

Міністерство освіти і науки України
ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти»
Херсонський національний технічний університет
Хмельницький національний університет



***XII Всеукраїнська науково-практична конференція
молодих учених і здобувачів освіти***

***«Науково-практичні розробки молодих учених
в хімічній, харчовій та парфумерно-косметичній
галузях промисловості»***



21 листопада 2025 року

м. Хмельницький

Науково-практичні розробки молодих учених в хімічній, харчовій та парфумерно-косметичній галузях промисловості: матеріали XII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і здобувачів освіти (21 листопада 2025 р., м. Хмельницький) / Під ред. Л.В. Салєби, М.Є. Рацук. – Хмельницький, 2025. – 232 с. – Мова: укр., англ.

Відповідальний за випуск:
зав.каф. ХТЕБХП

к.т.н., доц. Салєба Л.В.

Організаційний комітет конференції:

Голова оргкомітету:

Салєба Людмила Володимирівна – к.т.н., доцент, завідувач кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки харчової продукції.

Заступник голови оргкомітету:

Рацук М.Є. – к.т.н., доцент, доцент кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки харчової продукції ХНТУ.

Члени оргкомітету:

Безпальченко В.М. – к.х.н., доцент, доцент кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки харчової продукції ХНТУ;

Кузнєцов С.І. – к.т.н., доцент кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки харчової продукції ХНТУ;

Семенченко О.О. – к.т.н., доцент, доцент кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки харчової продукції ХНТУ

Семешко О.Я. – д.т.н., старший дослідник, професор кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки харчової продукції ХНТУ.

Юрова Т.А. – старший викладач кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки харчової продукції ХНТУ.

Збірник містить тези XII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і здобувачів освіти «Науково-практичні розробки молодих учених в хімічній, харчовій та парфумерно-косметичній галузях промисловості».

Рекомендовано Науково-технічною радою ХНТУ Протокол №3 від 27.11.2025 р.

Запропоновані матеріали є цікавими для фахівців, що працюють в галузі хімічних технологій, легкої і текстильної промисловості, харчової хімії і біотехнологій, хімічних технологій виробництва харчових добавок та косметичних засобів, експертизи та безпеки харчових продуктів, екології у хімічній та харчовій промисловості.

Матеріали надруковані мовою оригіналу. Тези публікуються в авторській редакції. Редакція не несе відповідальності за зміст тез.

СЕКЦІЯ 1 ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ 10

Бєдна О.І., Черненко В.Ю., Чигиринець О.Е. Визначення біологічно активних сполук в екстрактах волоського горіху (<i>Juglans regia</i>) та бамбуку (<i>Bambusa vulgaris</i>) методом тонкошарової хроматографії	11
Білань В.В., Воробйова В.І. Синтез та фізико-хімічні й функціональні властивості неполярного низькотемпературного розчинника	15
Бондаренко К.Р., Корній Ю.Є., Шабликін О.В. Синтез нових біциклічних іміногідантоїнових сульфонамідів	18
Ветрогон О.І., Пономарьов М.Є. Нові підходи в синтезах гетероциклічних сполук на основі піридазину	20
Воробйова В.І., Смаглюк А.О., Скиба М.І. Низькотемпературний евтектичний розчинник холін-хлорид – аскорбінова кислота для підвищення розчинності антиоксидантних сполук	22
Гарбарук А.В., Зємцова В.В., Воробйова В.І. Полярні гідрофільні низькотемпературні розчинники III типу для екстракції природних органічних сполук із рослинної сировини	25
Даценко В.В., Чуприна В.О. Методи регенерації промислових сточних вод	28
Деліта В.В., Черненко В.Ю., Чигиринець О.Е. Розробка та дослідження колаген-альгінатних гідрогелевих носіїв – об'ємно-структурованих матриць для тканинної інженерії	32
Dombrovska S.P., Antraptseva N.M. Low-waste technology of solid solution of manganese(II)-magnesium hydrogen phosphates	37
Жигалова А.Д., Клімко Ю.Є. Біологічна активність ортогонально захищених діамінокислот та перспективи їх використання у створенні нових біоактивних молекул	39
Kovalchuk I.I., Zybin O.P., Ponomarev M.E. Synthesis of (1R,3S)-3-aminocyclohexane-1-ol	42

Кучма Б.О., Антрапцева Н.М. Два механізми одержання безводних кобальту-цинку дифосфатів	44
Matviychuk M.O., Antraptseva N.M. On the conditions of controlled synthesis of polymeric cobalt-magnesium phosphates with a given anion structure	47
Міндер А.Ю., Антрапцева Н.М. Розробка енергозберігаючої технології бінарних полімерних фосфатів двовалентних металів	49
Мощенко А.С., Воробйова В.І. Розробка емульсій на основі глибоко евтектичних розчинників з додаванням активних фармацевтичних інгредієнтів у косметичній галузі	52
Omelchuk A.O., Kychkyruk O.Y., Anichkina O.V. New mineral–organic composites based on aluminosilicate minerals from Ukraine with surface-immobilized polymer materials	55
Пономарьов М.Є., Забудська С.В., Каменська Т.А. Кінетичні параметри спеціального сольового ефекту LiBr в реакції дегідробромовування 7α-бромохолестерил бензоату в γ-бутиролактоні	57
Пономарьов М.Є., Забудська С.В., Каменська Т.А. Порівняльна оцінка вкладів властивостей розчинників у прискорення реакцій мономолекулярного гетеролізу	60
Канівець І.С., Салєба Л.В. Токсикологічні ризики застосування фарб для волосся	63
Терещенко Ю.О., Антрапцева Н.М. Технологічні аспекти одержання гідратованих фосфатів цинку-магнію (мангану)	65
Філінський Д.Г., Черваков О.В., Філінська А.О. Продукти перероблення плодів дуба – перспективна сировина технічного призначення	68

СЕКЦІЯ 2 СУЧАСНИЙ СТАН ЛЕГКОЇ І ТЕКСТИЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВOSTІ

Арлюкова Ю.А., Кузьміна Т.О. Біорозкладні та наноструктуровані волокна: інноваційний вектор розвитку текстильної промисловості	73
---	----

Данилюк К.Р., Смикало К.О., Синюк О.І. Проблема гармонізації стилю у колабораціях кутюр і авто	77
Пахолюк О.В., Передрій О.І. Сучасні підходи до екологічного маркування текстильної продукції в контексті сталого розвитку	82

СЕКЦІЯ 3

ХАРЧОВА ХІМІЯ І БІОТЕХНОЛОГІЯ

Венглівська В.І., Грабовська О.В. Застосування ферментних препаратів для покращення якості хлібобулочних виробів	85
Гуцало П.А., Красінько В.О. Грибний міцелій як основа для продукування екологічних біокомпозитів із різними властивостями	87
Doronina M.S., Sumska O.P., Ishchenko O.V. Study of the viburnum iridoid complex to determine its role in the formation of antioxidant properties of products	90
Косинська Т.В., Петрух А.О., Федько М.М., Волошина І.М. Бактеріальна целюлоза у косметології	92
Охмакевич А.М., Пирог Т.П. Антимікробна активність поверхнево-активних речовин <i>Rhodococcus erythropolis</i> ІМВ Ас-5017, синтезованих за наявності дріжджів та попередників біосинтезу фітогормонів	94
Пархомова О.О., Бондар Г.М., Красінько В.О. Біотехнологічні підходи до збагачення <i>Saccharomyces cerevisiae</i> залізом для підвищення харчової цінності хліба	96

СЕКЦІЯ 4

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ДОБАВОК ТА КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Бабич Д.Ю., Ковалевська Ю.Д., Подобій О.В. Унікальність та перспектива антоціанових барвників – природних індикаторів	101
Велнечук О.О., Дзюндзя О.В. Дослідження впливу овочевих пюре на технологію виробництва морозива	103

Віннічук К.В., Воробйова В.І. Перспективи використання гідрофобних низькотемпературних евтектичних розчинників у косметичних емульсіях	106
Гаргаун Р.В., Салєба Л.В., Гатицький І.М. Розробка та дослідження косметичної емульсії ламелярного типу	108
Драглюк В.М., Салєба Л.В., Кузнецов С.І. Оцінка впливу типу емульгаторів на реологічні властивості ламелярних косметичних емульсій	111
Ілханова Н.Л., Рацук М.Є. Переваги та недоліки фарб для волосся з натуральних компонентів	113
Кравчук І.В., Семешко О.Я. Порівняльний аналіз властивостей гелів для душу на основі синтетичних та натуральних поверхнево-активних речовин	115
Москаленко К.В., Хрокало Л.А. Наносистема мідь-слиз равлика в складі косметичного продукту по догляду за шкірою голови	116
Осипенко Д.Р., Юрова Т.А., Кузнецов С.І. Розробка рецептури живильного гелю для душу для жінок	118
Петренко О. В., Пономарьов М. Є. Розробка крему з репелентними властивостями	120
Радзімінська О.В., Подобій О.В. Ефективність активу GlowAGE™ в кремі для обличчя	123
Ралько С.О., Романюк Ю.Р., Будішевська О.Г. Хітозановмісні гідрогелі для косметичних засобів	125
Романюк Ю.Р., Ралько С.О., Будішевська О.Г. Особливості сорбції хітозану бентонітом для використання як наповнювача	128
Суптеля А.М., Семешко О.Я. Синтез та характеристика аморфного діоксиду кремнію з природного мінералу	131
Теленчак Д.С., Хрокало Л.А. Обґрунтування складу косметичної багатофункціональної сироватки для обличчя для корекції постакне	132

СЕКЦІЯ 5	
ЕКСПЕРТИЗА ТА БЕЗПЕКА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	135
Акінін Б.В., Юрова Т.А., Рацук М.Є. Інноваційні технології виробництва морозива	136
Бабаєв Д.А., Юрова Т. А., Семешко О.Я. Використання молочної сироватки при виробництві функціонального напою	138
Жадлун М.А., Асаулюк Т.С., Семешко О.Я. Дослідження якості сирцевих пряників із додаванням пектиновмісних продуктів	140
Ковальчук Т.І, Павлюк С.К., Філінська Т.Г. ПЕТ тара з вторинної сировини для пакування крафтової продукції	141
Лободенко М.А., Юрова Т.А., Рацук М.Є. Розробка плану НАССР при виробництві макаронних виробів	143
Мельниченко І.П., Асаулюк Т.С., Семешко О.Я. Дослідження якості кексів зниженої калорійності із вмістом гарбузового пюре	146
Новікова О.В., Юрова Т. А., Семенченко О.О. Розробка рецептурного складу снекового батончика	148
Ольшанський О.І., Рацук М.Є. Перспективи одержання функціонального хліба, збагаченого насінням льону	150
Семенченко О.О., Безпальченко В.М., Кузнецов С.І. Ультраперероблені продукти: прихована загроза сучасного харчування	152
Углей Б.Ю., Семешко О.Я. Формування якості та безпечності функціонального сокового напою	154
Шарков О.Е., Кравець В.А., Семешко О.Я. Вдосконалення рецептури основи для піци з використанням цільнозернового пшеничного борошна	155
Шепель В.І., Рацук М.Є. Застосування рослинних волокон у виробництві затяжного печива	157
Шимчук М.М., Рацук М.Є. Застосування цукрозамінників у виробництві мармеладу	159
Шинкарук Р.В., Семешко О.Я., Рацук М.Є. Приготування збагачених сирків глазурованих функціонального призначення	161

СЕКЦІЯ 6

СТАНДАРТИЗАЦІЯ, СЕРТИФІКАЦІЯ СИРОВИНИ І ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Filippova O.Yu., Korenets Y.M. Development of standards and certification in the field of street food and fast food products	163
Філіппова О.Ю., Смик А.Я., Пересипкіна Є.С. Впровадження цифрових технологій у систему контролю якості та сертифікації продуктів	164
Філіппова О.Ю., Цівко А.О., Пугачова М.Ю. Вплив міжнародних стандартів ISO 22000 на якість і безпечність харчових продуктів	167
Філіппова О.Ю., Школа К.В., Рябов О.О. Стандартизація функціональних і оздоровчих продуктів харчування	170
Філіппова О.Ю., Школа К.В., Рябов О.О. Стандартизація функціональних і оздоровчих продуктів харчування	172

СЕКЦІЯ 7

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ, ПРІОРИТЕТИ ТА ІННОВАЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Голуб Л.С., Постол К.О. Розробка рецептури пісочного печива з використанням продуктів оздоровчого призначення	175
Голуб Л.С., Постол К.О. Розробка рецептури пісочного печива з використанням продуктів оздоровчого призначення	176
Дубовик Д.В., Голуб Л.С. Розробка рецептури йогурту з використанням природних функціональних збагачувачів	177
Рожко З.П. Економічні аспекти виробництва олії у 2024-2025 роках	180
Філінська Т.Г., Приходько К.В., Філінська А.О. Використання жолудевого борошна в рецептурах кексів	182
Хвалько І.В., Голуб Л.С. Вплив технологічних параметрів гідратації на якість та вихід соняшникової олії	185
Шевченко А.О., Прасол С.В., Михайлов Б.В. Економічна ефективність інноваційної технології замочування квасолі з використанням методу електроконтактного нагрівання	188

СЕКЦІЯ 8
ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ХІМІЧНИХ І ХАРЧОВИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

192

Зоріна І.В., Безпальченко В.М., Семенченко О.О.

