net

Ентеросорбенти добре себе зарекомендували у комплексній терапії інтоксикацій, захворювань шлунково-кишкового тракту (ШКТ), алергічних та метаболічних порушень. Ефективність ентеросорбентів визначається хімічною природою поверхні, структурно-текстурними характеристиками (пористістю, питомою площею поверхні), а також вибором оптимальної лікарської форми.

Станом на 2026 рік в Україні зареєстровано 35 лікарських засобів із сорбційною дією для перорального застосування, тоді як число дієтичних

добавок (ДД), які не підлягають державній реєстрації, сягає 242. Така диспропорція свідчить про спрощені регуляторні вимоги до введення в обіг ДД, їхню вищу комерційну привабливість для виробників, а також про активний попит споживачів на засоби для детоксикації як альтернативу лікарським засобам. Нами проведено аналіз асортименту саме ДД, представлених на сучасному фармацевтичному ринку України, з урахуванням хімічної природи діючих речовин і лікарських форм.

Встановлено, що представлені на українському ринку ДД сорбційної дії належать до таких хімічних груп (у порядку зменшення частки): біополімери (31,4 %), кремнійвмісні сорбенти (27,7 %), вуглецеві сорбенти (22,3 %), комбіновані сорбційні комплекси (11,2 %), алюмосилікати (6,6 %) та іонообмінні смоли (0,8 %). Розподіл ДД сорбційної дії за лікарськими формами (рис.1, а) характеризується домінуванням капсульованих форм. Дещо меншу частку становлять порошки, таблетки та гелеві форми, а частка інших форм є дуже малою. Такий розподіл відображає як технологічні особливості виробництва, так і фізико-хімічні властивості сорбційних матеріалів, що визначають ефективність реалізації механізмів адсорбції у ШКТ. Аналіз розподілу лікарських форм у межах окремих хімічних груп (рис.1, б) демонструє кореляцію між фізико-хімічними властивостями та структурною організацією сорбційної матриці і технологічно обґрунтованою формою препарату. Таблетована форма поширена серед вуглецевих сорбентів завдяки їхній механічній міцності та стабільності під час пресування, без втрати адсорбційної активності. Сорбенти на основі високодисперсного кремнезему (SiO_2) та гідрогелю метилкремнієвої кислоти здебільшого представлені гелевидною формою, яка створює у ШКТ колоїдне середовище з великою площею сорбційної поверхні. Для алюмосилікатних сорбентів притаманна переважно порошкова форма, яка перед застосуванням диспергується у воді, що також сприяє збільшенню активної сорбційної поверхні. Ентеросорбенти з групи біополімерів демонструють найбільшу різноманітність лікарських форм, включаючи капсули, порошки та таблетки. Для комбінованих ДД характерна змішана структура лікарських форм, що є

результатом поєднання компонентів різної природи з різними механізмами сорбції. Іонообмінні смоли представлені на ринку лише порошками.

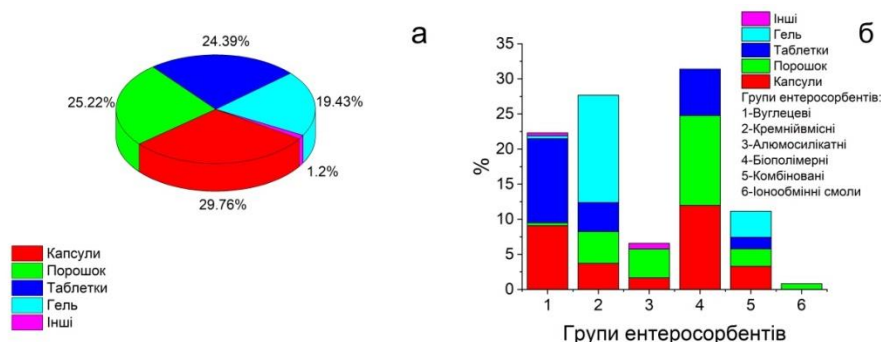


Рис.1. Лікарські форми дієтичних добавок сорбційної дії, що представлені на ринку України: загальний розподіл (а); розподіл за хімічними групами (б).

Встановлено тенденцію до використання одного сорбційного агента (діючої речовини) в різних лікарських формах. Зокрема, ДД на основі SiO_2 представлені таблетками, порошками, капсулами і гелями, що насамперед зумовлено орієнтацією виробників на різні групи споживачів. Тенденція до диверсифікації лікарських форм свідчить про активний розвиток цього сегменту ринку та розширення можливостей ентеросорбційної терапії загалом.

Перспективи використання розпилювального сублімаційного сушіння у промисловій фармації і біотехнології

Січкарь А. А., Манський О. А., Криклива І. О.

Кафедра промислової технології ліків та косметичних засобів Національного фармацевтичного університету, м. Харків, Україна
antoneo@ukr.net

Сучасна біотехнологія перебуває на етапі переходу від виробництва стандартних рекомбінантних білків до створення складних мультимодальних біотехнологічних препаратів: моноклональних антитіл, генно-терапевтичних векторів, екзосом та інкапсульованих пробіотичних культур. Головною особливістю цих об'єктів є їхня надзвичайна чутливість до дегідратації, осмотичного стресу та температурних коливань, що робить вибір методу консервування критичним фактором збереження їхньої біологічної активності.

Традиційні методи, такі як класичне розпилювальне сушіння, часто викликають денатурацію макромолекул через тепловий вплив, тоді як стандартна ліофілізація, попри делікатність процесу, не забезпечує необхідної морфології частинок для сучасних систем доставки. На цьому фоні технологія розпилювального сублімаційного сушіння (РСС, англ. Spray Freeze Drying) постає як передова інженерна платформа, що дозволяє поєднати переваги мікрофлюїдного розпилення та криогенної сублімації.

Дана робота спрямована на аналіз потенціалу інтеграції РСС у біотехнологічні етапи виробництва ліків. Використання РСС у біотехнології відкриває можливості для «програмування» архітектури частинок — створення надлегких пористих мікросфер із високим рівнем життєздатності біоб'єктів та миттєвою швидкістю регідратації. РСС мінімізує пошкодження вторинної та третинної структур білків, зберігає життєздатність пробіотиків та клітинних культур. Пориста структура, отримана методом РСС, дозволяє біотехнологічному препарату швидко розчинятися без утворення агрегатів.

Таким чином, РСС є перспективним методом для отримання термолабільних біопрепаратів у формі високопористих мікросфер.

Розробка молекулярних маркерів для добору екстрем`якозерних генотипів пшениці

^{1,2}Созінова О. І., ^{1,2}Козуб Н. О., ²Созінов І. О., ¹Блюм Я. Б.

¹ДУ «Інститут харчової біотехнології і геноміки НАН України», м. Київ, Україна

²Інститут захисту рослин НААН, м. Київ, Україна

sozinovaoksana1@gmail.com

Важливою характеристикою якості зерна пшениці, яка визначає напрям застосування, є текстура ендосперму, пов'язана з особливостями помолу зерна та водопоглинальними властивостями борошна. За текстурою зерна сорти пшениці м'якої поділяються на твердозерні, м'якозерні та екстрем`якозерні. Борошно з м'якозерних та екстрем`якозерних сортів застосовується виробництва харчових продуктів швидкого приготування та продуктів

тривалого зберігання типу галет, які мають важливе значення для формування стратегічних запасів на випадок екстремальних ситуацій та в умовах воєнного часу. Основним генетичним фактором, що визначає рівень текстурності зерна, є склад алелів пуроіндолінових генів. Метою нашої роботи була розробка праймерів для ідентифікації пуроіндолінових алелів, пов'язаних з екстремальною текстурою зерна.

Матеріалом дослідження слугували екстремальнозерні сорти пшениці м'якої Білява та Оксана, м'якозерні сорти Chinese Spring (CS), Мазурок, твердозерні сорти Антонівка, Куяльник та інші. ДНК виділяли з окремих зерівок за допомогою комерційного набору NeoPrep_100 (Неоген™, Україна). Для ампліфікації кодуючих послідовностей генів пуроіндоліну а використовували праймери *Pina*, розроблені Massa and Morris (2006). Для одержання ампліконів кодуючої послідовності генів пуроіндоліну b застосовували праймери *Pinb*, розроблені Massa et al. (2004). Амплікони використовували для секвенування. Хроматограми після секвенування аналізували за допомогою програми Chromas 2.6.6. Як референсні послідовності використано послідовності пуроіндолінових генів сорту CS DQ363911.1 (алель *Pina-D1a*) та DQ363913.1 (алель *Pinb-D1a*) (www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank). Для розробки праймерів використовували програму NCBI PrimerBlast.

Було проведено аналіз хроматограм після секвенування ампліконів пуроіндолінових генів екстремальнозерних сортів пшениці м'якої Білява та Оксана. На хроматограмах сиквенсів генів *Pina* і *Pinb* даних сортів було виявлено стабільні поліморфізми (подвійні піки у певних позиціях нуклеотидів): 7 однонуклеотидних поліморфізмів (SNP) у сиквенсах *Pina* і 23 поліморфізми в сиквенсах *Pinb*. Один з варіантів у сайтах SNP був аналогічним варіанту в пуроіндолінових генах референсного сорту CS, що відповідає алелям дикого типу. Альтернативні варіанти SNP давали гаплотип, подібний до певних пуроіндолінових алелів у пшениці-однозернянки. Це вказує на те, що екстремальнозерні сорти Оксана і Білява містять по два варіанти генів *Pina* і *Pinb*, один з яких є типовим для твердозерних сортів пшениці, а інший –

подібний до варіанту пшениці-однозернянки, які характеризуються екстрем`яким ендоспермом. На основі альтернативного варіанту нуклеотидів в сайтах SNP всередині кодууючої послідовності пуроіндолінового гена було розроблено праймери для ідентифікації відповідного алеля, пов`язаного з екстрем`якозерністю. Маркер Pina1098 ампліфікує фрагмент завдовжки 134 п.н, а маркер Pinb393 дає фрагмент завдовжки 259 п.н. ПЛР-аналіз показав, що маркерні амплікони відповідної довжини ампліфікувались у сортів Білява і Оксана і були відсутні у твердозерних сортів, таких як Куяльник Антонівка, Мирхад та інші, а також у м`якозерних сортів CS і Мазурок. Секвенування амплікона 259 п.н., отриманого з праймерами Pina1098, підтвердило наявність альтернативних відносно послідовності *Pinb* CS варіантів нуклеотидів у 18 позиціях.

Розроблені маркери можуть застосовуватись при створенні екстрем`яких сортів пшениці. Оскільки *Pina* і *Pinb* є тісно зчепленими, для маркерного добору генотипів з ознакою екстрем`якозерності достатньо використання одного з двох розроблених маркерів.

Потенціал *in vitro* культивування калюсних тканин видів роду *Carlina* L. для отримання біологічно активних речовин

Сорока О. В., Дробик Н. М.

Тернопільський національний педагогічний університет

імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, Україна

soroka-o@tnpu.edu.ua

Інтенсивне використання природних ресурсів призводить до зменшення чисельності багатьох видів лікарських рослин та порушення природних екосистем. Одним із перспективних шляхів збереження рідкісних видів та отримання цінних біологічно активних речовин (БАР) є використання методів біотехнології, зокрема культури клітин і тканин *in vitro*. Вони дозволяють отримувати рослинний біоматеріал незалежно від природних умов, сезону та географічного розповсюдження виду.

Культура калюсних тканин *in vitro* є важливим інструментом сучасної рослинної біотехнології, що широко використовується для отримання цінних рослинних продуктів.

Особливий інтерес у цьому контексті становлять види роду *Carlina* L., які належать до родини Айстрових (*Asteraceae*). БАР, виділені з представників роду мають значну фармакологічну цінність і слугують основою для створення лікарських засобів різної терапевтичної дії. На їх основі виготовляють препарати з діуретичними, антигельмінтними, седативними, відхаркувальними, протизапальними, потогінними, протигемороїдальними та антимікробними властивостями.

Відкасник татарниколистий (*Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawł) та відкасник осотоподібний (*Carlina cirsioides* Klovov) занесені до Червоної книги України (2009 р.). Водночас спостерігається тенденція до поступового скорочення чисельності популяцій відкасника безстеблового (*Carlina acaulis* L.), який має статус регіонально рідкісного виду. Зважаючи на це перспективним є використання калюсних культур, які здатні синтезувати широкий спектр вторинних метаболітів видів роду *Carlina*.

Індукція калюсних тканин у представників роду *Carlina* залежить від типу експланта, складу поживного середовища та концентрації регуляторів росту. Найбільш ефективним виявляється використання комбінацій ауксинів і цитокінінів, що забезпечують активне калюсоутворення та стабільний ріст культури.

Перевагою використання калюсних культур є можливість отримання БАР у контрольованих умовах без залежності від кліматичних факторів та сезонності. Крім того, такий підхід дозволяє зменшити антропогенний вплив на природні популяції відкасників.

У рамках дослідження нами для індукції калюсу використовуються експланти різного походження, зокрема фрагменти листків, коренів або проростків. Попередньо насіннєвий матеріал піддаємо стерилізації з використанням стандартних стерилізуючих агентів, після чого експланти переносяться на стерильні живильні середовища Мурасіге-Скуга (МС) без регуляторів росту рослин.

Для індукції калусоутворення нами використовуються різні комбінації ауксинів і цитокінінів. Культивування проводилося у контрольованих умовах температури, освітлення та вологості.

У результаті проведеного нами аналізу наукових джерел та узагальнення сучасних підходів до культивування рослинних тканин *in vitro* встановлено, що використання калусних культур є перспективним напрямом біотехнології лікарських рослин. Зокрема, культивування калусних тканин представників роду *Carlina* L. розглядається як ефективна альтернатива традиційному використанню природної рослинної сировини для отримання БАР. Подальші дослідження у цьому напрямі спрямовані на оптимізацію умов культивування, інтенсифікацію синтезу вторинних метаболітів, а також на вивчення їхнього хімічного складу та фармакологічної активності з метою практичного використання у фармацевтичній та медичній галузях.

Вплив комбінації бісфенолу А та залізовмісних коагулянтів на антиоксидантну активність *Nostoc commune*

Сохацька Х. Ю., Чебан Л. М.

Кафедра біохімії та біотехнології, Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича, м. Чернівці, Україна
sokhatska.khrystyna@chnu.edu.ua

Умови зростаючого хімічного забруднення водних екосистем, особливо в регіонах із значним техногенним і мілітарним навантаженням, зумовлюють необхідність дослідження комбінованої дії синтетичних органічних речовин та компонентів, що застосовуються у технологіях очищення води. Особливу увагу привертає спільний вплив бісфенолу А та коагулянтів на основі Fe^{3+} , які можуть одночасно потрапляти у водойми після процесів очищення стічних вод. Вивчення цієї проблеми є важливим для розроблення біотехнологічних підходів, спрямованих на зниження ризиків вторинного забруднення довкілля.

Ціанобактерії роду *Nostoc* є фотосинтезуючими прокаріотами, що формують макроскопічні колонії з ланцюжків клітин, вкритих слизовою оболонкою.

Вони вирізняються високою екологічною пластичністю та здатністю до фіксації атмосферного азоту, що забезпечує їхнє існування навіть у несприятливих умовах середовища. Представники цього роду демонструють значну стійкість до різноманітних стресових чинників, зокрема до присутності важких металів, нафтопродуктів, нітритів і фенольних сполук. Така толерантність значною мірою зумовлена їхньою здатністю синтезувати метаболіти, які сприяють адсорбції токсичних речовин і перешкоджають їхньому проникненню всередину клітини. Метою роботи було оцінити зміну пероксидазної та каталазної активності клітин *Nostoc commune* за комбінованої дії бісфенолу А і коагулянтів на основі заліза.

Матеріалом для даного дослідження виступала культура ціанобактерій *Nostoc commune* з колекції кафедри біохімії та біотехнології ЧНУ імені Юрія Федьковича. Накопичувальну культуру в експоненційну фазу росту розливали в культуральні пробірки по 20 мл та додавали бісфенол А та Fe-EDTA у співвідношеннях: 0,4 мг/л Fe-EDTA + 10 мг/л БФА; 0,8 мг/л Fe-EDTA + 10 мг/л БФА; 1,6 мг/л Fe-EDTA + 10 мг/л БФА; 0,4 мг/л Fe-EDTA + 20 мг/л БФА; 0,8 мг/л Fe-EDTA + 20 мг/л БФА; 1,6 мг/л Fe-EDTA + 20 мг/л БФА. Спостереження велось протягом 28 діб, кожної 3 доби вимірювали температуру культивуального середовища, рН, щільність культури. Після 14 доби кожних 7 діб проводили вимірювання пероксидазної та каталазної активності.

Одним із імовірних механізмів спільної дії Fe-EDTA та бісфенолу А є розвиток окисного стресу в клітинах, що супроводжується підвищенням утворенням внутрішньоклітинних активних форм кисню. Каталазна активність клітин *Nostoc commune* за комбінованої дії бісфенолу А та Fe-EDTA змінюється фазово: вона зростає від 14-ї до 21-ї доби культивування, досягаючи максимуму, що перевищує контроль і свідчить про активацію антиоксидантного захисту у відповідь на накопичення H_2O_2 . Найвищі значення спостерігаються при 0,4 мг/л Fe-EDTA + 20 мг/л БФА, ймовірно через посилення оксидативного навантаження та Fenton-подібних реакцій за участю іонів заліза. На 28-му добу активність знижується, що може бути пов'язано з

виснаженням антиоксидантної системи та токсичною дією БФА за тривалої експозиції.

Пероксидазна активність клітин *Nostoc commune* за комбінованої дії бісфенолу А та Fe-EDTA продемонструвала наступну тенденцію: на 14-ту добу спостерігається помірне підвищення як прояв ранньої адаптації до окисного стресу, на 21-шу добу фіксується максимум активності внаслідок інтенсивного утворення активних форм кисню, тоді як на 28-му добу відбувається різке зниження показників. Це свідчить про виснаження антиоксидантної системи та обмежені адаптаційні можливості клітин за умов тривалого комбінованого стресу.

Отже, встановлені факти дають можливість стверджувати, що комбінована дія бісфенолу А та Fe-EDTA індукує оксидативний стрес у клітинах *Nostoc commune*, що проявляється активацією антиоксидантного захисту.

Особливості індукції калюсної культури *Senecio besserianus* Minder. та *Ligularia sibirica* (L.) Cass. (Asteraceae)

Сташків І. П., Прокоп'як М. З., Плавуцька К. В., Дробик Н. М.

Тернопільський національний педагогічний університет

імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, Україна

stashkiv@chem-bio.com.ua

Дедалі більше природних середовищ існування знищується, тому біотехнологічні методи *in vitro* розглядаються як ефективний інструмент збереження видів, що перебувають під загрозою зникнення. На сьогодні біотехнологія відкриває широкі можливості для отримання калюсних культур, які використовуються як для регенерації рослин, так і для отримання біологічно цінної рослинної сировини. Калюсні культури можуть використовуватися для сталого та великомасштабного виробництва вторинних метаболітів, потреба у яких є як у фармацевтичній, так і у косметичній та харчовій галузях. Оскільки фітохімічні сполуки можна безпосередньо екстрагувати з калюсу без знищення

всієї рослини, калюсна технологія може сприяти збереженню рідкісних і зникаючих видів, забезпечуючи при цьому отримання достатньої кількості вторинних метаболітів в умовах *in vitro*.

Перспективними для цього напрямку досліджень є лікарські рослини родини Айстрові (*Asteraceae*), а саме язичник сибірський (*Ligilaria sibirica* (L.) Cass.) та жовтозілля Бессера (*Senecio besserianus* Minder.), які занесені до Червоної Книги України (2009) (Stashkiv et al., 2025). Згідно з літературними даними обидва види не були досліджені на предмет індукції та проліферації калюсу. З огляду на вище сказане, нами підібрано умови, необхідні для формування калюсу на різних типах експлантів; протестовано різні концентрації та співвідношення ауксинів і цитокінінів. Калюсні культури були індуковані з кореневих і листових експлантів культивованих *in vitro* рослин. Було використане базове середовище Мурасіге–Скуга (1962), доповнене різними комбінаціями регуляторів росту, такими як 1-нафтилоцтова кислота (НОК), індоліл-3-оцтова кислота (ІОК), 2,4-дихлорфеноксиоцтова кислота (2,4-Д) та 6-бунзиламінопурин (БАП), зокрема, 2 мл/л БАП та 2 мл/л НОК, 1 мл/л БАП та 1 мл/л ІОК, 0,5 мл/л БАП та 1 мл/л 2,4-Д. Ініціація калюсу для рослин обох видів відбувалася з країв зрізу кожного кореневого експланта через 14–20 днів і листового – через 21–28 днів. Найбільший показник індукції калюсу з кореневих експлантів для *S. besserianus* отримано на середовищі з додаванням 2 мл/л БАП та 2 мл/л ІОК (індукція 97 %), тоді як для *L. sibirica* – 1 мл/л БАП та 1 мл/л НОК (відсоток калюсоутворення складав 80). Найбільш інтенсивно калюсоутворення відбувалося з листових експлантів для *S. besserianus* на середовищі, яке містило 2 мл/л ІОК та 2 мл/л БАП (100 %), для *L. sibirica* 1 мл/л НОК та 1 мл/л БАП (індукція 86 %).

Отже, підібрано умови для індукції калюсних культур *L. sibirica* та *S. besserianus*, які можуть бути використані для подальших експериментальних досліджень вмісту цінних вторинних метаболітів.

Синбіотичні напої з комбінованим складом сировини для здорового харчування

Стеценко Н. О.

Кафедра технології оздоровчих продуктів,
Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна
stetsenkono@nuft.edu.ua

У сучасних умовах неможливо забезпечити організм людини оптимальною кількістю біологічно активних речовин при споживанні лише традиційних харчових продуктів. Тому актуальним завданням для фахівців харчової промисловості є розроблення та широке виробництво харчових продуктів і напоїв, збагачених цінними фізіологічно функціональними інгредієнтами захисної дії. Оздоровчі напої представляють собою зручне та технологічне середовище для створення нових видів продукції для функціонального харчування.

Основним компонентом різноманітних натуральних напоїв виступають фруктові та овочеві соки. Вони містять в своєму складі комплекс вітамінів та мінеральних речовин, харчових волокон, антиоксидантів та пребіотиків. Введення до рецептур оздоровчих напоїв додаткових фізіологічно функціональних інгредієнтів або їх природних джерел не представляє складності, тому асортимент подібної продукції постійно розширюється.

З точки зору лікувально-профілактичного та загальнооздоровчого впливу на організм людини, одними з найбільш ефективних є ферментовані напої, позитивна дія яких обумовлена не лише використанням натуральної рослинної сировини, а й застосуванням у технологічному процесі культур корисних для людини мікроорганізмів. У процесі ферментації за участю пробіотичної мікрофлори відбувається розщеплення складних харчових речовин до простих, які легше засвоюються, утворюються різні продукти метаболізму – моносахариди, органічні кислоти, вітаміни, амінокислоти, ефіри, антибіотичні речовини тощо. При цьому дещо зменшується енергетична цінність напою,

зростає засвоюваність поживних речовин, а також підвищується біологічна цінність.

Основою для отримання ферментованих безалкогольних напоїв переважно є субстрати із сировини рослинного походження. При цьому органолептичні та фізико-хімічні характеристики таких напоїв формуються внаслідок життєдіяльності культур мікроорганізмів, а вміст етанолу в них не перевищує 1,2%. Найбільш поширеними є напої, технологія яких передбачає використання дріжджів та пробіотичних молочнокислих бактерій. Оскільки рослинна сировина часто містить речовини, що належать до пребіотиків, ферментовані напої характеризуються синбіотичними властивостями.

При виробництві ферментованих соків рекомендовано використовувати сухі закваски молочнокислих або біфідобактерій з активністю не менше ніж 10^8 КУО/см³ у кількості від 0,3 до 0,5%, що залежить від активності препарату. Ферментацію здійснюють способом прямого внесення закваски.

Серед нових видів ферментованих напоїв можна виділити лактоферментовані сироваткові напої, які виробляються з додаванням натуральних фруктових або овочевих соків. Подібні напої потребують стабілізації, тому як стабілізатори застосовують високомолекулярні речовини, наприклад агар, пектин, які мають функції ентеросорбентів. За необхідності напої підсолоджують. Як пребіотики можуть бути використані фруктоза, інулін, лактулоза та інші олігосахариди.

Ми розробили лактоферментований сироватковий напій з додаванням морквяного та яблучного соків. Він має гармонійний кисло-солодкий смак та приємний аромат, який властивий рослинній сировині, а також досить привабливий яскравий колір. Вміст сухих речовин у напої становив $10,1 \pm 0,1\%$, а його активна кислотність – 6,4. Процес зброджування триває 5...5,5 годин за температури 32 ± 2 °C.

Використання лактоферментованих напоїв у харчуванні сприятиме поліпшенню обміну речовин, стимуляції імунітету та загальному оздоровленню організму.

**Мікробіологічна стабільність сиркопчених ковбас
із використанням стартових культур**

Страшинська М. І., Грегірчак Н. М.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна,
strasinskamaria@gmail.com

Використання сучасних біотехнологічних підходів у виробництві м'ясних виробів дозволяє не лише покращити їхні смакові якості, а й гарантувати високий рівень безпеки споживачів. Сирий копчений ковбасний фарш із яловичини та свинини є складним середовищем, схильним до контамінації такими патогенами, як *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* та спороутворювальні мікроорганізми. Це зумовлено специфічними фізико-хімічними характеристиками як-то низькою активністю води (a_w 0,92–0,95) та тривалим процесом ферментації. Впровадження нових пробіотичних стартових культур на основі *Lactobacillus*, *Propionibacterium* та *Lactococcus lactis* значно підвищує мікробіологічну стабільність продукту.

Значущість даних досліджень обумовлена кількома ключовими аспектами:

- скорочення нітритного навантаження через можливість зменшення частки NaNO_2 у рецептурі до 40% без негативного впливу на стабільність продукту;
- підвищення функціональних характеристик шляхом впровадження досліджуваних підходів сприяє покращенню показників безпечності та якості в умовах промислового виробництва;
- забезпечення біологічного захисту, оскільки синтез бактеріоцинів у поєднанні зі зниженням рН до діапазону 4,8–5,3 ефективно пригнічує життєдіяльність патогенних мікроорганізмів та унеможливорює накопичення біогенних амінів.

Застосування стартових культур демонструє виражений інгібуючий ефект щодо небажаної мікрофлори. Пробіотичні штами зменшують загальну бактеріальну обсемененість (КМАФАМ) на 1–2 $\log_{10}$ КУО/г.

Дослідження показують, що комбінації певних штамів дозволяють знизити рівень колиформ та *Listeria* до значень нижче 1 КУО/г. У ковбасах зі свинини використання *L. sakei* у поєднанні з *S. xylosus* призвело до зниження КМАФАМ з 6,5 до 4,2 log₁₀ КУО/г протягом 21 дня (табл. 1).

