

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

pISSN 2706-9052
eISSN 2706-851X



ПОДІЛЬСЬКИЙ ВІСНИК:

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО, ТЕХНІКА, ЕКОНОМІКА

Заснований у 2005 р.

Випуск 3 (48)



Видавничий дім
«Гельветика»
2025

ПОДІЛЬСЬКИЙ ВІСНИК: СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО, ТЕХНІКА, ЕКОНОМІКА

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ, ТЕХНІЧНІ, ЕКОНОМІЧНІ І ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

Заснований у 2005 р.

Випуск 3 (48)
<https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3>
Виходить чотири рази на рік

pISSN 2706-9052
eISSN 2706-851X

Засновник: Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Головний редактор:

Іванишин В.В. – д-р. екон. наук, професор, академік НААН України, заслужений працівник сільського господарства України, ректор ЗВО «ПДУ» (Україна)

Виконавчий редактор:

Бялковська О.А. – д-р. екон. наук, професор, проректор ЗВО «ПДУ» (Україна)

Випусковий редактор:

Гораш К.В. – канд. пед. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна)

Редакційна колегія:

сільськогосподарські науки:

Блащик Л. – д-р с.-г. наук, Інститут генетики рослин Польської академії наук (Польща),

Едіта Ющук-Куб'як – д-р с.-г. наук, професор, Варшавський університет наук про життя – SGGW (Польща),

Павло Носаль – д-р с.-г. наук, професор, Аграрний університет ім. Гугона Коллонтай у Кракові (Польща),

Чинчик О.С. – д-р с.-г. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Овчарук В.І. – д-р с.-г. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Ясінецька І.А. – д-р екон. наук, професор, проректор ЗВО «ПДУ» (Україна),

технічні науки:

Дуганець В.І. – канд. техн. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Михайлова Л.М. – канд. техн. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Марек Врубель – канд. техн. наук, професор, Університет сільського господарства в Кракові (Польща),

Кшиштоф Мудрик – канд. техн. наук, професор, Аграрний університет ім. Гугона Коллонтай у Кракові (Польща),

Марець Тадеуш Кубонь – канд. техн. наук, професор, Аграрний університет ім. Гугона Коллонтай у Кракові (Польща),

Шелудченко Л.С. – д-р техн. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Славомір Курпаска – канд. техн. наук, професор, Аграрний університет ім. Гугона Коллонтай у Кракові (Польща),

Грушецький С.М. – канд. тех. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Дуганець В.І. – канд. техн. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Гордєєв А.І. – д-р тех. наук, професор, заслужений винахідник України, Хмельницький національний університет (Україна),

Диха О.В. – д-р тех. наук, професор, Хмельницький національний університет (Україна),

Борак К.В. – д-р тех. наук, доцент, Житомирський агротехнічний фаховий коледж (Україна)

економічні науки:

Гуменюк І.І. – канд. філол. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Корженівська Н.Л. – д-р екон. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Семенішена Н.В. – д-р. екон. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Куцмус Н.М. – д-р екон. наук, доцент, Поліський національний університет (Україна),

Чеслав Новак – Dr hab inż., професор, Університет прикладних наук в Тарнові (Польща),

Чикуркова А.Д. – д-р екон. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Рудик В.К. – д-р екон. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Цвігун І.А. – д-р екон. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна)

ветеринарні науки:

Горюк В.В. – канд. вет. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Горюк Ю.В. – канд. вет. наук, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Кучерук М. – д-р вет. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Кухтин М.Д. – д-р. вет. наук, професор, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна),

Левницька В.А. – д-р. вет. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Сачук Р. – д-р вет. наук, старший дослідник, Рівненський державний гуманітарний університет (Україна)

Супрович Т.М. – д-р с.-г. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Схвалено Вченою радою ЗВО «ПДУ» (протокол № 9 від 28.08.2025 р.)

Підписано до друку 29.08.2025 р.

Електронний науковий журнал включено до Переліку наукових фахових видань України Наказ МОН України від 02.07.2020 р. № 886 (додаток 4) та Наказ МОН України від 24.09.2020 р. № 1188 (додаток 5)

Спеціальності: С1 Економіка, D1 облік і оподаткування, D2 Фінанси, банківська справа, страхування та фондовий ринок, D3 Менеджмент, D6 Секретарська та офісна справа, D5 Маркетинг, G11 Машинобудування (за спеціалізаціями), H1 Агронія, H2 Тваринництво, H6 Ветеринарна медицина.

Електронний науковий журнал «Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка» індексується в міжнародних каталогах та наукометричних базах: IndexCopernicus (ICV 2023 – 67,46), Polish Scholarly Bibliography, Citefactor, ResearchBible, Google Scholar, MIAR (ICDS 1,3), General Impact Factor (GIF), Journal Factor, PBN.

Відповідальність за оригінальність (плагіат) тексту наукової статті, точність наведених фактів, цитат, статистичних даних, власних назв, географічних назв та інших відомостей, а також за те, що в матеріалах не містяться дані, що не підлягають відкритій публікації, несуть автори наукових праць. Точки зору авторів публікацій можуть не співпадати з точкою зору редколегії збірника.

© ЗВО «ПДУ», 2025

© Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка, 2025

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION «PODILLIA STATE UNIVERSITY»

pISSN 2706-9052
eISSN 2706-851X



PODILIAN BULLETIN:
AGRICULTURE, ENGINEERING, ECONOMICS

Founded in 2005

Issue 3 (48)



“Helvetica”
Publishing House
2025

PODILIAN BULLETIN: AGRICULTURE, ENGINEERING, ECONOMICS

AGRICULTURAL, TECHNICAL, ECONOMIC AND VETERINARY SCIENCES

Founded in 2005

Issue 3 (48)

<https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3>
Periodicity: 4 times a year

pISSN 2706-9052

eISSN 2706-851X

Founder: Higher Educational Institution «Podillia State University»

Editor-in-Chief:

Ivanyshyn V.V. – Doctor of Economics, Professor,
Honored Worker of Agriculture of Ukraine,
Rector of HEI «PSU» (Ukraine)

Executive editor:

Bialkowska O.A. – Doctor of Economics, Professor,
Vice-Chancellor of HEI «PSU» (Ukraine)

Publishing editor:

Horash K.V. – PhD in Pedagogy, Associate Professor, HEI «PSU» (Ukraine)

Editorial Board:

Agricultural sciences:

Blashchik Lidiia – Dr. Sc. in Agriculture, Prof., Institute of Plant Genetics Polish Academy of Sciences (Poland)

Edyta Juszczuk-Kubiak – Dr. Sc. in Agriculture, Prof., Warsaw University of Life Sciences – SGGW (Poland)

Pavlo Nosal – Dr. Sc. in Agriculture, Prof., University of Agriculture in Krakow (Poland)

Chynchyk O.S. – Dr. Sc. in Agriculture, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Ovcharuk V.I. – Dr. Sc. in Agriculture, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Yasinetska I.A. – Doctor of Economics, Prof., Pro-rector of HEI «PSU» (Ukraine)

Technical sciences:

Duhanets V.I. – PhD in Engineering, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Slavomir Kurpaska – Doctor of Technical Sciences, Prof., University of Agriculture in Krakow (Poland)

Mykhailova L.M. – Candidate of Technical Sciences, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Hrushetskyi S. – Candidate of Technical Sciences, Assoc. Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Marek Vrabel – Candidate of Technical Sciences, Prof., University of Agriculture in Krakow (Poland)