Вторинна переробка та безвідходні технології в харчовій промисловості: сучасні підходи та інноваційні рішення

193

Євтушенко В.В., Валько М.І., Бабюк О.Ю.

Ресурсозберігаючі технології переробки луб'яних культур: потенціал для сталого розвитку агропромислового комплексу України

196

Ковшун Л.О., Хижан О.І., Хижан А.О.

Визначення важких металів у ґрунтах методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою

200

Кузнецов С.І., Івкіна Є.С.

Очищення лужних стічних вод хімічних підприємств

202

Макієнко В.В., Удимович В.М.

Інноваційні підходи до формування міського середовища завдяки збереженню біорізноманіття

205

Хижан О.І., Ковшун Л.О., Хижан А.О.

Антиоксидантна активність похідних кумарину в процесах окиснення органічних речовин як основа екологічно безпечних технологій зберігання харчових продуктів

207

Хоботова Е.Б., Шевчук В.Е.

Радіонукліди в харчових продуктах

210

Цюприк О.І., Сухина А.А., Удимович В.М.

Екологічний вплив фумігантів і пестицидів у технологічних процесах елеваторних підприємств та шляхи мінімізації ризиків

213

Валькович А.І., Пилипчук Л.Л., Попович Т.А.

Екологічні переваги використання хімічної біоенергії

216

Список закладів освіти, підприємств та організацій – учасників конференції

219

Відомості про авторів

220

Алфавітний покажчик

230

Секція 1.

Хімічні технології

ВИЗНАЧЕННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ СПЛУК В ЕКСТРАКТАХ ВОЛОСЬКОГО ГОРІХУ (*JUGLANS REGIA*) ТА БАМБУКУ (*BAMBUSA VULGARIS*) МЕТОДОМ ТОНКОШАРОВОЇ ХРОМАТОГРАФІЇ

Волоський горіх (*Juglans Regia*) та бамбук (*Bambusa Vulgaris*) є багатими джерелами біологічно активних сполук з вираженими антиоксидантними й окисно-відновними властивостями: юглон, флавоноїди кверцетин і рутин, дубильні речовини, фенольні кислоти для екстрактів горіху та дуже полярні фенольні кислоти – галова, протокатехова, кавова, хлорогенова, а також флавоноїди та глікозиди для бамбуку. Саме їх здатність до комплексоутворення, кислотно-основних та фотофізичних перетворень (зокрема флуоресценції) робить ці екстракти привабливими об'єктами для фізико-хімічних досліджень та подальшого використання в різних сферах хімічної промисловості.

Приготування екстрактів волоського горіху та бамбуку

Водно-спиртові екстракти готували зі шкаралупи волоського горіха та твердої частини бамбуку. До попередньо зваженої наважки рослинного порошку масою 1,0 г у скляні колби додавали 20 г відповідної суміші води та етанолу у таких співвідношеннях вода : етанол : 100:0, 70:30, 50:50 v/v. Суміші витримували в ультразвуковому диспергаторі УЗДН-2Т протягом 5 хв при нагріванні до 60 °С.

Окрему серію екстрактів листя та шкаралупи волоського горіха одержували з використанням глибоких евтектичних розчинників (ГЕР). Було досліджено дві композиції ГЕР у молярному співвідношенні 1:1 : 1,2-пропандіол : молочна кислота, 1,2-пропандіол : гліцерин. Суміші ГЕР та наважок рослинної сировини 1,0 г піддавали ультразвуковій обробці в апараті УЗДН-2Т протягом 15 хв при нагріванні до 60 °С.

Після ультразвукування отримані екстракти відокремлювали від твердого осаду та використовували для проведення тонкошарової хроматографії.

Тонкошарова хроматографія

Як нерухому фазу використовували пластини SORBIFIL ПТСХ-АФ-А-УФ на алюмінієвій основі, покриті шаром силікагелю. Екстракти наносили на стартову лінію пластинки у вигляді невеликих плям з однаковою відстанню між ними. Розділення здійснювали в камері, насиченій парами елюенту, за двома системами рухомих фаз: хлороформ : етилацетат : оцтова кислота (50:50:1, v/v/v), етилацетат : метанова кислота : вода (100:11:11, v/v/v).

Використання двох елюентів різної полярності дозволило порівняти характер розділення компонентів у менш полярному та більш полярному

середовищі. Після досягнення фронтом розчинника заданої висоти пластинки виймали з камери, висушували на повітрі та проводили візуалізацію зон під УФ-світлом з довжиною хвилі 254 нм.

Результати тонкошарової хроматографії

На рисунках 1а та 1б наведено хроматограми водно-спиртових екстрактів шкаралупи волоського горіха та бамбуку в обох рухомих фазах.

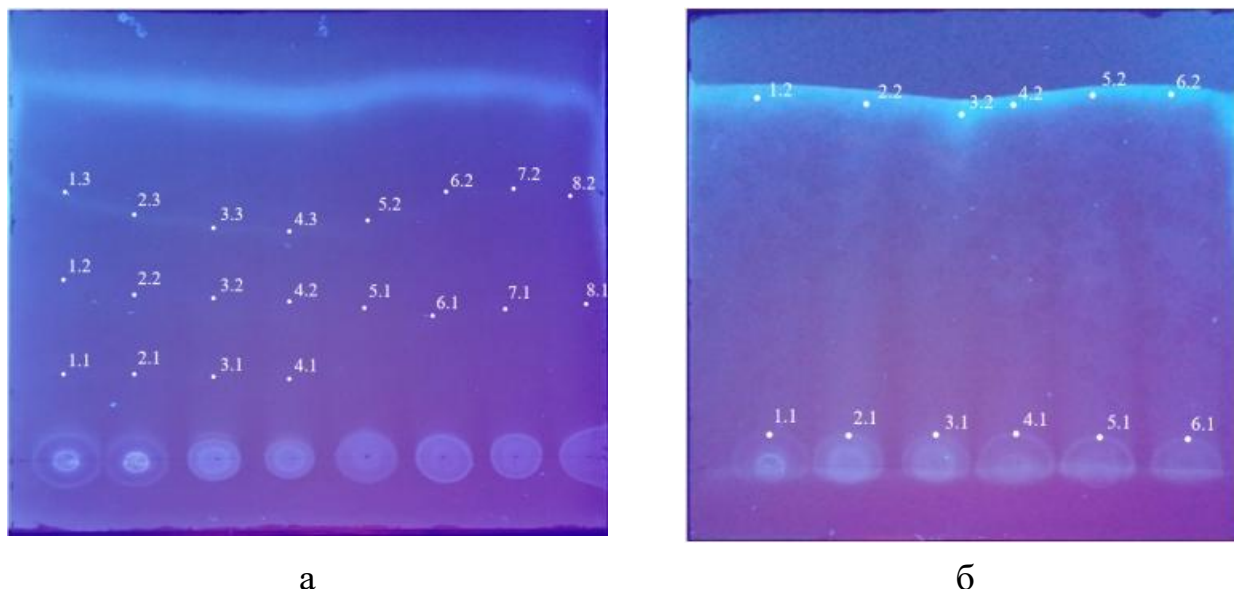


Рис.1 – Хроматограми водно-спиртових екстрактів шкаралупи волоського горіха та бамбуку: а – в рухомій фазі хлороформ:етилацетат:оцтова кислота; б – в рухомій фазі етилацетат:метанова кислота:вода

На хроматограмі рис. 1а екстракти наносились в наступній послідовності зліва направо: 1–2 – шкаралупа волоського горіха (100 % вода); 3 – шкаралупа волоського горіха (70 % вода : 30 % етанол); 4 – шкаралупа волоського горіха (50 % вода : 50 % етанол); 5 – бамбук (100 % вода); 6 – бамбук (70 % вода : 30 % етанол); 7–8 – бамбук (50 % вода : 50 % етанол).

На всіх доріжках спостерігаються 2–3 зони поглинання УФ-світла, що відповідають ароматичним та фенольним компонентам, які описані для волоського горіха та бамбуку (фенольні кислоти, флавоноїди). Для шкаралупи волоського горіха профіль майже однаковий: три добре виражені зони з $R_f \approx 0,23$; $0,44$ та $0,63$ – $0,72$, що узгоджується з даними про наявність у горіхових тканинах кількох груп фенольних кислот (галова, кавова, хлорогенова тощо) [1]. Зміна вмісту етанолу суттєво не впливає на якісний склад зон, лише на їх інтенсивність.

Для екстрактів бамбуку спостерігаються переважно дві зони з вищими значеннями R_f ($0,38$ – $0,41$ та $0,65$ – $0,73$), тоді як найбільш полярна зона з $R_f \approx 0,23$ відсутня, що свідчить про менший вміст дуже полярних фенольних сполук [2]. Більш високе R_f для основних зон бамбуку вказує на загалом менш

полярний характер основних УФ-активних компонентів порівняно зі шкаралупою волоського горіха.

На хроматограмі рис.1б екстракти наносились в наступній послідовності зліва направо: 1 – шкаралупа волоського горіха (100 % вода); 2 – шкаралупа волоського горіха (70 % вода : 30 % етанол); 3 – шкаралупа волоського горіха (50 % вода : 50 % етанол); 4 – бамбук (100 % вода); 5 – бамбук (70 % вода : 30 % етанол); 6 – бамбук (50 % вода : 50 % етанол).

На всіх доріжках спостерігаються лише дві зони поглинання: дуже полярна поблизу старту ($R_f \approx 0,08-0,10$) та малополярна майже на рівні фронту ($R_f \approx 0,96-0,98$). Зона низького R_f відповідає сумі дуже полярних фенольних кислот (галова, протокатехова, хлорогенова тощо), для яких у подібних системах етилацетат : метанова кислота : вода описане сильне утримування на старті [3]. Зона високого R_f близько до фронту характерна для менш полярних фенольних компонентів і флавоноїдів, які в надто полярних системах етилацетат : метанова кислота : вода рухаються майже разом із фронтом, що показано для флавонів С-глікозидів бамбуку та інших рослин.

Порівняння доріжок 1–3 (шкаралупа горіха) і 4–6 (бамбук) демонструє дуже подібний двозонний профіль: зміна співвідношення вода/етанол практично не впливає на положення плям, лише на їх інтенсивність. Це свідчить, що в обох видах сировини присутні поєднання високополярних фенольних кислот та менш полярних фенольних та флавоноїдних сполук, але обрана дуже полярна рухома фаза не забезпечує їх розділення в середньому діапазоні R_f .

На рисунках 2а та 2б наведено хроматограми екстрактів листя та шкаралупи волоського горіху з використанням глибоких евтектичних розчинників (ГЕР) в обох фазах.

На хроматограмі 2а екстракти наносились в наступній послідовності зліва направо: 1–2 – листя горіха (1,2-пропандіол : молочна кислота), 3–4 – листя горіха (1,2-пропандіол : гліцерин), 5–6 – шкаралупа горіха (1,2-пропандіол : молочна кислота), 7–8 – шкаралупа горіха (1,2-пропандіол : гліцерин).

На хроматограмі ГЕР-екстрактів листя та шкаралупи волоського горіха видно значно складніший профіль порівняно з водно-спиртовими екстрактами: у більшості доріжок фіксується 4–6 зон поглинання з R_f від 0,13 до 0,95. Зони з низькими $R_f \approx 0,13-0,29$ характерні для дуже полярних фенольних кислот (галова, протокатехова, кавава тощо) – основних компонентів листя й оболонки горіха [4]. Смуги середнього $R_f \approx 0,44-0,71$ відповідають більшості фенольних кислот і флавоноїдів (кверцетин, рутин, катехін, мірицетин). Високі $R_f \approx 0,84-0,97$, які добре виражені як у листі, так і в шкаралупі відповідають менш полярним компонентам: юглону та ліпофільним поліфенолам.