Таблиця 1. Порівняння мікробних показників після 21–30 днів ферментації, КУО/г

Стартова культура	КМАФАМ log ₁₀	Коліформи	<i>Listeria spp.</i>	Дріжджі/плісняви	Література (покликання)
Контроль	7,2	3,2	2,1	2,8	https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112723 https://doi.org/10.1002/jsfa.11895
<i>L. sakei</i> + <i>P. pentosaceus</i>	4,5	<1	<1	1,9	https://doi.org/10.1002/jsfa.11895
<i>L. plantarum</i> + <i>S. carnosus</i>	4,8	<1	<1	2,0	https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112723
<i>Propionibacterium</i> + <i>L. acidophilus</i>	4,2	Не виявлено	Не виявлено	1,5	https://doi.org/10.5851/kosfa.2022.e75 https://doi.org/10.3389/fchem.2024.1507370
<i>L. lactis</i> + <i>Enterococcus</i>	4,6	<1	<1	1,8	https://doi.org/10.5851/kosfa.2022.e75 https://doi.org/10.5219/2012

Окрім безпеки, культури позитивно впливають на органолептичні властивості. Так, за рахунок ліполізу підвищується концентрація ароматичних сполук (гексанал, 2-пентилфурану) на 20%, а також покращується жувальність та твердість продукту. У виробках зі свинини з додаванням *Propionibacterium* спостерігається стабільніший колір (підвищується на 5 пунктів). *L. plantarum* активує протеоліз, що дозволяє знизити рівень тираміну та гістаміну на 30–50%.

Отже, сучасні стартові культури є ефективним інструментом біозахисту, який дозволяє мінімізувати хімічне навантаження на продукт без втрати його мікробіологічної стійкості. Вони забезпечують керовану ферментацію, знижуючи рН до безпечного рівня 4,8–5,3 та формують високі споживчі характеристики сирокочених ковбас.

Рекомбінантні білки у лікуванні анемії, індукованої хіміотерапією

Татуєва Є. О., Вовянко С. І.

Кафедра біомедичної інженерії, Національний технічний університет «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

liza.tatueva@gmail.com

У сучасному світі онкологічні захворювання лишаються однією з найрозповсюдженіших причин смертності, а лікування супроводжується важкими ускладненнями. Найчастіше пацієнти, які проходять хіміотерапію, стикаються з анемією через вплив хіміопрепаратів на стовбурові клітини кісткового мозку, відповідальні за кровотворні функції. Зниження рівня еритроцитів та гемоглобіну призводить до гіпоксії тканин та проявляється втомою, слабкістю, тощо. Такий стан не лише ускладнює життя пацієнта, а й створює серйозні труднощі для подальшого лікування. Одним із методів корекції цього стану є застосування препаратів, стимулюючих еритропоез (ESA), – еритропоетину (ЕРО) та його симілярів. Хоча рекомбінантний ЕРО був отриманий для клінічного застосування майже півсторіччя тому, підвищення ефективності та масштабування його виробництва залишається актуальним.

Метою даної роботи є огляд сучасних технологій отримання рекомбінантного ЕРО та перспектив підвищення їх ефективності.

Еритропоетин – глікопротеїновий гормон родини цитокінів типу I з молекулярною масою ~34 кДа, який є ключовим регулятором еритропоезу, запобігаючи апоптозу ранніх еритроїдних попередників у кістковому мозку. Комплексна структура з високим відсотком глікозилювання ЕРО (40% загальної молекулярної маси) ускладнює його хімічне виробництво, роблячи рекомбінант-ну технологію незамінною. Виробництво рекомбінантного ЕРО включає ряд критично важливих етапів. Ген ЕРО виділяють із ДНК людини та ампліфікують за допомогою полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР). Ампліфікований ген вставляється у вектор експресії, який слугує молекулярним носієм. Кільцевий ДНК-вектор на цьому етапі відіграє ключову роль, оскільки містить регуляторні елементи – промотори та термінатори, – які контролюють

експресію гена ЕПО після його введення у клітину-господаря. Вектор спрямовує клітину-господаря на синтез цільового білка – ЕПО. Після трансфекції клітини культивують у лабораторних умовах з оптимальним середовищем. Наступними кроками є: очищення та контроль якості, щоб підтвердити безпечність, чистоту та ефективність отриманого рекомбінантного білка.

Вибір системи експресії є надзвичайно важливим, оскільки повинен враховувати здатність системи здійснювати «людиноподібне» глікозилювання. ЕПО має чотири сайти глікозилювання: три сайти N-глікозилювання та один сайт O-глікозилювання (Guan, 2021). Всі три N-глікани мають чотирилапчасту структуру, тобто від кожного центрального ядра $\text{Man}_3\text{GlcNAc}_2$ відходять по 4 антени. Кожна антена закінчується послідовністю NeuAc-Gal-GlcNAc . Таким чином, один N-глікановий ланцюг може нести до 4 залишків сілової кислоти. O-глікозилювання здійснюється по залишку Ser126 , до якого приєднується короткий дисахаридний стержень NeuAc-GalNAc , з можливим подовженням до тетрасахариду $\text{NeuAc}_2\text{-Gal-GalNAc}$. Глікозилювання є критично важливим для функції ЕПО; від нього залежить як біологічна активність ЕПО, так і його стабільність.

Аналіз доступних систем експресії дозволяє порівняти їх переваги та недоліки. Клітини яєчників китайського хом'яка (CHO) є прийнятними, оскільки здатні виконувати глікозилювання, подібне до людського (Wang, 2025). Недоліками цієї системи є доволі висока вартість та повільний ріст. Найкращою могла б здаватись система НЕК 293 людського походження, але її здатність до масштабування є ще меншою. Система на основі *E. coli* є дешевою та швидкою, але не дозволяє отримати активний білок, оскільки не виконує глікозилювання. Система на основі дріжджів є найбільш доступною та дешевою, втім, її недоліком є гіперманозилування, невідповідне для людини.

Найбільш перспективним напрямком може стати застосування технологій редагування генів, зокрема CRISPR/Cas9, для точного налаштування ферментів глікозилювання клітин-господарів і створення біосимілярів з профілями глікозилювання, подібними до ЕПО.

Сучасні виклики статистичних та маркетингових досліджень у біотехнології та фармації

Тимочкін С. С.

Кафедра біохімії та біотехнології, Карпатський національний університет
імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна
stanislav.tymochkin.24@pnu.edu.ua

Маркетингові дослідження є ключовим інструментом розвитку біотехнологічної та фармацевтичної галузей. Вони забезпечують дані для прийняття рішень щодо створення продуктів, комерціалізації та роботи з ринком. В умовах швидких технологічних змін дослідження дозволяють виявити незадоволені потреби, оцінити потенціал новинок та оптимізувати стратегії, зменшуючи ризики невдалих запусків і економлячи ресурси. Одним з викликів є висока регуляторна складність галузей, де маркетинг повинен відповідати стандартам FDA, MHRA чи GMP. Це впливає на еволюцію цифрового маркетингу, де тренди включають лідерство думок та інфлюенс-маркетинг для підвищення довіри. Біотехнологічні компанії все частіше використовують E-E-A-T-контент (Experience, Expertise, Authority, Trustworthiness) для SEO-оптимізації, позиціонування себе як авторитетні джерела.

Різні типи маркетингових досліджень (табл. 1.) допомагають зрозуміти мотивацію цільової аудиторії, бар'єри впровадження біотехнологій та сегментувати ринок.

Таблиця 1. Типи маркетингових досліджень у біотехнологіях та фармації

Тип дослідження	Опис	Формат
Первинне	Збір оригінальних даних	Опитування НСР, фокус-групи пацієнтів
Вторинне	Аналіз існуючих джерел	Ринкові звіти((BCC Research, MarketsandMarkets), статистика клінічних випробувань, аналіз конкурентів
Кількісне	Статистичний аналіз	Оцінка ринкового потенціалу, сегментація
Якісне	Глибокий аналіз мотивацій	Інтерв'ю для виявлення бар'єрів впровадження

Маркетингові дослідження сприяють стратегічному позиціонуванню продуктів. У біотехнологіях вони допомагають оцінити комерційний потенціал

інновацій, шляхом сегментації ринку на основі клінічних пріоритетів та бюджетів. У фармацевтичній дослідженні дозволяють адаптувати стратегії до змін, наприклад, до зростання телемедицини чи персоналізованої медицини. Правильне застосування маркетингових досліджень є інструментом економії, зменшуючи ризики невдалих запусків (Рис. 1.).



Рис. 1. Етапи маркетингових досліджень у біотехнології та фармацевтичній галузі

Приклади кейсів:

1. Eli Lilly (Cialis) - через опитування пацієнтів та лікарів виявила потребу в тривалій дії препарату (до 36 годин) і позиціонувала його як «препарат на вихідні». Результат - суттєве зростання продажів.
2. Novartis (Lamisil) – фокус-групи показали сором пацієнтів, тому кампанія акцентувалась на «швидкому рішенні». Успішний DTC-маркетинг вивів препарат у лідери ринку.
3. Novo Nordisk (Cornerstone4Care) - аналіз big data та опитування пацієнтів з діабетом дозволив створити цифрову платформу підтримки, що підвищило лояльність і продажі інсуліну.

Рекомендується інтегрувати маркетингові дослідження на всіх етапах життєвого циклу продукту для максимальної ефективності. У майбутньому, з розвитком AI та big data, ці дослідження стануть ще точнішими, дозволяючи компаніям швидше реагувати на ринкові зміни.

Біотехнології відтворення коней

Ткачова І. В., Лютих С. В.

Інститут тваринництва НААН, м. Харків, Україна,

lutihs@gmail.com

Міжнародний досвід свідчить про високу ефективність і перспективність розвитку різних напрямів конярства за належної організації технологічних процесів та розвиненого ринку конярської продукції. В економічно розвинених країнах світу переважно розвивається спортивне конярство, дозвілля з використанням коней є невід'ємною рисою сімейного відпочинку.

Підвищення репродуктивної ефективності коней безпосередньо економічно вигідно заводчикам, адже забезпечує стабільне постачання коней.

Біотехнологія у конярстві охоплює застосування біологічних методів та засобів для поліпшення здоров'я, працездатності та репродуктивної функції коней. Ця галузь включає генну інженерію, клонування, розробку вакцин і лікарських засобів, адаптованих до фізіології коней. Такі методи, як редагування генів та терапія стовбуровими клітинами, досліджуються з метою виявлення їхнього потенціалу для лікування генетичних розладів, поліпшення регенерації тканин та підвищення стійкості коней до захворювань.

За останнє десятиріччя практики відтворення коней значно модернізувалися, з'явилися нові технології та інструменти, які 10 років тому були обмежені або взагалі не існували. Селекційне розведення стало більш високотехнологічним, особливо у світі спортивних коней.

Штучне запліднення стало ще більш ефективним завдяки вдосконаленим технологіям заморожування сперми та глобальній дистрибуції сперми. Відтак, заводчики спортивних коней використовують штучний інтелект для максимізації генетичних можливостей видатних жеребців.

Ембріотрансфер, як метод відтворення елітних кобил, на відміну від минулого десятиріччя наразі є звичайною практикою. Більш того, передові репродуктивні технології, такі як інтрацитоплазматична ін'єкція сперми,

запліднення яйцеклітини *in vitro* застосовуються для цінних кобил та жеребців з проблемами фертильності або при використанні обмеженої кількості замороженої сперми. В результаті загальна репродуктивна можливість елітних коней зросла порівняно з минулим десятиріччям.

Програми розведення коней стали більш пильними з наукової точки зору щодо генетичних захворювань, тобто запровадили більшу інтеграцію ветеринарної генетики в рішення щодо розведення. Відтак, провідні племінні товариства Нідерландів, Німеччини, США перевіряють всіх активних племінних жеребців на небажані мутації і публікують їхній статус, щоб допомогти селекціонерам уникнути розповсюдження спадкових захворювань.

Технологія клонування, хоча і є рідкісною через високу вартість, за останні 5 років знайшла кілька гучних застосувань, що свідчить про зміни порівняно з часом, коли вона була експериментальною. Для елітного спорту створені клони виняткових коней для подальшого відтворення. Крім того, дослідники вивчають редагування генів та вдосконалене визначення статі ембріонів, що може стати новим напрямком у майбутньому.

Зважаючи на підвищення стресових факторів, пов'язаних з кліматичними змінами, спостерігається зниження фертильності жіночих особин усіх видів свійських тварин, у тому числі і кобил. Для підвищення рівня фертильності кобил і рівня запліднення під час сезону розмноження або для отримання лошат раніше в році, цикл тітки селективно маніпулюється за допомогою екзогенних гормонів, штучного світлового лікування і вибору відповідного періоду запліднення. Також серед ключових аспектів успішної програми розведення коней є добробут жеребців, елементи зниження екологічного стресу та розробка кормових засобів для підвищення фертильності.

Сучасні біотехнології безумовно сприяють збереженню коней, як виду, та удосконаленню їх форм для різних сфер використання, а розуміння основ сучасної репродукції коней передбачає усвідомлення глибокого втручання людини у життя коней задовго до їх народження.

Кластерний аналіз товарообігу лікарських засобів у фармацевтичній галузі України

Токарчук В. І., Шейкіна Н. В.

Національний фармацевтичний університет м. Харків, Україна

tokarchukvladyslava14@gmail.com

Актуальність. Фармацевтичний ринок є важливою складовою системи охорони здоров'я та значущим сектором економіки, розвиток якого залежить від попиту на лікарські засоби. За даними Щотижневика Apteka.UA, станом на кінець 2025 року обсяг роздрібного продажу товарів «аптечного кошика» в Україні становив 171,7 млрд грн та 804 млн упаковок. Попит формується під впливом соціально-економічних, епідеміологічних і поведінкових факторів, а також цін і доступності препаратів. Водночас для фармацевтичного ринку характерна відносна перевага до окремих груп лікарських засобів. Аналіз динаміки продажів має значення для оптимізації асортиментної політики та управління аптечними закладами.

Мета дослідження: дослідити товарообіг лікарських засобів в аптечних закладах для визначення найбільш популярних фармакотерапевтичних груп лікарських засобів.

Матеріали і методи. Для дослідження було зібрано статистику продажів у десяти аптечних пунктах регіональної аптечної мережі від 1 січня по 31 грудня 2025 року, з попереднього дозволу власника самої аптечної мережі та відсортовано за допомогою онлайн-ресурсу Compendium і логічних функцій пакету MSOffice Excel19 за категоріями АТС-класифікації 1 рівня. Загальну статистику річних продажів було виведено за допомогою інструменту «Зведені таблиці» та окремих обчислень. Отриману таблицю із чисельністю продажів препаратів визначених категорій було використано для кластерного аналізу. Кластеринг проведено за допомогою програмного забезпечення Past4.03

Результати та обговорення. Для виявлення подібності між фармакологічними групами лікарських засобів за обсягами аптечних продажів

за весь 2025 рік було проведено кластерний аналіз. Результати кластеризації представлені у вигляді дендрограми (рис. 1).

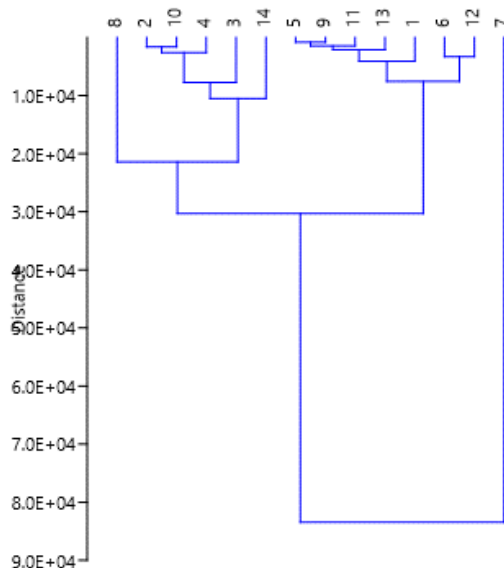


Рис. 1. Результати кластерного аналізу.

Дендрограма відображає ступінь подібності між групами препаратів, що менша відстань між об'єктами на графіку, то більш подібними є відповідні категорії за рівнем продажів. У результаті аналізу було виділено 5 кластерів (табл. 1), які об'єднують фармакологічні групи з близькими значеннями досліджуваного показника.

Таблиця 1. Кластеризація аптечних продажів

№	Кластер	K=5	Продажі (шт. уп.)
7	1	Засоби, що впливають на травну систему і метаболізм	103033
2	2	Дерматологічні засоби	32102
3	2	Засоби, що впливають на опорно-руховий апарат	24427
4	2	Засоби, що впливають на серцево-судинну систему	33897
10	2	Засоби, що діють на респіраторну систему	30479
6	3	Засоби, що впливають на систему крові та гемопоез	9337
12	3	Протимікробні засоби для системного застосування	12651
8	4	Засоби, що діють на нервову систему	53749
14	4	Різні засоби	40742
1	5	Антинеопластичні та імуномодуючі засоби	164
5	5	Засоби, що впливають на сечостатеву систему та статеві гормони	3894
9	5	Засоби, що діють на органи чуття	4700
11	5	Препарати гормонів для системного застосування	5742
13	5	Протипаразитарні засоби	2653

До першого кластера увійшла одна група: засоби, що впливають на травну систему і метаболізм (103033 уп.). Ця категорія суттєво відрізняється від інших груп найбільшим обсягом продажів за рік, що зумовило її виділення в окремий кластер (на рівні відстані близько 80 000 згідно до дендрограми).

До другого кластера належать групи з відносно високими обсягами продажів: дерматологічні засоби (32102 уп.), засоби, що впливають на опорно-руховий апарат (24427 уп.), засоби, що впливають на серцево-судинну систему (33897 уп.), засоби, що діють на респіраторну систему (30479 уп.). Ці категорії характеризуються подібними показниками продажів і формують групу препаратів із високим рівнем попиту (на рівні відстані близько 25 000).

До третього кластера віднесено засоби, що впливають на систему крові та гемопоез (9337 уп.), протимікробні засоби для системного застосування (12651 уп.). Цим групам притаманні помірні обсяги продажів (на рівні відстані близько 12 000).

У четвертому кластері маємо засоби, що діють на нервову систему (53749 уп.) та різні засоби (40742 уп.). Для цих груп характерні досить високі показники продажів, однак вони нижчі, ніж у лідируючої категорії (на рівні відстані близько 30 000).

П'ятий кластер об'єднує групи з найменшими обсягами продажів: антинеопластичні та імуномодуючі засоби (164 уп.), засоби, що впливають на сечостатеву систему та статеві гормони (3894 уп.), засоби, що діють на органи чуття (4700 уп.), препарати гормонів для системного застосування (5742 уп.) і протипаразитарні засоби (2653 уп.) (на рівні відстані близько 5 000).

Висновки. Таким чином, кластерний аналіз дозволив виділити групи лікарських засобів із подібними обсягами аптечних продажів та визначити категорії з найвищим і найнижчим рівнем попиту. Найбільші обсяги реалізації характерні для препаратів, що впливають на травну систему і метаболізм, тоді як низькі показники продажів спостерігаються для антинеопластичних, гормональних та деяких інших спеціалізованих груп препаратів. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації асортиментної політики аптечних закладів та прогнозування попиту на лікарські засоби різних фармакологічних груп.

ABC- та XYZ-аналіз товарообігу лікарських засобів у фармацевтичній галузі України

Токарчук В. І., Шейкіна Н. В.

Національний фармацевтичний університет м. Харків, Україна

tokarchukvladyslava14@gmail.com

Актуальність. Фармацевтичний ринок займає важливе місце у системі охорони здоров'я та є вагомим сектором економіки, розвиток якого визначається рівнем попиту на лікарські засоби. За даними Щотижневика Apteka.UA, наприкінці 2025 року обсяг роздрібної реалізації товарів «аптечного кошика» в Україні досяг 171,7 млрд грн у грошовому та 804 млн упаковок у натуральному вираженні. Формування попиту зумовлюється впливом соціально-економічних, епідеміологічних і поведінкових чинників, а також рівнем цін і доступністю лікарських засобів. При цьому спостерігається диференціація попиту між окремими фармакологічними групами. У зв'язку з цим аналіз динаміки продажів є необхідним для раціоналізації асортиментної політики та підвищення ефективності управління аптечними закладами.

Мета дослідження: Дослідити товарообіг фармацевтичних препаратів в аптечних закладах та визначити категорії лікарських засобів із найстабільнішим та найбільшим попитом для прогнозування.

Матеріали і методи. Для дослідження було зібрано статистику продажів у десяти аптечних пунктах регіональної аптечної мережі від 1 січня по 31 грудня 2025 року, з попереднього дозволу власника самої аптечної мережі та відсортовано за допомогою онлайн-ресурсу Compendium і логічних функцій пакету MSOffice Excel19 за категоріями АТС-класифікації 1 рівня. Загальну статистику річних продажів було виведено за допомогою інструменту «Зведені таблиці» та окремих обчислень. Отриману таблицю із чисельністю продажів препаратів визначених категорій було використано для ABC- та XYZ-аналізів. Для аналізу XYZ було визначено середнє значення продажів кожної категорії за місяць, стандартне відхилення й коефіцієнт варіації, за допомогою

обчислювальних функцій пакету Excel. На основі значення коефіцієнту варіації (1) визначено групу категорії препаратів наступним чином: якщо коефіцієнт сягав більше 25%, то назначено групу «Z», якщо менше 25% та більше 10%, то групу «Y», якщо менше 10%, то група «X». Для аналізу ABC було відсортовано категорії за обсягом продаж, обчислено загальну кількість проданих одиниць товарів кожної категорії за рік, усю кількість продажів, частку певної категорії від усіх продажів та суму накопичення. Призначено групи за величиною їхньої частки від загальних продажів : А» – від 9%, «В» – частка лежить від 3% до 9%, «С» – менше 3%.

Результати та обговорення. Для оцінки стабільності попиту на лікарські засоби різних фармакологічних груп проведено XYZ-аналіз, який базується на визначенні коефіцієнта варіації продажів. Чим нижче значення цього показника, тим більш стабільним є попит.

За результатами аналізу всі категорії були віднесені до груп Y та Z. До групи Y належать препарати з відносно стабільним попитом (коефіцієнт варіації близько 20–25 %), зокрема антинеопластичні та імуномодуючі засоби (23,4 %), дерматологічні засоби (20,6 %) і засоби, що впливають на травну систему і метаболізм (24,8 %). Для цих груп характерна рівномірна динаміка реалізації та прогнозованість попиту.

Більшість досліджуваних категорій віднесено до групи Z, для якої характерні значні коливання продажів. До неї належать препарати для серцево-судинної, респіраторної, нервової, сечостатевої систем, а також протимікробні, гормональні, протипаразитарні та інші засоби. Найвищий рівень нестабільності зафіксовано для засобів, що діють на органи чуття (96,7 %), та групи «різні засоби» (80,7 %). Отже, для більшості лікарських засобів характерна значна варіабельність попиту, що зумовлено сезонністю захворювань і особливостями споживання.

Для визначення внеску фармакологічних груп у загальний обсяг продажів проведено ABC-аналіз. До групи А віднесено категорії, які формують основну частку реалізації (73,7 %): засоби для травної системи та метаболізму (28,8 %),

препарати для нервової системи (15,0 %), різні засоби (11,4 %), серцево-судинні (9,5 %) та дерматологічні (9,0 %).

Групу В становлять препарати із середнім рівнем внеску (18,9 %): засоби для респіраторної системи (8,5 %), опорно-рухового апарату (6,8 %) та протимікробні засоби (3,5 %).

До групи С віднесено категорії з найменшою часткою продажів (7,4 %), серед яких препарати для системи крові, гормональні, офтальмологічні, засоби для сечостатевої системи, протипаразитарні та антинеопластичні засоби.

Таблиця 1. Об'єднана таблиця ABC- та XYZ-аналізів

№	Категорія	ABC група	XYZ група
1	Антинеопластичні та імуномодуючі засоби	С	Y
2	Дерматологічні засоби	А	Y
3	Засоби, що впливають на опорно-руховий апарат	В	Z
4	Засоби, що впливають на серцево-судинну систему	А	Z
5	Засоби, що впливають на сечостатеву систему та статеві гормони	С	Z
6	Засоби, що впливають на систему крові та гемопоез	С	Z
7	Засоби, що впливають на травну систему і метаболізм	А	Y
8	Засоби, що діють на нервову систему	А	Z
9	Засоби, що діють на органи чуття	С	Z
10	Засоби, що діють на респіраторну систему	В	Z
11	Препарати гормонів для системного застосування	С	Z
12	Протимікробні засоби для системного застосування	В	Z
13	Протипаразитарні засоби	С	Z
14	Різні засоби	А	Z

Висновки. Проведений XYZ-аналіз показав, що лише незначна частина фармакологічних груп лікарських засобів характеризується відносно стабільним і прогнозованим попитом, тоді як для більшості категорій притаманні суттєві коливання обсягів продажів. Це свідчить про значний вплив сезонних факторів, специфіки захворювань та особливостей споживчої поведінки на структуру попиту.

Результати ABC-аналізу підтвердили, що основна частка аптечних продажів формується обмеженою кількістю фармакологічних груп, серед яких провідне місце займають засоби, що впливають на травну та нервову системи, а також серцево-судинні й дерматологічні препарати. Водночас значна кількість категорій має незначний внесок у загальний обсяг реалізації.

Таким чином, поєднання ABC- та XYZ-аналізу дозволяє комплексно оцінити як рівень попиту, так і його стабільність, що є важливим інструментом для оптимізації асортиментної політики аптечних закладів, ефективного управління запасами та підвищення якості фармацевтичного обслуговування.

**Перспективи використання біосинтезованих за участю *Pichia kudriavzevii* наночастинок цинку як фізичних УФ-фільтрів у сонцезахисних кремах
Топіха Т. С., Скроцька О. І.**

Кафедра біотехнології і мікробіології, Національний університет
харчових технологій, м. Київ, Україна
skrotskaoi@nuft.edu.ua

Надмірний вплив ультрафіолетового (УФ) випромінювання є суттєвою проблемою громадського здоров'я, оскільки UVA- та UVB-промені спричиняють еритему, сонячні опіки, фотостаріння та ушкодження ДНК, а також підвищують ризик розвитку злоякісних новоутворень. Захворюваність на рак шкіри стабільно зростає упродовж останніх десятиліть і нині становить близько третини всіх онкологічних випадків у світі. Важливим профілактичним заходом є регулярне використання сонцезахисних засобів. Традиційні фізичні фільтри, зокрема макророзмірний оксид цинку, утворюють білий наліт і мають низьку косметичну привабливість. Натомість наночастинок оксиду цинку (ZnONPs) завдяки специфічним оптичним властивостям забезпечують ефективний фотозахист без цих недоліків. У зв'язку з цим розробка безпечних і ефективних сонцезахисних засобів, які придатні для щоденного використання, є актуальним завданням сьогодення.