Duhanets V. – Candidate of Technical Sciences, Assoc. Prof., Head of the Department of Technical Service and General Technical Subjects, HEI «PSU» (Ukraine)

Kshyshtof Mudryk – Candidate of Technical Sciences, Prof., University of Agriculture in Krakow (Poland)

Hordieiev A. – Doctor of Engineering, Prof., Prof. of the Department of Mechanical Engineering Technology, Khmelnytsky National University (Ukraine)

Matsei Tadeush Kubon – PhD, Prof., University of Agriculture in Krakow (Poland)

Dykha O. – Doctor of Engineering, Prof., Head of the Department of tribology, automobiles and materials science, Khmelnytskyi National University (Ukraine)

Sheludchenko L.S. – Doctor of Engineering, Assoc. Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Borak K. – Doctor of Engineering, Associate Prof., Deputy Director for Education, Zhytomyr Agrotechnical College (Ukraine)

Economic sciences:

Humeniuk I.I. – PhD in Philology, Assoc. Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Semenyshena N.V. – Doctor of Economics, Assoc. Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Korzhnivska N.L. – Doctor of Economics, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Cheslav Novak – Dr hab inż., Prof., University of Applied Sciences in Tarnow (Poland)

Kutsmus N.M. – Doctor of Economics, Assoc. Prof., Polissia National University (Ukraine)

Chykurkova A.D. – Doctor of Economics, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Rudyk V.K. – Doctor of Economics, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Tsvihun I.A. – Doctor of Economics, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Veterinary sciences:

Horiuk V.V. – PhD in Veterinary, Assoc. Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Levytska V.A. – Doctor of Veterinary, Assoc. Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Horiuk Yu.V. – PhD in Veterinary, HEI «PSU» (Ukraine)

Sachuk R. – Doctor of Veterinary, Senior Researcher, Rivne State University of the Humanities (Ukraine)

Kucheruk M. – Doctor of Veterinary, Assoc. Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Suprovych T.M. – Dr. Sc. in Agriculture, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Kukhtyn M.D. – Doctor of Veterinary, Prof., Ternopil Ivan Puluj National Technical University (Ukraine)

Recommended by Academic Council of HEI «PSU» (protocol № 9 from 28.08.2025)

Signed for printing on 29.08.2025.

The journal is included in the list of scientific professional editions of Ukraine (the Order of MES of Ukraine as of 02.07.2020 No. 886 (annex 4), the Order of MES of Ukraine as of 24.09.2020 No. 1188 (annex 5))

Specialties: C1 Economics, D1 Accounting and Taxation, D2 Finance, Banking, Insurance and Stock Market, D3 Management, D6 Secretarial and Office Management, D5 Marketing, G11 Mechanical Engineering (with specializations), H1 Agriculture, H2 Livestock Breeding, H6 Veterinary Medicine.

Electronic scientific journal «Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics» is indexed in international directories and scientometric databases: IndexCopernicus (ICV 2023 – 67,46), Polish Scholarly Bibliography, Citefactor, ResearchBible, Google Scholar, MIAR (ICDS 1,3), General Impact Factor (GIF), Journal Factor, PBN.

The authors of scientific papers are responsible for originality (plagiarism) of the article, the accuracy of facts, quotations, statistics, proper names, place names and other information, as well as the fact that the materials do not contain data that can't be published. The opinions of the authors of publications may not coincide with the views of the editorial board of the collection.

© HEI «PSU», 2025

© Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics, 2025

ЗМІСТ

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

Безвіконний П. В. ВИНОС ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИНАМИ БУРЯКА КОРМОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ І НОРМ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	9
Глухенький С. Л., Лихач В. Я. ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ СТАНКІВ, ПОРОДНОСТІ КНУРА-ПЛІДНИКА ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ УМОВ УТРИМАННЯ НА ВІДТВОРЮВАЛЬНІ ТА ПРОДУКТИВНІ ОЗНАКИ СВИНОМАТОК І ПОРОСЯТ У ПРОМИСЛОВОМУ СВИНАРСТВІ.....	15
Дрозд О. О., Мельник О. В., Ременюк Л. М. ТОВАРНІСТЬ І ФІЗИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯБЛУК СОРТУ РЕНЕТ СИМИРЕНКА ЗАЛЕЖНО ВІД РЕЖИМУ ОХОЛОДЖЕННЯ, ОБРОБКИ ДЕРЕВ ЕТИЛЕНПРОДУЦЕНТОМ І ПЛОДІВ ІНГІБІТОРОМ ЕТИЛЕНУ	30
Іванів М. О., Сидякіна О. В., Гамула Є. А. ВПЛИВ ГУСТОТИ СТОЯННЯ РОСЛИН ТА МІКРОДОБРІВ НА ВОДОСПОЖИВАННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ	37
Лайтер В. В., Кухтин М. Д., Димчук А. В., Лайтер-Москалюк С. В. ОЦІНКА ВМІСТУ НІТРАТІВ У МОЛОЦІ КОРОВ'ЯЧОМУ СИРОМУ ПРОТЯГОМ РОКУ.....	43
Люта І. М. ВПЛИВ РОКУ ТА МІСЯЦЯ НАРОДЖЕННЯ І ОТЕЛЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ КОРІВ-ПЕРВІСТОК ГОЛШТИНСЬКОЇ ПОРОДИ.....	52
Матюха В. Л., Цилюрик О. І., Семенов С. С. ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ СОРГО ВІД ШКІДНИКІВ В УМОВАХ СТЕПУ УКРАЇНИ	59
Михайлюк Д. В., Правдива Л. А. ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ВИЖИВАНІСТЬ ТА ЗИМОСТІЙКІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....	67
Мулярчук О. І., Степанченко В. М. СОРТОВІ ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ СУХОЇ РЕЧОВИНИ В РОСЛИНАХ ГОРОХУ ОВОЧЕВОГО.....	73
Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Шпирна В. Г., Жилін О. С., Грищенко О. Л. КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА БІШОФІТУ В АГРОСИСТЕМАХ	79
Повод М. Г., Ковальова О. М., Михалко О. Г., Меженський Г. В., Луник Ю. М., Гончар В. І. АНАЛІЗ ГАЛУЗІ СВИНАРСТВА ТА ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОФАЗОВОГО ДОРОЩУВАННЯ ПОРОСЯТ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ГОДІВЛІ.....	86
Садовий А. А., Лихач В. Я. ВПЛИВ ТЕПЛОВОГО СТРЕСУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ, ПОВЕДІНКУ ТА ФІЗІОЛОГІЧНИЙ СТАН СВИНЕЙ НА ВІДГОДІВЛІ.....	96
Цицюра Я. Г. КОНЦЕПЦІЯ ЗАСТОСУВАННЯ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ ЯК СИДЕРАТУ ЗА РІЗНИХ СТРОКІВ ВИКОРИСТАННЯ НА ПІДСТАВІ БАГАТОРІЧНОГО ЦИКЛУ ВИВЧЕННЯ.....	104
Шейдик К. А. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ СОРТОВОГО РІЗНОМАНІТТЯ <i>NICOTIANA RUSTICA</i> L. ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СЕЛЕКЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ СОРТОТИПІВ	118
Юрченко Ю. О. ВПЛИВ СПОСОБУ СІВБИ НА ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ НАСІННЯ СОЇ.....	126
Яценко Н. В., Ващенко О. В. АДАПТИВНО-ПРОДУКТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ГІБРИДІВ <i>CITRULLUS LANATUS</i> (THUNB.) MATSUM. & NAKAI У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	131