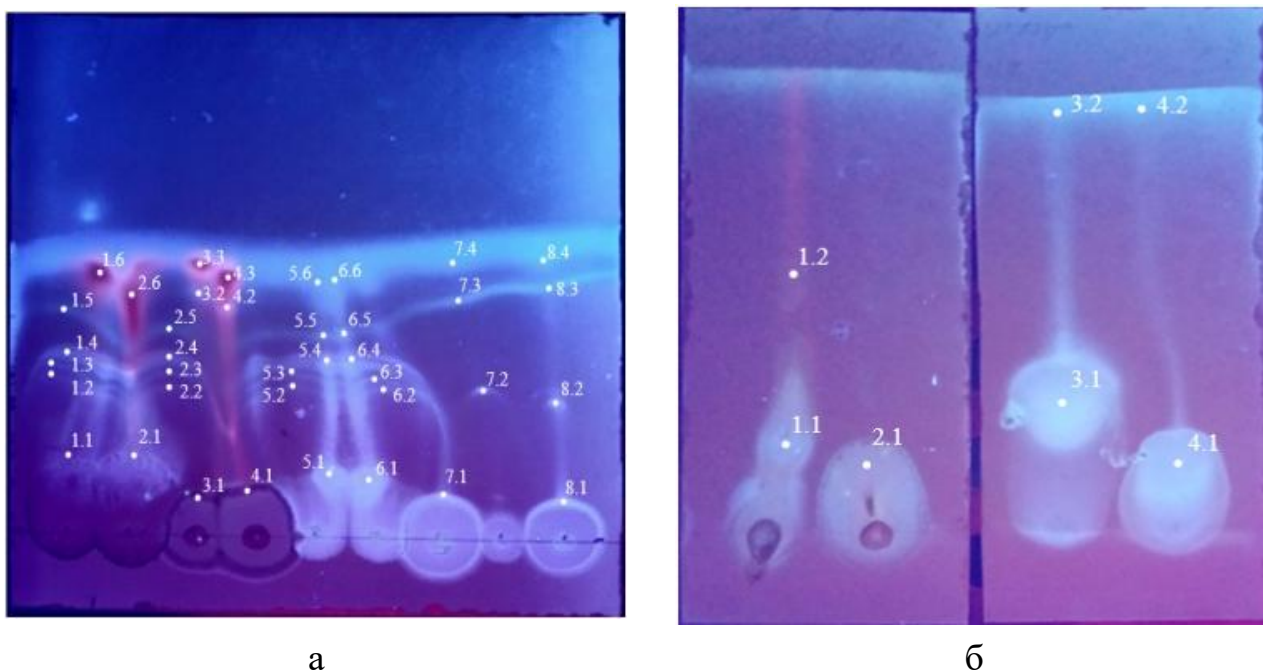


Рис.2 – Хроматограма ГЕР екстрактів листя та шкарлупи волоського горіха:
а – в рухомій фазі хлороформ : етилацетат : оцтова кислота;
б – в рухомій фазі етилацетат : метанова кислота : вода

Листя (екстракти 1–4) демонструє найбільше різноманіття зон у діапазоні R_f 0,13–0,71, що відображає багатий набір фенольних кислот, флавоноїдів і конденсованих танінів у цій сировині. У ГЕР-екстрактах шкаралупи (5–8) в зоні нижчого R_f смуги люмінесценції слабші або відсутні, натомість домінують інтенсивні зони середнього й високого R_f (0,57–0,97), що вказує на перевагу менш полярних фенолів, танінів та юглону, характерних для зовнішніх тканин шкаралупи горіху.

На хроматограмі рис. 2б екстракти наносились в наступній послідовності зліва направо: 1 – листя горіха (1,2-пропандіол : молочна кислота); 2 – листя горіха (1,2-пропандіол : гліцерин); 3 – шкаралупа горіха (1,2-пропандіол : молочна кислота); 4 – шкаралупа горіха (1,2-пропандіол : гліцерин).

На хроматограмі видно по 1–2 УФ-активні зони в кожній доріжці з R_f у діапазонах $\approx 0,14$ –0,29 та 0,55–0,96. У доріжках листя (екстракти 1–2) домінують полярні зони з R_f 0,14–0,18; лише для суміші 1,2-пропандіол : молочна кислота (екстракт 1) додатково з'являється смуга середнього $R_f \approx 0,55$, що відповідає фенольним кислотам та флаваноїдам, краще вилученими молочною кислотою. У гліцерин-вмісному ГЕР (екстракт 2) люмінесценція спостерігається лише в зоні низького R_f , що вказує на переважну екстракцію найбільш полярних фенольних компонентів.

Для шкаралупи (екстракти 3–4) також присутні полярні зони (R_f 0,14–0,29), але додатково з'являється інтенсивна пляма майже на фронті ($R_f \approx 0,96$), відсутня в екстрактах листя. У подібних системах високі R_f близькі до 1

характерні для менш полярних флавоноів і нафтохінонів; у випадку волоського горіха це відповідає юглону та супутнім ліпофільним поліфенолам, типовим компонентам зеленої оболонки й шкаралупи. Таким чином, у полярній рухомій фазі ГЕР-екстракти листя відображають переважно гідрофільні фенольні кислоти, тоді як ГЕР-екстракти шкаралупи демонструють поєднання полярних фенолів із вираженою фракцією малополярних фенольних сполук.

Висновок:

Хроматографія показала наявність кількох груп фенольних сполук у всіх екстрактах, причому профіль волоського горіха є більш насиченим і різноманітним, ніж у бамбуку. ГЕР-екстракти краще виявляють менш полярні поліфеноли й юглоноподібні сполуки, особливо в шкаралупі. Полярна система етилацетат : кислота : вода виявилась недостатньо роздільною й «збирає» компоненти переважно біля старту та фронту.

Література

1. Polyphenolic Profile and Antioxidant Activity of *Juglans regia* L. Leaves and Husk Extracts / A. Masek та ін. *Forests*. 2019. Т. 10, № 11. С. 988.
2. TLC Screening for Antioxidant Activity of Extracts from Fifteen Bamboo Species and Identification of Antioxidant Flavone Glycosides from Leaves of *Bambusa. textilis* McClure / J. Wang та ін. *Molecules*. 2012. Т. 17, № 10. С. 12297–12311.
3. Malbasa R., Loncar E., Kolarov L. TLC analysis of some phenolic compounds in kombucha beverage. *Acta Periodica Technologica*. 2004. № 35. С. 199–205.
4. Phenolic profile, antioxidant and antibacterial properties of *Juglans regia* L. (walnut) leaves from the Northeast of Portugal / V. Vieira та ін. *Industrial Crops and Products*. 2019. Т. 134. С. 347–355.

УДК 541.64:66.095:54

БІЛАНЬ В.В., ВОРОБІЙОВА В.І.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

СИНТЕЗ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ Й ФУНКЦІОНАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ НЕПОЛЯРНОГО НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО РОЗЧИННИКА

У сучасній хімічній технології розчинники відіграють ключову роль у хімічному синтезі, фармацевтичному виробництві, біотехнологіях і матеріалознавстві. Проте більшість традиційних органічних розчинників мають низку суттєвих недоліків: вони є токсичними, леткими, інколи вибухонебезпечними, важко утилізуються та негативно впливають як на здоров'я людини, так і на довкілля. Особливої критики зазнають хлорвмісні,

ароматичні та кетонів розчинники, які забруднюють повітря і воду, накопичуються в організмах, а також сприяють утворенню парникових газів. Така ситуація створює нагальну потребу у пошуку альтернатив, які були б безпечнішими, стабільнішими та відповідали б принципам «зеленої хімії».

У цьому контексті дедалі більшої уваги набувають глибокі евтектичні розчинники (ГЕР), зокрема їх гідрофобний підтип, що формуються шляхом взаємодії компонентів, здатних утворювати водневі зв'язки. HDES вирізняються низькою леткістю, здатністю до біорозкладу, нетоксичністю і простотою синтезу без потреби у складному очищенні. Їхня унікальність полягає у можливості тонкого налаштування фізико-хімічних властивостей — наприклад, в'язкості, полярності, температури плавлення — шляхом варіювання співвідношення чи типу компонентів [1-4]. У роботі було досліджено систему ментол–олеїнова кислота, синтезовану у молярному співвідношенні 1:1, яке забезпечує отримання однорідного гідрофобного ГЕР без сторонніх домішок (рис. 1).

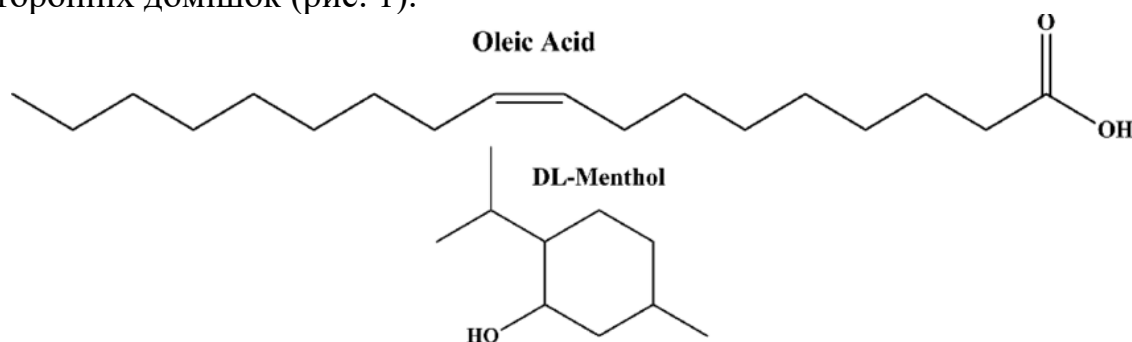


Рис. 1 – Складові для отримання неполярного НЕР

Вибір компонентів обґрунтовано квантово-хімічними розрахунками: олеїнова кислота характеризується найвищою електронегативністю $\chi = 5.38$ eV та електрофільністю $\omega = 3.27$, що свідчить про її здатність ефективно приймати електронну густину (рис. 2). Значення твердості $\eta = 4.42$ eV підтверджує достатню стабільність електронної структури. Ментол, завдяки наявності гідроксильної групи, виступає ефективним акцептором водневих зв'язків і забезпечує формування сильної донорно-акцепторної взаємодії з олеїновою кислотою.

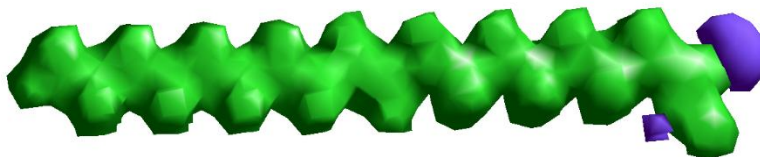


Рис. – 2. Молекулярний електростатичний потенціал (МЕР) олеїнової кислоти

FTIR-спектроскопія підтвердила утворення HDES: спостерігали зсув смуги валентних коливань O–H ментолу та зміну інтенсивності смуг C=O олеїнової кислоти, що вказує на перерозподіл електронної густини та формування нових міжмолекулярних контактів. ^1H NMR-аналіз продемонстрував зміщення сигналів протонів карбоксильної групи та O–H групи ментолу, що також узгоджується з утворенням водневих зв'язків та стабілізацією структури ГНЕР.

ГНЕР на основі системи ментол–олеїнова кислота вирізняються біосумісністю, нетоксичністю та здатністю підвищувати проникність ліпофільних біоактивних речовин через шкірний бар'єр. Завдяки цьому такі розчинники набувають все більшої популярності у фармацевтичних і косметичних формулах як безпечна альтернатива традиційним органічним розчинникам. Ментол у складі ГНЕР забезпечує охолоджувальний та приємний сенсорний ефект, тоді як олеїнова кислота виступає ефективним емоментом і модифікатором проникності, сприяючи глибшому транспорту активних сполук крізь ліпідні шари епідермісу.

Отриманий гідрофобний евтектичний розчинник продемонстрував високу стабільність, однорідність та характерні гідрофобні властивості. Проведені антибактеріальні і були зафіксовані виражені зони інгібування щодо *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* та дріжджоподібного гриба *Candida albicans*. Отримані результати свідчать про перспективність застосування ментол-олеїнового HDES у фармацевтичних, косметологічних та біотехнологічних розробках як потенційного антимікробного компонента.

Таким чином, проведене дослідження підтверджує, що система ментол–олеїнова кислота у співвідношенні 1:1 формує стабільний гідрофобний HDES зі зміненими електронними характеристиками, підтвердженими спектроскопічними та квантово-хімічними методами. Отриманий розчинник є перспективним для подальших застосувань у «зелених» технологіях, зокрема як екологічно безпечна альтернатива традиційним органічним розчинникам.

Література

1. Entropy models for the description of the solid–liquid regime of deep eutectic solutions / L. J. B. M. Kollau et al. *Journal of Molecular Liquids*. 2020. Vol. 302. P. 112155. URL: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.112155> (date of access: 29.04.2025).
2. Martins M. A. R., Pinho S. P., Coutinho J. A. P. Insights into the Nature of Eutectic and Deep Eutectic Mixtures. *Journal of Solution Chemistry*. 2018. Vol. 48, no. 7. P. 962–982. URL: <https://doi.org/10.1007/s10953-018-0793-1> (date of access: 29.04.2025).
3. Tunable Hydrophobic Eutectic Solvents Based on Terpenes and Monocarboxylic Acids / M. A. R. Martins et al. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 2018. Vol. 6, no. 7. P. 8836–8846. URL: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b01203> (date of access: 29.09.2025).

4. Therapeutic hydrophobic deep eutectic solvents of menthol and fatty acid for enhancing anti-inflammation effects of curcuminoids and curcumin on RAW264.7 murine macrophage cells / K. Kongpol et al. *RSC Advances*. 2022. Vol. 12, no. 27. P. 17443–17453. URL: <https://doi.org/10.1039/d2ra01782b> (date of access: 26.10.2025).