Для біосинтезу наночастинок металів використовують гриби, дріжджі, бактерії, рослини та водорості, проте саме дріжджі вважаються одними з найперспективніших мікроорганізмів. Це зумовлено простотою їх використання в лабораторних умовах, швидким ростом без потреби у складних поживних середовищах, невибагливістю до умов культивування та здатністю

продукувати широкий спектр ферментів. При використанні біомаси дріжджів можливий біосинтез металевих наночастинок та наноструктур за рахунок відновлення іонів металів за участю дріжджових ферментів як внутрішньоклітинно, так і позаклітинно. Відновні властивості зумовлені наявністю різних функціональних груп ($-NH_2$, $-OH$, $C=O$, $C-O-C$, $C-N-C$, $-S-S-$), які дозволяють передавати електрони для формування наночастинок з іонів металів.

Дріжджі *Pichia kudriavzevii* (раніше відомі як *Candida krusei*) є нетрадиційним, але добре вивченим видом. Їх використовують у харчовій та біотехнологічній промисловості. Використання *Pichia kudriavzevii* для біосинтезу наночастинок має суттєві переваги не лише у порівнянні з іншими представниками, але й з окремими штамами цього ж виду, які можна використовувати для біосинтезу наночастинок срібла, заліза та міді.

Суттєвими перевагами використання *Pichia kudriavzevii* як агента для біосинтезу ZnONPs є короткий час синтезу наночастинок (24 год), мінімальні витрати на просте поживне середовище, формування біосумісних і малотоксичних наночастинок з вивченою морфологією, низьким рівнем дефектності та добре дослідженим спектром біологічних властивостей. Зокрема, антиоксидантна активність наночастинок оксиду цинку становить 5,26 мкг/мл, що свідчить про їхню високу здатність нейтралізувати вільні радикали, які утворюються під дією УФ-променів. Висока біосумісність і низька токсичність ($IC_{50} = 215$ мкг/мл), що підтверджені на клітинній лінії Vero, додатково підкреслюють потенціал використання біогенних ZnONPs як безпечних та ефективних фізичних фільтрів від ультрафіолетового випромінювання у складі кремів із УФ-захисними властивостями.

Таким чином, біосинтез ZnONPs за участю *Pichia kudriavzevii* є перспективним напрямом зеленої нанобіотехнології. Поєднання високої біосумісності, низької токсичності та виражених фотозахисних і антиоксидантних властивостей обґрунтовує доцільність їх використання у складі інноваційних сонцезахисних засобів.

**Вплив ферментату культури *Bifidobacterium bifidum* LVA-3
на властивості мезенхімальних стовбурових клітин людини**

¹Труфанова Н. А., ¹Труфанов О. В., ²Раєвська І. М., ^{1,2}Петренко О. Ю.

¹Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України, м. Харків, Україна

²Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна

natalia_trufanova@cryonas.org.ua

Актуальним напрямом сучасних біотехнологічних досліджень є вивчення біологічно активних речовин мікробного походження. У цьому контексті особливу увагу привертають ферментати культур пробіотичних бактерій, безклітинні продукти, що формуються в процесі культивування мікроорганізмів (зокрема штамів *Bifidobacterium bifidum*) та ферментації ними поживного середовища. Ферментат біфідобактерій містить постбіотики, які здатні чинити регуляторну дію на клітини людини, і бактеріоцини з антагоністичною активністю щодо широкого спектра умовно-патогенних бактерій, включаючи мультирезистентні штами. Дослідження впливу ферментату на життєздатність і функціональність мезенхімальних стромальних/стовбурових клітин (МСК) людини є вкрай важливими для розробки комбінованих терапій, що поєднують антибактеріальну дію ферментатів із регенеративним потенціалом МСК.

Метою роботи було дослідження антагоністичної активності ферментату культури біфідобактерій *Bifidobacterium bifidum* LVA-3 і його впливу на здатність до адгезії, метаболічну активність, міграцію, та спрямоване диференціювання МСК жирової тканини людини.

Ферментат отримували шляхом культивування штаму *B. bifidum* LVA-3 у напіврідкому поживному середовищі за температури 37 °С протягом 2 діб до стадії стаціонарного росту та прогрівання отриманої культури протягом 30 хв за температури 60 °С. Антагоністичну активність по відношенню до умовно-патогенних штамів бактерій оцінювали методом дифузії в агар. Для дослідів з МСК ферментат фільтрували через мембранний фільтр з розміром пор 0,22 мкм для видалення бактеріальних клітин та клітинних фрагментів. МСК жирової

тканини людини виділяли після інформованої згоди дорослих донорів згідно правил біомедичної етики та вимог Комітету з біоетики ІПКіК НАН України. Культивування здійснювали в стандартних умовах в середовищі культивування, що складалося з α -Minimal Essential Medium (α -MEM), 10% фетальної сироватки великої рогатої худоби (ФС), 50 мкг/мл пеніциліну, 50 мкг/мл стрептоміцину, експерименти проводили на МСК 4-6 пасажів. Після посіву і культивування МСК протягом 24 год в середовищі культивування без (контроль) та з додаванням ферментату (5, 10, 25, 50%) оцінювали здатність до адгезії і метаболічну активність (резазуриновий тест). Оцінку здатності до міграції (скретч-тест) та здатності до спрямованого диференціювання проводили в середовищах культивування без (контроль) та з додаванням ферментату в концентраціях 5 і 10%.

Виявлено, що ферментат культури біфідобактерій проявляє антагоністичну активність по відношенню до *Staphylococcus aureus* 209, *Escherichia coli* та *Pseudomonas aeruginosa* 9027. Встановлено, що внесення ферментату в культуральне середовище МСК в концентрації 25 та 50% знижує його рН, погіршує здатність клітин до адгезії і пригнічує метаболічну активність. Ферментат в концентрації 5 та 10 % підтримує здатність клітин до адгезії, підвищує метаболічну активність, посилює міграційну активність МСК, посилює реалізацію адипогенного диференціювання. Внесення 5% ферментату в середовище з індукторами остеогенезу не впливає на остеогенне диференціювання МСК, а 10% ферментату – пригнічує остеогенез.

Таким чином, результати роботи демонструють, що ферментат культури біфідобактерій проявляє антагоністичну активність по відношенню до різних умовно-патогенних штамів, а в концентраціях 5 і 10% є безпечним для МСК жирової тканини людини, посилює їхню метаболічну і міграційну активності, дає можливість модулювати спрямоване диференціювання. Отримані дані створюють підґрунтя для розробки новітніх біотехнологічних продуктів для лікування критичних травм, ішемії, хронічних та інфікованих ран.

**Ефект захисних середовищ на основі мальтодекстрину
на збереження життєздатності молочнокислих бактерій**

^{1,2}Хабленко А. Д., ²Даниленко С. Г., ¹Дуган О. М., ¹Яловенко О. І.

¹Кафедра промислової біотехнології та біофармації, ФБТ,

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

²Відділ біотехнології, Інститут продовольчих ресурсів НААН України,

м. Київ, Україна

khablenkoad@gmail.com

Молочнокислі бактерії (МКБ) є важливою групою мікроорганізмів, які широко використовуються у харчовій промисловості, що зумовлено здатністю до ферментації вуглеводів і підкислення різної сировини, в основному молочної. Для практичного використання МКБ у вигляді заквасок необхідною умовою є збереження життєздатності біомаси протягом тривалого періоду зберігання.

Ліофільне сушіння вважається одним з найбільш ефективних методів збереження біомаси МКБ та дозволяє отримувати стабільні сухі препарати. Однак процес сушіння супроводжується такими стресовими факторами як заморожування, дегідратація, зміни структури мембран клітин, що може призводити до суттєвого зниження життєздатності клітин після відновлення.

Часто для зменшення негативного впливу ліофільного сушіння використовують захисні середовища (ЗС). Одним з перспективних компонентів ЗС є мальтодекстрин, що має здатність до формування захисної матриці навколо клітин. Поєднання мальтодекстрину з білковими компонентами може сприяти підвищенню збереження життєздатності МКБ під час ліофільного сушіння та подальшого використання.

Отже, метою роботи є визначення впливу ЗС що містять комбінацію мальтодекстрину та желатину на збереження життєздатності МКБ у процесі ліофільного сушіння.

Для встановлення ефекту ЗС використовували штаб *Limosilactobacillus fermentum* LF-02, який попередньо вирощували у середовищі MPC за температури 34 °C впродовж 16 годин. Отриману біомасу змішували з ЗС у співвідношенні 1:2. Обрано варіанти ЗС наступного складу: а) – 10 % (мас/об) мальтодекстрин, 2 % (мас/об) желатин; б) – 15 % (мас/об) мальтодекстрин, 2 % (мас/об) желатин, в) – 20 % (мас/об) мальтодекстрин, 2 % (мас/об) желатин. Як контроль використовували біомасу без ЗС. Сушіння проводили за температурного режиму: початок сушіння – мінус 40 °C, 30 годин, закінчення – плюс 30 °C. Визначали кількість життєздатних клітин у суспензії до сушки та одразу після сушіння у отриманій сухій біомасі шляхом методу висіву серійних розведень у MPC агар. Результати оцінювали за розрахованим показником виживаності (SR, %) до та після сушіння.

Результати свідчать про позитивний ефект використання мальтодекстрину у всіх варіантах дослідних ЗС (рис. 1).

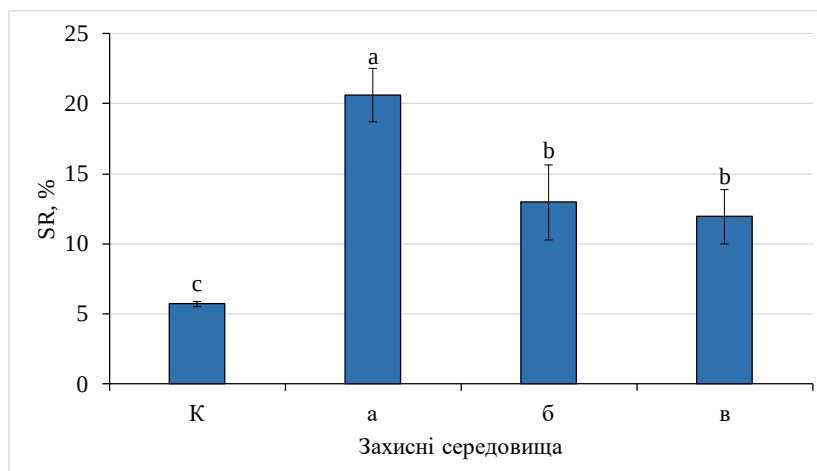


Рис. 1. Виживаність *L. fermentum* LF-02 після ліофільного сушіння

У контрольному варіанті (К), без використання ЗС, встановлено найменший показник виживаності ($5,71 \pm 0,19$ %). Найвищий рівень виживаності виявлено для варіанта ЗС а, виживаність склала $20,62 \pm 1,91$ %. Проте збільшення концентрації мальтодекстрину до 15 % (ЗС б) та 20 % (ЗС в) супроводжувалося зниженням показника без достовірно значущої різниці між відповідними варіантами. Зниження виживаності може бути пов'язане із

підвищенням в'язкості ЗС та ускладненням рівномірного розподілу біомаси під час процесу сушіння.

Отже, встановлено, що застосування захисних середовищ підвищує виживаність *L. fermentum* LF-02 при ліофільному сушінні, при цьому оптимальним є використання мальтодекстрину в концентрації 10 %.

**Характеристика різних культур МСК за походженням
та їх здібностями до високої продукції позаклітинних
везикул з низькою запальною активністю**

Хмельницька Ю. М., Пихтєєв Д. М., Мельник А. С.,

Юр'єв Б. В., Гуменюк М. І.

Біотехнологічна лабораторія Банку пуповинної крові, тканин
та інших клітин людини ТОВ «Медичний центр «М.Т.К.»», м. Київ, Україна
Yuliia.Khmelnyska@reocell.com

Метою нашої роботи був пошук кращого продуцента серед мезенхімальних стовбурових клітин людини (лМСК), отриманих з різних джерел, які гарантують високу продуктивність позаклітинних везикул (ПВ) та мають низьку продукцію прозапальних цитокінів в культуральне середовище.

Методи: МСК були отриманні з 4-х типів тканин: жирової (AD-MSC), пуповинного канатика (UC-MSC), ендометрію (EN-MSC) та похідних нервового гребня (NC-MSC) за інформованою добровільною згодою донорів. МСК культивувалися за стандартних умов на без ФБС середовищі IMDM (Sigma Aldrich) з додаванням 14 нг/мл FGF2 (Biotech). Забір кондиціонованого середовища (КС) для отримання ПВ проводився на 8 добу культивування без заміни середовища. Отримання ПВ відбувалося методом ультрацентрифугування при 100000g 1 годину. Загальну концентрацію ПВ та їх розміри було виміряно на протоковому цитометрі (CytoFLEX Nano Beckman Coulter). Продукцію VEGF, M-CSF та TGF- β 1 (Abcam) у КС визначали методом ELISA зі спектрофотометричною детекцією, концентрацію IL-6 в КС було виміряно ІХЛА методом (Mindary CL-900i).

Результати: На 8 добу без ФБС культивування найвища концентрація ПВ у КС була у UC-MSC ($89,7 \pm 4,2 \cdot 10^9$ ПВ/мл), EN-MSC мали середній рівень секреції ПВ був $42,6 \pm 1,4 \cdot 10^9$ ПВ/мл, тоді як AD-MSC $20,5 \pm 2,0 \cdot 10^9$ ПВ/мл NC-MSC та $14,4 \pm 1,1 \cdot 10^9$ мали найнижчі показники продукції. На 8-му добу культивування вихід ПВ на одну клітину був для UC-MSC — $4,62 \cdot 10^5$ ПВ/клітину, EN-MSC — $2,93 \cdot 10^5$ ПВ/клітину, AD-MSC — $1,55 \cdot 10^5$ ПВ/клітину та NC-MSC — $1,00 \cdot 10^5$ ПВ/клітину. Кількісний аналіз розмірного розподілу ПВ показав переважання фракції 40–80 нм у всіх культурах (75,8–87,6%), тоді як частка везикул 100–150 нм становила лише 0,7–2,7%, а більші за розміром ПВ траплялися поодинокі (табл.1).

Таблиця 1. Розподіл модальних класів позаклітинних везикул секретованих від МСК різного походження

Модальні класи	AD-MSC	UC-MSC	NC-MSC	EN-MSC
40-80 нм (Mean $\pm$ SD)	85 $\pm$ 0,5	75,8 $\pm$ 0,8	84,9 $\pm$ 0,9	87,6 $\pm$ 0,6
100-150 нм (Mean $\pm$ SD)	1,56 $\pm$ 0,3	2,7 $\pm$ 0,5	2,1 $\pm$ 0,4	0,7 $\pm$ 0,2
200-400 нм (Mean $\pm$ SD)	0,02 $\pm$ 0,01	0,05 $\pm$ 0,02	0,05 $\pm$ 0,02	0,01 $\pm$ 0,005

Примітки: n = 3; P = 95 %.

У контрольних зразках рівень IL-6 був ($<2,5$ pg/mL), на 8 добу IL-6 у UC-MSC (30 628,0 pg/mL) та AD-MSC (3 297,5 pg/mL), тоді як EN-MSC (36,81 pg/mL) і особливо NC-MSC (8,04 pg/mL). AD-MSC найбільшу секрецією M-CSF (5993 ± 512 pg/mL) та VEGF (1840 ± 27 pg/mL), тоді як для UC-MSC було характерне максимальне продукування TGF- β 1 ($8467 \pm 110,7$ pg/mL). У NC-MSC рівень TGF- β 1 був мінімальним (329 ± 83 pg/mL), тоді як EN-MSC мали відносно високий TGF- β 1 (4437 ± 179 pg/mL) за низької секреції M-CSF (772 ± 18 pg/mL) та VEGF (418 ± 45 pg/mL). Таким чином, джерело тканини з яких було отримано МСК визначає співвідношення між кількістю ПВ та запальною активністю секретому.

Висновки: найбільший продуцент ПВ залежать від джерела виділення МСК та визначається не лише концентрацією отриманих ПВ, а й секреторними властивостями. UC-MSC секретують найбільше ПВ, але разом із цим зростає прозапальні цитокіни. NC-MSC продукують менше ПВ, проте

мінімальну запальну активність, тоді як AD-MSC та EN-MSC мають середній секреторні характеристики. AD-MSC продемонстрували виражений ангіогенний та макрофаг-модулюючий потенціал завдяки високій секреції VEGF та M-CSF. Отже, вибір джерела MCK має враховувати не лише кількість ПВ, а й функціональний профіль їх секретому відповідно до терапевтичної мети.

**Роль ліпосом як систем доставки ад'ювантів
у підсиленні імунної відповіді**

Ходаківська Ю. О., Пономаренко А. О.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна
khodakivska.yuliia@lil.kpi.ua

Ключові слова: вакцинація, ліпосоми, ад'юванти, система доставки, антиген, імунна відповідь.

Вступ. Вакцинація залишається одним із найефективніших інструментів охорони здоров'я для профілактики інфекційних захворювань. Основною метою створення та використання вакцин є формування специфічної імунної відповіді для забезпечення довготривалого захисту організму. Далеко не кожна вакцина здатна індукувати стійку імунну реакцію, тому під час їхнього виробництва використовують допоміжні речовини - ад'юванти.

Ад'юванти – це активні компоненти, які використовуються в поєднанні з антигенами у вакцинах для підсилення імунної відповіді порівняно з введенням антигену без ад'юванта. Основна роль ад'ювантів полягає не лише в депонуванні антигену в місці ін'єкції, а й у активації вродженого імунітету та посиленні презентації антигену, що сприяє формуванню стійкої імунної відповіді та підвищенню титру специфічних антитіл.

Ліпосоми як системи доставки вакцин та ад'ювантів широко застосовуються у доклінічних і клінічних дослідженнях завдяки біосумісності,

високій безпеці та можливості варіювати ліпідний склад. Ключовою перевагою ліпосом над іншими є те, що вони можуть бути ефективними носіями як гідрофільних, так і гідрофобних молекул, таких як антигени та імунопотенціатори.

Метою роботи є аналіз ролі ліпосом як систем доставки з ад'ювантною активністю біотехнологічного походження у підсиленні імунної відповіді.

Матеріали та методи. У дослідженні проаналізовано наукові літературні джерела, присвячені ад'ювантам вакцин, ліпосомам та їх властивостям як систем доставки ад'ювантів біотехнологічного походження.

Результати та обговорення. Ліпосоми - це везикулярні структури різного розміру, створені *in vitro*, що складаються зі сферичного ліпідного бішару та водного внутрішнього компартменту. Вони є сучасними системами везикулярної доставки антигенів, які дозволяють подолати обмеження традиційних вакцинальних платформ та забезпечити пролонговане вивільнення вакцини.

Ліпосоми формуються з амфіфільних фосфоліпідів (фосфатидилхолін, фосфатидилсерин, сфінгомієлін) з додаванням холестерину та заряджених ліпідів, що дає змогу регулювати їх стабільність та поверхневі властивості.

Як системи доставки з ад'ювантною функцією, ліпосоми здатні захищати антигени від деградації, інкапсулювати як гідрофільні, так і ліпофільні молекули, підвищувати клітинне поглинання та посилювати антигенспецифічні імунні відповіді. Вони ефективно транспортують антигени до антигенпрезентуючих клітин, зокрема дендритних клітин, покращуючи їх презентацію Т-лімфоцитам. Окремі типи, зокрема катіонні ліпосоми, здатні додатково активувати вроджені механізми імунітету.

Імунологічні властивості ліпосом значною мірою визначаються їх фізико-хімічними характеристиками - розміром, зарядом і плинністю мембрани, які впливають на розподіл у тканинах, дренажу до лімфатичних вузлів та процесинг антигенів. Завдяки цьому ліпосоми можуть стимулювати як вроджені, так і адаптивні імунні реакції. Зростання інтересу до ліпосомних

вакцин пов'язане з розвитком технологій промислового виробництва високочистих ліпідів і методів отримання ліпосомних препаратів.

Ліпосоми здатні підвищувати імунореактивність антигенів у складі структурованих ліпосомних ад'ювантних систем, що підтверджується клінічним застосуванням вакцин Mosquirix® і Shingrix® з ад'ювантним комплексом AS01.

Висновок. Ліпосоми є ефективними та перспективними системами доставки антигенів і ад'ювантів, які дозволяють підвищувати імуногенність вакцин і цілеспрямовано модулювати вроджені та адаптивні імунні відповіді.

Синбіотична формула на основі штамів

L. rhamnosus* GG та *L. Acidophilus

Хупенія К. Г., Двінських Н. В.

Кафедра біотехнології, Національний фармацевтичний університет,

м. Харків, Україна

begunova1203@gmail.com

Актуальність теми обумовлена швидким зростанням дисбіотичних порушень кишкової мікрофлори в сучасному світі, спричинених широким застосуванням антибіотиків, хронічним стресом, неправильним харчуванням та екологічними факторами. Такі порушення призводять до імунних дисфункцій, хронічних шлунково-кишкових захворювань, алергій та метаболічних розладів, що робить розробку ефективних пробіотичних і синбіотичних засобів нагальною потребою біотехнологічної галузі.

Метою дослідження є аналіз характеристик, біологічних властивостей та пробіотичного потенціалу штамів *Lactobacillus rhamnosus* GG (ATCC 53103) та *Lactobacillus acidophilus* PXN® 35 як ключових біологічних об'єктів для створення дієтичної добавки-синбіотика з пребіотиком фруктоолігосахаридами (FOS). Це дозволяє обґрунтувати їх комбіноване застосування для відновлення нормальної мікробіоти кишечника.

L. rhamnosus GG, виділений у 1983 році дослідниками Sherwood Gorbach та Barry Goldin, вирізняється високою стійкістю до кислого рН шлункового соку та жовчних кислот, ефективною колонізацією слизової кишечника, зниженням ризику антибіотикоасоційованої діареї та імуномодулюючою дією, підтвердженою численними клінічними випробуваннями. *L. acidophilus* характеризується грампозитивною паличкоподібною морфологією, активною ферментацією вуглеводів з продукуванням молочної кислоти, що знижує рН середовища, синтезом бактеріоцинів проти патогенів, участю у вітамінному обміні (група В) та нормалізації травлення. Прогнозований синергетичний ефект комбінації з FOS стимулюватиме ріст корисної флори, прискорюючи реабілітацію після антибіотикотерапії.

Запропонована синбіотична формула на основі *L. rhamnosus* GG та *L. acidophilus* PXN® 35 має потенціал для забезпечення високої ефективності у підтримці мікробіологічного балансу, профілактиці дисбіозу та імунореабілітації, що робить її перспективною для подальших досліджень і промислового виробництва в біотехнології.

Інноваційні біотехнології у створенні харчових продуктів з антиоксидантними властивостями

¹Цехмістренко С. І., ²Данченко О. О., ¹Бітюцький В. С.,
¹Цехмістренко О. С.

¹Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна

²Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь, Україна
svetlana.tsehmistrenko@gmail.com

Сучасна харчова біотехнологія дедалі активніше орієнтується на створення продуктів, які поєднують високу харчову цінність із вираженим функціональним потенціалом. Одним із найперспективніших напрямів у цій сфері є розроблення харчових продуктів з антиоксидантними властивостями,

оскільки оксидативний стрес розглядається як один із важливих патогенетичних чинників розвитку метаболічних, серцево-судинних, запальних і вікових порушень. У зв'язку з цим зростає інтерес до біотехнологічних способів збагачення харчових матриць природними антиоксидантами, підвищення їх біодоступності та стабільності в процесах переробки, зберігання і травлення.

Одним із ключових інструментів отримання харчових продуктів з антиоксидантними властивостями є ферментація. Біотехнологічне використання молочнокислих бактерій, дріжджів та інших технологічно цінних мікроорганізмів дає змогу не лише підвищувати мікробіологічну безпечність продукту, а й суттєво модифікувати його біохімічний профіль. Під час ферментації відбувається біоконверсія поліфенольних комплексів, вивільнення низькомолекулярних антиоксидантів, утворення біоактивних пептидів, органічних кислот та інших метаболітів, здатних підвищувати відновну активність харчової системи. Молочнокисла ферментація рослинної сировини та харчових побічних продуктів може підвищувати антиоксидантний потенціал і водночас сприяти їхній функціональній валоризації.

Важливим напрямом є використання інкапсулювання та контрольованої доставки антиоксидантів. Проблемою функціональних харчових продуктів є нестабільність у їх складі поліфенолів, каротиноїдів, токоферолів, флавоноїдів та інших нутрицевтиків. Технології мікро- та наноінкапсулювання, включаючи емульсійні системи, ліпосоми, полімерні мікрокапсули та ко-інкапсуляційні платформи, дозволяють підвищувати стабільність таких сполук, захищати їх від деградації під час термічної обробки і зберігання. Саме інкапсуляційні технології розглядаються як один із найважливіших інструментів перенесення біоактивних антиоксидантів із лабораторної розробки у реальні функціональні продукти.

Перспективним є також залучення вторинної рослинної сировини та харчових побічних продуктів як джерела антиоксидантів для біотехнологічного конструювання нових продуктів. Такий підхід відповідає не лише сучасним уявленням про здорове харчування, а й принципам циркулярної біоекономіки, оскільки поєднує підвищення біологічної цінності їжі зі зменшенням відходів харчової промисловості. Біотехнологічна переробка рослинних залишків, висівок, фруктових вичавок, оболонок та інших побічних продуктів дозволяє отримувати інгредієнти з високим вмістом фенольних сполук, харчових волокон та ферментаційно модифікованих антиоксидантів. Це відкриває широкі можливості для створення нових напоїв, кисломолочних продуктів, зернових систем, рослинних паст і комбінованих функціональних харчових формул.

Отже, інноваційні біотехнології у створенні харчових продуктів з антиоксидантними властивостями охоплюють широкий спектр рішень: від керованої ферментації та селекції технологічно цінних мікроорганізмів до інкапсулювання біоактивних сполук і повторного використання рослинної сировини в межах функціонального харчового дизайну. Їх практичне значення полягає у можливості створення продуктів нового покоління, які не лише забезпечують організм поживними речовинами, а й сприяють підтриманню антиоксидантного статусу, підвищенню адаптаційного потенціалу та профілактиці аліментарно-залежних порушень. Подальший розвиток цього напряму доцільно пов'язувати з поглибленим вивченням біодоступності антиоксидантів, стандартизацією технологічних процесів, оцінкою сенсорної прийнятності та науковим обґрунтуванням функціональної ефективності нових харчових продуктів.