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

Покотильська Н. В., Добровольська Е. В., Косович О. В. УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА	138
Чорнобай Д. М. СУТНІСТЬ, ОСОБЛИВОСТІ ТА ЗНАЧЕННЯ ПІДПРИЄМНИЦЬКОГО ПОТЕНЦІАЛУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ	144

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Borak K. V., Kulykivskiy V. L., Borovskyi V. M., Rudenko V. G., Dobranskiy S. S. INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF THE WORKING BODIES OF TILLAGE MACHINES BY ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING	149
Околіта В. Ю., Бабко Є. М., Олішевський В. В. СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА СПОСОБИ ОЧИЩЕННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ	161

ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

Voiko H. V., Bosa Ye. P. MODERN APPROACHES TO THERAPY AND RESUSCITATION OF DOGS IN CASES OF COUMARIN ANTICOAGULANT POISONING	169
Шептуха О. А., Масюк Д. М. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ ЕКСПРЕСІЇ МОЛЕКУЛЯРНИХ МАРКЕРІВ ЗІ СТАНОМ МІКОБІОМУ У ДВНАДЦЯТИПАЛІЙ КИШЦІ ПОРОСЯТ	176

CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

Bezvikonnyy P. V. EXTRACTION OF MAIN NUTRITION ELEMENTS BY FODDER BEET PLANTS DEPENDING ON VARIETY FEATURES AND NORMS OF MINERAL FERTILIZERS IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEP OF UKRAINE	9
Hlukhenkyi S. L., Lykhach V. Y. INFLUENCE OF MACHINE DESIGN, SIRE BREED AND TECHNOLOGICAL CONDITIONS OF KEEPING ON REPRODUCTIVE AND PRODUCTIVE TRAITS OF SOWS AND PIGLETS IN INDUSTRIAL PIG PRODUCTION.....	15
Drozd O. O., Melnyk O. V., Remeniuk L. M. MARKETABILITY AND PHYSICAL PARAMETERS OF REINETTE SIMIRENKO APPLES DEPENDING ON THE COOLING MODE, TREATMENT OF TREES WITH ETHEPHON AND FRUITS WITH ETHYLENE INHIBITOR	30
Ivaniv M. O., Sydiakina O. V., Hamula Ye. A. INFLUENCE OF PLANT DENSITY AND MICRONUTRIENTS ON WATER CONSUMPTION OF MAIZE HYBRIDS UNDER CONDITIONS OF THE NORTHERN STEPPE OF UKRAINE	37
Laiter V. V., Kukhtyn M. D., Dymchuk A. V., Laiter-Moskaliuk C.V. ESTIMATION OF NITRATE CONTENT IN RAW COW'S MILK DURING THE YEAR.....	43
Liuta I. M. EFFECT OF YEAR AND MONTH OF BIRTH AND CALVING ON MILK PRODUCTION TRAITS IN PRIMIPAROUS COWS HOLSTEIN HEIFERS	52
Matiukha V. L., Tsyliuryk O. I., Semenov S. S. EFFECTIVENESS OF THE SORGHUM PROTECTION SYSTEM AGAINST PESTS UNDER THE CONDITIONS OF THE STEPPE ZONE OF UKRAINE	59
Mykhailiuk D. V., Pravdyva L. A. INFLUENCE OF ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY ON THE SURVIVAL AND WINTER HARDNESS OF WINTER WHEAT IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEP OF UKRAINE.....	67
Muliarchuk O. I., Stepanchenko V. M. VARIETAL CHARACTERISTICS OF DRY MATTER ACCUMULATION IN PLANTS OF VEGETABLE PEAS	73
Pysarenko P. V., Samoilik M. S., Dychenko O. Yu., Shpyrna V. H., Zhilin O. S., Hryshchenko O. L. COMPREHENSIVE USE OF PROBIOTICS AND BISHOPHYTES IN AGROSYSTEMS	79
Povod M. G., Kovalova O. M., Mykhalko O. G., Mezhenkyi G. V., Lunyk Y. M., Gonchar V. I. ANALYSIS OF THE PIG FARMING INDUSTRY AND ASSESSMENT OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF TWO-PHASE GROWING OF PIGLETS UNDER VARIOUS FEEDING METHODS	86
Sadovyi A. A., Lykhach V. Y. INFLUENCE OF HEAT STRESS ON PRODUCTIVITY, BEHAVIOR AND PHYSIOLOGICAL STATUS OF FATTENING PIGS	96
Tsytsyura Y. G. CONCEPT OF USING OIL RADISH AS GREEN MANURE UNDER DIFFERENT APPLICATION PERIODS BASED ON A MULTI-YEAR STUDY CYCLE	104
Sheydyk K. A. SYSTEMATIZATION OF <i>NICOTIANA RUSTICA</i> L. VARIETAL DIVERSITY FOR OPTIMIZATION OF THE BREEDING PROCESS AND CLASSIFICATION OF VARIETAL TYPES	118
Yurchenko Yu. O. INFLUENCE OF SOWING METHOD ON THE FORMATION OF SOYBEAN SEED QUALITY.....	126
Yatsenko N. V., Vashchenko O. V. ADAPTIVE AND PRODUCTIVE POTENTIAL OF <i>CITRULLUS LANATUS</i> (THUNB.) MATSUM. & NAKAI HYBRIDS IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE	131

ECONOMY

Pokotylska N. V., Dobrovolska E. V., Kosovych O. V. JOINT STOCK COMPANY PERSONNEL MANAGEMENT	138
--	-----

Chornobai D. M. THE ESSENCE, FEATURES AND SIGNIFICANCE OF THE ENTREPRENEURIAL POTENTIAL OF RURAL AREAS	144
---	-----

TECHNICAL SCIENCES

Borak K. V., Kulykivskiy V. L., Borovskiy V. M., Rudenko V. G., Dobranskiy S. S. INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF THE WORKING BODIES OF TILLAGE MACHINES BY ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING	149
--	-----

Okolita V. Yu., Babko E. M., Olishevsky V. V. MODERN METHODS AND WAYS OF PURIFICATION OF SUNFLOWER OIL	161
--	-----

VETERINARY SCIENCES

Boiko H. V., Bosa Ye. P. MODERN APPROACHES TO THERAPY AND RESUSCITATION OF DOGS IN CASES OF COUMARIN ANTICOAGULANT POISONING	169
---	-----

Sheptukha O. A., Masiuk D. M. INTERRELATIONSHIPS BETWEEN THE EXPRESSION OF MOLECULAR MARKERS AND THE STATE OF THE MYCOBIOME IN THE DUODENUM OF PIGLETS	176
---	-----

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.20>
УДК 664.3/665.3

Околіта В. Ю.

*аспірант кафедри технологічного обладнання та
комп'ютерних технологій проектування,
Національний університет харчових технологій
Київ, Україна
E-mail: mi4@ukr.net
ORCID: 0009-0004-2148-2069*

Бабко С. М.

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри технологічного обладнання та
комп'ютерних технологій проектування,
Національний університет харчових технологій
Київ, Україна
E-mail: babkoe@ukr.net
ORCID: 0000-0003-2389-007X*

Олішевський В. В.