¹БОНДАРЕНКО К.Р., ²КОРНИЙ Ю.Є., ²ШАБЛИКІН О.В.

¹ Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»

² Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України

СИНТЕЗ НОВИХ БІЦИКЛІЧНИХ ІМІНОГІДАНТОЇНОВИХ СУЛЬФОНАМІДІВ

У сучасних умовах надзвичайної поширеності вірусних захворювань особливої актуальності набуває проблема створення нових ефективних протівірусних засобів. У пріоритеті таких хіміко-біологічних досліджень мають бути не лише висока активність потенційних сполук, але й їхня низька токсичність та економічна доступність. Найбільш доцільним напрямом є розробка низькомолекулярних речовин, які можна просто синтезувати з дешевих і поширених реагентів.

Цим критеріям повною мірою відповідають **4-іміногідантоїнові сульфонаміди** — амідни (5-(дихлорометил)-2-оксо-імідазолідин-4-ілден)сульфамінової кислоти) загальної формули **1** (рис. 1). З одного боку, гідантоїнове кільце є біодоступним структурним фрагментом, який відносно легко піддається метаболізму й входить до складу низки лікарських засобів, зокрема протисудомних препаратів **Фенітоїну** та **Фосфенітоїну**. З іншого боку, у структурі молекули наявні ліпофільний дихлорометильний фрагмент і фармакофорна сульфамідна група, що може визначати біологічну активність цих сполук [1,2].

Особливу увагу привертає наявність у структурі молекули двох функціональних груп — амідної та сульфамідної, розташованих у безпосередній близькості одна до одної. Таке сусідство створює сприятливі умови для утворення нових похідних і зумовлює інтерес до можливостей утворення циклу з подальшим формуванням нових сполук. У літературі описано низку досліджень, присвячених реакціям типу «5+1» циклізації, які відбуваються під дією альдегідів або кетонів на N-аміносульфоніламідни [3,4,5].

Отримані сполуки виявили виражену протипухлинну та протівірусну активність, а результати молекулярного докінгу окремих представників підтвердили ключову роль полярного SO₂-фрагмента у взаємодії з активним центром ферменту. Передбачається, що введення сульфамідної групи безпосередньо в цикл, а отже — обмеження її конформаційної рухливості, може

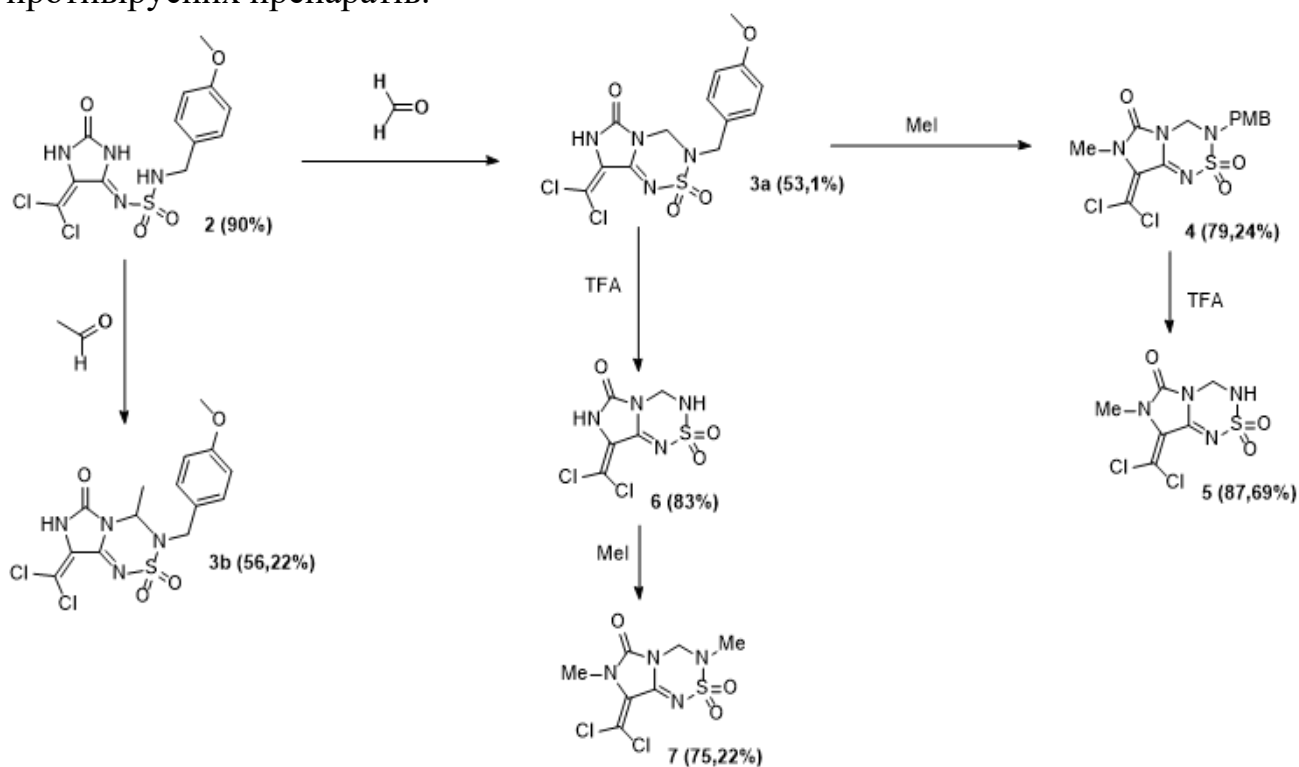
суттєво впливати на біологічну активність таких сполук. Додатково варто зазначити, що використання формальдегіду для здійснення подібної циклізації зумовлює мінімальний електронний вплив на молекулярну систему. При цьому короткий лінкер, утворений у результаті реакції, практично не збільшує молекулярну масу, що є важливим чинником у сфері медичної хімії.

Нами було розроблено метод отримання представників нової гетероциклічної системи гексагідро-1*H*-імідазо[5,1-*c*][1,2,4,6]триазину з використанням доступних реагентів, в ізопропанолі при кип'ятінні. Для досягнення цієї мети використовували як вихідну сполуку вже описаний сульфамід **2** (схема **сполука 2**).

У такий спосіб, за реакцією «5+1» були синтезовані нові біцикли за допомогою циклізації з формаліном та оцтовим альдегідом.

Інші похідні були синтезовані подальшою функціоналізацією сполуки **3a**: метилюванням (метил йодидом з поташем), зняттям захистів (трифтороцтовою кислотою), також варто відмітити стабільність отриманих сполук, оскільки реакції проводились за різного кислотного середовища та температури.

Отримані виходи на кожному етапі синтезу варіювали від середніх до високих, що разом із простотою проведення реакцій свідчить про ефективність обраної методики. Це дозволяє припустити, що в майбутньому даний підхід може бути використаний для розширення спектра подібних сполук. У результаті дослідження було синтезовано нову гетероциклічну систему гексагідро-1*H*-імідазо[5,1-*c*][1,2,4,6]триазину, надано приклад можливих шляхів подальших модифікацій. Отримані сполуки становлять інтерес як перспективні об'єкти для пошуку нових біологічно активних речовин, зокрема потенційних противірусних препаратів.



Література

1. Kornii, Y.; Chumachenko, S.; Shablykin, O.; Prichard, M. N.; James, S. H.; Hartline, C.; Zhirnov, V.; Brovarets, V. New 2-Oxoimidazolidine Derivatives: Design, Synthesis and Evaluation of Anti-BK Virus Activities *in Vitro*. *Chem. Biodiversity* 2019, 16, e1900391
2. Шабликін, О. В.; Корній, Ю. Є.; Броварець, В. С.; Шабликін, О. В.; Хиля, В. П. Синтез нових оксоімідазолідинових сульфонамідів з протипухлинною активністю. *Доп. Нац. акад. наук Укр.* 2019, (1), 79–85.
3. Chaudhari, S. S.; Kumar, S.; Thomas, A.; Patil, N. P.; Kadam, A. B.; Waghmare, N. T.; Khairatkar-Joshi, N.; Mukhopadhyay, I. Amides of heterocyclic compounds as TRPA1 inhibitors. Patent WO2011/114184, Sep 22, 2011.
4. Karady, S.; Amato, J. S.; Dortmund, D.; Patchett, A. A.; Reamer, R. A.; Tull, R. J.; Weinstock, L. M. *Heterocycles* 1979, 12 (6), 815–818.
5. Khodachenko, A.; Shivanyuk, A.; Shishkina, S.; Shishkin, O.; Nazarenko, K.; Tolmachev, A. *Synthesis* 2010, 2010 (15), 2588–2598. doi:10.1055/s-0029-1218840

УДК 547.8

ВЕТРОГОН О.І., ПОНОМАРЬОВ М.Є.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

НОВІ ПІДХОДИ В СИНТЕЗАХ ГЕТЕРОЦИКЛІЧНИХ СПОЛУК НА ОСНОВІ ПІРИДАЗИНУ

Робота присвячена вивченню нових підходів в синтезах гетероциклічних сполук на основі піридазину. Розроблений підхід полягає у використанні 3,4,6-трихлорпіридазину, 3-аміно-4-бromo-6-хлоропіридазину та 3,4,5-трихлоропіридазину як вихідних речовин у реакціях ароматичного нуклеофільного заміщення (S_NAr) з N-, O- та S-нуклеофілами.

У роботі запропоновано ефективні шляхи внутрішньомолекулярної циклізації для одержання конденсованих систем, зокрема піридазино[4,3b]/[3,4b]оксазінів, піридазино[4,3b]/[3,4b]тіазинів, піразино[2,3c]/[2,3d]піридазінів та хлорпохідних діоксина[2,3c]/[2,3d]піридазінів. Оптимізовані умови реакції дозволяють масштабувати синтез, зберігаючи високі виходи і чистоту сполук.

Експериментальні дослідження синтезу 3-хлоро-6,7-дигідро-5H-піридазино[3,4-b]оксазину виявили, що реакція циклізації з вільною NH-групою при алкілі не відбувається, процес повністю відсутній. Цей феномен може бути пояснений впливом різниці кислотності NH-груп на процес циклізації. У науковій літературі відсутні приклади успішної циклізації з участю вільної алкільної NH-групи в 4 положенні піридазинового ядра. Успішне утворення

цільової сполуки експериментально підтверджено лише за умови захисту аміногрупи 2,4-диметоксибензильним (ДМБ) фрагментом (рис. 1).

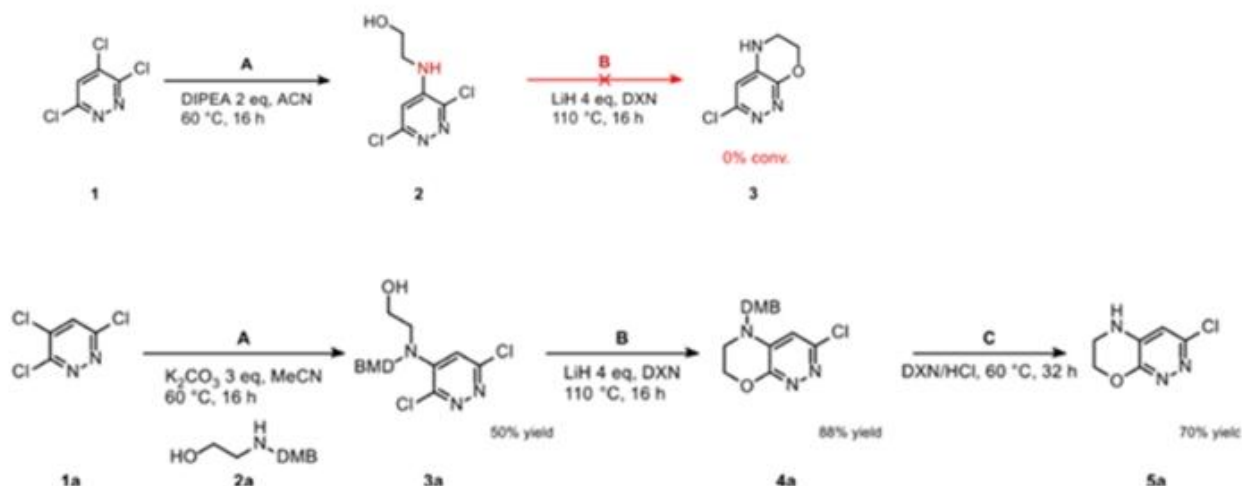


Рис. 1 – Модифікація синтетичного маршруту для отримання 3-хлоро-6,7-дигідро-5Н-піридазино[3,4-*b*]оксазину

Експериментальні дослідження синтезу 3-хлоро-7,8-дигідро-6Н-піридазино[4,3-*b*]оксазину продемонстрували, що спроба отримання цієї сполуки з 3,4,6-трихлорпіридазину та Вос-захищеного 2-аміноетанолу не привела до бажаної циклізації. Замість очікуваного циклічного продукту відбувалося перегрупування Смайlsa (рис. 2).