**Синтез та противірусна дія похідних
4,6-*bis*(піролідин-1-іл)-*N*-(*R*-феніл)-1,3,5-триазин-2-амінів
щодо вірусу Такарібе**

**¹Циганков А. С., ²Новодворський Є. М., ¹Москаленко О. В.,
¹Демченко А. М.**

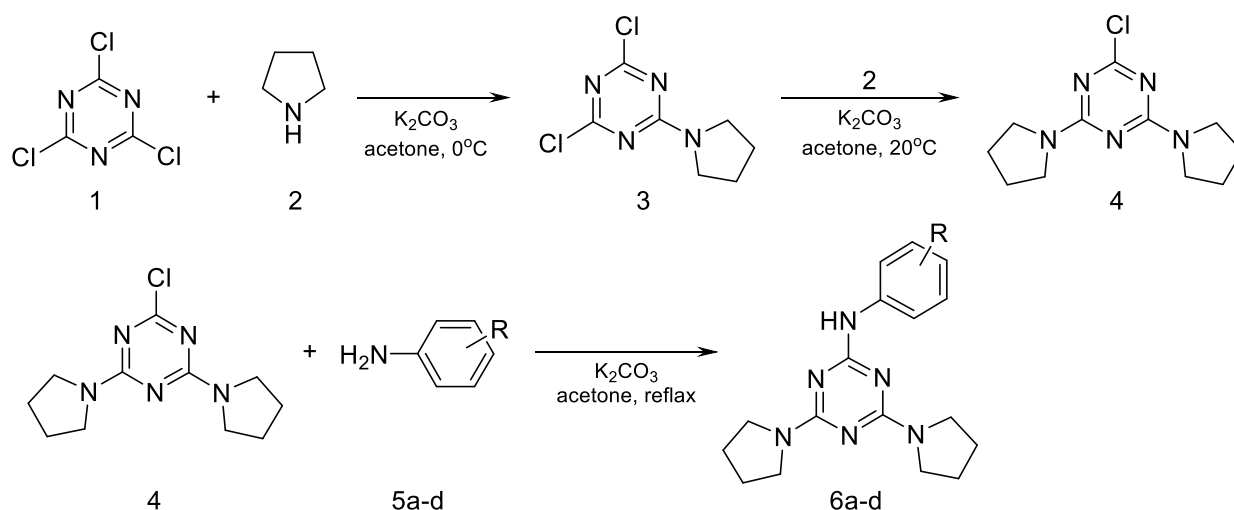
¹Кафедра хімії та фармації, Ніжинський державний університет
імені Миколи Гоголя, м. Ніжин, Україна

²Хіміко-біологічний центр, Київський національний університет
імені Тараса Шевченка, Київ, Україна
andriits@ndu.edu.ua

На сучасному етапі розвитку фармацевтичної хімії та клінічної медицини особливої актуальності набуває розробка нових противірусних засобів із високим профілем ефективності та безпеки. Перспективним напрямом досліджень є цілеспрямований синтез і вивчення оригінальних біологічно активних сполук, здатних інгібувати реплікацію вірусу Такарібе.

Вірус Такарібе належить до родини *Arenaviridae*, роду *Mammarenavirus* і входить до комплексу аренавірусів Нового Світу, асоційованих із розвитком тропічних геморагічних гарячок. Природними носіями вірусу є дрібні гризуни, в організмі яких інфекційний процес має переважно безсимптомний і хронічний характер. Передача збудника людині відбувається здебільшого аерогенним шляхом або при контакті з біологічними виділеннями інфікованих тварин.

На відміну від інших високопатогенних аренавірусів, вірус Такарібе характеризується низькою вірулентністю щодо людини. Клінічні прояви інфекції, як правило, мають легкий або субклінічний перебіг, а випадки тяжких геморагічних ускладнень є поодинокими. З огляду на це, вірус Такарібе широко застосовують як модельний об'єкт у фундаментальних і прикладних вірусологічних дослідженнях для вивчення молекулярних механізмів реплікації, взаємодії з клітиною-хазяїном, індукції імунної відповіді та патогенезу аренавірусних інфекцій, нами синтезовано ряд похідних 4,6-*bis*(піролідин-1-іл)-*N*-(*R*-феніл)-1,3,5-триазин-2-амінів за схемою:



R = 3,5-(CH₃)₂ (a), 3,4-(CH₃)₂ (b), 4-C₂H₅ (c), 4-OCH₃ (d).

Вихідною сполукою в стратегії синтезу використано 2,4,6-трихлор-1,3,5-триазин **1**, який при взаємодії із двократною кількістю піролідину **2** дає 2-хлор-4,6-*bis*(піролідин-1-іл)-1,3,5-триазин **4**. У результаті взаємодії останнього із заміщеними анілінами **5a–d** утворюються відповідні аміни **6a–d**. Температури плавлення сполук визначено на приладі Electrothermal IA 9200. Структури речовин підтверджено за допомогою ¹H ПМР-спектроскопії (Bruker Avance III 400MHz).

Антивірусну активність синтезованих 4,6-*bis*(піролідин-1-іл)-*N*-(*R*-феніл)-1,3,5-триазин-2-амінів щодо вірусу Такарібе оцінено у Скринінговому центрі Південного науково-дослідного інституту (Бірмінгем, Алабама, США).

Сполука	Структура	SI
6a	3,5-(CH ₃) ₂	12.6
6b	3,4-(CH ₃) ₂	8.7
6c	4-C ₂ H ₅	16
6d	4-OCH ₃	10.8

Аналіз одержаних даних свідчить, що сполуки **6a** і **6d** виявляють високу активність щодо вірусу Такарібе, що обґрунтовує доцільність їх подальшого поглибленого фармакологічного та біологічного дослідження з метою встановлення механізмів протівірусної дії, оптимізації структури та створення на основі 4,6-*bis*(піролідин-1-іл)-*N*-(*R*-феніл)-1,3,5-триазин-2-амінів перспективних кандидатів у нові протівірусні лікарські засоби.

Розробка методики кількісного визначення

АФІ фуросемід у таблетках

Цілина І. В., Рева Т. Д.

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

iw.tsilyna@gmail.com, revatd@ukr.net

Діуретиками називають сечогінні лікарські засоби, механізм дії яких полягає у покращенні видільної функції нирок, препарати використовуються при лікуванні гіпертонічної хвороби, набряків, нецукрового діабету, отруєннях тощо. Метою нашого дослідження була розробка та апробація кількісного УФ – спектрофотометричного визначення АФІ фуросемід у таблетках.

При аналізі чисельних публікацій у фахових виданнях та нормативних статей (у Європейській та Британській фармакопеях, у фармакопеї Сполучених Штатів Америки) щодо кількісного визначення діуретиків нами було визначено, що переважна кількість методик базується на різноманітних інструментальних методах, особливо на високоефективній рідинній хроматографії (ВЕРХ). Але хотілося б відмітити наукові здобутки вчених (Alfred-Ugbenbo, D., Zdoryk, O. A., & Georgiyants, V. A. (2017). Валідація методики кількісного визначення фуросеміду в екстемпорально виготовленому сиропі. *Медична та клінічна хімія*, (2), 5–11. <https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2017.v0.i2.7859>), які запропонували кількісно визначати фуросемід методом УФ – спектрофотометрії. Враховуючи результати та висновки вищезгаданого дослідження, ми розробили та провели кількісне визначення величини абсорбції фуросеміду при 271 нм за методом градуювального графіка. Об'єктами дослідження ми обрали таблетки вітчизняного виробника, до складу яких входить фуросемід, розчинником обрали розчин лугу. Градувальний графік будували для стандартних розведених розчинів фуросеміду (готували зі стандартного фармакопейного зразка) у межах концентрацій 0,0001%-0,001%, розчини готували стандартними методиками приготування розчинів. При статистичній обробці результатів було з'ясовано, що відносна похибка середнього значення не перебільшувала 2,0%, що відповідає вимогам ДФУ.

**Застосування неіонної поверхнево-активної сполуки
для збереженості цілісності еритроцитів
при постгіпертонічному шоці**

Чабаненко О. О., Єршова Н. А., Шпакова Н. М.

Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України, м. Харків, Україна
chabanenkoolena@gmail.com

Забезпечення лікувальних закладів компонентами крові значною мірою залежить від ефективності методів кріоконсервування. Одним із критичних етапів цього процесу є відтаювання, під час якого еритроцити піддаються дії різкої зміни осмотичних умов. Для вивчення впливу факторів, що реалізуються на клітинному рівні під час відтаювання, використовується модель постгіпертонічного шоку (ПГШ). Пошук речовин, здатних стабілізувати мембрану і знижувати рівень постгіпертонічного гемолізу (ПГГ) еритроцитів за цих умов, є пріоритетним завданням. Особливий інтерес викликають неіонні поверхнево-активні сполуки, зокрема децил- β ,D-глюкопіранозид (ДГП), механізм дії яких за умов ПГШ наразі залишається недостатньо з'ясованим.

Мета роботи – дослідити вплив різних концентрацій децил- β ,D-глюкопіранозиду на розвиток постгіпертонічного гемолізу еритроцитів людини за температур 0 та 37°C, а також оцінити термічну стійкість клітин після дії постгіпертонічного шоку.

Постгіпертонічний шок здійснювали шляхом перенесення еритроцитів із середовища дегідратації (1,65 моль/л NaCl, 20 хв) у середовище регідратації (0,15 моль/л NaCl, 5 хв) за 37 і 0°C. Концентрацію ДГП варіювали в широкому діапазоні. Рівень гемолізу еритроцитів визначали спектрофотометричним методом ($\lambda=543$ нм). Термостабільність клітин, що збереглися після сумісної дії ДГП і ПГШ (0°C), оцінювали шляхом витримування суспензії еритроцитів протягом 30хв у температурному діапазоні 0–37°C.

Дослідження впливу неіонного ДГП у різних концентраціях на рівень ПГГ еритроцитів показало, що за температури 0°C ДГП проявляє виражений захисний ефект. Аналіз концентраційної залежності рівня ПГГ еритроцитів від вмісту ДГП у середовищі регідратації, отриманої за температури 0°C, засвідчив наявність плато в діапазоні концентрацій 400–1600 мкмоль/л. Ефективну концентрацію, що відповідає середині плато, визначено на рівні 1000 мкмоль/л, при цьому максимальна антигемолітична активність становила близько 60%. Натомість за температури 37°C застосування ДГП у концентраціях 800 мкмоль/л і вище супроводжувалося зростанням ушкодження еритроцитів у 1,5 раза порівняно з контрольними значеннями за відсутності речовини.

Для оцінки термічної стійкості еритроцитів, що збереглися після сумісної дії ДГП і ПГШ (0°C), ДГП застосовували у двох концентраціях: 200 мкмоль/л, що забезпечує близько 50% антигемолітичного ефекту, та 600 мкмоль/л, яка відповідає максимальному (100%) захисному ефекту. Показано, що за використання ДГП у концентрації 600 мкмоль/л рівень ПГГ еритроцитів залишався стабільним при підвищенні температури до 10, 20 та 30°C, тоді як нагрівання до 37°C призводило до різкого зростання гемолізу клітин (до ~90 %). Водночас за застосування ДГП у концентрації 200 мкмоль/л рівень ПГГ еритроцитів залишався низьким і не перевищував 15% у всьому досліджуваному температурному діапазоні.

Встановлено, що дія неіонного ДГП має виражений температурно-концентраційний характер. Низькі концентрації ДГП забезпечують адаптивну гнучкість мембрани еритроцитів, за якої клітини зберігають стійкість до осмотичного стресу без втрати структурної цілісності при підвищенні температури. Таким чином, використання ДГП у низьких концентраціях є перспективним підходом, оскільки дозволяє мінімізувати втрати клітин не лише на етапі відтаювання, а й під час подальшого відновлення фізіологічної температури.

Екологічна роль біопрепаратів у формуванні стійкості агроекосистем за кліматичної нестабільності

Чайка Т. О., Лотиш І. І.

ВСП «Аграрно-економічний фаховий коледж ПДАУ», м. Полтава, Україна

chayka_ta@ukr.net

Сучасні агроекосистеми зазнають зростаючого впливу кліматичної нестабільності, що проявляється у поєднанні холодної весни, високих температур і дефіциту вологи у літній період, різких гідротермічних коливаннях. Такі умови істотно порушують фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, знижують їх адаптивний потенціал і негативно впливають на екологічну стійкість агроекосистем у цілому. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває використання екологічно безпечних біотехнологічних рішень (методів органічного землеробства, біологічних препаратів тощо), здатних стабілізувати функціонування агроекосистем без посилення хімічного навантаження.

Важливу екологічну роль у формуванні стійкості агроекосистем за кліматичної нестабільності відіграють біопрепарати різної природи, зокрема мікробіологічні, мікоризні, фітогормональні, гумінові й їх комплексні поєднання. Їх застосування сприяє підвищенню адаптивних можливостей рослин за рахунок оптимізації водного режиму, зниження інтенсивності окисного стресу та регуляції фізіолого-біохімічних процесів. Окремі екологічні ефекти дії біопрепаратів (мікробіологічні – Мікофренд і Profix, фітогормональний – Віолар) на прикладі вирощування сої методами органічного землеробства наведено в табл. 1.

Застосування біопрепаратів, особливо в комбінованих схемах, сприяє підвищенню фотосинтетичної активності рослин, що проявляється у зростанні вмісту Chl (a+b) та збільшенні площі листової поверхні. За показниками стресового стану (пролін, малоновий діальдегід) встановлено формування більш збалансованої антистресової відповіді, що свідчить про зниження

інтенсивності окисного стресу за умов кліматичної нестабільності. Зміни водного та гормонального статусу рослин (відносний вміст води, продихова провідність, абсцизова кислота) вказують на покращення регуляції транспірації та газообміну, що забезпечує стабільність функціонування агроєкосистем за дії абіотичних стресів.

Таблиця 1. Екологічні ефекти застосування біопрепаратів, що формують стійкість агроєкосистем за кліматичної нестабільності (на прикладі вирощування сої в Полтавській області, 2022–2024 рр.)

Варіант обробки	Chl (a+b), мг/г	ПЛП, тис. м²/га	Урожайність, т/га	Пролін, мг/г	МДА, мг/г	АБК, нмоль/г	ВВВ, %	ПП, моль/м²·с
Контроль	3,00	22,68	2,19	5,80	12,17	7,27	72,9	0,26
Profix	3,41	25,72	2,48	7,07	9,33	6,60	80,2	0,31
Віолар	3,29	27,05	2,65	7,93	7,53	5,83	85,4	0,33
Мікофренд	3,31	25,53	2,72	6,33	10,30	6,03	79,4	0,31
Profix + Віолар	3,80	26,63	2,85	8,53	7,53	5,53	86,9	0,37
Мікофренд + Profix	3,70	27,33	2,94	6,80	8,93	5,50	85,9	0,35
Мікофренд + Віолар	3,79	27,66	3,05	7,00	6,93	5,00	87,8	0,38
Мікофренд + Profix + Віолар	4,12	29,24	3,23	7,27	7,17	4,63	93,0	0,44

Примітки: дані усереднені за 2022–2024 рр.; ПЛП – площа листової поверхні; МДА – малоновий діальдегід; АБК – абсцизова кислота; ВВВ – відносний вміст води; ПП – продихова провідність.

Практичне значення біопрепаратів полягає у здатності зменшувати негативний вплив абіотичних стресів і підтримувати стабільність життєдіяльності рослин і функціонування агроєкосистем у різних ґрунтово-кліматичних умовах (рис. 1). Використання мікробіологічних і мікоризних препаратів забезпечує формування більш стійких рослинно-мікробних взаємодій у ґрунті, підвищує біологічну активність ґрунтового середовища та сприяє раціональному використанню природних ресурсів. Застосування гумінових і фітогормональних препаратів додатково посилює адаптивні реакції рослин на температурні та водні стреси.

Екологічна роль біопрепаратів проявляється не лише на рівні окремих рослин, а й на рівні агроєкосистем у цілому, зокрема через зниження антропогенного навантаження, стабілізацію ґрунтово-біологічних процесів і підтримання екологічної рівноваги. Це особливо важливо для екологічно

орієнтованих та органічних систем землеробства, де застосування біопрепаратів виступає базисним елементом технологій вирощування.

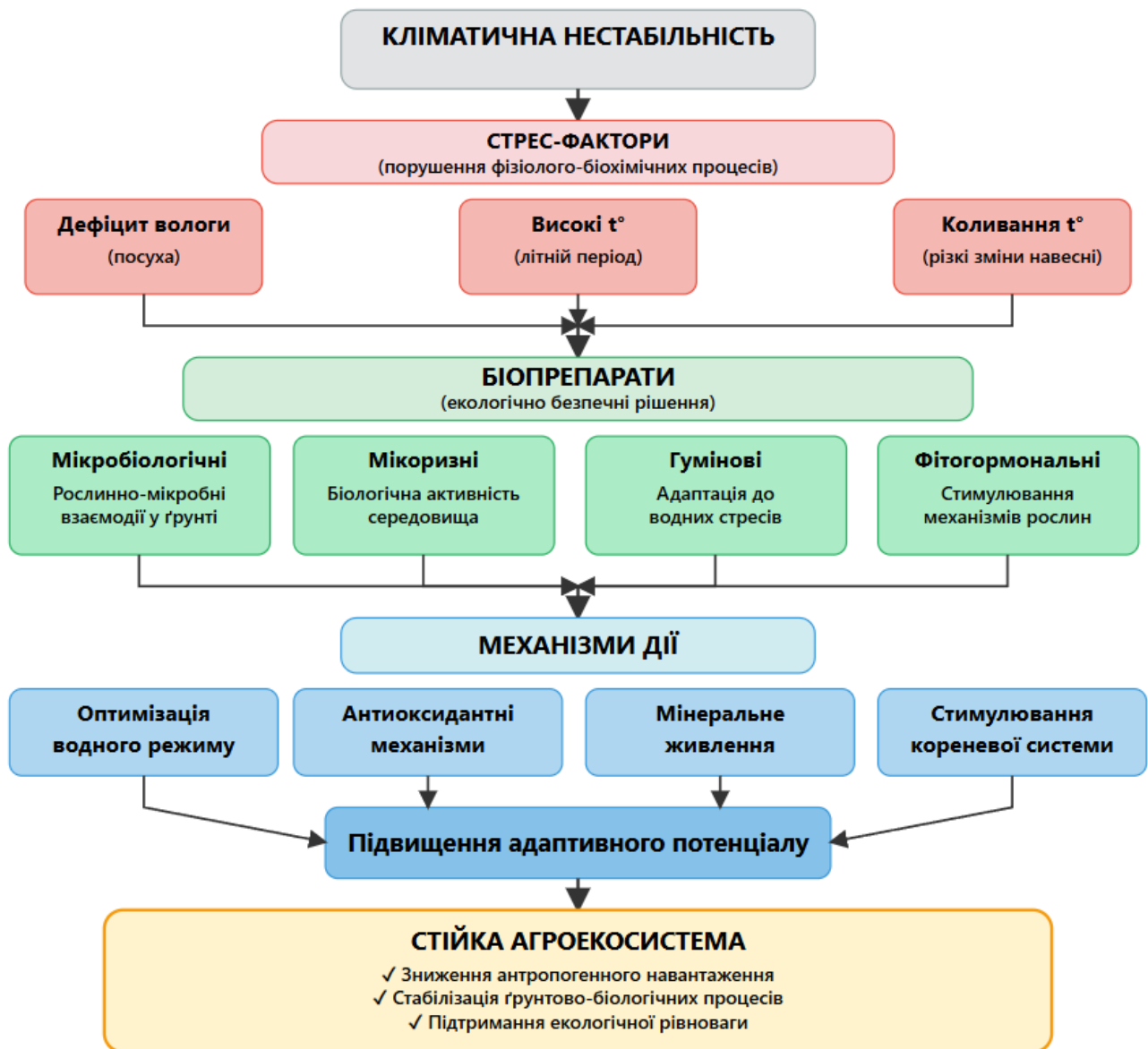


Рис. 1. Екологічна роль біопрепаратів у формуванні стійкості агроєкосистем.

Узагальнення результатів досліджень свідчить, що біопрепарати можуть розглядатися як ефективний інструмент екологічної біотехнології, спрямований на формування стійких агроєкосистем за умов кліматичної нестабільності та забезпечення стабільності аграрного виробництва в довгостроковій перспективі.

Біоремедіація повітря: сучасні біотехнології

очищення атмосферних викидів

Чернишова Б. С., Пилипенко Д. М.

Кафедра біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів біотехнології,

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

pdmforwork@btu.kharkiv.ua

Біоремедіація повітря – це екологічний метод очищення атмосфери, що ґрунтується на використанні мікроорганізмів, грибів і рослин, здатних розкладати або поглинати шкідливі речовини. Забруднювачами повітря найчастіше є тверді частинки, оксиди азоту та сірки, озон і леткі органічні сполуки (ЛОС), які негативно впливають на здоров'я людей та стан екосистем. Мета біоремедіації полягає у перетворенні токсичних забруднювачів на безпечні продукти, зниженні концентрації шкідливих речовин у газових потоках та мінімізації ризиків для здоров'я. На відміну від фізико-хімічних методів, біотехнології є економічнішими, менш енергоємними та не створюють вторинних забруднень .

Біологічні системи очищення застосовують для видалення таких речовин, як бензол, толуол, ксилол, стирол, сірководень, аміак та інші промислові викиди. Мікроорганізми використовують ці сполуки як джерело живлення, перетворюючи їх на воду, вуглекислий газ або біомасу. Крім того, біоремедіація дає змогу перетворити стійкі та важкорозкладні сполуки на придатні для подальшого окиснення форми. Основні групи забруднювачів, які ефективно видаляються біологічними методами, включають: ЛОС (бензол, толуол, ксилол, стирол, спирти, кетони, альдегіди, ефіри, гексан, пропілен, етилен), сполуки сірки (сірководень, меркаптани, диметилсульфід, диметилдисульфід), азотвмісні гази (аміак, аміни).

Ключовими об'єктами біоремедіації є мікроорганізми, здатні утворювати біоплівки на поверхні носія в біофільтрах. Бактерії добре розкладають водорозчинні ЛОС, наприклад спирти, та забезпечують стабільну роботу

системи. У разі одночасної присутності кількох забруднювачів можливе субстратне інгібування, коли один компонент уповільнює розкладання іншого.

Високою ефективністю характеризуються грибові біофільтри, у складі яких використовують види *Exophiala*, *Cladosporium*, *Phanerochaete*, *Chrysosporium*. Гриби краще поглинають гідрофобні ароматичні сполуки (толуол, ксилол), адже їхня клітинна стінка забезпечує ефективніший масообмін із неполярними речовинами. У багатьох дослідженнях грибові системи демонстрували вищу продуктивність порівняно з бактеріальними.

Перспективним напрямом біоремедіації є електрохімічні біофільтри, у яких подача електричного струму підвищує швидкість окиснення ЛОС, зменшує накопичення біомаси та змінює структуру мікробного співтовариства. Такі системи добре видаляють толуол, н-гексан, стилен та інші складні органічні сполуки. Додаткове утворення активних форм кисню (перекис водню, супероксиди) посилює окиснення забруднювачів.

Для підвищення ефективності біоремедіації використовують поверхнево-активні речовини, які збільшують доступність гідрофобних забруднювачів, спеціалізовані носії для біоплівки та адаптовані мікробні консорціуми. Рослини також можуть брати участь у фітоочищенні, особливо в приміщеннях, однак їхня ефективність значно нижча, ніж у мікробних системах.

Практика доводить високу результативність біофільтрів, вони здатні досягати продуктивності понад 100 г/(м³·год), що робить їх придатними для очищення промислових викидів. Успіх технології залежить від правильно підбраного мікробного консорціуму та стабільності умов середовища – вологості, температури, рН і подачі повітря.

Отже, біоремедіація повітря – це ефективний, стійкий і економічно вигідний метод зниження атмосферного забруднення. Грибові, бактеріальні та електрохімічні біофільтри дозволяють видаляти широкий спектр токсичних речовин, а подальший розвиток технології пов'язаний з удосконаленням біоплівки і поєднанням біологічних і фізико-хімічних процесів.

Використання меротерпеноїдів у фармацевтичній та медичній біотехнології

Чертова О. М., Белінська А. П.

Кафедра біотехнології, біофізики та аналітичної хімії, Національний технічний
університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

Olha.Chertova@ihti.khpi.edu.ua

Використання меротерпеноїдів у сучасній фармацевтичній та медичній біотехнології є одним із найбільш перспективних напрямків досліджень завдяки їхній унікальній гібридній структурі. Ці вторинні метаболіти поєднують у собі терпеноїдний фрагмент із нетерпеновими структурами, найчастіше полікетидного походження. Подібна специфіка біосинтетичного походження зумовлює надзвичайно широкий спектр біологічної активності, що робить меротерпеноїди цінними об'єктами для розробки нових терапевтичних агентів. Сучасні біотехнологічні підходи дозволяють виділяти ці сполуки з різноманітних природних джерел, зокрема з мікроміцетів, морських гідробіонтів та вищих рослин, що значно розширює перелік доступних для вивчення молекулярних структур.

Особлива роль у медичній біотехнології відведена меротерпеноїдам грибного походження. Дослідження штамів родів *Aspergillus* та *Penicillium* підтверджують їхню здатність синтезувати молекули, що виступають ефективними інгібіторами ферменту BACE1 та ацетилхолінестерази. Дана властивість має критичне значення для створення препаратів для лікування хвороби Альцгеймера, оскільки такі сполуки здатні уповільнювати нейродегенеративні процеси. Крім того, значний потенціал мають метаболіти грибів роду *Ganoderma*, які демонструють нефропротекторну дію, пригнічуючи розвиток фіброзу в епітеліальних клітинах нирок. Це відкриває перспективи для впровадження біотехнологічних засобів у терапію хронічних патологій видільної системи.

Біотехнологія також використовує морських організмів, які забезпечують вагомий внесок у пошук нових меротерпеноїдів з унікальними властивостями. Морські губки, зокрема вид *Dactylospongia elegans*, та певні види водоростей є джерелами цитотоксичних агентів, що виявляють високу селективність щодо ліній клітин раку легень, підшлункової залози та печінки. Окремі морські меротерпеноїди, такі як напірадіоміцини, індукують апоптоз у малігнізованих клітинах, що робить їх стратегічно важливими для онкологічної практики. Поряд із протипухлинною активністю, морські меротерпеноїди, зокрема похідні АСТГ-токсинів, мають виражені протизапальні властивості, підтверджені на моделях трансфікованих макрофагів, що дозволяє розглядати їх як основу для розробки протизапальних засобів нового покоління.