*доктор технічних наук,
професор кафедри технологічного обладнання та
комп'ютерних технологій проектування,
Національний університет харчових технологій
Київ, Україна
E-mail: valinter@ukr.net
ORCID: 0000-0001-6972-6799*

СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА СПОСОБИ ОЧИЩЕННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

Анотація

Оглядова стаття присвячена порівнянню найбільш поширених способів гідратування рослинних олій. Її мета – проведення детального аналізу сучасних методів і технологій очищення соняшникової олії, визначення їхніх переваг і недоліків, а також оцінювання перспектив застосування інноваційних рішень. Це дозволить підвищити ефективність виробничих процесів, зменшити втрати біологічно активних компонентів і мінімізувати екологічні й економічні ризики. Гідратування – перша зі стадій перероблення олій, мета якої – виведення фосфоліпідів, наявність яких унеможливує якісне проведення всіх інших стадій рафінування. Наведено фракційний склад рослинних фосфоліпідів різних олій. Порівнюються недоліки, переваги й ефективність традиційного гідратування. Розглянуто сучасні технології очищення, як-от ферментативні методи, мембранні технології, а також використання ультразвукових і електрофізичних впливів. До суттєвого підвищення ефективності гідратування приводить інтенсифікація змішування фаз олія – гідратаційний агент. У статті розглянуто використання із цією метою ультразвукових приладів. Перспективним напрямом розвитку технологій харчової промисловості нині є застосування мембран. Розглянуто особливості цього фізичного методу гідратування.

Інноваційні методи очищення, зокрема й мембранні технології, ферментативні методи, ультразвукове очищення та комбіновані підходи, відкривають нові можливості для покращення якості соняшникової олії. Вони дозволяють не лише ефективніше видаляти домішки, а й зберігати органолептичні властивості продукту, його прозорість, аромат і смакові характеристики. Окрім того, ці технології мінімізують втрати корисних компонентів, що підвищує харчову цінність олії та робить її більш привабливою для споживачів.

У сучасних технологіях також застосовується центрифугування для відділення твердих частинок і очищення олії після лужного рафінування, що сприяє підвищенню ефективності процесу та зменшенню негативного впливу на довкілля. Оцінено ефективність інноваційних підходів порівняно із традиційними методами. Актуальність сучасних способів очищення підтверджується численними науковими дослідженнями, що підкреслюють їхню важливість для харчової промисловості, екологічної безпеки й економічної ефективності.

Визначено найефективніші сучасні методи очищення відповідно до вимог до якості кінцевого продукту, а також розроблено рекомендації щодо комбінованого застосування традиційних і новітніх технологій для досягнення оптимального балансу між якістю, економічною доцільністю та екологічною стійкістю.

Ключові слова: вміст фосфоліпідів, гідратування, ультразвук, мембранні технології, соняшникова олія, очищення.

Вступ. У сучасних умовах стрімкого технологічного розвитку питання якості харчових продуктів набуває дедалі більшої важливості. Соняшникова олія, будучи одним з основних джерел жирів для мільйонів людей, посідає значне місце в раціоні. Її популярність пояснюється не лише доступністю, а й корисними властивостями, зокрема високим умістом поліненасичених жирних кислот, вітамінів і антиоксидантів [2; 5, с. 118; 9; 21, с. 64; 10, с. 6–9].

Однак виробництво соняшникової олії супроводжується утворенням небажаних домішок, серед яких фосфатиди, вільні жирні кислоти, воски, залишки пестицидів і важких металів. Присутність цих речовин негативно впливає на якість олії, погіршує її смакові характеристики та потенційно шкодить здоров'ю споживачів. Тому очищення олії є важливим етапом виробничого процесу.

Гідратування – процес вилучення фосфоліпідів з олій за допомогою води або водних розчинів гідратаційних агентів. Процес осадження фосфоліпідів з олії в результаті додавання до неї води відомий уже майже сторіччя: він був винайдений Г. Боллманом у Німеччині в 1921 р. [8].

Фосфоліпіди є фізіологічно активними речовинами: незамінні для росту, розвитку та функціонування всіх соматичних клітин організму, є антиоксидантами, впливають на роботу нервової системи. Фосфоліпіди забезпечують субстрати для міжклітинної комунікації, що дають можливість регулювати гемостаз, імунітет, тромбоз і відіграють головну роль у разі наявності серцево-судинних захворювань. Також є складником мембран клітин, печінка на 80% складається з фосфоліпідів, мозок – на 60% тощо [15; 18]. Незважаючи на численні позитивні фізіологічні функції фосфоліпідів у процесі рафінування, їх видаляють зі складу олій через негативний вплив, що вони чинять на стадії рафінування. Так, нейтралізацію, адсорбційне очищення, дезодорування – основні етапи одержання рафінованих олій – неможливо провести якісно за наявності в оліях помітних кількостей фосфоліпідів.

Мета гідратування – найбільш повне виведення фосфоліпідів, одержання гідратованої олії з малим залишковим умістом фосфоліпідів, а також одержання якісного лецитину. З огляду на відносно нескладну стадію гідратування, її поширеність, теоретичний і практичний досвід її проведення, залишаються питання, пов'язані з постійним підвищенням вимог до гідратованої олії, лецитину, вимог до екологічності, енергоефективності виробництва тощо.

Виходячи з того, що не всі групи рослинних фосфоліпідів є гідрофільними, тобто виводяться у процесі водного гідратування (табл. 1), наявна різноманітність підходів до їх виведення зі складу олій. Натепер розроблено величезну кількість способів гідратування, які різняться за теоретичним підходом, складом гідратаційних агентів, апаратурно-технологічним оформленням процесу гідратування тощо. Рослинні олії характеризуються різним умістом фосфоліпідів (табл. 1), різним співвідношенням групового складу фосфоліпідів. Важливими для проведення гідратування є не тільки ці характеристики, але й кількість металів, уміст яких корелює з кількістю фосфоліпідів, що не гідратуються. Пресовані олії містять істотно меншу кількість фосфоліпідів металів негідратованих фосфоліпідів.

Таблиця 1. Уміст фосфоліпідів в олійному насінні та їхній фракційний склад

Олія	Уміст фосфору (мг/кг) [17]	Фракційний склад фосфоліпідів, % [4]				
		Фосфати дилхолін	Фосфатидил етаноламін	Фосфатидил інозитол	Фосфатидна кислота	Інші
Ріпакова	252–1 155	37	20	22	8	13
Соева	640–1 140	46	25	17.4	8	15
Соняшникова	170–544	34	17	30	6	13

Хоча традиційні методи очищення, зокрема рафінація, залишаються ефективними, вони часто призводять до втрат біологічно активних компонентів і значного впливу на довкілля. Це зумовлює необхідність розроблення нових технологій, які забезпечують високу якість продукту за мінімального екологічного навантаження. Перспективними напрямками є ферментативні методи, мембранні технології та сучасні адсорбенти.

Отже, дослідження сучасних підходів до очищення соняшникової олії є надзвичайно актуальним завданням. Воно сприяє не лише покращенню якості кінцевого продукту, а й розвитку екологічно безпечних технологій, що відповідають сучасним вимогам харчової промисловості.