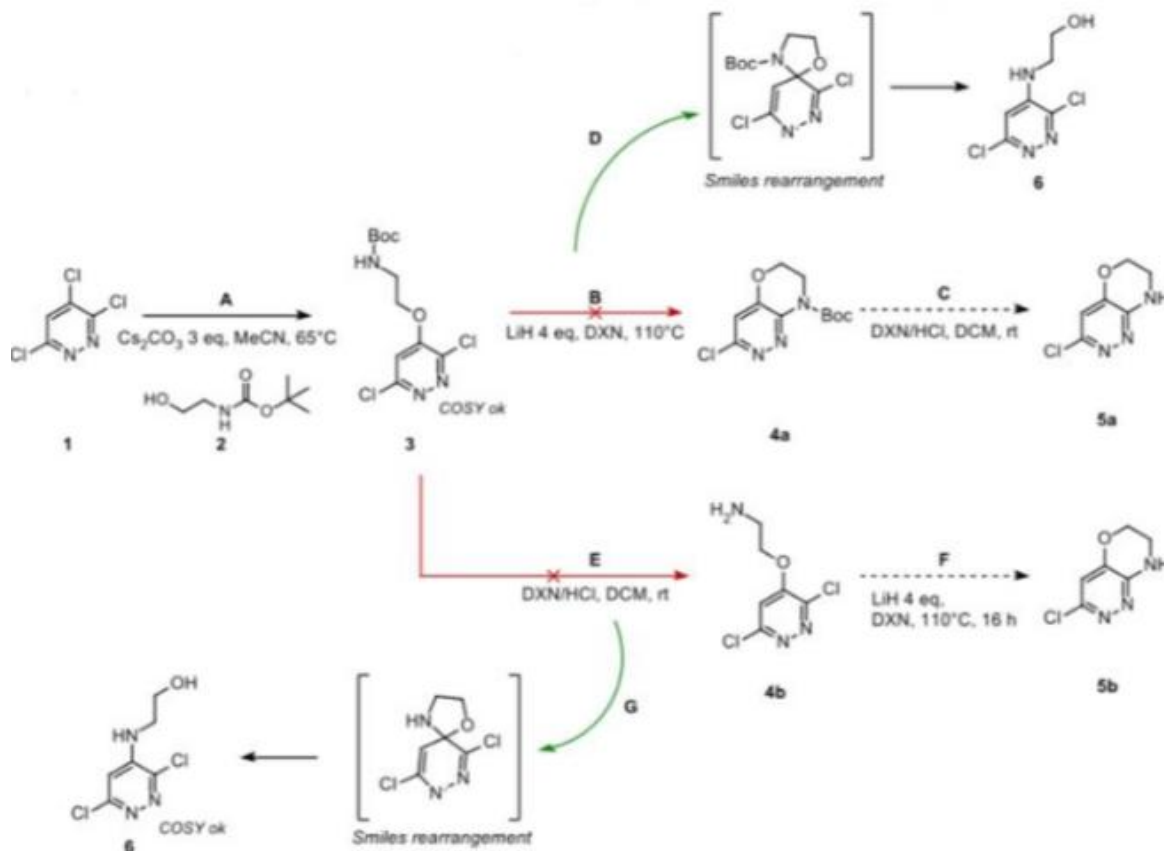


Рис. 2 – Спроба синтезу 3-хлоро-7,8-дигідро-6Н-піридазино[4,3-*b*]оксазину.

Встановлено, що в нейтральних умовах спроби циклізації сполуки 3 супроводжуються перегрупуванням Смайлса, що перешкоджає утворенню піридазино[4,3-*b*]оксазинового циклу. У кислому середовищі ефективно відбувається зняття Вос-захисту, однак реакція знову проходить через перегрупування Смайлса, і цільовий гетероцикл не формується.

Для успішного синтезу бажаної молекули було використано 3-аміно-4-бromo-6-хлорпіридазин, що дозволило уникнути побічних реакцій і здійснити керовану циклізацію з високим виходом (рис. 3).

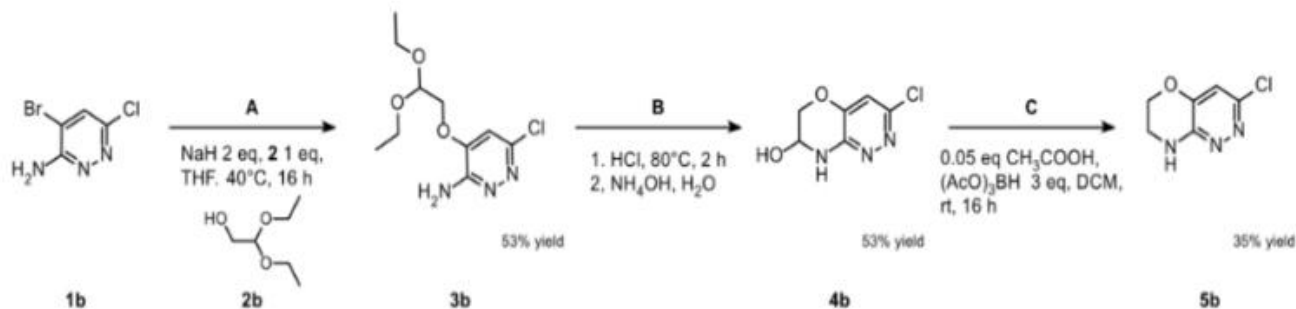


Рис. 3 – Запропонований метод синтезу 3-хлоро-7,8-дигідро-6H-піридазино[4,3-*b*]оксазину.

УДК 542.9; 544.351; 544.7

¹ВОРОБІЙОВА В.І., ¹СМАГЛЮК А.О., ²СКИБА М.І.

¹Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

²Український державний університет науки та технологій

НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИЙ ЕВТЕКТИЧНИЙ РОЗЧИННИК ХОЛІН-ХЛОРИД – АСКОРБІНОВА КИСЛОТА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РОЗЧИННОСТІ АНТИОКСИДАНТНИХ СПОЛУК

Низькотемпературні евтектичні розчинники (НЕР) на основі біосумісних компонентів привертають значну увагу у сучасній хімічній технології, хімічному матеріалознавстві, фармації та біотехнологіях. До перспективних систем належать евтектичні суміші холін-хлориду та аскорбінової кислоти (АА), які поєднують здатність до утворення розгалуженої мережі водневих зв'язків, антиоксидантні властивості та високу стабільність. У роботі розглянуто особливості синтезу холін-хлориду, їх фізико-хімічні характеристики та можливості застосування для формування евтектогелів [1-2]. Низькотемпературні евтектичні розчинники (НЕР) останніми роками зайняли важливе місце серед зелених альтернатив традиційним органічним розчинникам для синтезу гідрофільних полімерних матеріалів. Їх популярність зумовлена поєднанням низької токсичності, простотою синтезу, економічністю та можливістю тонкого налаштування властивостей шляхом зміни складу.

Поєднання холін-хлориду з аскорбіною кислотою утворює систему, що поєднує властивості класичного НЕР та потужного природного антиоксиданту. Така евтектична суміш вирізняється високою хімічною стабільністю, інтенсивною мережею водневих зв'язків, а також унікальною здатністю захищати біологічно активні молекули від окиснення. Завдяки цим характеристикам холін-хлорид–аскорбінова кислота розглядається не лише як розчинник, а як функціональна платформа для створення нових матеріалів — зокрема, евтектогелів.

Евтектогелі — це гелеві системи, в яких НЕР виступає не традиційним розчинником, а ключовою структурною та функціональною частиною матриці. Вони поєднують механічну стабільність полімерних гелів із багатофункціональністю евтектичних рідин, що відкриває можливості для їх застосування у фармацевтиці, косметології, біоінженерії та сенсорних технологіях.

У даній роботі представлено особливості синтезу НЕР холін-хлорид – аскорбінова кислота, їх фізико-хімічні характеристики та механізми формування евтектогелів. Окрему увагу приділено практичним напрямам застосування таких гелів та перспективам подальших досліджень у цій галузі.

В роботі методом ІЧ-спектрального аналізу підтверджено зсув О–Н та С=О смуг, що свідчить про інтенсивну НН-взаємодію між компонентами. Методом ^1H ЯМР підтвердив зміни хімічних зсувів гідроксильних протонів.

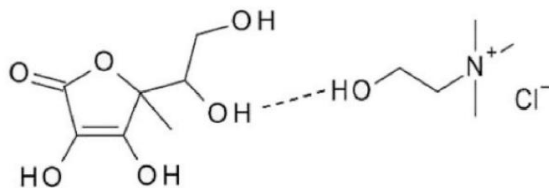


Рис. 1 – Схема формування НЕР холін-хлорид – аскорбінова кислота

Методом ІЧ спектроскопії встановлено, що у порівнянні з індивідуальними компонентами спостерігається значне розширення та зсув максимуму в область нижчих частот. Це вказує на формування сильної та розгалуженої системи водневих зв'язків між гідроксильними групами аскорбінової кислоти та катіоном холіну. Отримані ІЧ спектри вказують на наявність сигналів С=О групи ($1730\text{--}1750\text{ см}^{-1}$). Після утворення НЕР смуга карбонільної групи зміщується на $5\text{--}15\text{ см}^{-1}$ у напрямку нижчих частот, що свідчить про її участь у водневому зв'язуванні та стабілізації евтектичної структури. Спостерігаються деформаційні коливання С–Н при $1350\text{--}1450\text{ см}^{-1}$, смуги деформаційних коливань аліфатичних груп холін-хлориду зазнають незначної зміни інтенсивності, що пов'язано з перерозподілом електронної густини при формуванні НН-мережі.

Наявні смуги С–О та С–О–Н при $1000\text{--}1200\text{ см}^{-1}$. Характерні для аскорбінової кислоти смуги С–О зазнають зсуву та легкого розширення. Це підтверджує залучення гідроксильних груп аскорбінової кислоти до утворення зв'язку з холін хлоридом. Смуга $\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$ $950\text{--}970\text{ см}^{-1}$ відповідає коливанням

четвертинного амонійного центру холіну зберігає положення, але змінює інтенсивність, що свідчить про зміну локального електричного оточення. Таким чином, ІЧ спектр підтверджує утворення стабільного низькотемпературного евтектичного розчинника, де водневі зв'язки виступають ключовим фактором стабілізації структури та визначення його фізико-хімічних властивостей.

НЕР є перспективним середовищем для розчинення сполук косметично-фармацевтичного призначення. Кверцетин є малорозчинною у воді поліфенольною сполукою з високою антиоксидантною та протизапальною активністю. Його низька біодоступність значною мірою обмежує використання у фармацевтичних та косметичних формулах. НЕР холін-хлорид–аскорбінова кислота демонструє здатність значно підвищувати розчинність кверцетину завдяки комбінації декількох факторів: інтенсивна мережа водневих зв'язків у холін-хлорид–аскорбінова кислота взаємодіє з фенольними –ОН групами кверцетину, стабілізуючи його у розчиненому стані. Також кисле середовище НЕР сприяє протонуванню окремих функціональних груп кверцетину, підвищуючи його розчинність. Слід враховувати, що антиоксидантний характер аскорбінової кислоти запобігає окисненню кверцетину під час розчинення та зберігання. Експериментальні дані багатьох дослідників свідчать, що НЕР на основі холін-хлориду здатні збільшувати розчинність поліфенолів у десятки разів. Для системи холін хлорид–аскорбінова кислота це особливо виражено через додаткові взаємодії з аскорбіновою кислотою. Тому досліджено розчинність кверцетину у НЕР та вивчено зниження антиоксидантних властивостей через зміну поглинальної здатності истем.

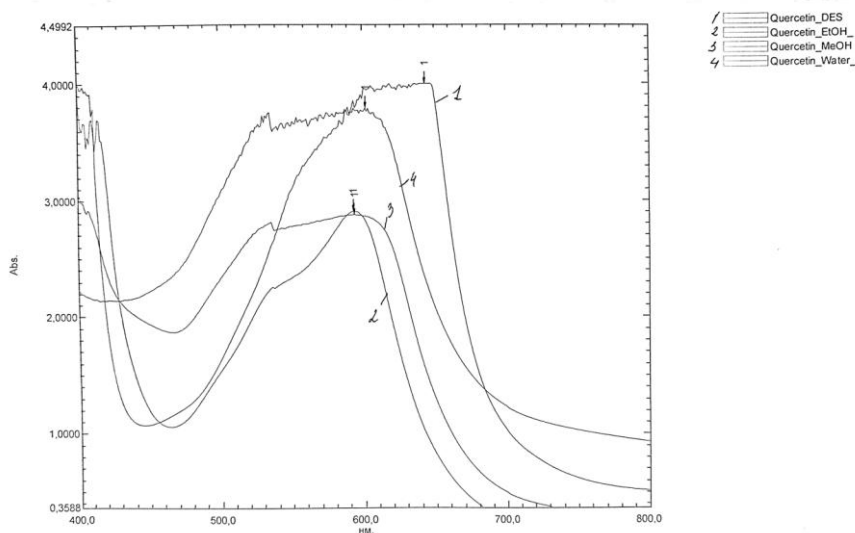


Рис. 2 – УФ-спектри кверцетину розчиненого у різних розчинниках після додавання реактиву (трис(2-піридил)триазину (TPTZ))

Висновки. НЕР на основі холін-хлориду та аскорбінової кислоти є багатфункціональною, екологічно безпечною системою з широкими можливостями застосування. Властивості холін-хлориду та аскорбінової кислоти, зумовлені інтенсивною мережею водневих зв'язків та антиоксидантною активністю, роблять цей розчинник перспективним для

створення евтектогелів із заданими параметрами. Новий розчинник підвищує розчинність флавоноїдів, зокрема кверцетину.