У галузі рослинної біотехнології меротерпеноїди, виділені з таких видів, як *Psidium guajava* та *Eucalyptus robusta*, демонструють значущі результати. Сполуки на основі флороглюцинолу не лише проявляють цитотоксичність, а й здатні блокувати активність топоізомерази, що є ключовим механізмом припинення проліферації пухлинних клітин. Ряд цих молекул за показниками ефективності перевершує класичні хіміотерапевтичні засоби, маючи при цьому природне походження. Додатково зафіксовано противірусну дію меротерпеноїдів, зокрема щодо герпесвірусів, що вказує на можливість їхнього застосування у терапії вірус-асоційованих патологій.

Актуальним аспектом біотехнології залишається не лише ідентифікація, а й оптимізація методів отримання цих сполук. Через низьку природну концентрацію меротерпеноїдів застосовуються методи генетичної інженерії для активації криптичних генних кластерів у продуцентів. Наприклад, overвираження глобальних регуляторів вторинного метаболізму дозволяє отримувати нові структурні аналоги відомих токсинів із покращеними біологічними характеристиками. Розвиток біоміметичного синтезу, що імітує природні метаболічні шляхи, також забезпечує можливість отримання складних поліциклічних систем у лабораторних масштабах.

Перспективи розвитку сучасних вакцин проти гепатиту В

Чеснюк К. О., Бєлих І. А.

Кафедра біотехнології, біофізики та аналітичної хімії, Національний технічний
університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна
chesniukkatya@gmail.com

Мета роботи – аналітичний огляд літератури щодо створення нових поколінь вакцин проти гепатиту В.

Гепатит В – інфекційне захворювання печінки, спричинене вірусом гепатиту В (HBV), що перебігає у гострій або хронічній формі. Хронічний перебіг призводить до цирозу печінки та гепатоцелюлярної карциноми. HBV-інфекція є глобальною проблемою охорони здоров'я: у світі інфіковано близько 2 млрд осіб, щороку реєструється 1,5 млн нових випадків, хронічне носійство – майже у 300 млн. Щорічна смертність становить 820 тис. осіб (~ 2 смерті щохвилини), попри наявність ефективної вакцини.

Перші спроби створення вакцини розпочалися у 1968 р. (Б. Блумберг, І. Міллман) на основі поверхневого антигену (HBsAg). Складність полягала в неможливості культивування вірусу *in vitro*, тому HBsAg виділяли та очищали з плазми носіїв. Клінічні випробування плазмової вакцини розпочато у 1978 р., у 1981 р. вона була схвалена у США (Heptavax-B). Попри доведену безпеку, громадськість побоювалася потенційного ризику передачі кров'яних патогенів, що стимулювало розробку рекомбінантних вакцин.

Сучасні рекомбінантні вакцини отримують за допомогою дріжджів-продуцентів (*Saccharomyces cerevisiae*, *Hansenula polymorpha*). Вони містять лише S-субодиницю HBsAg, є безпечними та ефективними. Однак охоплення вакцинацією серед груп ризику становить менше 20%, а у близько 10% вакцинованих не виробляється захисний рівень антитіл. До груп ризику належать особи похилого віку, з ожирінням, нирковою недостатністю, цукровим діабетом, целиакією, хронічними захворюваннями печінки, запальними станами, онкопатологіями, а також ті, хто отримує імуносупресивну терапію або має генетично обумовлену резистентність.

Для осіб, несприйнятливих до вакцин другого покоління, ефективними є вакцини, отримані у клітинах CHO (китайських хом'ячків), що містять усі три форми поверхневого білка (S, M, L). Вони характеризуються високою імуногенністю. У клінічній практиці описано випадок успішної імунізації пацієнтки після трансплантації печінки з приводу фульмінантного гепатиту В. Незважаючи на наявність алелів DRB1*03/DQB1*02 (асоційованих із відсутністю відповіді на вакцинацію) та ожиріння (ІМТ 36,8 кг/м²), застосування вакцини Sci-B-Vac (містить S, M, L HBsAg) за схемою 0-1-3-5-7 тижнів дозволило досягти титру анти-HBs 1179 МО/л, зі збереженням захисного рівня понад 700 МО/л через 6 місяців.

Після введення вакцини третього покоління (Sci-B-Vac, містить SHBs, MHBs, LHBs) за схемою 0-1-3-5-7 тижнів, титр анти-HBs досяг 1179 МО/л, а проліферація HBV-специфічних лімфоцитів зросла (індекс стимуляції 8,7). Захист зберігався 6 місяців (антитіла >700 МО/л), що підтверджує ефективність повнорозмірного HBsAg у складних випадках.

Успіх пероральної поліомієлітної вакцини дав поштовх для досліджень їстівних вакцин, зокрема і їстівної вакцини проти гепатиту В (Thanavala Y.). Такий «needle-free» підхід дозволяє провести профілактичні заходи при малих затратах, що особливо важливо для більш бідних регіонів.

Проводяться розробки трансгенних рослин, що експресують HBsAg. Так, паралельні дослідження показали, що поверхневий антиген гепатиту В (HBsAg) може бути експресований у рослинах, і він був імуногенним при частковому очищенні та ін'єкції мишам. Більш того, коли мишей годували трансгенними бульбами картоплі, що експресують HBsAg, були викликані як первинні, так і бустерні реакції сироваткових антитіл. Ці комбіновані експерименти продемонстрували, що рослини можуть експресувати, згортати, збирати та обробляти чужорідні антигени, може стати альтернативою для пацієнтів з низькою відповіддю на традиційні вакцини, зокрема в регіонах з обмеженим доступом до ін'єкційних препаратів.

Екологічні проблеми у конярстві

Чехічин А. В., Ткачова І. В.

Інститут тваринництва НААН України, м. Харків, Україна

andrej.cheh1982@gmail.com

Екологічні проблеми в конярстві включають втрату середовища існування через землекористування, дефіцит води та забруднення відходами, а також викиди парникових газів від гною та транспорту. Зміна клімату посилює ці проблеми, призводячи до зниження якості кормів, збільшення кількості респіраторних захворювань та проблем, пов'язаних з погодними умовами, такими як посуха та бруд. Галузь також стикається з проблемами генетичного різноманіття деяких порід та потенційними проблемами щодо добробуту тварин через інтенсивні методи розведення.

Гіпогенний вплив на біотоп залежить від технології утримання. Табунна система утримання коней найбільш шкідлива для біотопу, втім вона і найменш розповсюджена через значну розораність землі. Розведення коней у кінних заводах вимагає значних земельних площ для пасовищ та інфраструктури, що може призвести до фрагментації біотопу і, в деяких випадках, до конкуренції за землю з іншими видами використання.

Однією з екологічних проблем конярства є забруднення травостою каловими масами, яке досягає 15% площі пасовищ. Спостереження показують, що коні уникають споживати рослини, що вирости в місцях, забруднених гноєм. Крім того, в цьому травостої інтенсивно розвиваються бур'яни. Розгрібання гною на пасовищах здійснюють не рідше, ніж двічі за літо – після другого чи третього циклів випасання та в кінці пасовищного періоду спеціальними пасовищними боролами або важкими боролами з повернутими догори зуб'ями. Кінський гній, якщо його не переробляти належним чином, може також забруднювати джерела води та сприяти викидам парникових газів, таких як метан (CH₄).

Разом із тим, коні, як нежуйні моногастричні тварини, характеризуються відносно низькими викидами парникових газів, адже в їхній травній системі значно менше процесів ферментації з утворенням метану. Викиди метану тісно пов'язані зі споживанням сирової клітковини – середні викиди енергії метану складають 0,002 МДж МЕ/г сирової клітковини. Відтак, коефіцієнт емісії метану від внутрішньої ферментації коня становить 18 кг CH_4 /гол./рік. Враховуючи середньорічну кількість коней різних порід і типів в Україні на рівні 200 тис. гол. викиди метану від внутрішньої ферментації коней складають 3,6 тис. т на рік. Коефіцієнт емісії метану від систем збирання, збереження та утилізації гною коней складає 0,31 тис. т на рік. Отже, загальний рівень емісії метану від конярства становить 4,20 тис. тон на рік, а в CO_2 -еквіваленті – 88,20 тис. тон на рік. Прямі викиди N_2O від збирання та зберігання гною усього поголів'я коней складають приблизно 7162,0 тис. т на рік.

Питання утилізації кінського гною може бути вирішене за наступними напрямками:

- переробка на органічне добриво, адже він здатний поліпшувати якість ґрунту різних типів, при внесенні його до легкого ґрунту, він утримує в ньому вологу, а важкий і щільний ґрунт робить легшим і більш рихлим;

- переробка на органічне паливо – сучасні технології термопереробки біомаси, що складається з кінського гною і підстилкового матеріалу спрямовані у трьох напрямках: виробництво біогазу, спалювання сирової біомаси, виробництво пелет, брикетів або гранул, що можуть використовуватись і як звичайне паливо, і як добриво, зола, що залишається, є також цінним добривом для ґрунту;

- використання для мульчування ґрунту - кінський гній є засобом для мульчування, адже при зволоженні працює як добриво, попереджує пересихання ґрунту, захищає від проростання бур'янів.

Зміни клімату прямо впливають на біотоп і біоценози, у тому числі коней – створюють такі проблеми, як посухи, що впливають на виробництво кормів, і надмірна спека, яка може посилити респіраторні проблеми у коней. Останніми роками спостерігається збільшення частоти хронічних респіраторних

захворювань у коней через зміну клімату. Літній період стає все більш посушливим з появою екстремальних явищ, тоді як зима стає все більш помірною. Спекотні періоди шкідливі для здоров'я тварин, а посушливі періоди особливо шкідливі для виробництва кормів (Lindinger & Waller, 2022). Крім того, виробництво кормів та інші види діяльності, що залежать від клімату, також зазнають негативного впливу через зміни клімату, що потребує обиравання більш стійких до посухи кормових культур. Зміна клімату також змінює біотопи через розповсюдження інвазивних рослин та шкідливих комах.

Таким чином конярство являє собою складну галузь, яка стикається з численними екологічними проблемами. Здоров'я коней особливо чутливе до змін клімату, а посушливі періоди можуть порушити виробництво кормів. З розвитком суспільства та технологій, а також поширенням практичних знань конярство має адаптуватися до нових викликів і розробляти стратегії, які можна постійно змінювати. Успішне вирішення екологічних проблем у конярстві вимагає цілого ряду різних знань і навичок. Зрештою, успіх галузі конярства залежатиме від здатності конярів впроваджувати сучасні технології ведення галузі та адаптуватися до наслідків зміни клімату, розробляти інноваційні стратегії, які дозволять галузі розвиватися в умовах, що швидко змінюються.

Використання заквасок з чистих культур мікроорганізмів у промислових умовах

Чиж В. М., Гетьман І. А., Науменко О. В.

Відділ технологій хліба та біотрансформації зернових продуктів,
Інститут продовольчих ресурсів НААН України, м. Київ, Україна
ovnaumenko1@gmail.com

Використання хлібопекарських заквасок на чистих культурах мікроорганізмів є сучасним біотехнологічним способом тістоприготування. Вони мають вищі показники якості, порівняно зі спонтанними заквасками за рахунок спеціально селекціонованої мікробіоти, здатної до функціонування у водно-борошняній системі та пригнічення діяльності сторонніх

мікроорганізмів. Основна функція використання заквасок у технології пшеничного хліба – антимікробна та фунгіцидна, тобто забезпечення мікробіологічної чистоти як щодо пліснявіння, так і в боротьбі з картопляною паличкою, особливо в літній період. Також до ключових переваг використання заквасок відноситься прискорення дозрівання тіста та подовження тривалості свіжості хліба. Для пшеничного хліба нормована кислотність складає не вище 4,0 град. Тому, дозування закваски в таких технологіях є обмеженим, порівняно із способами приготування житнього тіста. Дозування молочнокислих пшеничних заквасок здебільшого залежить від способу приготування тіста: 4-5% до маси борошна, якщо вона вноситься в опару; 6-8% до маси борошна, якщо вона вноситься в тісто та 8-10% до маси борошна при безопарному прискореному способі приготування тіста.

В Україні практично відсутня вітчизняна селекція хлібопекарської мікробіоти, тому дослідження щодо пошуку та селекції вітчизняних чистих культур мікроорганізмів, як аналогів закордонним, є актуальними.

У відділі технологій хліба та біотрансформації зернових продуктів Інституту продовольчих ресурсів НААН було проведено селекційний пошук та відібрано зі спонтанних заквасок біологічно активні штами молочнокислих бактерій видів *Lactobacillus plantarum*, *L. ramnosus*, *L. fermentum* та *L. brevis*. З них сформована бактеріальна композиція «Біолайт», розроблено та затверджено Інструкцію з приготування пшеничної закваски ІУ 00419880.01:2023. На підставі результатів апробації композиції «Біолайт» для приготування пшеничної закваски та виготовлення з її використанням пшеничного хліба у промислових умовах встановлено її технологічну придатність та ефективність, що дозволило рекомендувати її до промислового впровадження. Так, на підприємстві ПСК Словечанська хлібопекарня Житомирської області було впроваджено бактеріальну композицію «Біолайт» для приготування пшеничної закваски у виробництві пшеничного формового хліба безопарним способом. Згідно розробленої технологічної інструкції закваску додавали в кількості 15% до маси борошна, при цьому зростання

кислотності хліба було в межах нормативних значень. Це доводить ефективний підбір складу мікробіоти та накопичену нею кислотність готової закваски в межах 16-18 град, що дає можливість збільшувати дозування закваски в рецептуру хліба, тим самим покращуючи його споживчі характеристики. Дослідження щодо селекції чистих культур мікроорганізмів різних таксономічних груп будуть продовжені, зокрема, в бік пошуку нетрадиційних поживних середовищ для розведення заквасок та розробки технологій хлібобулочних виробів з їх використанням.

Банк рослин *in vitro* як інструмент довготривалого депонування

Чорнобров О. Ю.

Науково-дослідна лабораторія біотехнології рослин ВП НУБіП України

«Боярська лісова дослідна станція», м. Боярка, Київська обл., Україна

o_chornobrov@nubip.edu.ua

Для довготривалого депонування використовують різноманітні методики інноваційного спрямування. Зокрема у НДЛ Біотехнології рослин створено банк рослин *in vitro*, який містить: лісотвірні (лісовідновлення); декоративні (озеленення населених пунктів та жилих приміщень); швидкорослі (плантації, біоенергетика); рідкісні та зникаючі; ягідні рослини (рис. 1).

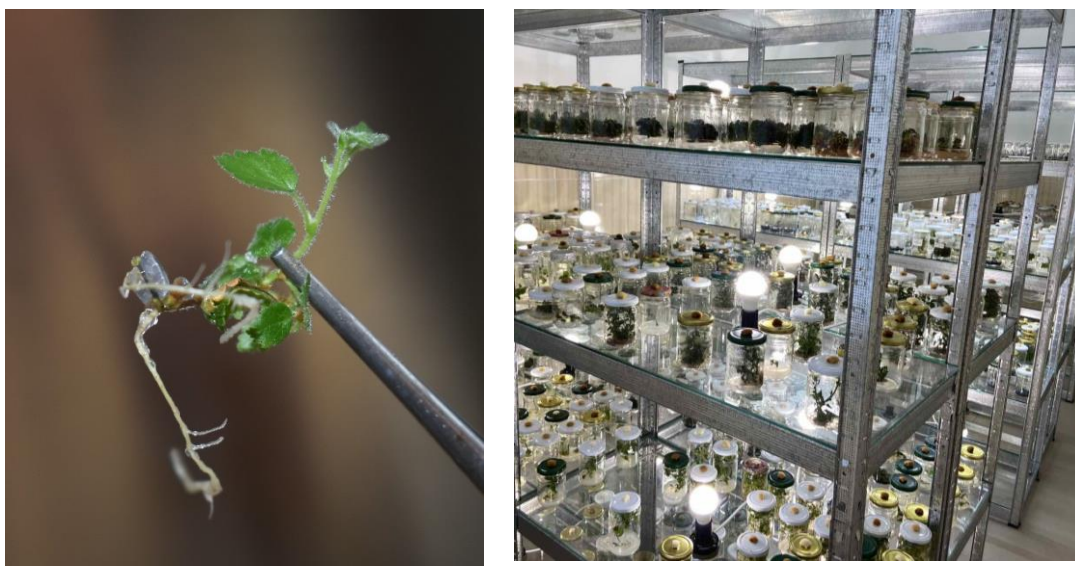


Рис. 1. Банк рослин *in vitro* у НДЛ Біотехнології рослин ВП НУБіП України «Боярська ЛДС»

Для досліджень використовували: *Quercus robur* L., *Betula pendula* × *Betula pubescens*, *Tilia platyphyllos* Scop., *Acer platanooides* L., *Salix viminalis* L., *Fagus silvatica* L., *Ulmus laevis* Pall., *Salix retusa* L., *Salix alpine* Scop., *Metasequoia glyptostroboides* Hu & W. C. Cheng тощо. Як ініціальні експлантати застосовували: бруньки, вузли, міжвузля, листові пластинки, меристеми, зародки, насіння тощо. Режим стерилізації добирали індивідуально ураховуючи тип експлантату, його анатомічні особливості, фенофазу й вік рослини-донору та місце ізоляції. Стерилізацію рослинного матеріалу виконували у одному/кількох розчинах хлориду ртуті, гіпохлориду натрію, нітрату срібла, антибіотиків, пероксиду водню. На етапі ініціації, проліферації та ризогенезу рослинний матеріал культивували на базових живильних середовищах за прописом MS (Murashige & Skoog, 1962), WPM (McCown & Lloyd, 1981), DKW (Driver & Kuniyuki, 1984), Lv (Litvay et al., 1981); MM (Miller & Murashige, 1976) у авторській модифікації. Використовували біотехнологічні (культура тканин рослин *in vitro*, калюсна культура, ембріокультура) та статистичні методи досліджень. Рослини *in vitro* культивували за загальноприйнятою методикою (Кунах, 2005; Smith, 2012; Sunghun Park, 2021). Ця публікація містить основні результати досліджень отримані упродовж 2014–2025 рр. у НДЛ Біотехнології рослин ВП НУБіП України «Боярська ЛДС».

Для довготривалого депонування *in vitro* використовуємо мінімальну концентрацію неорганічних макро- і мікросолей та регуляторів росту/їх відсутність. Під час такого збереження у поодиноких екземплярів фіксували: морфологічні аномалії або взагалі експлантат не реагував на склад живильного середовища; зниження проліфераційної активності; швидке старіння; вітрифікацію; окислення тканин та живильного середовища; екзогенне інфікування тканин. Для кожного окремого генотипу використовуємо індивідуальний підхід у розроблені / удосконалені протоколу *in vitro*. Оптимізовано умови культивування і модифіковано живильне середовище для окремого етапу. Здебільшого склад живильного середовища для ініціації, масового розмноження і зберігання відрізняється. Для підтримання у банку

рослин використовуємо метод постійного субкультивування рослин на нове живильне середовище. Цикл культивування залежить від генотипу і складу живильного середовища і в цілому становить від 30 до 80 діб. Для збільшення тривалості культивування рослин *in vitro* використовуємо такі інструменти: 60 мл середовища / 250 мл колбу, зниження інтенсивності освітлення та температури. Ці результати є платформою для подальших досліджень тканин та органів рослин *in vitro*.

**Біотехнологічні методи зменшення техногенного
та воєнного впливу на довкілля Дніпропетровщини
Чорнорот О. Ю.**

Дніпровський політехнічний фаховий коледж, м. Дніпро, Україна
chornorotolya@gmail.com

Дніпропетровська область є одним із найбільш промислово розвинених регіонів України, де зосереджені підприємства гірничо-металургійного комплексу, енергетики та машинобудування. Високий рівень техногенного навантаження протягом десятиліть формував складну екологічну ситуацію, яка значно ускладнилася в умовах повномасштабної війни.

Руйнування промислової інфраструктури, пошкодження об'єктів енергетики, накопичення відходів та забруднення територій продуктами горіння й вибухів призвели до зростання екологічних ризиків для населення та природних екосистем.

У цих умовах особливої актуальності набуває пошук ефективних і безпечних шляхів мінімізації негативного впливу на довкілля. Одним із перспективних напрямів є екологічна біотехнологія, яка базується на використанні біологічних систем, мікроорганізмів і природних процесів для очищення, відновлення та стабілізації навколишнього середовища. Застосування біотехнологічних методів дозволяє поєднати екологічну

доцільність із економічною ефективністю, що є особливо важливим для регіонів, постраждалих від воєнних дій.

Техногенне навантаження на довкілля Дніпропетровщини традиційно пов'язане з видобутком корисних копалин, металургійним виробництвом та утворенням значних обсягів промислових і побутових відходів. Воєнні дії посилили ці проблеми, спричинивши додаткове забруднення ґрунтів важкими металами, нафтопродуктами та токсичними сполуками, а також погіршення якості поверхневих і підземних вод.

Біотехнологічні методи зменшення негативного впливу на довкілля ґрунтуються на використанні природних механізмів самоочищення та біологічного розкладання шкідливих речовин. Одним із таких підходів є біоре mediaція – застосування мікроорганізмів для очищення забруднених ґрунтів і вод. Спеціально підібрані бактерії та гриби здатні розкласти токсичні сполуки, знижуючи їх концентрацію до безпечного рівня.

Важливу роль відіграють також біоенергетичні технології, зокрема біотехнологічна переробка органічних відходів з одержанням біогазу. Цей напрям дозволяє одночасно вирішувати проблему накопичення відходів, зменшувати викиди парникових газів і отримувати відновлюване джерело енергії. У контексті воєнного часу та післявоєнного відновлення біогазові технології можуть стати ефективним інструментом енергетичної та екологічної безпеки регіону.

Крім того, перспективним є використання фіторе mediaції – методу очищення довкілля за допомогою рослин, які здатні накопичувати або нейтралізувати забруднювачі. У поєднанні з мікробіологічними методами цей підхід може бути ефективним для відновлення порушених територій без значного втручання в природні процеси.

Таким чином, екологічна біотехнологія відкриває широкі можливості для зменшення техногенного та воєнного впливу на довкілля Дніпропетровської області, поєднуючи природоохоронні завдання з практичними потребами регіону.

Біотехнологічні методи є перспективним і доцільним інструментом зменшення негативного впливу техногенних та воєнних чинників на довкілля Дніпропетровщини. Їх застосування дозволяє ефективно очищати забруднені ґрунти й водні ресурси, знижувати обсяги відходів та отримувати альтернативні джерела енергії. В умовах воєнного та післявоєнного періоду екологічна біотехнологія може відіграти ключову роль у відновленні екосистем і формуванні сталого розвитку регіону. Подальше впровадження біотехнологічних підходів потребує наукового обґрунтування, підтримки з боку держави та інтеграції у регіональні програми екологічної безпеки.

Різноманіття водоростей – важливих об’єктів біотехнології

Шаповалова О. В.

Кафедра біотехнології Національного фармацевтичного університету,
м. Харків, Україна
shapolga2002@gmail.com

Сучасна біотехнологія активно досліджує та застосовує багато представників світу мікроорганізмів, рослин та тварин з метою отримання важливих для людини продуктів. Окремою групою об’єктів біотехнології є водорості, які за ступенем свого значення займають одне з провідних місць як джерело сировини для фармацевтики, харчової промисловості, мікробіологічних виробництв та багатьох інших галузей господарства.

Метою нашого дослідження є узагальнення відомостей про сучасну систематику та номенклатуру водоростей, що є необхідним для свідомого використання цих організмів, як продуцентів необхідних для людини речовин.

На сьогодні на планеті різноманіття водоростей складає більше 100 тисяч видів, але існує думка, що їх кількість є значно більшою, оскільки дослідники майже щодня описують нових представників, серед яких є навіть викопні знахідки. Найвідомішим джерелом інформації про різноманіття водоростей є

глобальна електронна база даних з альгології –
AlgaeBase (<https://www.algaebase.org/>).

Водорості раніше відносили до нижчих рослин, але сьогодні альгологи визнають, що вони належать до великої гетерогенної поліфілетичної групи, які переважно є фототрофами та мешкають у водному середовищі. Відповідно до сучасної наукової класифікації ця група об'єднує прокаріотичні та еукаріотичні організми. Назви таксономічних категорій водоростей підпорядковуються Міжнародному кодексу номенклатури водоростей, грибів та рослин (ICN), останнє видання якого, відоме як Мадридський кодекс, було опубліковано в 2025 році. Прокаріотні синьо-зелені водорості також підпорядковуються Міжнародному кодексу номенклатури прокаріотів (ICNP). Нижче приведені актуальні дані про сучасну таксономію водоростей найбільш відомих груп, представлену в AlgaeBase.

1. Синьо-зелені водорості належать до імперії прокаріотів (Prokaryota), царства бактерій (Bacteria), підцарства Negibacteria, відділу Cyanobacteriophyta. Об'єднують 6195 визнаних видів.

2. Евгленові водорості належать до імперії еукаріотів Eukaryota, царства Protozoa, відділу Euglenophyta. Відділ об'єднує 2627 видів.

3. Діатомові водорості належать до імперії еукаріотів (Eukariota), царства Chromista, відділу Bacillariophyta, який об'єднує 20830 видів.

4. Бурі водорості належать до імперії еукаріотів (Eukariota), царства Chromista, відділу Heterokontophyta, класу Phaeophyceae. Об'єднують 2159 видів.

5. Зелені водорості належать до імперії еукаріотів (Eukariota), царства рослин (Plantae), відділу Chlorophyta. Відділ об'єднує 8452 види.

6. Харофітові водорості належать до імперії еукаріотів (Eukariota), царства рослин (Plantae), відділу Charophyta. Відділ об'єднує 6201 вид.

7. Червоні водорості належать до імперії еукаріотів (Eukariota), царства рослин (Plantae), відділу Rhodophyta. Відділ об'єднує 7793 види.

В Україні альгофлора налічує більше 5000 видів, що мешкають у прісних і морських водах, ґрунті та повітрі. За статистикою альгофлора України належить до найбільш різноманітних серед країн Європи та становить понад 42% видового складу континентальної та біля 10% загальносвітової флори водоростей. Найбільш численними в Україні за кількістю видів є зелені (Chlorophyta), діатомові (Bacillariophyta) та харофітові (Charophyta) водорості.

Таким чином, водорості представлені дуже різноманітними та численними систематичними групами. Хоча практичний потенціал водоростей застосовується та вивчається людиною з давніх років, на сьогодні вони залишаються найбільш перспективними об'єктами для дослідження у біотехнології, медицині, фармації та інших напрямках діяльності людини. Знання класифікації водоростей допомагає орієнтуватися у різноманітті цих корисних організмів.

Вплив біоплівок на мікробіологічну чистоту та безпеку фармацевтичної продукції

Шгоян М. Х., Дубініна Н. В.