Мета роботи. Метою дослідження є проведення детального аналізу сучасних методів і технологій очищення соняшникової олії, визначення їхніх переваг і недоліків, а також оцінювання перспектив застосування інноваційних рішень. Це дозволить підвищити ефективність виробничих процесів, зменшити втрати біологічно активних компонентів і мінімізувати екологічні й економічні ризики.

Виклад основного матеріалу дослідження. Традиційні методи очищення соняшникової олії, зокрема гідратація, нейтралізація, адсорбційна та виморожувальна депарафінація, були детально вивчені ще в середині ХХ ст. Наукові дослідження зосереджувалися на механізмах дії цих методів, зокрема на процесах адсорбції пігментів за допомогою активованого бентоніту й очищення за допомогою кислот.

Лужне рафінування є стандартним методом нейтралізації вільних жирних кислот в оліях, за якого олію обробляють лугами, утворюють нерозчинні солі (мила), які видаляються разом із домішками. Цей процес дозволяє знизити кількість токсичних відходів порівняно з кислотною обробкою.

У сучасних технологіях також застосовується центрифугування для відділення твердих частинок і очищення олії після лужного рафінування, що сприяє підвищенню ефективності процесу та зменшенню негативного впливу на довкілля [4, с. 118].

У статті [7] досліджується вплив високих температур на втрату токоферолів і утворення небажаних сполук у різних оліях. Це дослідження підкреслює важливість розроблення більш оощадних технологій очищення, які зберігають корисні властивості олії та зменшують негативний вплив на довкілля.

Інноваційні підходи в наукових дослідженнях відокремлення фосфоліпідів:

1. Мембранні технології. Найбільш перспективною альтернативою традиційному гідратуванню є мембранна технологія відділення фосфоліпідів від нейтральної олії. Для мембранного гідратування використовують полімерні (полівініліденфториди), поліетиленсульфони та керамічні мембрани з адекватною селективністю. У більшості досліджень як розчинник застосовують *n*-гексан, можна відділити 95–99,9% фосфоліпідів від теоретичного вмісту або етанол [24].

У статті [20, с. 3] описується впровадження нанofільтрації, зокрема, для переробки рослинних олій для одночасного очищення та зниження кислотності. Результати показали, що метод може замінити традиційну нейтралізацію лугами.

Переваги застосування мембран – економія енергії (приблизно 50%), одержання олій із низьким умістом фосфору, а низький уміст металів свідчить про більшу стабільність таких олій щодо окиснювального псування. Основні недоліки мембранного гідратування – вартість мембран і необхідність розчинення нерафінованої олії в неполярному розчиннику (тобто підходить лише для екстракційних олій, із яких не вилучали гексан або інший неполярний розчинник).

2. Ферментативні методи.

Цей напрям розробляється переважно європейськими науковцями.

Дослідження Південно-Китайського технологічного університету (Китай, 2024 р.) виявило, що використання фосфоліпаз для гідролізу фосфоліпідів може зменшити залишковий уміст цих сполук у готовій олії до 0,05% [25].

У статті Т. Носенко та Д. Жупанова (Україна, 2023 р.) досліджено ферментативне дегумування соняшникової олії різними препаратами. Показано, що дегумування препаратом Quara® Boost забезпечує вихід олії в 98%, що на 1,5% вище, ніж за водного дегумування. Використання Lecitase® Ultra та Quara Low P збільшило вихід олії на 1 та 0,5% відповідно, порівняно з водним дегумуванням. Уміст фосфоліпідів зменшився з 0,4% у сирій олії до 0,2% після водного дегумування, а застосування ферментних препаратів Lecitase® Ultra та Quara Low P знизило вміст фосфоліпідів до 0,08 та 0,06% відповідно [13, с. 252–264].

3. Ультразвукові методи.

Інтенсифікація процесів очищення за допомогою ультразвукових хвиль активно досліджується у країнах Азії. У праці [22, с. 64] показано, що ультразвукова обробка олії перед зимовою депарафінацією скорочує тривалість процесу на 30% і зменшує енерговитрати.

У праці [19] описано комбіноване використання ультразвуку та мембранних технологій, що дозволяє значно зменшити залишкові домішки, як-от воски та пестициди

4. Комбіновані методи.

Поєднання кількох технологій стало предметом численних наукових праць.

Матеріали праці [16, с. 849–863] показали, що комбінація ферментативної обробки й ультразвуку дозволяє зменшити втрати біологічно активних компонентів на 15–20% у порівнянні із традиційними методами.

Показано [23], що поєднання мембранних процесів із ферментативним очищенням забезпечує мінімізацію кислотності й оптимальну прозорість олії.

Результати проведеного аналізу наукових публікацій демонструють значний прогрес у розробленні технологій очищення соняшникової олії. Традиційні методи поступово вдосконалюються, тоді як інноваційні підходи, як-от мембранні, ферментативні, ультразвукові та комбіновані методи, активно впроваджуються у промисловість. Водночас велика кількість досліджень свідчить про глобальний інтерес до теми, що пов'язано зі зростанням попиту на якісну й екологічну продукцію.

Результати досліджень. Проведено аналіз традиційних і сучасних методів очищення рослинних олій. Традиційні способи очищення соняшникової олії залишаються основою промислового виробництва завдяки їхній високій ефективності у видаленні більшості домішок. Водночас їхні недоліки, зокрема екологічний вплив і втрати цінних компонентів, стимулюють розроблення інноваційних підходів, які є більш енергоефективними й екологічно безпечними.

Установлено, попри численні переваги інноваційних технологій, їх упровадження стикається з викликами, як-от високі капітальні витрати на обладнання, неналежна адаптація технологій до промислових масштабів, нестача кваліфікованих фахівців для роботи з новітніми системами та необхідність подальших досліджень для оптимізації параметрів очищення.

Подальші дослідження у сфері очищення соняшникової олії зосереджуватимуться на зниженні вартості інноваційних методів, удосконаленні параметрів комбінованих технологій, розробленні нових екологічно чистих

реагентів і адсорбентів, а також на використанні відновлюваних джерел енергії для підвищення енергоефективності.

Отже, сучасні підходи до очищення соняшникової олії мають значний потенціал для покращення якості продукту й оптимізації виробничих процесів, що є важливим кроком у розвитку харчової промисловості.

Одним із перспективних напрямів є мембранні технології очищення, які дозволяють ефективно видаляти домішки на молекулярному та субмолекулярному рівнях. Вони базуються на використанні мембран із селективною проникністю, що забезпечує розділення рідких сумішей залежно від розміру частинок, молекулярної маси та хімічного складу.

У статті [14, с. 597] показано, що ультразвук є ефективним для дегумінгу, що пришвидшує видалення фосфоліпідів із соняшникової олії та збільшує її вихід.

Ферментативні методи очищення соняшникової олії є одним із найбільш перспективних інноваційних підходів у харчовій промисловості. Ці методи базуються на використанні біологічно активних ферментів, які каталізують хімічні реакції, спрямовані на видалення специфічних домішок, як-от фосфатиди, воски та вільні жирні кислоти. Завдяки природній селективності ферментів ці методи дозволяють досягти високої ефективності очищення за мінімального впливу на корисні компоненти олії.

Дослідженнями Ф. Гладкого та С. Волошенка (2011 р.) показано, що використання фосфоліпаз у процесі очищення соняшникової олії зменшує вміст фосфатидів на 95%, покращує стабільність продукту під час зберігання [1, с. 32–37], а застосування ліпази [21, с. 29–35] сприяє видаленню до 98% восків без втрат біологічно активних компонентів олії.