Література

1. Jordy Kim Ung Ling, Yen San Chan, Jobrun Nandong, Suk Fun Chin, Boon Kui Ho, Formulation of choline chloride/ascorbic acid natural deep eutectic solvent: Characterization, solubilization capacity and antioxidant property, LWT, Volume 133, 2020, 110096, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110096>.
2. Wei Liu, Kangdi Zhang, Jingnan Chen, Jingjing Yu, Ascorbic acid and choline chloride: A new natural deep eutectic solvent for extracting tert-butylhydroquinone antioxidant, Journal of Molecular Liquids, Volume 260, 2018, Pages 173-179, <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.03.092>

УДК 542.9; 544.351; 544.7

ГАРБАРУК А.В., ЗЕМЦОВА В.В., ВОРОБІЙОВА В.І.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПОЛЯРНІ ГІДРОФІЛЬНІ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ РОЗЧИННИКИ ІІІ ТИПУ ДЛЯ ЕКСТРАКЦІЇ ПРИРОДНИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК ІЗ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Сучасна фармацевтична, харчова та косметична промисловість орієнтується на створення високоефективних і водночас екологічно безпечних технологій одержання біологічно активних речовин із природної сировини. Традиційні методи екстракції, що базуються на використанні органічних розчинників (етанол, метанол, ацетон), супроводжуються токсичністю, леткістю та небезпекою для довкілля. Тому актуальним є впровадження альтернативних «зелених» розчинників, серед яких особливе місце займають полярні гідрофільні низькотемпературні іонні рідини (ІР) ІІІ типу.

Іонні рідини — це солі, що перебувають у рідкому стані при температурах нижчих за 100 °С. ІР ІІІ типу характеризуються тим, що обидва іони — катіон і аніон — мають органічну природу, часто біогенетичного походження. Типовими прикладами є системи на основі холінового катіону ([Ch]⁺) та біосумісних аніонів (лактат, ацетат, малат, гліцинат). Такі рідини мають високу полярність ($\epsilon = 30\text{--}50$), низьку леткість, біорозкладність, термічну стабільність до 200 °С і здатність розчиняти широкий спектр полярних органічних сполук.

Завдяки високій діелектричній проникності та здатності утворювати водневі зв'язки, ІР ІІІ типу забезпечують селективну екстракцію фенольних сполук, флавоноїдів, антоціанів, алкалоїдів та глікозидів. Вони є ефективними розчинниками для рослинної сировини, особливо при використанні

ультразвукових (UAE) та мікрохвильових (MAE) методів, які прискорюють масоперенос і руйнують клітинні стінки.

Механізм екстракції у середовищі полярних гідрофільних ІР ІІІ типу визначається дією декількох видів міжмолекулярних взаємодій: водневими зв'язками між гідроксильними та карбоксильними групами цільових сполук і компонентами ІР; іонними парами між катіонами холіну та аніонними формами фенолатів або алкалоїдів; π – π -асоціаціями для ароматичних систем (наприклад, кверцетину); гідратаційними ефектами, що знижують в'язкість і підвищують ефективність дифузії.

Метою роботи є порівняти ефективність екстракції біоактивних компонентів (антиоксидантних сполук) із ягід лаканоса трьома різними розчинниками: дистильованою водою, ізопропіловим спиртом та синтезованим НЕР (молочна кислота : 1,2-пропандіол = 1:3), встановити вплив середовища на антиоксидантної активності екстрактів та оцінити «зеленість» іонної рідини з використанням методики ComplexMoGAPI для комплексної аналітичної оцінки.

У даній роботі сирі ягоди лаканоса подрібнювали та піддавали ультразвуковій екстракції у трьох розчинниках: дистильована вода; ізопропіловий спирт; синтезована іонна рідина (молочна кислота : 1,2-пропандіол = 1:3). Співвідношення маса сировини : маса розчинника — 1:10. Ультразвукову обробку застосовано як засіб інтенсифікації масопереносу (UAE). Антиоксидантні властивості отриманих екстрактів оцінювали методом FRAP із використанням реагенту трис(2-піридил)-s-триазину (TPTZ) і реєстрацією УФ–Vis спектрів в інтервалі 400–700 нм на спектрофотометрі; характерним для FRAP є пікове поглинання комплексу Fe(II)–TPTZ поблизу 593 нм. Для комплексної оцінки екологічної придатності синтезованої іонної рідини застосовано підхід ComplexMoGAPI, який включає аналіз показників: походження компонентів, біорозкладність, токсикологічні ризики, летючі викиди, енергетичні витрати процесу, можливості регенерації/повторного використання розчинника та вплив на аналітичну процедуру.

УФ–Vis спектрофотометричні вимірювання після додавання реагенту TPTZ для всіх трьох екстрактів виявили характерне підвищення поглинання у зоні ≈ 593 нм, що відповідає утворенню комплексу Fe(II)–TPTZ. За умов проведених експериментів (UAE, співвідношення 1:10) найбільшу інтенсивність поглинання у зазначеній області зареєстровано для екстракту, отриманого в синтезованій іонній рідині; екстракт у ізопропіловому спирті показав середній рівень поглинання, тоді як екстракт у воді мав найнижчу інтенсивність сигналу. Оцінювання «зеленості» ComplexMoGAPI продемонструвало, що з точки зору критерію походження компонентів, відсутності летких органічних сполук та потенційної можливості регенерації іонна рідина має переваги над ізопропанолом; водночас остаточно екологічна оцінка вимагає врахування повного життєвого циклу (LCA), вартості регенерації та умов утилізації/нейтралізації залишків ІР.

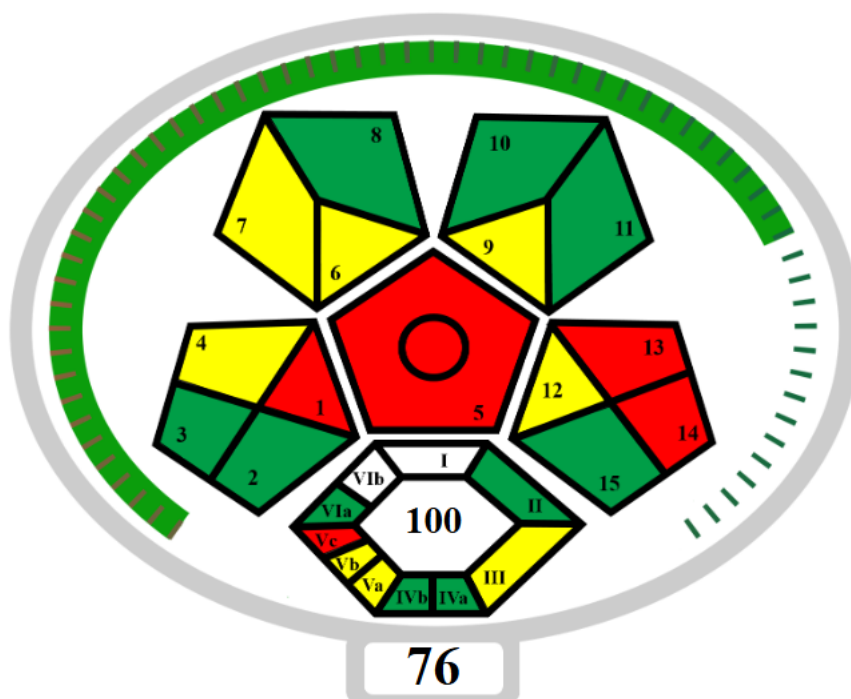


Рис. 1 – Оцінювання «зеленості» за допомогою методу ComplexMoGAPI

Перевага іонної рідини у вилученні та збереженні відновної активності компонентів ягоди лаканоса може бути пояснена її полярністю, інтенсивною мережею водневих зв'язків та кращою взаємодією з фенольними та антоціановими структурами. ІР забезпечує сприятливі умови для розчинення полярних фенолів і одночасно може стабілізувати їх проти часткової окисної деградації під час екстракції. Застосування UAE сприяє руйнуванню клітинних стінок і прискоренню масопереносу, що у поєднанні з ІР підвищує вихід цільових компонентів. Оцінка ComplexMoGAPI підкреслює, що екологічні переваги ІР проявляються не лише у відсутності летких органічних компонентів, а й у можливості їх багатократного використання.

Отже, перевага іонної рідини у вилученні та збереженні відновної активності компонентів ягоди лаканоса може бути пояснена її полярністю, інтенсивною мережею водневих зв'язків та кращою взаємодією з фенольними та антоціановими структурами. ІР забезпечує сприятливі умови для розчинення полярних фенолів і одночасно може стабілізувати їх проти часткової окисної деградації під час екстракції. Застосування UAE сприяє руйнуванню клітинних стінок і прискоренню масопереносу, що у поєднанні з ІР підвищує вихід цільових компонентів. Оцінка ComplexMoGAPI підкреслює, що екологічні переваги ІР проявляються не лише у відсутності летких органічних компонентів, а й у можливості їх багатократного використання.

Література

1. Rogers R.D., Seddon K.R. Ionic liquids — solvents of the future? Science. 2003. Vol. 302. P. 792–793.

2. Cunha S.C., Fernandes J.O. Extraction of natural compounds using ionic liquids and deep eutectic solvents. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2018. Vol. 105. P. 225–239.
3. Zhang Q., De Oliveira Vigier K., Royer S., Jérôme F. Deep eutectic solvents: syntheses, properties and applications. *Chemical Society Reviews*. 2012. Vol. 41. P. 7108–7146.
4. Airouyuwa E., Xu Y., Wang L. Application of choline-based DES for anthocyanin extraction. *Food Chemistry*. 2024. Vol. 431. P. 137–148.
5. Benzie I.F.F., Strain J.J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”. *Analytical Biochemistry*. 1996. Vol. 239. P. 70–76.

УДК 621.794.42:546.56

ДАЦЕНКО В.В., ЧУПРИНА В.О.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

МЕТОДИ РЕГЕНЕРАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ СТОЧНИХ ВОД

В даний час істотний внесок у забруднення навколишнього природного середовища (НПС) та водних об'єктів (ВО) вносять наростаюча кількість стічних вод (СВ) і шламів гальванічних виробництв, що містять ряд сполук дефіцитних і дорогих металів: Cu, Zn, Ni, Co Cr та ін. На практиці заводські очисні споруди не можуть вирішити проблему очищення гальванічних стоків, тому найчастіше СВ після розведення скидаються в промислову каналізацію, що призводить до втрати великої кількості кольорових металів та забруднення НПС та ВО. За даними екологічних служб скидання деяких важких металів (ВМ) з відпрацьованими травильними розчинами перевищує гранично допустимі санітарні норми (ГДК) у 8–10 разів, а окремих випадках у 40–50 [1].

Найбільш ефективним підходом до вирішення цієї проблеми є впровадження локальних маловідходних технологій, що передбачають постадійне вилучення цінних сполук та їх повернення до технологічного циклу. Аналіз останніх досліджень з цієї тематики [2–4] показує, що основними фізико-хімічними методами очищення стічних вод, що містять важкі метали, вважаються реагентні, мембранні (мікрофільтрація, ультрафільтрація, нанофільтрація, зворотний осмос, електродіаліз), електрохімічні (електрофлотація, електродіаліз, електроліз), сорбційні та іонообмінні фільтри), біохімічні методи.

Відповідно до таблиці 1 [1], основними напрямками очищення СВ гальванічних виробництв є реагентний та електрохімічні методи очищення. Ці методи очищення мають ряд переваг: проста технологічна схема при експлуатації обладнання, зручність автоматизації його роботи, скорочення виробничих площ під розміщення очисних споруд. Проте самостійно не

дозволяють досягти норм ГДК стічних вод, особливо у важких металах; отримати повернення води на оборотне водопостачання гальванічного виробництва або досягти повної утилізації цінних компонентів. Тому основним шляхом вирішення цієї проблеми є впровадження нових технологій очищення СВ та утилізація відходів гальванічного виробництва. Аналіз особливостей кращих доступних технологій [2] дозволив виділити їх основні критерії.