Кафедра біологічної хімії та мікробіології Національного
фармацевтичного університету, м. Харків, Україна
shgoyanmilana@gmail.com

Вступ. У сучасному фармацевтичному виробництві забезпечення мікробіологічної чистоти регулюється вимогами GMP, де особлива увага приділяється запобіганню мікробної контамінації. Одним із найскладніших викликів для стерильності виробництва залишається здатність мікроорганізмів формувати біоплівки — структуровані спільноти, що існують у захисному полімерному матриксі. Первинна контамінація об'єктів середовища патогенами при фармацевтичному виробництві створює пряму загрозу здоров'ю споживачів, що вимагає впровадження жорстких протоколів мікробіологічного контролю якості.

Мета роботи полягає у дослідженні механізмів формування мікробних біоплівочок у фармацевтичному виробництві та оцінки їхнього впливу на мікробіологічну чистоту лікарських засобів, зокрема нестерильних форм, для вдосконалення системи контролю якості згідно з вимогами GMP.

Матеріали та методи дослідження. У роботі застосований системний аналіз сучасних наукових публікацій, фахових баз даних та результатів багаторічних досліджень щодо мікробної контамінації нестерильних лікарських засобів.

Результати дослідження. Процес колонізації мікроорганізмами починається з адгезії клітин до мікроскопічних рельєфних нерівностей виробничих поверхонь. Сформований навколо них біополімерний шар діє як фізико-хімічний щит, що суттєво гальмує дифузію антисептиків.

Аналіз наявних даних підтверджує, що мікроорганізми у складі біоплівочок виявляють у 10–1000 разів вищу резистентність до стандартних концентрацій антибіотиків та дезінфектантів порівняно з планктонними формами. Таку стійкість забезпечує комплекс факторів: «ефект екранування», метаболічна гетерогенність популяції, механізми кворумного сенсингу та наявність клітин-персистерів. Як наслідок, стандартна санітарна обробка часто виявляється неефективною, що підвищує ризик невідповідності продукції вимогам GMP та ставить під загрозу безпеку препаратів.

Особливу увагу слід приділяти нестерильним фармацевтичним препаратам, контамінованим *Burkholderia cepacia*, яка за результатами багаторічних досліджень є найпоширенішим мікробним забруднювачем таких продуктів (до 40% ізолятів). Інші роди, зокрема *Pseudomonas*, *Staphylococcus* та *Enterobacter*, траплялися значно рідше. Зазначені мікроорганізми здатні метаболізувати широкий спектр органічних сполук у лікарських препаратах, що призводить до біодеградації допоміжних речовин у препаратах, утворення токсичних продуктів і, як наслідок — зниження їхньої терапевтичної дії. Впровадження у фармацевтичне виробництво методу ротації дезінфікуючих засобів є критично необхідним для запобігання селекції стійких штамів.

Сучасні стратегії боротьби повинні включати не лише хімічну дезінфекцію, а й використання ферментативних засобів для руйнування позаклітинного матриксу біоплівки.

Таким чином, фармацевтичні підприємства відповідають за мікробіологічний контроль якості продукції та моніторинг усіх етапів виробництва, включно з вибором і контролем сировини. Основними чинниками мікробіологічного забруднення є неналежне очищення, невідповідні системи водопідготовки, відсутність чергування дезінфікуючих засобів та недостатній мікробіологічний контроль.

Висновок. Мікробне забруднення фармацевтичних препаратів, зокрема контамінація мікроорганізмами та утворення біоплівки становить істотну загрозу для їхньої якості й безпеки. Це зумовлює необхідність суворого дотримання вимог GMP та посиленого мікробіологічного контролю на всіх етапах виробництва.

Біосинтезована гіалуронова кислота та поліонуклеотиди як основа сучасних ін'єкційних та топічних препаратів у косметології

Шгоян М. Х., Філіпцова О. В.

Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна
shgoyanmilana@gmail.com

Вступ. Сучасна косметологія дедалі більше інтегрується з фармацевтичною біотехнологією, переходячи від простого маскування дефектів до активної регенерації тканин. Ключовим викликом є розробка біологічно активних речовин (БАР), які мають високу біосумісність та мінімальну імуногенність. Використання методів бактеріальної ферментації для отримання гіалуронової кислоти (ГК) та екстракції високоочищених поліонуклеотидів (PDRN) дозволяє створювати препарати з чітко заданими молекулярними параметрами, що є критичним для безпеки пацієнтів та прогнозованості результату.

Мета дослідження. Проаналізувати ефективність застосування біотехнологічних сполук, а саме гіалуронової кислоти та полінуклеотидів, у відновленні структурної цілісності шкіри, оцінити їхній синергічний вплив на проліферацію фіброблатів та розробити рекомендації щодо їх застосування в терапії вікових змін.

Методи дослідження. Для досягнення мети було використано комплексний підхід, що включає системний аналіз сучасних наукових публікацій, порівняльний моніторинг фізико-хімічних властивостей ГК різної молекулярної маси (отриманої штамами *Streptococcus equi*) та вивчення клінічних кейсів застосування PDRN.

Результати дослідження. Аналіз показав, що комбіноване використання біосинтезованої ГК та PDRN забезпечує значно швидшу регенерацію пошкодженого епідермісу порівняно з монотерапією. Гіалуронова кислота створює оптимальне мікросередовище для клітин, забезпечуючи гідратацію, тоді як полінуклеотиди виступають «будівельним матеріалом», активуючи рецептори A2A, що стимулює синтез колагену та прискорює ангіогенез.

Дослідження підтверджують, що використання низькомолекулярної ГК у топічних засобах покращує проникнення інших активних компонентів, тоді як високомолекулярна ГК створює захисний біобар'єр. У професійних процедурах біоревіталізації застосування очищених біотехнологічних ПДРН дозволяє знизити рівень запальної реакції на 30-40%, що робить ці сполуки незамінними у протоколах реабілітації після агресивних косметологічних втручань.

Окрему увагу було приділено аналізу гіпоалергенності та чистоти біосинтезованих сполук порівняно з компонентами тваринного походження. Встановлено, що завдяки багатоступеневій мембранній фільтрації та відсутності білкових домішок, притаманних сировині природного екстрагування, ризик виникнення відтермінованих набряків та гранульом при використанні біосинтезованої ГК знижується до мінімуму (менше 0,05% випадків). Додавання полінуклеотидів до протоколів лікування пацієнтів із

ознаками фотостаріння продемонструвало стійке покращення показників еластичності шкіри за даними кутометрії вже після другої процедури, що свідчить про глибоку структурну перебудову дермального матриксу.

Висновок. Окрему увагу було приділено аналізу гіпоалергенності та чистоти біосинтезованих сполук порівняно з компонентами тваринного походження. Встановлено, що завдяки багатоступеневій мембранній фільтрації та відсутності білкових домішок, притаманних сировині природного екстрагування, ризик виникнення відтермінованих набряків та гранульом при використанні біосинтезованої ГК знижується до мінімуму (менше 0,05% випадків). Додавання полінуклеотидів до протоколів лікування пацієнтів із ознаками фотостаріння продемонструвало стійке покращення показників еластичності шкіри за даними кутометрії вже після другої процедури, що свідчить про глибоку структурну перебудову дермального матриксу.

Визначення проникності поліетиленових контейнерів для мікроорганізмів на етапі розробки рідких лікарських засобів

Шевченко В. О.

Інститут підвищення кваліфікації спеціалістів фармації
Національного фармацевтичного університету, м. Харків, Україна
SVAVON@ukr.net

Біотехнологія є вагомим і перспективним фактором розвитку світового виробництва, застосовується практично в усіх секторах світової економіки та демонструє значні потенційні можливості. Так, біотехнологія допомагає боротися з хворобами, розвиваючи медицину, забезпечуючи населення планети доступними, життєво необхідними препаратами. Про важливу роль біотехнології у світі свідчать обсяги виробництва продукції біотехнологічного сектору, що постійно збільшуються.

Одним із сучасних напрямків фармацевтичної біотехнології є розробка рідких лікарських засобів у полімерному пакуванні. Вітчизняною фармацевтичною промисловістю натеper не всі ліки виробляються у необхідній лікарській формі, яка є зручною як для застосування пацієнтом, так і для транспортування чи зберігання.

Проте вітчизняними науковцями фармації постійно ведеться робота щодо пошуку, створення чи вдосконалення лікарських засобів, або – нових – необхідних для певного контингенту хворих чи медицини, в цілому, або – вдосконалених – із покращеними споживчими властивостями, посиленими заходами безпеки та ін. Тому пріоритетним завданням науковців має бути не лише винайдення, але й упровадження інновацій у фармацевтичне виробництво.

В межах виконання наукової роботи було вивчено низку актуальних питань розробки, впровадження, зберігання, застосування ліків з рідким дисперсійним середовищем, серед яких визначення проникності поліетиленових контейнерів для мікроорганізмів на етапі розробки рідких лікарських засобів.

Для отримання достовірних результатів при вивченні можливості зберігання розчинів у полімерних контейнерах, останній повинен бути стерильним. Ця необхідність викликана тим, що у нестерильному розчині можуть відбуватися різні мікробіологічні процеси, які приводять до псування розчину. На підставі цього нами було вивчено проникність досліджуваних контейнерів для мікроорганізмів.

Контейнери місткістю 3 мл, 5 мл і 10 мл заповнювали в асептичних умовах стерильною водою для ін'єкцій і герметизували. Проникність для мікроорганізмів визначали за допомогою мікробіологічних випробувань на стерильність згідно вимог ДФУ. Результати досліджень представлені в табл. 1.

Таблиця 1. Дослідження проникності полімерних ампул для мікроорганізмів

№ зразка	Вода д/ін. в ампулах по 3 мл		Вода д/ін. в ампулах по 5 мл		Вода д/ін. в ампулах по 10 мл	
	початкове	2 роки зберігання	початкове	2 роки зберігання	початкове	2 роки зберігання
1	стерильна	стерильна	стерильна	стерильна	стерильна	стерильна
2	стерильна	стерильна	стерильна	стерильна	стерильна	стерильна
3	стерильна	стерильна	стерильна	стерильна	стерильна	стерильна
4	стерильна	стерильна	стерильна	стерильна	стерильна	стерильна
5	стерильна	стерильна	стерильна	стерильна	стерильна	стерильна

Проведені дослідження показали, що вміст контейнерів всіх об'ємів на початку випробування і протягом 2 років зберігання залишався стерильним, що підтвердило відсутність проникності випробуваних зразків для мікроорганізмів.

Оскільки первинна упаковка має велике значення для забезпечення якості рідких лікарських засобів, потрібно приділяти увагу специфічним вимогам при виборі певного виду та матеріалу пакування. Створення та впровадження інновацій у фармацевтичне виробництво рідких лікарських засобів є актуальним, своєчасним, затребуваним з точки зору як виробників, так і споживачів, що дозволяє розширити асортимент вітчизняного фармацевтичного ринку, пропонуючи для споживача зручні у застосуванні якісні лікарські засоби та відповідає стратегічним напрямкам розвитку держави, зокрема фармацевтичної галузі.

У теперішній час проводяться роботи по переведенню генерічних рідких лікарських засобів у полімерну первинну упаковку не тільки з синтетичних активних фармацевтичних субстанцій, а і лікарських засобів розроблених на основі біотехнологій у поліетиленові ампули, якими у даний час та в майбутньому будуть користуються військові медики як на полі бою, так і в військових шпиталях.

**Молекулярна ідентифікація грибів у біологічно-активних
добавках на основі ДНК-баркодингу генів тубуліну**

¹Шуть Т. С., ¹Новожилов Д. О., ²Михайлова Д. М.,

¹Круподьорова Т. А., ¹Пірко Я. В., ¹Блюм Я. Б.

¹Державна установа «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАНУ України»,
м. Київ, Україна

²Київський національний університет ім. Т. Шевченка, Навчально-науковий центр
«Інститут біології та медицини», м. Київ, Україна
timonmone@gmail.com, yarvp1@gmail.com

Біологічно активні добавки, що містять гриби, широко використовуються завдяки їх потенційним терапевтичним властивостям. Водночас зростає проблема контролю якості таких продуктів, зокрема підтвердження їх видового складу та виявлення можливих фальсифікацій. Традиційно для ідентифікації грибів застосовується ДНК-баркодинг на основі внутрішньотранскрибованих спейсерів (ITS-регіон), який визнаний універсальним маркером для грибів (Schoch et al., 2012). Проте ITS-аналіз потребує секвенування, що ускладнює процедуру, збільшує її тривалість і вартість, особливо при дослідженні складних сумішей (Nilsson et al., 2009). У зв'язку з цим актуальним є пошук альтернативних або додаткових підходів для молекулярної ідентифікації грибів. Одним з перспективних підходів може бути аналіз інтронів генів α - β - та γ -тубулінів. Інтронні ділянки генів зазвичай характеризуються значним поліморфізмом довжини та нуклеотидних послідовностей, що дозволяє використовувати їх для диференціації видів без необхідності секвенування. Подібний підхід реалізований у методі tubulin-based polymorphism (TBP), який довів свою ефективність для аналізу генетичної різноманітності у рослин (Bardini et al., 2004). Метою роботи було оцінити можливість використання поліморфізму інтронів генів тубулінів для ідентифікації різних видів грибів.

Було відібрано 30 видів макроміцетів – представників відділу *Basidiomycota*, з яких виділено ДНК. На підставі послідовностей генів α -, β - та γ -тубуліну грибів, доступних у геномних базах даних, здійснено дизайн праймерів для ампліфікації інтронних ділянок цих генів. Ампліфікацію інтронних ділянок генів тубулінів (зокрема генів β -тубуліну) здійснювали методом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) із застосуванням власноруч розроблених праймерів (Новожилов та ін., 2025), спрямованих на консервативні екзонні ділянки, що фланкують інтрони генів тубулінів. Надалі амплікони розділяли методом гел-електрофорезу в 6%-ному поліакриламідному гелі з подальшим фарбуванням фрагментів ДНК нітратом срібла. Отримані електрофоретичні профілі порівнювали між зразками.

У результаті проведених досліджень встановлено, що ампліфікація інтронних ділянок генів тубулінів дозволяє отримати специфічні набори фрагментів, які характерні для різних видів грибів. Це свідчить про наявність поліморфізму довжини інтронів, який може бути використаний як діагностична ознака для їх диференціації без застосування секвенування, що спрощує аналіз і знижує його вартість. Отже ТВР-аналіз сумішей грибних компонентів у складі біодобавок за характерним набором ампліфікованих фрагментів дозволяє виявляти присутність кількох видів одночасно. Це особливо важливо для контролю якості біодобавок на основі грибів, оскільки дає змогу оцінювати відповідність їх складу заявленим компонентам і виявляти можливі домішки або незадекларовані види.

Таким чином, використання поліморфізму інтронів генів тубулінів має перспективу як основа швидкого, відносно простого та економічно ефективного скринінгового методу ідентифікації грибів і контролю якості продукції на їх основі. Водночас для точної ідентифікації близькоспоріднених видів доцільним є додаткове застосування інших молекулярно-генетичних маркерів.

Перспективи застосування біологічно активного комплексу

Regu-age в косметології

Якимів О. В., Когут Н. І.

Кафедра технології ліків та фармакогнозії, ДНТ «Львівський національний медичний
університет ім. Данила Галицького», м. Львів, Україна
olga_yakymiv@ukr.net

Сучасна косметологія переживає справжню революцію завдяки біотехнологічним інноваціям. Новітні розробки дозволяють створювати більш ефективні, безпечні та екологічно чисті засоби догляду за шкірою та волоссям. Біотехнології не лише покращують якість косметичних продуктів, а й надають можливість персоналізованого догляду, що враховує унікальні потреби кожної людини.

Одним із інноваційних продуктів для застосування в косметології є комплекс Regu-age. Цей продукт 98,6% натурального походження (ISO 16128), отриманий із соєвого борошна та рисових дріжджів. Виготовляють методом біотехнології за допомогою культур дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* з очищених пептидів сої та рису. Цей новий anti-age комплекс, розроблений швейцарською компанією Pentapharm, сприяє покращенню мікроциркуляції, попереджає втрату колагену і зменшує негативний вплив вільних радикалів на шкіру. Результати клінічного тестування показали, що при постійному вживанні комплексу зменшуються темні кола і мішки під очима; зміцнюється сполучна тканина; зменшуються запальні процеси; відновлюється еластичність шкіри. Regu-age перешкоджає руйнуванню еластину і колагену, знижуючи наслідки від впливів ультрафіолетових (сонячних) променів. У косметиці продукт застосовують при виробництві препаратів для догляду за обличчям, особливо засобів для шкіри навколо очей.

Таким чином, біотехнології у косметиці відкривають нову еру догляду за шкірою. Цінним інгредієнтом для засобів догляду за шкірою є пептид Regu-Age, який пропонує комплексне рішення для різних проблем зі шкірою.

Комплексний аналіз сучасного стану і тенденцій розвитку ринку медичного канабісу

¹Яромій М. В., ²Вишне夫ська Л. І.

¹Львівський Національний медичний університет імені Данила Галицького,
м. Львів, Україна

²Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна
maryana011189@gmail.com, liliavyshnevskaya@gmail.com

Вступ. Медичний канабіс набуває все більшого значення у сучасній системі охорони здоров'я, що зумовлено розширенням спектра його клінічного застосування. Препарати на основі канабіноїдів використовуються для лікування хронічного больового синдрому, неврологічних захворювань, симптомів, асоційованих з онкологічними процесами, а також окремих психічних розладів. Зростання обсягу науково обґрунтованих даних щодо терапевтичної ефективності канабіноїдів сприяє їх активнішій інтеграції в клінічну практику та формуванню самостійного сегмента фармацевтичного ринку. Водночас відбувається вдосконалення лікарських форм (ЛФ) і систем доставки, підходів до їх стандартизації, що забезпечує підвищення біодоступності активних фармацевтичних інгредієнтів (АФІ), точність дозування та мінімізацію ризику розвитку побічних реакцій.

Мета дослідження полягає у комплексному аналізі сучасного стану та тенденцій розвитку ринку медичного канабісу з урахуванням особливостей функціонування фармацевтичного та напівмедичного сегментів.

Методи дослідження. Використано методи аналізу, узагальнення і систематизації інформації за заданою тематикою.

Результати дослідження. Наразі ринку медичного канабісу притаманні паралельне існування фармацевтичного та напівмедичного сегментів, відсутність уніфікованих міжнародних стандартів класифікації ЛФ і активне формування нових підринків, орієнтованих на інноваційні системи доставки канабіноїдів. Це дозволяє розглядати ринок медичного канабісу як динамічну

систему, що швидко трансформується під впливом регуляторних, технологічних та медико-соціальних чинників.

Зокрема, фармацевтичний сегмент представлений стандартизованими лікарськими засобами з доведеною якістю, безпекою та ефективністю, що проходять повний цикл доклінічних і клінічних досліджень та підлягають жорсткому контролю з боку регуляторних органів. Натомість напівмедичний сегмент охоплює широкий спектр продуктів на основі канабісу (екстракти, олії, настоянки, харчові добавки), які часто мають спрощені вимоги до реєстрації та можуть відрізнятися варіабельністю складу, концентрації АФІ і рівнем доказовості терапевтичної дії.

Відсутність гармонізованих міжнародних підходів до класифікації ЛФ канабіноїдів ускладнює їх стандартизацію, порівняння результатів клінічних досліджень і взаємне визнання регуляторних рішень між країнами. Це, у свою чергу, створює бар'єри для глобалізації ринку та стримує інтеграцію інноваційних продуктів у систему доказової медицини.

Водночас спостерігається інтенсивний розвиток нових підринків, пов'язаних із удосконаленням систем доставки канабіноїдів. До них належать трансдермальні терапевтичні системи, інгаляційні пристрої з контрольованою дозою, нано- та мікроемульсії, ліпосомальні форми, а також біосумісні полімерні носії, що забезпечують таргетовану доставку та контрольоване вивільнення активних інгредієнтів, застосування яких сприяє підвищенню біодоступності канабіноїдів, зменшенню варіабельності фармакокінетичних параметрів і мінімізації побічних ефектів.

Окрему роль у трансформації ринку відіграють регуляторні зміни, які в різних країнах відбуваються нерівномірно — від суворо обмежувальних до більш ліберальних моделей доступу до медичного канабісу. Це формує неоднорідне нормативне середовище, що впливає на інвестиційну привабливість галузі, розвиток наукових досліджень та доступність препаратів для пацієнтів.

Висновки. Ринок медичного канабісу характеризується високим рівнем динамізму, інноваційності та регуляторної варіабельності, що зумовлює його подальший розвиток як складної багаторівневої системи з перспективами інтеграції у сучасну фармацевтичну та медичну практику.

ПЕРЕЛІК УСТАНОВ ТА ОРГАНІЗАЦІЙ, СПІВРОБІТНИКИ ЯКИХ ВЗЯЛИ УЧАСТЬ У КОНФЕРЕНЦІЇ

1. Institute of Biochemistry and Biophysics Polish Academy of Sciences, Laboratory of Plant Pathogenesis, Warsaw, Poland.
2. Jagiellonian University, Kraków, Poland.
3. Lodz University of Technology, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Institute of Fermentation Technology and Microbiology, Lodz, Poland.
4. Lodz University of Technology, Interdisciplinary Doctoral School, Lodz, Poland.
5. Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland.
6. Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro (PUC-Rio), Department of Chemistry, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.
7. Regional Centre for Blood Donation and Blood Treatment named after John Paul II in Słupsk, Słupsk, Poland.
8. University of Osmaniye Korkut Ata, Department of Biology, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Osmaniye, Türkiye.
9. Vytautas Magnus University Agriculture Academy, Kaunas, Lithuania.
10. Науково-дослідний інститут плодоовочівництва та чаєвництва Міністерства сільського господарства Азербайджану, смт. Зердабі, Губинський район, Азербайджан.
11. Акціонерне товариство «Фармак», м. Київ, Україна.
12. Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Київська обл., Україна.
13. Ботанічний Сад Дніпровського Національного Університету імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна.
14. Вінницька регіональна державна лабораторія Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів, м. Вінниця, Україна
15. ВСП «Аграрно-економічний фаховий коледж ПДАУ»; м. Полтава.
16. Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», м. Харків, Україна.

- 17.Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.
- 18.Державний науково-дослідний інститут з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи, м. Київ, Україна.
- 19.Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, Дніпропетровська обл., Україна.
- 20.Дніпровський Національний Університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна.
- 21.Дніпровський політехнічний фаховий коледж, м. Дніпро, Україна.
- 22.ДУ «Інститут мікробіології та імунології ім. І. І. Мечникова НАН України», м. Харків, Україна
- 23.Державна установа «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна.
- 24.Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна.
- 25.Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна.
- 26.Запорізький національний університет, навчально-дослідна лабораторія клітинної та організменної біотехнології, науково-дослідний відділ, м. Запоріжжя, Україна.
- 27.Івано-Франківський національний медичний університет, м. Івано-Франківськ, Україна.
- 28.Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В. П. Кухаря, м. Київ, Україна.
- 29.Інститут біохімії імені О.В. Палладіна НАН України, м. Київ, Україна.
- 30.Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України, м. Київ, Україна.
- 31.Інститут ветеринарної медицини НААН, м. Київ, Україна.
- 32.Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України, м. Київ, Україна.
- 33.Інститут захисту рослин НААН, м. Київ, Україна.
- 34.Інститут картоплярства НААН України, смт. Немішаєве, Бучанського району Київської області, Україна.
- 35.Інститут клітинної біології і генетичної інженерії НАН України, м. Київ, Україна.

36. Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна.
37. Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, Київ, Україна.
38. Інститут підвищення кваліфікації спеціалістів фармації Національного фармацевтичного університету, м. Харків, Україна
39. Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України, м. Харків, Україна.
40. Інститут продовольчих ресурсів НААН України, м. Київ, Україна.
41. Інститут тваринництва НААН України, м. Харків, Україна.
42. Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН України, м. Харків, Україна.
43. Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії імені Л. М. Литвиненка НАН України, м. Київ, Україна.
44. Інститут фізіології імені О.О. Богомольця НАН України, м. Київ, Україна.
45. Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, м. Київ, Україна.
46. Інститут хімії функціональних матеріалів НТК «Інститут монокристалів» НАН України, м. Харків, Україна.
47. Інститут хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАН України, м. Київ, Україна.
48. Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна.
49. Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна.
50. Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Навчально-науковий центр «Інститут біології та медицини», м. Київ, Україна.
51. Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ, Україна.
52. Комунальний заклад вищої освіти «Рівненська медична академія» Рівненської обласної ради, м. Рівне, Україна.
53. Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, м. Львів, Україна.
54. Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна.

55. Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія» Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна.
56. Науково-дослідна лабораторія біотехнології рослин, відокремлений підрозділ НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція», м. Боярка, Київська обл., Україна.
57. Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України, м. Київ, Україна
58. Національний медичний університет ім. О. О. Богомольця, м. Київ, Україна.
59. Національний науковий центр «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини», м. Харків, Україна.
60. Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна.
61. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна.
62. Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна.
63. Національний університет охорони здоров'я України ім. П.Л. Шупика, м. Київ, Україна.
64. Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна.
65. Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна.
66. Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, м. Ніжин, Україна.
67. Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна.
68. Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, м. Одеса, Україна.
69. Приватна наукова установа «Науково-дослідний інститут єдиного здоров'я», Харків, Україна.
70. Приватний заклад вищої освіти «Харківський інститут медицини та біомедичних наук», м. Харків, Україна.
71. Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна.
72. Сумський державний університет, м. Суми, Україна.
73. Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна.

- 74.Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.
- 75.Тернопільський національний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського, м. Тернопіль, Україна.
- 76.Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, Україна.
- 77.Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна.
- 78.ТОВ ««Біопро Стем Технолоджі», м. Київ, Україна.
- 79.ТОВ «Інтего Груп», м. Харків, Україна.
- 80.ТОВ «Медкосвісс», м. Львів, Україна.
- 81.ТОВ "Медичний центр «М.Т.К.»», банк пуповинної крові, тканин та інших клітин людини м. Київ, Україна.
- 82.ТОВ «Медичний центр «М.Т.К.»», біотехнологічна лабораторія Банку пуповинної крові, тканин та інших клітин людини, м. Київ, Україна.
- 83.ТОВ «Науково-виробниче підприємство «І.Ф. ЛАБ», м. Київ, Україна.
- 84.ТОВ «Хімічна компанія «Сполука»», м. Київ, Україна.
- 85.Українська військово-медична академія, м. Київ, Україна.
- 86.Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, Україна.
- 87.Приватний заклад вищої освіти «Університет медицини та соціальних наук», м. Харків, Україна.
- 88.Устимівська дослідна станція рослинництва Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, с. Устимівка, Кременчуцький район, Полтавської обл., Україна.
- 89.Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, м. Чернівці, Україна.
- 90.Харківський національний медичний університет, м. Харків, Україна.
- 91.Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна.
- 92.Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький, Україна.