Ультразвукові методи очищення соняшникової олії є сучасним інноваційним підходом, що ґрунтується на застосуванні високочастотних акустичних хвиль. Ультразвук забезпечує інтенсифікацію фізико-хімічних процесів, як-от емульгування, диспергування, видалення домішок і зниження в'язкості. Ця технологія дозволяє ефективно видаляти фосфоліпіди, воски, вільні жирні кислоти й інші небажані компоненти, водночас мінімізує втрати корисних речовин.

Науковцями [12, с. 261–276] показано, що застосування ультразвуку із частотою 20–40 кГц забезпечує значне покращення видалення восків, водночас стабільність жирнокислотного складу зберігається протягом 12 місяців.

Комбіновані методи очищення соняшникової олії передбачають використання двох або більше технологій, які взаємодоповнюють одна одну, для досягнення максимальної ефективності очищення. Такий підхід дозволяє знизити недоліки окремих методів, оптимізувати виробничі процеси та забезпечити високу якість готової продукції.

Ці методи є перспективним рішенням у сучасній харчовій промисловості, оскільки поєднують економічну ефективність, екологічність і збереження корисних компонентів соняшникової олії.

Дослідженнями науковців [3, с. 29–35] доведено, що комбінація ультрафільтрації та ультразвуку забезпечує ефективне видалення восків, де інтенсифікацію всіх технологічних стадій процесу виморожування здійснено електромагнітним обробленням соняшникової олії, що йде за принципом прилипання негативно заряджених частинок воскоподібних речовин до позитивно заряджених волокон полімерного фільтрматеріалу.

Поєднання ферментативних методів і мембранних процесів здатні зменшити залишкову кислотність олії на 93% без використання хімічної нейтралізації. Переваги ферментативних методів широко описані у праці [6, с. 83–89].

Одним з основних чинників, що визначають економічну ефективність інноваційних технологій, є зниження витрат на енергетичні ресурси. Традиційні методи очищення соняшникової олії, зокрема відбілювання та дезодорація, потребують великих енерговитрат, особливо у процесах, що пов'язані з високими температурами. Тоді як мембранні технології, ферментативні методи й ультразвукові процеси можуть здійснювати очищення за нижчих температур або без значних енергетичних затрат.

Наприклад, мембранні технології, як-от ультрафільтрація або нанофільтрація, використовують низький тиск і відсутність теплового навантаження, що значно знижує потребу в енергії порівняно із традиційними методами фільтрації або відділенням олії від домішок. Використання такого обладнання дозволяє значно знизити витрати на електроенергію, що особливо важливо для великих підприємств з високим обсягом виробництва.

Відцентрові сепаратори та декантери є одним з найефективніших і широко використовуваних типів обладнання для очищення олії, особливо на етапах розділення рідких і тверді фаз. Їхнім основним принципом роботи є використання високої швидкості обертання для створення відцентрової сили, що розділяє суміші на складники з різними густинами.

Відцентрові сепаратори дозволяють ефективно відокремлювати домішки, як-от частинки бруду, слизькі речовини, вода, а також інші тверді елементи, що можуть залишатися в олії після віджиму або попередніх етапів очищення. Сучасні відцентрові сепаратори оснащені енергозберігаючими двигунами та системами автоматичного регулювання швидкості обертання, що дозволяє оптимізувати енергоспоживання. Завдяки високій ефективності та точному розділенню фаз сепаратори зменшують потребу в додаткових етапах очищення та знижують енергетичні витрати порівняно із традиційними методами фільтрації або відділенням олії від домішок.

Декантери зазвичай використовують механічну обробку під час розділення фаз, що значно знижує енергоспоживання порівняно з іншими методами, як-от фільтрація за високих температур. Сучасні декантери обладнані енергозберігаючими системами, які дозволяють зменшити витрати енергії на обертання барабанів та інші механічні операції.

Хоча початкові витрати на впровадження нових технологій можуть бути значними, вони часто мають високу швидкість окупності. Витрати на закупівлю сучасного обладнання для сепараційних, мембранних технологій, ферментативних методів або ультразвукових установок можуть бути значними, однак довгострокові економічні вигоди, пов'язані з підвищенням ефективності процесів і зменшенням енергетичних витрат, дозволяють значно швидше відшкодувати ці витрати. Зважаючи на високий попит на якісну олію, підприємства можуть швидко повернути вкладені кошти й отримати високий рівень рентабельності.

Висновки. Сучасні методи та технології очищення соняшникової олії відіграють ключову роль у забезпеченні її якості, безпеки та харчової цінності. Завдяки безперервному розвитку технологій у галузі з'являються нові ефективні підходи, які значно перевершують традиційні методи як за продуктивністю, так і за екологічною стійкістю.

Традиційні методи очищення, зокрема механічне фільтрування, рафінування та використання відцентрових сепараторів, широко застосовуються у промисловому виробництві й забезпечують ефективне видалення основних домішок. Проте вони мають низку недоліків, як-от високе енергоспоживання, утворення побічних продуктів і втрати біологічно активних речовин, зокрема вітамінів, антиоксидантів і поліненасичених жирних кислот.

Інноваційні методи очищення, як-от мембранні технології (ультрафільтрація, нанофільтрація), ферментативні методи, ультразвукове очищення та комбіновані підходи, відкривають нові можливості для покращення якості соняшникової олії. Вони дозволяють не лише ефективніше видаляти домішки, а й зберегти органолептичні властивості продукту, його прозорість, аромат і смакові характеристики. Окрім того, ці технології мінімізують втрати корисних компонентів, що підвищує харчову цінність олії та робить її більш привабливою для споживачів.

Особливу увагу варто приділити екологічним перевагам сучасних методів очищення. Використання енергоефективного обладнання, як-от високопродуктивні мембранні фільтри, ферментні каталізатори та низькотемпературні установки, сприяє зниженню споживання ресурсів і скороченню кількості шкідливих відходів. Це допомагає не лише оптимізувати виробничі витрати, а й зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Переваги впровадження інноваційних технологій очевидні: вони сприяють енергозбереженню, знижують екологічне навантаження, підвищують ефективність очищення та зберігають біологічну цінність кінцевого продукту. У поєднанні із традиційними методами ці підходи дозволяють досягти оптимального балансу між якістю, економічною доцільністю і екологічною безпекою.

Отже, впровадження сучасних методів очищення соняшникової олії у промислове виробництво має значний потенціал для підвищення її конкурентоспроможності на міжнародному ринку, сприяє збереженню корисних властивостей продукту, забезпечує екологічну відповідність виробництва.