Таблиця 1

**Методи очищення та знешкодження кислотно-лужних СВ
гальвановиробництв [1]**

Метод	Область застосування	Переваги	Недоліки
Реагентний	Для стоків різних обсягів із різною концентрацією забруднень	Очищення до ГДК. Можливість очищення окремих стоків та суміші. Легко автоматизується. Стабільний процес	Немає повернення води в обіг, високий вміст солі. Немоżliве вилучення осаджених іонів. Складність схеми
Електро-коагуляція	Для Cr-стоків з витратою до 100 м ³ /год і концентрацією Cr до 200 мг/дм ³	Очищення до ГДК. Повернення води в обіг без реагентів. Малі габарити установки	Висока витрата металу на розчинні аноди, їх пасивація. Немоżliвість очищення стоків без розведення
Електродіаліз	Для локального очищення стоків окремих гальванічних процесів	Очищення до ГДК. Повернення очищеної води та вилучених іонів в обіг. Малі габарити, проста схема	Висока витрата енергії. Необхідність очищення від механічних та органічних домішок перед діалізом
Зворотній осмос і ультра-фільтрація	Для локального очищення стоків окремих видів покриттів	Очищення до ГДК. Повернення води та іонів в обіг. Економія енергії. Простота схеми	Концентраційна поляризація. Нестійкість мембран після концентрування
Іонний обмін	Для стоків з витратою до 500 м ³ /год та вмісту Cr до 400 мг/дм ³ при роздільному та загальному скиданні у каналізацію	Очищення до ГДК. Повернення очищеної води у виробництво. Можливість очищення змішаних стоків та селективного виділення іонів	Потрібне попереднє очищення та герметична схема. Утворення елюатів, їх додаткове знешкодження. Дефіцитність смол

Деякі підприємства нейтралізують СВ, внаслідок чого виходять шлами, які складаються в шламонакопичувачах без переробки та утилізації. Ціни більшості компонентів, що містяться в цих відходах, високі та впливають на собівартість продукції. Головною перешкодою використання гальванічних шламів як вторинної сировини є нестабільність їх якісного складу та кількості, що утворюється. Вміст ВМ у відходах гальванічних виробництв значно відрізняється [5]. Шлами деяких підприємств, що використовують гальванічні виробництва, мають подібний компонентний склад, проте концентрації металів у них помітно коливаються. Така розбіжність у кількісному утриманні важких металів у відходах виробництва однієї галузі залежить від специфіки підприємства та технологічних операцій на гальванічних ділянках та лініях. Визначення класу небезпеки цих відходів показав, що в основному відходи відносяться до IV класу небезпеки та є малонебезпечними для навколишнього природного середовища. Однак, розрахунок індексу токсичності (K_i) для кожного компонента у відходах [5] показав, що найбільшу токсичність мають сполуки міді, цинку, свинцю, марганцю, заліза. Вміст у відходах навіть у порівняно малих кількостях ВМ, але регулярному їх накопиченні призводить до накопичення в навколишньому середовищі досить високих їх концентрацій, що призводять до негативних наслідків.

Враховуючи те, що метали, які входять до складу відходів гальванічного виробництва, є цінними вторинними матеріальними ресурсами [1], виникає необхідність у розробці та реалізації програми, спрямованої на максимальне залучення їх у господарський оборот. Найбільш доцільним способом знешкодження гальванічних шламів є комплексне вилучення з них цінних компонентів. Однак усі розроблені в наступний час технології вимагають застосування багатостадійних процесів з використанням великої кількості різноманітних, у тому числі токсичних реагентів (хімічні методи) або великої витрати енергії (електрохімічні методи). Крім того, реалізація таких процесів потребує серйозних капітальних вкладень. Так, одним із напрямків утилізації гальваношламів є їх термічна переробка на пігментні матеріали, насамперед для будівельної промисловості [6-10]. Відомо, що на основі гальваношламів можуть бути отримані наступні пігменти: коричневі, червоно-коричневі з технічними характеристиками на рівні характеристик природного пігменту – залізного сурика, синтетичного червоного – $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, зелені, зелено-коричневі, антикорозійні пігментні матеріали у вигляді фосфатних сполук [10]. Пігменти, виготовлені з гальванічних шламів, можуть застосовуватися при виробництві керамзиту, черепиці, керамічної плитки. Найбільш надійним та екологічно безпечним способом утилізації гальванічних шламів як пігменти, є використання їх при виробництві скловиробів та емалей. Висока надійність має спосіб застосування пігментів, виготовлених з гальванічних шламів при виготовленні кольорових глазур для покриття облицювальних плиток. Також пігменти, виготовлені з гальванічних шламів, можуть застосовуватися у

виробах народних промислів: при виробництві глиняних та керамічних виробів та іграшок (шкірянські іграшки).

Іншим способом утилізації гальванічних шламів є використання їх як наповнювач при виготовленні асфальтобетонних сумішей [8]. Однак, наявні відомості про використання гальванічних шламів в якості добавок у будівельні матеріали вказують, що жоден з перерахованих способів не отримав помітного промислового використання у зв'язку з недостатньою екологічною безпекою продуктів, що утворюються, і безповоротною втратою цінних металів.

Проблемою переробки металовмісних відходів стурбовані вчені та інженери багатьох країн. Найбільш радикально її вирішено в США, де за останні 20 років розроблено та здано в експлуатацію велику кількість установок для утилізації металовмісних відходів [2]. Загальна ідея розробок полягає в тому, що висушені та подрібнені відходи додають до розплаву чавуну, внаслідок чого утворюються легований чавун. Також, шлами, що утворюються при очищенні гальванічних СВ електрокоагуляційним методом використовують для отримання котунів в металургії. При цьому метали (хром, нікель та інші) переходять у розплав чавуну, а неметалеві компоненти – силікати, алюмінати, вапно та інші – у вагранковий шлак. Один з нових напрямків у вирішенні проблеми ліквідації шламів полягає в їхній хімічній стабілізації, яка дозволяє отримувати нешкідливі або малотоксичні сполуки. Їх можна розміщувати в окремих місцях на міських звалищах або інших спеціально необладнаних майданчиках без загрози забруднення навколишнього середовища іонами важких металів вище допустимих норм.

Таким чином, в сучасних умовах зусилля промислових підприємств при утилізації відходів мають бути спрямовані не лише на мінімізацію утворення відходів, а й на виділення з них цінних компонентів, їхню рециркуляцію та вторинне використання. Крім розглянутих методів та способів очищення СВ та відходів гальванічного виробництва можливі й інші рішення, головною метою яких має бути їх економічна доцільність та забезпечення екологічної безпеки виробництва.

Література

1. Касимов О.М. Сучасні проблеми і рішення в системі управління безпечними відходами /О.М. Касимов, В.Т. Семенов, Н.Г. Щербань, В.В. М'ясоєдов – Харків: ХНАГХ, 2008. – 510 с.
2. Gupta V.K., Ali I. Environmental Water. Amsterdam: Elsevier, 2013; 1: 232. DOI: [10.1016/C2011-0-05782-4](https://doi.org/10.1016/C2011-0-05782-4).
3. Renu A.M., Singh K. Methodologies for removal of heavy metal ions from wastewater: an overview. Interdisciplinary Environmental Review, 2017; 18(2): 124–142. DOI: 10.1504/IER.2017.10008828.
4. Gunatilake S.K. Methods of Removing Heavy Metals from Industrial Wastewater. Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies (JMESS), 2015; 1(1): 12–18.

5. Datsenko V., Khimenko N., Egorova L., Svishchova Ya., Dubyna O., Budvytska O., Lyubymova N., Pasternak V., Pusik L. Construction of the algorithm for assessing the environmental safety of galvanic sludges. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2019; 6(10(102)): 42-48. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.188251

6. Król A. Effect of high temperature on immobilization of heavy metals in concrete with an addition of galvanic sludge. WIT Transactions on Ecology and the Environment, 2018; 109: 331–339. DOI: <http://doi.org/10.2495/wm080351>

7. González-Corrochano B., Alonso-Azcárate J., Rodríguez L., Lorenzo A.P., Torío M.F., Ramos J.J. T. et. al. Valorization of washing aggregate sludge and sewage sludge for lightweight aggregates production. Construction and Building Materials, 2016; 116: 252–262. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.095>

8. Bednarik V., Vondruska M., Koutny M. Stabilization/solidification of galvanic sludges by asphalt emulsions. Journal of Hazardous Materials, 2005; 122(1–2): 139–145. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.03.021>

9. Castañeda Bocanegra J.J., Espejo Mora E., Cubillos González G.I. Encapsulation in ceramic material of the metals Cr, Ni, and Cu contained in galvanic sludge via the solidification/stabilization method. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2017; 5(4): 3834–3843. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jece.2017.07.044>

10. Ol'shanskaya L.N., Lazareva E.N., Bulkina L.A. Recycling of Heavy Metals and Their Compounds from Galvanic Sludges to Produce Pigments and Fillers and the Active Species of Nickel–Iron (Cadmium) Battery Cathodes. Chemical and Petroleum Engineering, 2016; 52(1–2): 138–142. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10556-016-0163-z>

УДК 678.027.5

¹ДЕЛІТА В.В., ²ЧЕРНЕНКО В.Ю., ¹ЧИГИРИНЕЦЬ О.Е.

¹Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

²Інститут біоколоїдної хімії імені Ф.Д.Овчаренка НАН України

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛАГЕН-АЛЬГІНАТНИХ ГІДРОГЕЛЕВИХ НОСІЇВ – ОБ'ЄМНО-СТРУКТУРОВАНИХ МАТРИЦЬ ДЛЯ ТКАНИННОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Сучасна регенеративна медицина потребує створення новітніх видів покриття для лікування великих післяопікових пошкоджень шкіри та тканин, що підлягають. Такі матеріали повинні поєднувати біосумісність, механічну міцність, здатність до контрольованого вивільнення лікарських засобів та придатність до імобілізації живих тканиноспецифічних клітин-попередників відновлююмого шкіряного покриву. Традиційні перев'язувальні матеріали часто

не забезпечують оптимального вологого середовища та не сприяють активній регенерації тканин. Перспективним рішенням є створення біоінженерних конструкцій на основі природних полімерів, які імітують будову позаклітинного матриксу. Особливий інтерес становить поєднання альгінату натрію (натрієвої солі альгінової кислоти, джерелом видобутку якої є морські водорості *Laminaria digitata*) [1], відомого своїми гемостатичними властивостями та здатністю абсорбувати ексудат з раньових поверхонь, з іншим біополімером тваринного походження – колагеном, який виступає природним субстратом для адгезії та проліферації фібробластів шкіри [1, 2].

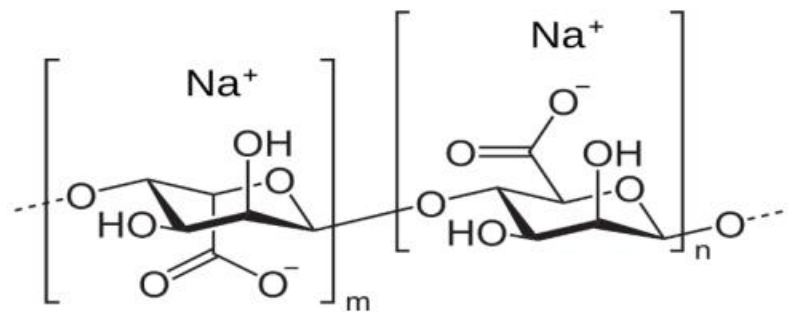


Рисунок 1 – Структура альгінату натрію

Для виділення колагену (I типу) використовували сухожилля тваринного походження (*Sus domesticus*), з яких вилучали цільовий компонент за модифікованою нами методикою кислотної екстракції. На відміну від лужного гідролізу, даний підхід дозволяє вилучити колаген у розчиненому стані з мінімальною деструкцією поліпептидних ланцюгів, зберігаючи нативну потрійну спіральну структуру. Екстракція відбувалася після стадії попереднього знесолення подрібненого матеріалу у тричі дистильованій воді протягом 48 годин. Після знесолення процес екстрагування відбувався у 0,5 М оцтовій кислоті за низької температури (на льодяній бані) при активному перемішуванні на магнітній мішалці протягом 96 годин. На рисунку 2 зображено аморфну структуру, утворену колагеновими фібрилами, що утворилися після додавання до 1% розчину колагену сольового розчину PBS (phosphate buffered saline, pH 8,0) у співвідношенні 1 : 1. Без додавання сольового компоненту до розчину колагену, останній має цілком оптично прозорий вигляд, який під оптичним мікроскопом спостерігати неможливо. Утворені ж фібрили свідчать про те, що у кислотному розчині колаген має неушкоджений нативний стан. Після екстрагування отриманий колаген діалізували проти 0,05 М розчину оцтової кислоти протягом 48 годин (на льодяній бані, з інтенсивним перемішуванням).