ПОКАЖЧИК АВТОРІВ

Afanasenko O.	2, 4, 44, 45, 107	Jariene E.	67
Aleksandrovych D. O.	38	Kalachov I. O.	55
Aminov R. F.	6	Kaliuzhnaia O. S.	24
Aminova A. S.	6	Karkowska-Kuleta J.	118
Avksentieva O.	7	Khomenko A. V.	57
Barshteyn V.	60	Khvorost O. P.	142
Batuieva Y.	7	Konechna R. T.	29, 104
Bayraktar V. M.	9	Kostashchuk T. Z.	129
Belinska A. P.	70, 99	Koszela K.	59
Bielykh I.	53	Kotko Ya.	68
Bilous V. L.	57	Kovalenko O.	82
Bilynska O. V.	14	Koziko N. O.	33, 55, 78, 81, 92, 135
Bisko N. A.	127	Koziróg A.	59
Blashkiv O. T.	72	Krupodorova T.	60
Bliznjuk O. M.	22, 40, 90	Krusir H.	94
Boiko K. V.	18	Kryklyva I. O.	80, 103
Bronnikova L. I.	31	Kryskiw L.S.	125
Butkevych T.	120	Kryskova L. P.	62
Čechovičienė I.	16	Kucher T. V.	125
Cheban B. A.	18	Kucheriavyi Y. P.	57
Chepurna O.	20	Kurhaluk N.	47, 63, 74, 114
Chesniuk K. O.	22	Kutsyk O.	7
Dabizha M. Y.	24	Kyrychenko A.	82
Danylenko S. G.	51	Lasinskas M.	67
Dębska K.	26	Leseyko T. O.	123
Demchenko A.	28, 101, 131, 136	Levkin A.	68
Deminskyi B. O.	29	Levkin D.	68
Domnytska I. L.	31	Luhova K. V.	70
Dovzhenko K.	33	Lutsiv M. M.	123
Dubinina N. V.	109	Lytvynenko A. P.	72
Dugan O. M.	51	Mansky O. A.	80, 103
Dziekońska U.	26	Marynchenko L. V.	86
Franchuk Ye. R.	34, 35, 38	Masalitina N. Yu.	22, 40, 90
Garmanchuk L. V.	127	Mazur Z.	63, 74, 114
Gavrilov S. V.	40	Misiurova S. V.	109
Gerilovych A. P.	42, 140	Mykhailova K. I.	78
Golovchenko O.	44, 45	Mysko Yu. P.	123
Gradziuk M.	47	Nasylenko I.	107
Gregorczyk L.	118	Naum Yu. Ye.	38
Hanzenko M.	7	Nehoda T. S.	33
Hlushchenko O.	120	Nesterenko V.	2, 45
Holubchyk D. S.	51	Nikitenko O. L.	80
Hu G.	53	Nosuk Y.	81

Nychporuk T.....	44	Turyk A. V.	125
Nyzhnyk T.	82, 84	Vedenicheva N. P.	127
Osypenko O. A.	86	Veliky M. M.	57
Otlewska A.	96, 133	Verstiuk I. Y.	129
Palyanitsya D.	136	Vlasova A.	131
Parkhomenko Y. M.	57	Vysotska D.	4
Patelski A.	26	Wasilewska M.	133
Petrash V.V.	88	Yanishun V.	135
Polova Zh.	120	Zaichenko T.	60
Prokopenko D. S.	90	Zaitsev V.	28
Proskurov Y.	92	Zaporozhets D.	101, 136
Prylutskiy V.	94	Zbrotskyi A. O.	38
Raczyk A.	96	Zemlianskykh N. G.	138
Rajkowska K.	96, 133	Zhuromskyi Ye. O.	38
Roitman S. M.	97	Zubkov O. V.	140
Romaniv O. V.	99	Zupanets A. A.	142
Rybalchenko V.	101	Александрова О. Г.	143
Rysich V. Yu.	103	Анацький А. С.	194
Sachuk A. T.	104	Андрєєва І. Д.	145, 146
Sahdieieva O.	94	Архипова В. М.	154
Savchuk L.	121	Афіногенов О. А.	147, 218
Sevindik M.	60	Ахатова Ю. С.	286, 356
Shchokina K.	105	Бабко Б. С.	300
Shevchenko N. O.	140	Бажай-Жежерун С. А.	150
Shulha O. A.	123	Баня А. Р.	152
Shumeiko M. V.	81, 92	Батрак О. А.	145
Shymanskyi I. O.	57	Бахмат В. А.	154
Snihur H.	82	Бачинський Р. О.	328
Soloviov S. O.	123	Баштан Н. О.	292
Sribna V. O.	72	Белінська А. П.	340, 417
Sukhovieiev V.	20, 101, 136	Беркета К. О.	162
Syrotchuk O.	107	Белих І. А.	419
Tarasenko V. O.	33, 81, 92, 135	Бітюцький В. С.	156, 404
Tarasevičienė Ž.	16	Блажеєвський М.	278
Tishchenko I. Yu.	109	Блюм Я. Б.	369, 438
Tkachov A.	111	Бовтрук А. О.	158
Tkaczenko H.	47, 63, 74, 114	Богданович Т. А.	159
Togan A.	118	Бондар Г.	160
Tokar V.	120	Бондус Р. О.	260
Tokarchuk T.	121	Бородай Н. В.	170
Trokhymenko O. P.	123	Бужак А. В.	162
Tsekhmistrenko S.	121	Буйлук С. Р.	164
Tsyhankov A.	28	Бурин С. Р.	166
Tsyhankov S.	20, 131	Буценко Л. М.	168

Варбанець Л. Д.	192	Дзядевич С. В.	154, 162, 294
Василишин Р. Я.	212	Добриденів В. В.	201
Ваховський Є. Р.	294	Довга С. П.	203
Ващенко К. Д.	301	Довжук В. В.	205
Ващик Є. В.	170	Довжук Н. Ш.	205
Вельчинська О. В.	172, 284, 322	Дорошенко А. О.	212
Височина А. В.	174	Драка С. С.	206
Вишковський Р. Г.	175	Дрегваль О. А.	164
Вишневська Л. І.	441	Дробик Н. М.	166, 371, 375
Вірич П. А.	177, 179	Дроздова А. С.	208
Вірич П. А.	177, 179	Дубініна Н. В.	210, 360, 431
Вовянко С. І.	381	Дуган О. М.	397
Волкова А. В.	224	Дяченко Л. О.	250, 252
Всеволодська С. О.	181	Євсєєва Л. В.	212
Гармаш С. М.	201	Єршов С. С.	214
Гаюк Н. В.	351	Єршова Н. А.	214, 410
Георгіянц В. А.	187, 212, 347	Завада Н. П.	145
Гера О. С.	302	Зайцева Г. М.	216, 344
Геращенко Б. І.	183	Замбріборщ І. С.	147, 218
Геращенко І. І.	366	Захарчук Н. А.	256
Гетьман І. А.	423	Зубик П. Р.	220
Гнітецький М. О.	256	Зубков О.В.	222
Головченко О. С.	187	Івченко Т. В.	292
Голосова І. В.	185	Ізмерлі Е. Я.	152
Голуб Н. Б.	363	Іншина Н. М.	223
Гончар А. О.	189	Кайота О. В.	224
Гончар О. О.	187	Калініна В. С.	226
Горіна О. Л.	286	Калюжная О. С.	229, 342
Горлачук Н. В.	190	Капленко Н. В.	304
Грегірчак Н. М.	206, 379	Каракурбанли І.	258
Грецький І. О.	245	Карікова С. А.	231
Гудзенко О. В.	192	Каркач П. М.	233
Гуляєв В. М.	194	Карпенко О. В.	152
Гуменюк М. І.	399	Карпець Ю. В.	240
Гуріна Т. М.	214	Карпюк У. В.	197, 282
Давидюк Д. А.	195	Кишинець Н. В.	234, 248
Даниленко С. Г.	397	Клечак І. Р.	220
Данченко О. О.	404	Ключевич М. М.	258
Двінських А. В.	196	Коваленко І. Ф.	236
Двінських Н. В.	143, 403	Коваленко С. Є.	236
Двірна Т. С.	197, 282	Коваленко С. М.	212
Демченко А. М.	407	Коваль А.	238
Джуренко Н. І.	199	Коваль Н. В.	212
Дзигун Л. П.	185, 203	Когут Н. І.	440

Козуб Н. О.	369	Мацюк О. В.	308
Колупаєв Ю. Є.	240, 242	Мелешко Р. А.	172, 284, 322
Комісаренко А. Г.	288	Мельник А. С.	399
Кондратюк Д. Л.	244	Мельниченко О. М.	156
Коновалова Л. В.	205	Мельниченко Ю. О.	156
Корецька Н. І.	152	Меркулова Ю. В.	248
Коробка І. О.	245	Мирний В. Г.	286
Коряко С. С.	266	Мирончук Д. Л.	254
Косенко Д. С.	254	Михайлова Д. М.	438
Костиря Ю. В.	247	Михальська С. І.	288
Кошелєв В. В.	170	Михальський Л. О.	288
Кошова О. Ю.	248, 250, 252	Мінарченко В. М.	197, 282
Кравченко Н. В.	254, 256, 258, 260	Мінорова А. В.	290
Красінько В.	160	Мірошніченко Т. М.	292
Криклива І. О.	368	Можарівська І. А.	260
Криськів Л.	278	Моїсєєва Н. М.	286
Криштальова М. Е.	305	Москаленко О. В.	407
Крупенко Х. С.	349	Мруга Д. О.	294
Круподьорова Т. А.	438	Надорожина В. С.	310
Крушельницька Н. Л.	290	Наріжний С. А.	290
Кулик А. І.	307	Науменко А. Ю.	296, 298
Купріянова Т. М.	256, 260	Науменко О. В.	423
Куцевол Н. В.	177	Негода Т. С.	300, 301, 302, 304, 305, 307, 308, 310, 311, 312, 313, 314, 316, 317, 319
Кучер Т.	278	Нестеренко О. Р.	320
Лаба І. С.	262	Ніженковська І. В.	172, 284, 322
Лазарець П. С.	264	Ніженковський О. І.	300, 301, 302, 316, 317
Ларін О. Є.	266	Нікітенко В. Д.	324
Лижнюк В.	281	Ніпот О. Є.	214
Литвинова М. І.	270	Новодворський Є. М.	407
Литовчак К. Р.	272	Новожилов Д. О.	438
Лотиш І. І.	412	Обозний О. І.	240, 242
Лубенець В. І.	152	Олійник Т. М.	256
Лучко Л.	281	Онищенко Л. С.	156
Лютих С. В.	385	Осолодченко Т. П.	145, 146
Майорова О. Р.	181	Охмакевич А. М.	326
Македонська В. О.	236	Охмат О. А.	195, 333
Малишко К. С.	274	Оченашко О. В.	181
Мальована Л. В.	276	Паламарчук О. П.	199
Манський О. А.	368	Паненко М. В.	328
Манько С.	278	Пархомова О.	160
Мартинов А. В.	146	Пасічник Л. А.	168
Мартинюк І. М.	279		
Матвєєва Н. А.	159, 281		
Махиня Л. М.	197, 282		

Пахомов О. В.	330	Сікорський В. В.	313
Первякова А. В.	331	Сімахіна Г. О.	364
Петренко О. Ю.	395	Сіора І. В.	366
Пилипенко Д. М.	331, 415	Січкара А. А.	368
Пирог Т. П.	158, 326, 354, 358	Скляр Т. В.	164
Писаренко П. О.	195, 333	Скроцька О. І.	334, 393
Пихтєєв Д. М.	399	Смокал В. О.	177
Підченко В. Т.	197, 282	Смольянінова Є. І.	236
Пірко Я. В.	438	Созінов І. О.	369
Плавуцька К. В.	375	Созінова О. І.	369
Поврозник Н. В.	311	Сокол О. В.	199
Погрібна А. С.	334	Солдаткін О. О.	154, 162, 294
Покин'їброда Т. Я.	152	Соловейова А. В.	338
Поліщук В. Ю.	264	Соловейова О. В.	324
Полупан І. М.	276	Сорока О. В.	166, 371
Пономаренко А. О.	336, 401	Сохацька Х. Ю.	373
Пономаренко Ю. О.	338	Сташків І. П.	375
Попик А. І.	247	Стеценко Н. О.	377
Посохов Є. О.	330	Страшинська М. І.	379
Прокоп'як М. З.	375	Сукач О. М.	181
Прокопенко Д. С.	340	Сулейманова С.	258
Прокопюк В. Ю.	356	Суржиков І. О.	187
Прокопюк О. С.	356	Сушко О. Б.	279
Пронін І. В.	342	Тарабан Д. А.	240, 242
Прудько А. О.	312	Татуєва Є. О.	381
Пушкарьова Я. М.	344	Тимофєєва О. В.	236
Раєвська І. М.	395	Тимочкін С. С.	383
Рамазанов В. В.	345	Тіщенко І. Ю.	210
Рева Т. Д.	216, 409	Ткачова І. В.	385, 421
Рижук А. М.	347	Тодорова В. І.	199
Рогоуля О. Ю.	349	Токарчук В. І.	387, 390
Роль Н. В.	351	Толкачева А. В.	314
Рубан О. А.	229	Топіха Т. С.	393
Руденко С. В.	345	Труфанов О. В.	395
Рябова І. С.	146	Труфанова Н. А.	395
Савченко Д. С.	304, 305, 307, 308	Фасуляк А. О.	316
Савчук О. О.	354	Федорова О. В.	231
Сальников Д. О.	356	Філімоненко О. Ю.	194
Самойленко В. В.	358	Філіпцова О. В.	174, 208, 270, 362, 433
Сарнацька В. В.	179, 183	Фурдига М. М.	256
Сауленко К. О.	179	Хаба В. В.	254
Саустян Я. С.	360, 362	Хабленко А. Д.	397
Седень І. А.	290	Хмельков В. М.	279
Сидоренко О. І.	363		

Хмельницька Ю. М.	399	Чорнорот О. Ю.	427
Ходаківська Ю. О.	336, 401	Чхало О. М.	216
Хохленкова Н. В. ...	196, 224, 229, 262	Шавро Н. В.	319
Хріпунова Т. В.	317	Шаповалова О. В.	429
Хупенія К. Г.	403	Шахов І. В.	240, 242
Целінь Я. М.	166	Шгоян М. Х.	431, 433
Цехмістренко О. С.	404	Шевченко В. О.	435
Цехмістренко С. І.	156, 404	Шевченко Н. О.	222
Циганков А. С.	407	Шейкіна Н. В.	387, 390
Цихановська І.	238	Шестопал О. Л.	147, 218
Цілина І. В.	409	Шкляревський М. А.	242
Цісак А. О.	226	Шолойко Н. В.	189
Чабаненко О. О.	410	Шопінський В. В.	168
Чайка Т. О.	412	Шпакова Н. М.	214, 410
Чебан Л. М.	373	Шульга А. В.	194
Чебанов В. А.	212	Шулько О. П.	156
Чекалова М. С.	147, 218	Шуть Т. С.	438
Чернишова Б. С.	415	Юр'єв Б. В.	399
Чертова О. М.	417	Якимів О. В.	440
Чеснюк К. О.	419	Яловенко О. І.	397
Чехічин А. В.	421	Яринка Д. В.	162
Чиж В. М.	423	Яромій М. В.	441
Чолак І. С.	197, 282	Ястреб Т. О.	240, 242
Чорний В. А.	187	Яхненко О. М.	223
Чорнобров О. Ю.	425		

CONTENT 3МІСТ

A modern approach to developing specifications for a generic drug used to treat aromatic amino acid metabolism disorders Afanasenko O., Nesterenko V.....	2
Development of modern quality requirements for a dietary supplement containing silymarin Afanasenko O., Vysotska D.	4
Water-salt extract of <i>Hirudo verbana</i> as a source of promising biologically active compounds with reparative activity Aminov R. F., Aminova A. S.....	6
Plant photobiotechnology: spectral regulation of morphogenesis and metabolism in seedlings under hydroponic culture Avksentieva O., Batueva Y., Kutsyk O., Hanzenko M.	7
Recombinant DNA technology for development of human alpha subunit chorionic gonadotropin (A HCG) production in the yeast strain <i>Saccharomyces cerevisiae</i> and methylotrophic yeast <i>Komagataella phaffii</i> Bayraktar V. M.....	9
Spontaneous chromosome doubling in anther culture in vitro of barley intervarietal and interspecific hybrids Bilynska O. V.	14
Effect of cultivar on the chemical composition of blackberry (<i>Rubus fruticosus</i> L.) pomace Čechovičienė I., Tarasevičienė Ž.	16
Enhancement of Lipophilic Compound Accumulation under Nitrogen Starvation in <i>Nostoc commune</i> Culture Cheban B. A., Boiko K. V.....	18
Synthesis of ethyl 2-{2-[(5-benzyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl) sulfanil]acetamido}-4H,5H,6H-cyclopenta[b]thiophene-3-carboxylate and its predicted activity against SARS-CoV-2 virus Chepurna O., Tsyhankov S., Sukhovieiev V.....	20
Self-organization of polymeric nanoparticles for drug delivery Chesniuk K. O., Masalitina N. Yu., Bliznjuk O. M.	22
Targeted therapy of autoimmune diseases using monoclonal antibodies Dabizha M. Y., Kaliuzhnaia O. S.....	24
Technological Potential of Probiotic Yeasts in the Production of Fermented Beverages Dębska K., Patelski A., Dziekońska U.....	26

Synthesis of 4,6-bis(pyrrolidin-1-yl)-1,3,5-triazines, their antiviral activity against Yellow Fever virus and complexes with nitrogen-doped graphene quantum dots (N-GQDs) Demchenko A., Tsyhankov A., Zaitsev V.	28
Species composition of microorganisms in modern combat wounds Deminskiy B. O., Konechna R. T.	29
The role of proline in maintaining and growing cultivated plants Domnytska I. L., Bronnikova L. I.	31
Prospects for the application of nanoparticles in modern biotechnological processes Dovzhenko K., Koziko N. O., Nehoda T. S., Tarasenko V. O.	33
Determination of the binding site of the long non-coding RNA ANRASSF1 for its inhibitor Franchuk Ye. R.	34
Using magnetic beads for DNA purification Franchuk Ye. R.	35
Identification of binding sites for potential modulators of phospholipid transport ATPase ABCA7 Franchuk Ye. R., Zbrotskyi A. O., Naum Yu. Ye., Aleksandrovych D. O., Zhuromskiy Ye. O.	38
Rheological Characterization of Yogurt with Enhanced Probiotic Activity Gavrilov S. V., Masalitina N. Yu., Bliznjuk O. M.	40
State regulation of biological safety and biosecurity in Ukraine in the context of implementation of the joint WOA H -WHO-FAO «One Health» approach Gerilovych A. P.	42
Development of relevant quality criteria for a dietary supplement used in the management of decreased bone mineral density Golovchenko O., Afanasenko O., Nychyporuk T.	44
Development of modern approaches to assessing the quality of dietary supplements used to treat memory and cognitive impairment Golovchenko O., Afanasenko O., Nesterenko V.	45
Ensuring blood safety: comprehensive donor qualification and advanced screening strategies in modern transfusion medicine Gradziuk M., ² Tkaczenko H., ² Kurhaluk N.	47
Comparative characteristics of BSH activity in lactic acid bacteria and bifidobacteria Holubchyk D. S., Danylenko S. G., Dugan O. M.	51

Ensuring GMP compliance in AI-powered platforms for next-generation cancer diagnostics and therapeutics Hu G., Bielykh I.	53
Possibilities of combining inulin and betulin as means for the treatment of seborrhea of various etiologies Kalachov I. O., Koziko N. O.	55
Vitamin D ₃ auto/paracrine system in cholecalciferol deficiency Khomenko A. V., Veliky M. M., Parkhomenko Y. M., Bilous V. L., Kucheriavyy Y. P., Shymanskyi I. O.	57
Natural and synthetic PLA-based components with antifungal properties for animal feed packaging Koszela K., Koziróg A.	59
Effects of Selenium on Mycelial Growth of <i>Fomitopsis pinicola</i> , its Antioxidant Activity, and Phenolic Compounds Content Krupodorova T., Zaichenko T., Barshteyn V., Sevindik M.	60
Evaluation of the Fatty Acid Composition of Hemp and Flaxseed Oils for the Development of Functional Food Systems Kryskova L. P.	62
Modern strategies in food biotechnology for enhancing the nutritional value of functional products Kurhaluk N., Mazur Z., Tkaczenko H.	63
Quantities of pigments, vitamin C, and sugars in fermented fireweed leaves cultivated in various systems Lasinskas M., Jariene E.	67
Optimization of energy costs in biotechnological processes Levkin D., Kotko Ya., Levkin A.	68
Biotechnological aspects of 4D-physiologically adaptive cardiac patches for myocardial regeneration Luhova K. V., Belinska A. P.	70
Suspension of isolated cells of the follicular environment of the oocyte as a model for studying the effect of drugs on the ovarian reserve Lytyvnenko A. P., Blashkiv O. T., Sribna V. O.	72
Fermentation as a tool in the production of healthy and functional food products Mazur Z., Kurhaluk N., Tkaczenko H.	74
Results of the development and optimization of <i>Pleurotus ostreatus</i> mycelium cultivation conditions Mykhailova K. I., Koziko N. O.	78

Development of the composition of chewable tablets based on dry extracts for urological use Nikitenko O. L., Kryklyva I. O., Mansky O. A.	80
Prospects for developing a cream with probiotic and prebiotic components Nosuk Y., Koziko N. O., Shumeiko M. V., Tarasenko V. O.....	81
Biotechnological Approach to Wheat Streak Mosaic Virus Protection Using Liposomal Bionanocomposites Nyzhnyk T., Kovalenko O., Snihur H., Kyrychenko A.	82
Harnessing Symbiotic Bacteria for Biotechnological Improvement of Plant Antioxidant Defense and Drought Resilience Nyzhnyk T.	84
<i>In silico</i> design and physicochemical optimization of novel fluoroquinolone analogs via systematic bioisosteric replacement at N1 and C7 positions Osypenko O. A., Marynchenko L. V.	86
The Impact of Seasonal Changes on the Quality of Cow's Milk Petrash V.V.....	88
Earth as a self-organizing climate–ecological system: a biosynergetic perspective Prokopenko D. S., Masalitina N. Yu., Bliznjuk O. M.	90
Microbiological studies for a mild medicinal product for vaginal use Proskurov Y., Koziko N. O., Shumeiko M. V., Tarasenko V. O.....	92
Black soldier fly (<i>Hermetia illucens</i>) as a sustainable agent for organic waste bioconversion Prylutskiy V., Sahdieieva O., Krusir H.	94
Optimization of bacterial cultivation conditions to enhance ectoine production Raczyk A., Otlewska A., Rajkowska K.	96
The process of producing the most effective culture medium for <i>L. acidophilus</i> Roitman S. M.....	97
Enhanced biogas production from agricultural waste through two-stage anaerobic digestion with microbial consortia enrichment Romaniv O. V., Belinska A. P.	99
Synthesis of 1-(4-(2-(difluoromethoxy)phenyl)- 5-methylthiazol-2-yl)-3-(naphthalen-1-yl)urea and study of its antiviral activity against <i>Yellow Fever</i> virus Rybalchenko V., Sukhovieiev V., Zaporozhets D., Demchenko A.	101
Development of orodispersible tablets with dry peony extract Rysich V. Yu., Kryklyva I. O., Mansky O. A.	103

The use of <i>Curcuma longa</i> L. in the treatment of epileptic seizures Sachuk A. T., Konechna R. T.....	104
Modern and perspective drugs for appetite suppression and weight normalization Shchokina K.....	105
Formulation of modern requirements for the quality of dietary supplements containing theobromine Syrotchuk O., Afanasenko O., Nasylenko I.	107
Antibiotic resistance: current challenges and prospects for the search for new antimicrobial drugs Tishchenko I. Yu., Dubinina N. V., Misiurova S. V.....	109
Method of normalization of β -carotene in the body of dairy cattle Tkachov A.	111
Natural antioxidants in the food industry: biotechnological approaches to enhancing stability and bioavailability Tkaczenko H., Mazur Z., Kurhaluk N.....	114
Characterization of proteolytic activity of extracellular vesicles derived from <i>Candida parapsilosis</i> pathogenic fungi Togan A., Gregorczyk L., Karkowska-Kuleta J.....	118
Prospects of Using Sphagnum Biomaterials for Modern Medicine Tokar V., Hlushchenko O., Butkevych T., Polova Zh.....	120
Biotechnological aspects of the production and application of pharmacological biologically active substances Tokarchuk T., Tsekhmistrenko S., Savchuk L.....	121
Altered pharmacokinetics of cis-diamminedichloroplatinum(II) upon complexation with the DNA polyanion: a pathway to reduced nephrotoxicity Trokhymenko O. P., Mysko Yu. P., Soloviov S. O., Shulha O. A., Leseiko T. O., Lutsiv M. M.....	123
Eco-friendly spectrophotometric determination of pioglitazone hydrochloride Turyk A. V., Kryskiw L.S., Kucher T. V.....	125
Cytokinins as a perspective bioactive component of medicinal mushroom mycelium Vedenicheva N. P., Bisko N. A., Garmanchuk L. V.....	127
Development of an innovative alginate mask with a 4D hydrating and bioenergetic complex Verstiuk I. Y., Kostashchuk T. Z.	129
Synthesis of 4-(4-butoxyphenyl)-2-[(2E)-2-[(4-fluorophenyl) methylidene]-hydrazinyl]-1,3-thiazole and its predicted activity	

against SARS-CoV-2 virus Vlasova A., Tsyhankov S., Demchenko A.....	131
Lactic acid bacteria - derived bioactive preparations to inhibit spoilage bacteria isolated from leafy green vegetables Wasilewska M., Otlewska A., Rajkowska K.	133
Study of the conditions of lovastatin acid accumulation in <i>pleurotus ostreatus</i> Yanishun V., Koziko N. O., Tarasenko V. O.....	135
Synthesis of <i>N</i> -(2,3-Dihydro-benzo[1,4]dioxin-6-yl)-2- [1-(4-ethoxy-phenyl)-1 <i>H</i> -tetrazol-5-ylsulfanyl]-acetamide and study of its antitumor activity Zapozhzhets D., Sukhovieiev V., Palyanitsya D., Demchenko A.....	136
The role of hydrophobic interactions of polyethylene glycol with membranes for the stability of erythrocytes during cryopreservation Zemlianskykh N. G.	138
Molecular Methods in Phytopathology and Plant Biotechnology Zubkov O. V., Shevchenko N. O., Gerilovych A. P.	140
Prospects for application in biotechnology <i>Onopordum acanthium</i> Zupanets A. A., Khvorost O. P.....	142
Обґрунтування складу адгезивного гідрогелю для регенерації меніска Александрова О. Г., Двінських Н. В.....	143
Визначення протимікробної активності модифікованого стрептоміцину щодо референтних штамів мікроорганізмів за методом серійних розведень Андреєва І. Д., Осолодченко Т. П., Завада Н. П., Батрак О. А.	145
Дослідження протимікробної активності модифікованого стрептоміцину щодо клінічних штамів мікроорганізмів за методом серійних розведень Андреєва І. Д., Осолодченко Т. П., Мартинов А. В., Рябова І. С.....	146
Порівняння показників мультиплікації <i>in vitro</i> у перспективних сортів гейхер (<i>Heuchera spp.</i>) Афіногенов О. А., Замбіборщ І. С., Чекалова М. С., Шестопап О. Л.	147
Виробництво оздоровчих продуктів на основі біологічно активованого зерна Бажай-Жежерун С. А.	150
Вплив біоактиваторів на дегідрогеназну активність нафтозабруднених ґрунтів у процесі біоремедіації Баня А. Р., Покинсьброда Т. Я., Корецька Н. І., Ізмерлі Е. Я., Карпенко О. В., Лубенець В. І.....	152