Список використаних джерел

1. Гладкий Ф., Волошенко С. Можливість проведення реакції гідратації фосфоліпідів олій з використанням ферментного препарату фосфоліпази С. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Серія «Нові рішення в сучасних технологіях». 2011. Вип. 5. С. 32–37.
2. ДСТУ 4492:2017. Олія соняшникова. Технічні умови. Київ, 2018. 27 с.
3. Нетреба А., Гладкий Ф., Садовничий Г., Левчук І., Кіщенко В. Нові перспективи в технології видалення воскоподібних речовин із соняшникової олії. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Серія «Інноваційні дослідження в наукових роботах студентів». 2015. № 7 (1116). С. 29–35.
4. Пешук Л., Носенко Т. Біохімія та технологія оліе-жирової сировини : навчальний посібник. Київ : НУХТ, 2008. 295 с.
5. Пивоваров П. Теоретичні основи харчових технологій : навчальний посібник. Харків : ХДУХТ, 2010. 410 с.
6. Ряполова І., Остапчук А. Дослідження впливу ензимів на ступінь обробки соняшникового фузу. *Таврійський науковий вісник*. Серія «Технічні науки». 2022. № 5. С. 83–89. DOI: 10.32851/tnv-tech.2022.5.11.
7. Barrera-Arellano D., Ruiz-Méndez V., Velasco J. Loss of tocopherols and formation of degradation compounds at frying temperatures in oils differing in degree of unsaturation and natural antioxidant content. *Science Journal*, 2002. Vol. 82. Issue 14. P. 1696–1702. DOI: 10.1002/jsfa.1245.
8. Bollmann H. Process for obtaining the lecithin obtained by leaching oil seeds or their press cake with a mixture of alcohol and benzene or gasoline. German patent DE382912C. 1923.
9. EN 14105:2024. Fat and oil derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of free and total glycerol and mono-, di-, triglyceride contents. Brussels, 2024. 27 p.
10. ISO 660:2020. Animal and vegetable fats and oils – Determination of acid value and acidity. 2020. 9 p.
11. ISO 12966-2:2017. Animal and vegetable fats and oils – Gas chromatography of fatty acid methyl esters. 2017. 11 p.
12. Moradi N., Masoud R., Moeini A., Parsamoghdam M.A. Impact of ultrasound on oil yield and content of functional food ingredients at the oil extraction from sunflower. *Separation Science and Technology*. 2018. № 53 (2). P. 261–276. DOI: 10.1080/01496395.2017.1384016.
13. Nosenko T., Zhupanova D. Comparative study of lipase preparations for enzymatic degumming of sunflower oil. *Ukrainian Food Journal*. 2023. Vol. 12. Issue 2. P. 252–264.

14. Nosenko T., Zhupanova D., Nguyen T.H., Nosenko V. Ultrasound degumming of sunflower oil. *Ukrainian Food Journal*. 2024. Vol. 13. Issue 3. P. 597–608. DOI: 10.24263/2304-974X-2024-13-3-11.
15. O'Donnell V.B., Rossjohn J., Wakelam M.J. Phospholipid signaling in innate immune cells. *J Clin Invest*. 2018. Vol. 128 (7). P. 2670–2679. DOI: 10.1172/JCI97944.
16. Özcan M.M., Köse N. Monitoring of changes in physico-chemical properties, fatty acids and phenolic compounds of unroasted and roasted sunflower oils obtained by enzyme and ultrasonic extraction systems. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2023. Vol. 17. P. 849–862. DOI: 10.1007/s11694-022-01626-5.
17. Passos R.M.P., Ferreira R.S.B., Batista E.A.C., Meirelles A.J.A., Maximo G.J., Ferreira M.C., Sampaio K.A. Degumming alternatives for edible oils and biodiesel production. *Food Publ Health*. 2019. Vol. 9 (5). P. 139–147. DOI: 10.5923/j.fph.20190905.01.
18. Robert C., Couedelo L., Vaysse C., Michalski M.C. Vegetable lecithins: a review of their compositional diversity, impact on lipid metabolism and potential in cardiometabolic disease prevention. *Biochimie*. 2019. Vol. 169. P. 121–132. DOI: 10.1016/j.biochi.2019.11.017.
19. Sandeep S. Developments in the Technology of Oils and Refineries. *CRC Press*. 2021. 27 p.
20. Singh T., Shukla S., Kumar P., Wahla V., Bajpai V.K., Rather I.A. Application of nanotechnology in food science: perception and overview. *Frontiers*. 2017. T. 8. P. 583–591. DOI: 10.3389/fmicb.2017.01501.
21. Sytnik N., Kunitsia E., Mazaeva V., Chernukha A., Kovalov P., Grigorenko N., Gornostal S., Yermakova O., Pavlunko M., Kravtsov M. Rational parameters of waxes obtaining from oil winterization waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 6 (10). P. 29–35. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.219602.
22. Tahaa A., Mehanye T., Pandiselvam R., Siddiqui S.A., Mir N.A., Malik M.A., Sujayasree O.J., Alamurum K.C., Khanashyamn A.C., Casanovao F., Xua X., Pana S., Hu H. Sonoprocessing: mechanisms and recent applications of power ultrasound in food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2024. Vol. 64. Issue 17. P. 6016–6054. DOI: 10.1080/10408398.2022.2161464.
23. Thilakarathna R.C.N., Siow L.F., Tang T.K., Lee Y.Y. A review on application of ultrasound and ultrasound assisted technology for seed oil extraction. *Journal of Food Science and Technology*. 2023. Vol. 60. P. 1222–1236. DOI: 10.1007/s13197-022-05359-7.
24. Wibisono Y., Nugroho W.A., Chung T.W. Dry degumming of corn-oil for biodiesel using a tubular ceramic membrane. *Procedia Chemistry*. 2014. Vol. 9. P. 210–219. DOI: 10.1016/j.proche.2014.05.025.
25. Zhong L., Huilin Z., Xuan L., Weifei, W., Dongming, L., Yonghua W. A novel thermo-responsive phospholipase A1 with high selectivity and efficiency in enzymatic oil degumming. *Food Chemistry*. 2024. Vol. 456. P. 1082–1098. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.139624.

Okolita V. Yu.

*Postgraduate Student at the Department of Technological Equipment and Computer Design Technologies,
National University of Food Technologies
Kyiv, Ukraine*

E-mail: mi4@ukr.net

ORCID: 0009-0004-2148-2069

Babko E. M.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Technological Equipment and Computer Design Technologies,
National University of Food Technologies
Kyiv, Ukraine*

E-mail: babkoe@ukr.net

ORCID: 0000-0003-2389-007X

Olishevsky V. V.

*Doctor of Technical Sciences,
Professor at the Department of Technological Equipment and
Computer Design Technologies,
National University of Food Technologies
Kyiv, Ukraine*

E-mail: valinter@ukr.net

ORCID: 0000-0001-6972-6799

MODERN METHODS AND WAYS OF PURIFICATION OF SUNFLOWER OIL**Abstract**

The review article is devoted to the comparison of the most common methods of hydration of vegetable oils. Its purpose is a detailed analysis of modern methods and technologies for refining sunflower oil, identification of their advantages and disadvantages, as well as assessment of the prospects for the application of innovative solutions. This will allow to increase the efficiency of production processes, reduce losses of biologically active components and minimize environmental and economic risks. Hydration is the first stage of oil processing, the purpose of which is to remove phospholipids, the presence of which makes it impossible to carry out all other

stages of refining qualitatively. The fractional composition of vegetable phospholipids of various oils is given. The disadvantages, advantages and efficiency of traditional hydration are compared. Modern purification technologies are considered, such as enzymatic methods, membrane technologies, as well as the use of ultrasonic and electrophysical effects. The intensification of mixing of the oil – hydration agent phases leads to a significant increase in the efficiency of hydration. The article considers the use of ultrasonic devices for this purpose. A promising direction in the development of food industry technologies today is the use of membranes. The features of this physical method of hydration are considered.