Адаптація кондуктометричного біосенсора на основі іммобілізованої креатиндеімінази для аналізу креатиніну в сечі Бахмат В. А., Архипова В. М., Солдаткін О. О., Дзядевич С. В.	154
Біотехнологія як інструмент екологізації агроєкосистем Бітюцький В. С., Цехмістренко С. І., Мельниченко О. М., Онищенко Л. С., Мельниченко Ю. О., Шулько О. П.	156
Синтез пігментів радіорезистентними до іонізуючого випромінювання екстремофільними бактеріями Бовтрук А. О., Пирог Т. П.	158
Вплив концентрації екстрактів з коренів <i>Cichorium intybus</i> на синтез наночасток срібла Богданович Т. А., Матвеєва Н. А.	159
Оптимізація умов культивування <i>Saccharomyces cerevisiae</i> для отримання залізозбагаченої дріжджової біомаси Бондар Г., Красінько В., Пархомова О.	160
Розробка та оптимізація білірубін-чутливого амперометричного біосенсора на основі білірубіноксидази Бужак А. В., Беркета К. О., Дзядевич С. В., Солдаткін О. О., Яринка Д. В.	162
Вплив кислот на утворення конідій <i>Trichoderma viride</i> Буйлук С. Р., Дрегваль О. А., Скляр Т. В.	164
Біологічно активні речовини <i>Aster alpinus</i> L. Бурин С. Р., Сорока О. В., Целінь Я. М., Дробик Н. М.	166
Антагоністична активність <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> E12 щодо збудників бактеріальних хвороб деревних культур Буценко Л. М., Пасічник Л. А., Шопінський В. В.	168
Оптимізація параметрів культивування перещеплюваної лінії клітин FLK-BLV Ващик Є. В., Кошелєв В. В., Бородай Н. В.	170
Впровадження методу високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) у аналіз субстанції біологічного/біотехнологічного походження Азитроміцину Вельчинська О. В., Ніженковська І. В., Мелешко Р. А.	172
Вірусні хвороби тварин як моделі в біомедичних науках: хвороба хронічного виснаження оленів Височина А. В., Філіпцова О. В.	174
Перспективи використання пробіотичних культур у технології ферментованих напоїв на рослинній основі Вишковський Р. Г.	175

Похідні 8-гідроксигінолінів як селективні сенсори Zn^{2+} у водних розчинах Вірич П. А., Смокал В. О., Вірич П. А., Куцевол Н. В.	177
Захисні ефекти карбонових частинок, наночастинок оксиду церію та їх комплексу за умов УФ-А-індукованого ушкодження клітин кісткового мозку Вірич П. А., Сауленко К. О. Вірич П. А., Сарнацька В. В.	179
Ланцюгоподібна міграція нейробластів у первинній культурі мозку новонароджених щурів: біотехнологічна модель для тестування нейропротекторних та нейрорегенеративних агентів Всеволодська С. О., Майорова О. Р., Оченашко О. В., Сукач О. М.	181
Оцінка мієлопротекторного ефекту вуглецевого ентеросорбенту в умовах дії мелфалану та пухлинного процесу Геращенко Б. І., Сарнацька В. В.	183
Сайленсинг генів вірулентності дерматофітів: перспективна біотехнологія терапії тварин без використання фунгіцидів Голосова І. В., Дзигун Л. П.	185
Обґрунтування дизайну стрес-досліджень комбінованих лікарських засобів – бензидамін з лідокаїном та ібупрофен з кофеїном для розробки методик визначення супутніх домішок Гончар О. О., Суржиков І. О., Чорний В. А., Головченко О. С., Георгіянц В. А.	187
Динаміка споживання комбінованих лікарських засобів блокаторів рецепторів ангіотензину II з діуретиками у вигляді фіксованих комбінацій в період 2020-2025 років в Україні Гончар А. О., Шолойко Н. В.	189
Здорове харчування як важливий чинник збереження та зміцнення здоров'я населення Горлачук Н. В.	190
Здатність мікроорганізмів різних екологічних ніш до синтезу протеаз із фібрин(оген)олітичною активністю Гудзенко О. В., Варбанець Л. Д.	192
Оптимізація умов сквашування молока в технології виробництва м'яких сирів Гуляєв В. М., Анацький А. С., Філімоненко О. Ю., Шульга А. В.	194
Використання наноматеріалів для забезпечення біостійкості шкіряних матеріалів Давидюк Д. А., Писаренко П. О., Охмат О. А.	195
Роль захисних агентів та пребіотиків при виробництві сухих дріжджів Двінських А. В., Хохленкова Н. В.	196

Реалізація міждисциплінарних зв'язків у підготовці фахівців з біотехнології: досвід навчально-наукової взаємодії при викладанні дисципліни «Продукенти біологічно активних речовин» Двірна Т. С., Махия Л. М., Карпюк У. В., Мінарченко В. М., Підченко В. Т., Чолак І. С.....	197
Створення функціональних продуктів на основі плодово-ягідних рослин Джуренко Н. І., Паламарчук О. П., Сокол О. В., Тодорова В. І.	199
Актуальність застосування природних засобів захисту рослин в Україні Добриденев В. В., Гармаш С. М.	201
Порівняльна характеристика <i>T. versicolor</i> і <i>S. commune</i> як продуцентів міцеліального матеріалу за умов глибинного культивування Довга С. П., Дзигун Л. П.....	203
Фармацевтична та медична біотехнологія на сучасному етапі Довжук В. В., Коновалова Л. В., Довжук Н. ІІ.	205
Мікробіологічна резистентність та безпечність морозива з рослинними інгредієнтами Драка С. С., Грегірчак Н. М.	206
Нутригенетика: вплив генетичних факторів на формування хврчових уподобань людини Дроздова А. С., Філіпцова О. В.	208
Мікробіологічний контроль води: нові технології у виробництві ліків Дубініна Н. В., Тіщенко І. Ю.	210
Ізомеризація фторхінолонового каркасу як фактор зміни механізму зв'язування з бактеріальними топоізомеразами Євсєєва Л. В., Василишин Р. Я., Коваль Н. В., Дорошенко А. О., Чебанов В. А., Георгіянц В. А., Коваленко С. М.	212
Кріоконсервування еритроцитів собаки: пошук ефективної концентрації диметилсульфоксиду Єршова Н. А., Гуріна Т. М., Ніпот О. Є., Єршов С. С., Шпакова Н. М.....	214
Методичні підходи до розробки робочої програми дисципліни «Аналітична хімія» першого (бакалаврського) рівня для здобувачів вищої освіти спеціальності G21 «Біотехнології та біоінженерія» Зайцева Г. М., Рева Т. Д., Чхало О. М.	216
Вплив агрегатного стану індукційного середовища на ефективність андрогенезу пшениці м'якої озимої Замбріборщ І. С., Шестопад О. Л., Чекалова М. С., Афіногенов О. А.	218
Підбір джерел азоту для максимізації продукування пектинестерази <i>Trametes hirsuta</i> у глибинній культурі Зубик П. Р., Клечак І. Р.	220

Перспективи використання модифікованих альгінатних гідрогелів як матриць для іммобілізації симбіонтів сої Зубков О.В., Шевченко Н. О.	222
Метаболіти циклу Кребса як фактори біохімічної стимуляції мікроорганізмів активного мулу Іншина Н. М. , Яхненко О. М.	223
Підходи до локальної розробки та виробництва біосимілярів та генеричних лікарських засобів для ад'ювантної терапії нирково-клітинної карциноми в Україні Кайота О. В., Хохленкова Н. В., Волкова А. В.	224
Технологічні особливості одержання комплексного екстракту з <i>Cetraria islandica</i> Калініна В. С., Цісак А. О.	226
Біотехнологічні підходи у реабілітаційному догляді після ампутації кінцівок Калюжная О. С., Рубан О. А., Хохленкова Н. В.	229
Дослідження протеолітичної активності ензимовмісних косметичних засобів Карікова С. А., Федорова О. В.	231
Інноваційні біотехнології визначення статі яєчних курчат в період ембріонального розвитку Каркач П. М.	233
Екзосоми людини: перспективи застосування та методи контролю якості Кишинець Н. В.	234
Визначення коефіцієнтів пасивної проникності мембран еритроцитів людини для ДМСО у присутності полівінілового спирту та гіалуронової кислоти різної молекулярної маси Коваленко С. Є., Тимофєєва О. В., Коваленко І. Ф., Македонська В. О., Смольянінова Є. І.	236
Вплив харчової добавки «Магнетофуд» на мікробіологічні показники дослідних зразків формового желейного мармеладу Коваль А., Цихановська І.	238
Праймінг насіння зернових злаків донором нітроген оксиду і рослинними нейротрансмітерами як прийом для підвищення його схожості і стійкості рослин до дії абіотичних стресорів Колупаєв Ю. Є., Шахов І. В., Ястреб Т. О., Тарабан Д. А., Обозний О. І., Карпець Ю. В.	240
Мета-аналіз результатів досліджень впливу екзогенної трегалози на стійкість пшениці до абіотичних стресорів Колупаєв Ю. Є., Шкляревський М. А., Шахов І. В., Тарабан Д. А., Обозний О. І., Ястреб Т. О.	242

Застосування личинок <i>Lucilia sericata</i> в медицині Кондратюк Д. Л.	244
Вплив дифузійно-лімітованої агрегації на морфогенез колоній дріжджів Коробка І. О., Грецький І. О.	245
Дослідження гідроксикоричних кислот сировини <i>Musa paradisiaca</i> L. Костиця Ю. В., Попик А. І.	247
Сучасні підходи до стандартизації та контролю якості моноклональних антитіл Кошова О. Ю., Меркулова Ю. В., Кишинець Н. В.	248
Роль фармакопейних вимог у сучасній системі забезпечення якості лікарських засобів в Україні Кошова О. Ю., Дяченко Л. О.	250
Міжнародні тенденції розвитку фармакопейного та регуляторного забезпечення контролю якості лікарських засобів та їх імплементація в Україні Кошова О. Ю., Дяченко Л. О.	252
Біостимулятори та їх вплив на продуктивність картоплі в умовах кліматичної нестабільності Кравченко Н. В., МIRONЧУК Д. Л., Хаба В. В., Косенко Д. С.	254
Маркетингові дослідження біотехнології картоплі: сучасні тенденції та перспективи впровадження Кравченко Н. В., Фурдига М. М., Олійник Т. М., Захарчук Н. А., Купріянова Т. М., ² Гнітецький М. О.	256
Перспективи інтеграції агровольтаїки при вирощуванні картоплі Кравченко Н. В., Ключевич М. М., Каракурбанли І., Сулейманова С.	258
Вплив органічних, мінеральних і зелених добрив на якість продукції картоплі Кравченко Н. В., Можарівська І. А., Бондус Р. О., Купріянова Т. М.	260
Наукове обґрунтування складу стоматологічного фітогелю комплексної дії Лаба І. С., Хохленкова Н. В.	262
Біотехнологічні підходи до отримання рибофлавіну та перспективи його застосування у сільському господарстві Лазарець П. С., Поліщук В. Ю.	264
Реакція Хорнера–Водсворта–Еммонса з етильним реагентом: вплив етильного замісника на властивості Ларін О. Є., Коряко С. С.	266
Постбіотики як нове покоління біологічно активних речовин Литвинова М. І., Філіпцова О. В.	270

Проблеми створення та виробництва препарату проти шигельозу на основі бактеріофагів Литовчак К. Р.	272
Біотехнологія отримання бурштинової кислоти за допомогою штаму дріжджів <i>Yarrowia lipolytica</i> ВКПМ Y-3314 Малишко К. С.	274
Деконтамінація інструментів після відбору зразків головного мозку для дослідження на сказ з використанням хлорвмісних дезінфікуючих засобів Мальована Л. В., Полупан І. М.	276
Кінетико-спектрофотометричне визначення ацетил-L-карнітину за реакцією пергідролізу Манько С., Блажеєвський М., Кучер Т., Криськів Л.	278
Застосування вітамінно-гормональних препаратів у відтворенні свиней Мартинюк І. М., Сушко О. Б., Хмельков В. М.	279
Вплив генетичної трансформації на біоактивність екстрактів <i>Bidens pilosa</i> L. Матвеева Н. А., Лучко Л., Лижнюк В.	281
Особливості викладання анатомії та фізіології рослин для студентів спеціальності «Біотехнологія та біоінженерія» Махия Л. М., Мінарченко В. М., Карпюк У. В., Двірна Т. С., Чолак І. С., Підченко В. Т.	282
Сучасні підходи до фармацевтичного аналізу субстанції Прогестерону Мелешко Р. А., Вельчинська О. В., Ніженковська І. В.	284
Корекція активності амінотрансфераз у морських свинок за умов хронічного холодового стресу Мирний В. Г., Моїсєєва Н. М., Ахатова Ю. С., Горіна О. Л.	286
Зміни спектра гліадинів у генетично модифікованих форм пшениці м'якої озимої з підвищеним вмістом проліну Михальська С. І., Комісаренко А. Г., Михальський Л. О.	288
Встановлення гарантійного терміну придатності молочних напоїв до споживання Мінорова А. В., Крушельницька Н. Л., Седень І. А., Наріжний С. А.	290
Оптимальний склад поживного середовища для культивування мікрощеплених <i>in vitro</i> рослин помідора Мірошніченко Т. М., Івченко Т. В., Баштан Н. О.	292
Мультиензимна біосенсорна система для одночасного визначення активності аланінамінотрансферази та аспартатамінотрансферази в біологічних рідинах Мруга Д. О., Ваховський Є. Р., Дзядевич С. В., Солдаткін О. О.	294

Епідеміологічний аналіз захворюваності на SARS-CoV-2 у 2019–2023 рр. та роль біотехнологічних підходів у контролі пандемії Науменко А. Ю.	296
Морфолого-біологічна характеристика гриба <i>Amanita citrina Pers.</i> Науменко А. Ю.	298
Перспективи використання алое вера в косметології Негода Т. С., Бабко Б. С., Ніженковський О. І.	300
Ефірні олії - популярна тенденція в сучасних цілісних підходах в охороні здоров'я Негода Т. С., Ващенко К. Д., Ніженковський О. І.	301
Натуральні поверхнево-активні речовини як багатофункціональні інгредієнти Негода Т. С., Гера О. С., Ніженковський О. І.	302
Перспективи використання рослинних екстрактів при розробці рослинного шампуню Негода Т. С., Капленко Н. В., Савченко Д. С.	304
Використання ефірних олій як традиційних засобів лікування респіраторних інфекцій Негода Т. С., Криштальова М. Е., Савченко Д. С.	305
Використання ефірної олії кореневищ <i>Hedychium spicatum</i> Негода Т. С., Кулик А. І., Савченко Д. С.	307
Перспективи використання <i>Azadirachta indica</i> Негода Т. С., Мацюк О. В., Савченко Д. С.	308
Перспективи використання ефірної олії <i>Laurus nobilis</i> Негода Т. С., Надорожина В. С.	310
Вплив ефірних олій на мігрень Негода Т. С., Поврозник Н. В.	311
Мікрородорості - перспективна сировина для широкого спектру застосувань Негода Т. С., Прудько А. О.	312
Противірусні молекули рослинного походження Негода Т. С., Сікорський В. В.	313
Переваги сольового назального зрошення Негода Т. С., Толкачева А. В.	314
Засосування дієтичних добавок з <i>Chlorella vulgaris</i> при atopічному дерматиті Негода Т. С., Фасуляк А. О., Ніженковський О. І.	316

Мікродорості - як природні біомедичні матеріали Негода Т. С., Хріпунова Т. В., Ніженковський О. І.	317
Потенційна роль ефірних олій у терапевтичному лікуванні вульгарних вугрів Негода Т. С., Шавро Н. В.	319
Біоремедіаційний потенціал консорціумів базидіоміцетів Нестеренко О. Р.	320
Сучасні підходи до аналізу субстанції антибіотику Цефтриаксону шляхом імплементації методу високоефективної рідинної хроматографії Ніженковська І. В., Вельчинська О. В., Мелешко Р. А.	322
Розробка функціонального напою на основі матча, морського колагену та <i>Hericium erinaceus</i> Нікітенко В. Д., Соловйова О. В.	324
Антимікробна активність поверхнево-активних речовин <i>Rhodococcus erythropolis</i> IMB Ac-5017, синтезованих за наявності еукаріотичного індуктора та попередників біосинтезу фітогормонів Охмакевич А. М., Пирог Т. П.	326
Метаболічна пластичність мієліну: від енергетичного резерву до терапевтичних стратегій Паненко М. В., Бачинський Р. О.	328
Виявлення змін мембран тестікулярних інтерстиціальних клітин після інкубації та кріоконсервації з кріопротекторами Пахомов О. В., Посохов Є. О.	330
Біоремедіація води: біологічні методи видалення основних промислових забруднювачів Первякова А. В., Пилипенко Д. М.	331
Наночастки міді як антимікробний агент для обробки шкіряних матеріалів Писаренко П. О., Охмат О. А.	333
Роль грибів у біосинтезі наночастинок заліза Погрібна А. С., Скроцька О. І.	334
Вирощування органів і тканин <i>in vitro</i> Пономаренко А. О., Ходаківська Ю. О.	336
Розробка косметичного засобу з екстрактом мікродоростей Пономаренко Ю. О., Соловйова А. В.	338
Біотехнологічний аспект впливу позитивного підкріплення на психоемоційний стан студентів покоління Z в умовах війни Прокопенко Д. С., Белінська А. П.	340

Біотехнологічні аспекти створення комплексного біопрепарату на основі метилотрофних бактерій, виділених із агровідходів Пронін І. В., Калюжная О. С.	342
Формування метрологічної культури майбутніх біотехнологів Пушкарьова Я. М., Зайцева Г. М.	344
Стійкість гемоглобіну до окисної дії перексиду водню у кріоконсервованих еритроцитах Рамазанов В. В., Руденко С. В.	345
Роль клітинної лінії у формуванні глікозильного профілю та виходу терапевтичного моноклонального антитіла Рижук А. М., Георгіянц В. А.	347
Цифрова трансформація ринкових досліджень у виробничому секторі фармації та біотехнології Рогуля О. Ю., Крупенко Х. С.	349
Апсайклінг яблучної помаси як джерела біологічно активних сполук у харчовій біотехнології Роль Н. В., Гаюк Н. В.	351
Вдосконалення штамів <i>Corynebacterium glutamicum</i> для надсинтезу ароматичних органічних кислот Савчук О. О., Пирог Т. П.	354
Ліофілізована сироватка кордової крові як засіб корекції посттравматичних змін головного мозку при вибуховій черепно-мозковій травмі Сальников Д. О., Прокопюк В.Ю., Ахатова Ю. С., Прокопюк О.С.	356
Технологія одержання біомаси <i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG ATCC 53103 як компонента пробіотика Самойленко В. В., Пирог Т. П.	358
Сучасні методи мікробіологічного контролю стерильності лікарських препаратів Саустян Я. С., Дубініна Н. В.	360
Розробка наносомальних форм антиоксидантів рослинного походження для терапії нейродегенеративних захворювань Саустян Я. С., Філіпцова О. В.	362
Екологічно безпечні методи утилізації рослин після очищення ґрунтів методом фіторемедіації Сидоренко О. І., Голуб Н. Б.	363
Антиоксидантна активність біофлавоноїдів дикорослих ягід Сімахіна Г. О.	364

Дієтичні добавки сорбційної дії на фармацевтичному ринку України Сіора І. В., Геращенко І. І.	366
Перспективи використання розпилювального сублімаційного сушіння у промисловій фармації і біотехнології Січкара А. А., Манський О. А., Криклива І. О.	368
Розробка молекулярних маркерів для добору екстрем`язоцерних генотипів пшениці Созінова О. І., Козуб Н. О., Созінов І. О., Блюм Я. Б.	369
Потенціал <i>in vitro</i> культивування калюсних тканин видів роду <i>Carlina</i> L. для отримання біологічно активних речовин Сорока О. В., Дробик Н. М.	371
Вплив комбінації бісфенолу А та залізовмісних коагулянтів на антиоксидантну активність <i>Nostoc commune</i> Сохацька Х. Ю., Чебан Л. М.	373
Особливості індукції калюсної культури <i>Senecio</i> <i>besserianus</i> Minder. та <i>Ligularia sibirica</i> (L.) Cass. (<i>Asteraceae</i>) Сташків І. П., Прокоп`як М. З., Плавущка К. В., Дробик Н. М.	375
Синбіотичні напої з комбінованим складом сировини для здорового харчування Стеценко Н. О.	377
Мікробіологічна стабільність сирокочених ковбас із використанням стартових культур Страшинська М. І., Грегірчак Н. М.	379
Рекомбінантні білки у лікуванні анемії, індукованої хіміотерапією Татуєва Є. О., Вовянко С. І.	381
Сучасні виклики статистичних та маркетингових досліджень у біотехнології та фармації Тимочкін С. С.	383
Біотехнології відтворення коней Ткачова І. В., Лютих С. В.	385
Кластерний аналіз товарообігу лікарських засобів у фармацевтичній галузі України Токарчук В. І., Шейкіна Н. В.	387
АВС- та XYZ-аналіз товарообігу лікарських засобів у фармацевтичній галузі України Токарчук В. І., Шейкіна Н. В.	390

Перспективи використання біосинтезованих за участю <i>Pichia kudriavzevii</i> наночастинок цинку як фізичних УФ-фільтрів у сонцезахисних кремах Топіха Т. С., Скроцька О. І.	393
Вплив ферментату культури <i>Bifidobacterium bifidum</i> LVA-3 на властивості мезенхімальних стовбурових клітин людини Труфанова Н. А., Труфанов О. В., Расвська І. М., Петренко О. Ю.	395
Ефект захисних середовищ на основі мальтодекстрину на збереження життєздатності молочнокислих бактерій Хабленко А. Д., Даниленко С. Г., Дуган О. М., Яловенко О. І.	397
Характеристика різних культур МСК за походженням та їх здібностями до високої продукції позаклітинних везикул з низькою запальною активністю Хмельницька Ю. М., Пихтєєв Д. М., Мельник А. С., Юр'єв Б. В., Гуменюк М. І.	399
Роль ліпосом як систем доставки ад'ювантів у підсиленні імунної відповіді Ходаківська Ю. О., Пономаренко А. О.	401
Синбіотична формула на основі штамів <i>L. rhamnosus</i> GG та <i>L. Acidophilus</i> Хупенія К. Г., Двінських Н. В.	403
Інноваційні біотехнології у створенні харчових продуктів з антиоксидантними властивостями Цехмістренко С. І., Данченко О. О., Бітюцький В. С., Цехмістренко О. С.	404
Синтез та противірусна дія похідних 4,6- <i>bis</i> (піролідін-1-іл)- <i>N</i> -(<i>R</i> -феніл)-1,3,5-триазин-2-амінів щодо вірусу Такарібе Циганков А. С., Новодворський Є. М., Москаленко О. В., Демченко А. М.	407
Розробка методики кількісного визначення АФІ фуросемід у таблетках Цілина І. В., Рева Т. Д.	409
Застосування неіонної поверхнево-активної сполуки для збереженості цілісності еритроцитів при постгіпертонічному шоці Чабаненко О. О., Єршова Н. А., Шпакова Н. М.	410
Екологічна роль біопрепаратів у формуванні стійкості агроекосистем за кліматичної нестабільності Чайка Т. О., Лотиш І. І.	412
Біоремедіація повітря: сучасні біотехнології очищення атмосферних викидів Чернишова Б. С., Пилипенко Д. М.	415

Використання меротерпеноїдів у фармацевтичній та медичній біотехнології	
Чертова О. М., Белінська А. П.	417
Перспективи розвитку сучасних вакцин проти гепатиту В	
Чеснюк К. О., Бєлих І. А.	419
Екологічні проблеми у конярстві	
Чехічин А. В., Ткачова І. В.	421
Використання заквасок з чистих культур мікроорганізмів у промислових умовах	
Чиж В. М., Гетьман І. А., Науменко О. В.	423
Банк рослин <i>in vitro</i> як інструмент довготривалого депонування	
Чорнобров О. Ю.	425
Біотехнологічні методи зменшення техногенного та воєнного впливу на довкілля Дніпропетровщини	
Чорнорот О. Ю.	427
Різноманіття водоростей – важливих об’єктів біотехнології	
Шаповалова О. В.	429
Вплив біоплівки на мікробіологічну чистоту та безпеку фармацевтичної продукції	
Шгоян М. Х., Дубініна Н. В.	431
Біосинтезована гіалуронова кислота та поліонуклеотиди як основа сучасних ін’єкційних та топічних препаратів у косметології	
Шгоян М. Х., Філіпцова О. В.	433
Визначення проникності поліетиленових контейнерів для мікроорганізмів на етапі розробки рідких лікарських засобів	
Шевченко В. О.	435
Молекулярна ідентифікація грибів у біологічно-активних добавках на основі ДНК-баркодингу генів тубуліну	
Шуть Т. С., Новожилов Д. О., Михайлова Д. М., Круподьорова Т. А., Пірко Я. В., Блюм Я. Б.	438
Перспективи застосування біологічно активного комплексу Regu-age в косметології	
Якимів О. В., Когут Н. І.	440
Комплексний аналіз сучасного стану і тенденцій розвитку ринку медичного канабісу	
Яромій М. В., Вишневська Л. І.	441

Наукове електронне видання мережне

ПРОБЛЕМИ ТА ДОСЯГНЕННЯ СУЧАСНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ

Матеріали

VI міжнародної науково-практичної конференції

27 березня 2026 року
м. Харків

Відповідальна за випуск
Двінських Наталія Власівна

Комп'ютерний набір, оформлення обкладинки
Смелова Наталія Миколаївна

Національний фармацевтичний університет
вул. Г. Сковороди, 53, м. Харків, 61002