Innovative purification methods, including membrane technologies, enzymatic methods, ultrasonic cleaning and combined approaches, open up new opportunities for improving the quality of sunflower oil. They allow not only to more effectively remove impurities, but also to preserve the organoleptic properties of the product, its transparency, aroma and taste characteristics. In addition, these technologies minimize the loss of useful components, which increases the nutritional value of the oil and makes it more attractive to consumers.

Modern technologies also use centrifugation to separate solid particles and purify oil after alkaline refining, which helps to increase the efficiency of the process and reduce the negative impact on the environment. The effectiveness of innovative approaches in comparison with traditional methods is assessed. The relevance of modern purification methods is confirmed by numerous scientific studies that emphasize their importance for the food industry, environmental safety and economic efficiency.

The most effective modern purification methods have been identified in accordance with the requirements for the quality of the final product, and recommendations have been developed for the combined use of traditional and modern technologies to achieve the optimal balance between quality, economic feasibility and environmental sustainability.

Key words: phospholipid content, hydration, ultrasound, membrane technologies, sunflower oil, purification.

References

- Hladkyi, F., & Voloshenko, S. (2011). Mozhlyvist' provedennia reaktsii hidratatsii fosfolipidiv olii z vykorystanniam fermentnoho preparatu fosfolipazy S [Possibility of carrying out the hydration reaction of phospholipids of oils using the enzyme preparation phospholipase C]. *Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu "KHPI". Seriya: Novi rishennya v suchasnykh tekhnolohiyakh – Bulletin of the National Technical University "KhPI" Series: New solutions in modern technologies*, 5, 32–37 [in Ukrainian].
- Oliia sonyashnykova. Tekhnichni umovy [Sunflower oil. Technical conditions]. (2018). *DSTU 4492:2017*. Kyiv [in Ukrainian].
- Netreba, A., Gladkiy, F., Sadovnichiy, G., Levchuk, I., & Kishchenko, V. (2015). Novi perspektyvy v tekhnolohii vydalennia voskopodibnykh rehovyn iz sonyashnykovoi olii [New perspectives in the technology of removing waxy substances from sunflower oil]. *Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu "KHPI". Seriya: Innovatsiyni doslidzhennya v naukovykh robotakh studentiv – Bulletin of the of the National Technical University "KhPI". Series: Innovative research in students' scientific works*, 7 (1116), 29–35 [in Ukrainian].
- Peshuk, L., & Nosenko, T. (2008). *Biokhimiya i tekhnologiya maslozhirovogo syr'ya [Biochemistry and technology of oil and fat raw materials]*. Kyiv: NUFT [in Ukrainian].
- Pyvovarov, P. (2010). *Teoretychni osnovy kharchovykh tekhnolohiy. [Theoretical foundations of food technology]*. Kharkiv: KhDUHT [in Ukrainian].
- Riapolova, I., & Ostapchuk, A. (2022). Doslidzhennia vplyvu enzymiv na stupin' obrobky sonyashnykovoho fuzu [Study of the effect of enzymes on the degree of processing of sunflower fus]. *Tavriys'kyi naukovy visnyk. Seriya: Tekhnichni nauky – Tavria Scientific Bulletin. Series: Technical Sciences*, 82, 14, 83–89 [in Ukrainian].
- Barrera-Arellano, D., Ruiz-Méndez, V., & Velasco, J. (2002). Loss of tocopherols and formation of degradation compounds at frying temperatures in oils differing in degree of unsaturation and natural antioxidant content. *Science Journal*, 82, 14, 1696–1702 [in English].
- Bollmann, H. Process for obtaining the lecithin obtained by leaching oil seeds or their press cake with a mixture of alcohol and benzene or gasoline (1923). *DE382912C*. German patent [in English].
- Fat and oil derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of free and total glycerol and mono-, di-, triglyceride contents (2024). *EN 14105:2024*. Brussels [in English].
- Animal and vegetable fats and oils – Determination of acid value and acidity (2020). *ISO 660:2020* [in English].
- Animal and vegetable fats and oils – Gas chromatography of fatty acid methyl esters (2017). *ISO 12966-2:2017* [in English].
- Moradi, N., Masoud R., Moeini, A., & Parsamoghdam, M.A. (2018). Impact of ultrasound on oil yield and content of functional food ingredients at the oil extraction from sunflower. *Separation Science and Technology*. 53 (2), 261–276 [in English].
- Nosenko, T., & Zhupanova, D. (2023). Comparative study of lipase preparations for enzymatic degumming of sunflower oil. *Ukrainian Food Journal*. 12, 2, 252–264 [in English].
- Nosenko, T., Zhupanova, D., Nguyen, T.H., & Nosenko, V. (2024). Ultrasound degumming of sunflower oil. *Ukrainian Food Journal*. 13, 3, 597–608 [in English].
- O'Donnell, V.B., Rossjohn, J., & Wakelam, M.J. (2018). Phospholipid signaling in innate immune cells. *J Clin Invest*. 128 (7), 2670–2679 [in English].
- Özcan, M.M., & Köse, N. (2023). Monitoring of changes in physico-chemical properties, fatty acids and phenolic compounds of unroasted and roasted sunflower oils obtained by enzyme and ultrasonic extraction systems. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 17, 849–862 [in English].
- Passos, R.M.P., Ferreira, R.S.B., Batista, E.A.C., Meirelles, A.J.A., Maximo, G.J., Ferreira, M.C., et al. (2019). Degumming alternatives for edible oils and biodiesel production. *Food Publ. Health*. 9 (5), 139–47 [in English].
- Robert, C., Couedelo, L., Vaysse, C., & Michalski, M.C. (2019). Vegetable lecithins: a review of their compositional diversity, impact on lipid metabolism and potential in cardiometabolic disease prevention. *Biochimie*. 169, 121–132 [in English].
- Sandeep, S. (2021). *Developments in the Technology of Oils and Refineries*. CRC Press. 27 [in English].

-
20. Singh, T., Shukla, S., Kumar, P., Wahla, V., Bajpai, V.K., & Rather, I.A., et al. (2017). Application of Nanotechnology in Food Science: Perception and Overview. *Frontiers*. 8, 583–591 [in English].
21. Sytnik, N., Kunitsia, E., Mazaeva, V., Chernukha, A., Kovalov, P., Grigorenko, et al. (2020). Rational parameters of waxes obtaining from oil winterization waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 6 (10), 29–35 [in English].
22. Tahaa, A., Mehanye, T., Pandiselvam, R., Siddiquih, S.A., Mir, N.A., Malik, M.A., et al. (2023). Sonoprocessing: mechanisms and recent applications of power ultrasound in food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 64, 17, 6016–6054 [in English].
23. Thilakarathna, R.C.N., Siow, L.F., Tang, T.K., & Lee, Y.Y. (2023). A review on application of ultrasound and ultrasound assisted technology for seed oil extraction. *Journal of Food Science and Technology*. 60, 1222–1236 [in English].
24. Wibisono, Y., Nugroho, W.A., & Chung, T.W. (2014). Dry degumming of corn – oil for biodiesel using a tubular ceramic membrane. *Procedia Chemistry*. 9, 210–219 [in English].
25. Zhong, L., Huilin, Z., Xuan, L., Weifei, W., Dongming, L., Yonghua, W. (2024). A novel thermo-responsive phospholipase A1 with high selectivity and efficiency in enzymatic oil degumming. *Food Chemistry*. 456, 1082–1098 [in English].

Отримано: 13.05.2025

Рекомендовано: 24.06.2025

Опубліковано: 29.08.2025