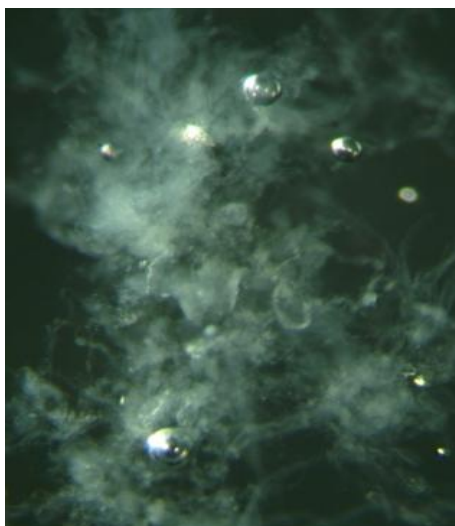


Рисунок 2 – Аморфна структура – колагенові фібрили, що утворилися після додавання до 1% розчину нативного колагену (виділеного зі свинячих сухожиль за допомогою екстракції 0,5 М оцтовою кислотою) сольового розчину PBS (pH 8,0); оптична мікроскопія; МБС-10; збільшення – 32х (розмір поля зору $1,5\text{ см}^2$)

Формування гідрогелевих носіїв відбувалося за методом іонотропного гелеутворення: суміш 2% водного розчину альгінату натрію з 5% розчином діалізованого колагену за допомогою одноразового шприца з ін'єкційною голкою (діаметром 0,8 мм) по краплях додавали до 1% водного розчину $CaCl_2$ – ініціатора полімеризації (“зшиваючого” агента) альгінату [3]. В якості модельної лікарської речовини використано нітрофурал (фурацилін). Дослідження морфології та геометричних параметрів отриманих зразків проводили методом оптичної мікроскопії (МБС-10). Утворені сфери зображені на рисунку 3.



Рисунок 3 – Утворені гідрогелеві сфери (діаметром 3,0 мм) з альгінатним ядром, що містить включення нітрофуралу (фурациліну), покриті колагеновою оболонкою

Розроблена методика дозволила отримати композитні сферичні носії типу «core-shell» (ядро-оболонка). Мікроскопічний аналіз зафіксував чітку фазову сегрегацію між внутрішнім альгінатним ядром та зовнішньою колагеновою оболонкою (рис. 5(б)). Встановлено, що товщина сформованої колагенової мембрани варіюється в межах 1,47–1,63 мм. Така товщина є достатньою для забезпечення механічної цілісності капсули при маніпуляціях.

Дослідження проникності мембрани з використанням водорозчинних барвників підтвердило наявність трансмембранної дифузії: спостерігається селективне забарвлення альгінатного ядра при збереженні оптичної прозорості колагенової оболонки. Це свідчить про збереження пористої структури колагенового матриксу, необхідної для газообміну та транспорту рідин, що є необхідною умовою для прискорення репаративних процесів на поверхні ран. На рисунку 4 зображено отримані гідрогелеві сфери під мікроскопом без барвника та після додавання барвника.

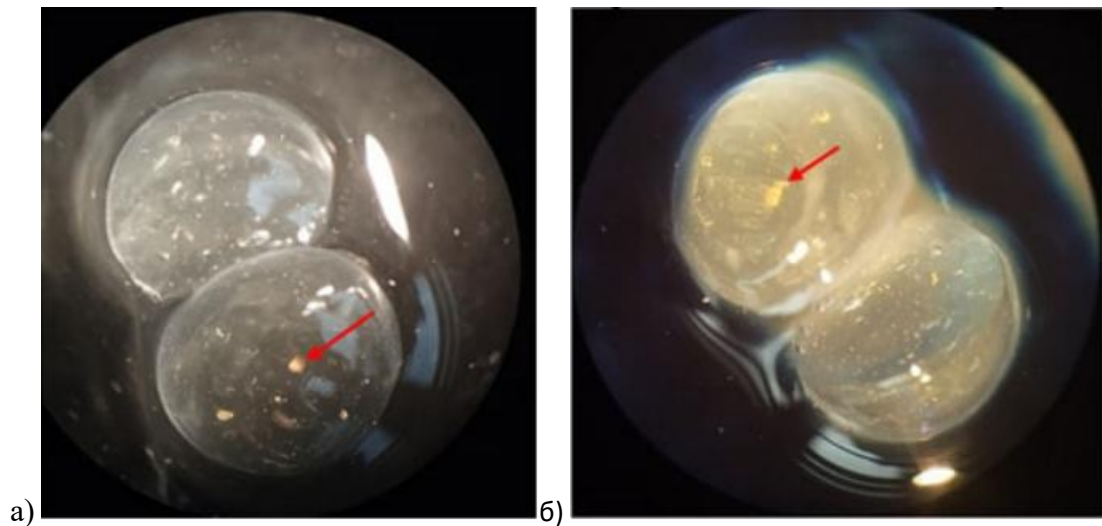


Рисунок 4 – Альгінат-колагенові гідрогелеві сфери під мікроскопом МБС-10, збільшення – 12х: а) без барвника; б) з доданим барвником метиленовим синім. Стрілкою червоного кольору вказано на кристали нітрофуралу, що утворилися за низької температури ($<10^{\circ}\text{C}$) реакційного середовища

Важливо зауважити, що протягом наступної години спостерігалася явна зміна забарвлення зовнішньої (колагенової) та внутрішньої (альгінатної) фази (рис.5).

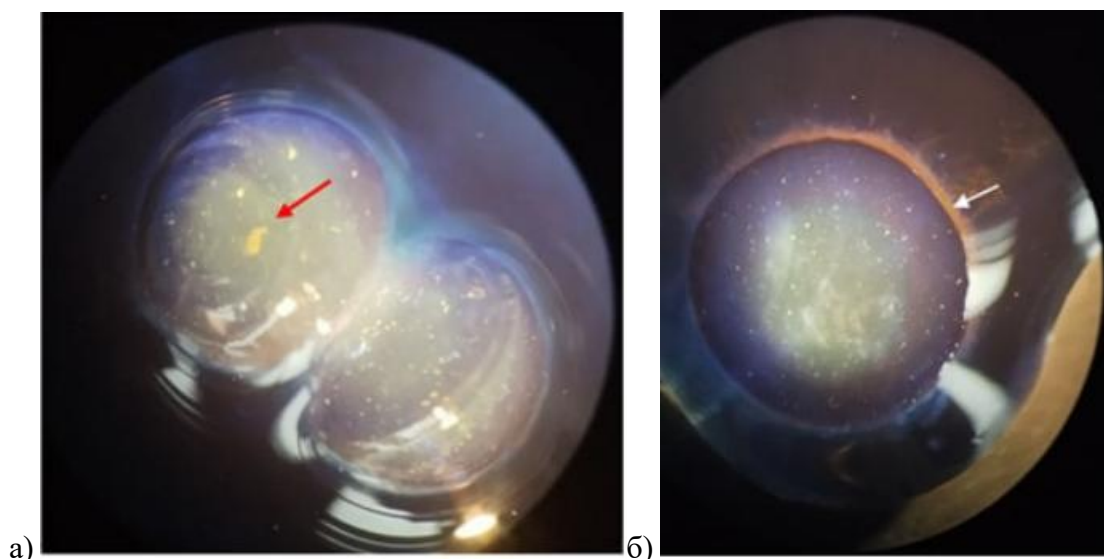


Рисунок 5 – Зміна забарвлення сфер протягом а) 40 хвилин; б) 4 години. Стрілкою білого кольору вказано на утворену альгінат-колагенову інтерфазу – основу колагенової мембрани. Розмір альгінатної матриці (“ядра”) становить 2,5 мм

Окрему увагу було приділено дослідженню впливу температурних умов на стабільність інкапсульованої речовини. При зниженні температури навколишнього середовища (нижче 10 °C) на фотографіях фіксується утворення кристалічних агломератів жовтого кольору в структурі матриці. Дане явище ідентифіковано як процес кристалізації нітрофуралу (фурациліну) внаслідок зменшення його розчинності у водній фазі за низької температури (<10°C). Це вказує на необхідність суворого контролю температурного режиму зберігання розроблених матеріалів для забезпечення їх функціональної (терапевтичної) ефективності.

Висновки:

Отримані результати підтверджують принципову можливість створення стабільних двошарових носіїв на основі альгінату та колагену. Сформовані матриці характеризуються прогнозованою морфологією та напівпроникними властивостями. Виявлена залежність фазового стану лікарської речовини (нітрофуралу) від температури, що є критичним параметром, який необхідно враховувати при розробці протоколів виготовлення та застосування таких об'ємно-структурованих матриць для тканинної інженерії.

Література

1. Savić Gajić IM, Savić IM, Svirčev Z. Preparation and Characterization of Alginate Hydrogels with High Water-Retaining Capacity. *Polymers*. 2023; 15(12):2592. <https://doi.org/10.3390/polym15122592>

2. Kamaruzaman N, Fauzi MB, Tabata Y, Yusop SM. Functionalised Hybrid Collagen-Elastin for Acellular Cutaneous Substitute Applications. *Polymers*. 2023; 15(8):1929. <https://doi.org/10.3390/polym15081929>
3. Amiruddin, Muh. Agus Syamsur Rijal, and Dewi Melani Hariyadi. "Effect of CaCl₂ Crosslinker Concentration On The Characteristics, Release and Stability of Ciprofloxacin HCl-Alginate-Carrageenan Microspheres". *Jurnal Farmasi Dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, vol. 10, no. 3, Dec. 2023, pp. 312-23, doi:10.20473/jfiki.v10i32023.312-323.

UDC 543.226:546.185.47'46

DOMBROVSKA S.P., ANTRAPTSEVA N.M.
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

LOW-WASTE TECHNOLOGY OF SOLID SOLUTION OF MANGANESE(II)-MAGNESIUM HYDROGEN PHOSPHATES

Special attention is paid to the development of technologies that allow for the economical use of raw material reserves. This also applies to solid solutions of hydrated phosphates of divalent metals, in particular manganese(II)-magnesium hydrogen phosphates. They have recently been actively researched as the basis for the creation of many modern inorganic materials: catalysts for organic synthesis, anti-corrosion pigments, laser materials, etc. [1].

Therefore, the development of their low-waste technology is becoming increasingly important. In the literature, systematic studies of the conditions for the synthesis of solid solutions of manganese(II)-magnesium hydrogen phosphates are not described fully enough.

The purpose of this work is to determine the conditions that ensure the production of manganese(II)-magnesium hydrogen phosphates with minimal consumption of phosphate raw materials.

The method involved obtaining a solid solution of manganese(II)-magnesium hydrogen phosphates by co-precipitation of Mn²⁺ and Mg²⁺ cations with hydrogen phosphate ion during the interaction of a mixture of magnesium hydroxocarbonates (42.68% MgO) and manganese(II) (73.31% MnO) with phosphoric acid (64.13% P₂O₅).

During the experiment, in separate series of experiments, the dependence of the composition of the precipitated solid phase on the following main process parameters was established: precipitation pH (within 2.2-3.4), temperature, concentration of H₃PO₄, and the ratio of K=Mg/Mn in the composition of the starting reagents.

The essence of the method was as follows: a homogenized mechanical mixture of manganese(II) and magnesium hydroxycarbonates and phosphoric acid was added

to a solution acidified with phosphoric acid to a given pH value and thermostated at a certain temperature, similarly to that described in [2].

The pH value of the interaction was controlled by a pH meter EV-74 and maintained constant by regulating the supply of H_3PO_4 (automatic titration unit BAT-15) and hydroxocarbonates. The average duration of the synthesis was 3 - 4 hours. The end of the interaction was determined by the absence of CO_2 in the precipitate. The solid phase was separated from the mother liquor, washed with water, and dried at 40-50°C. The filtrate containing Mg^{2+} , Mn^{2+} , and HPO_4^{2-} ions, after determining their concentration in it, was used as the starting solution. For these purposes, the washing water was partially used.

Chemical analysis of the obtained precipitate determined the content of P_2O_5 (weight quinolinemolybdate method), manganese(II) and magnesium – by complexometric titration. Identification of phosphates was carried out using X-ray phase (DRON-4M, $\text{CuK}\alpha$) and IR spectroscopic (Nexus-470 spectrometer, frequency range 400-4000 cm^{-1} , pressing a fixed sample (0.05%) into a potassium bromide matrix) analysis methods.

Analysis of the obtained experimental data indicates that the precipitation of manganese(II)-magnesium hydrogen phosphates occurs in the pH range of 2.8-3.0. At pH below 2.8, magnesium dihydrogen phosphate is formed as an impurity phase.

Increasing the pH is not rational, as it leads to a decrease in the rate of interaction of the starting reagents. The precipitation temperature affects the composition of the solid phase and the duration of the process. At temperatures above 50°C, Mn(III) phosphates are formed along with Mn(II) phosphates. The concentration of phosphoric acid (from 20 to 87%) has practically no effect on the composition of hydrogen phosphates.

Summarizing the obtained data, the co-precipitation of manganese(II)-magnesium hydrogen phosphates was carried out under the following conditions: pH 2.8; temperature 45°C; 55% solution of H_3PO_4 . To establish the region of homogeneity of the solid solution, the content of manganese(II) and magnesium in the mixture of initial hydroxocarbonates $K=\text{Mg}/\text{Mn}$ was varied from 0 to 100% mol.

The results of a comprehensive analysis of the obtained hydrogen phosphates indicate that they simultaneously contain manganese(II) and magnesium, the content of which varies adequately to the composition of the initial hydroxocarbonates.

Their identification, performed using X-ray diffraction analysis, indicates the similarity of the structures of the synthesized hydrogen phosphates to the structures of individual $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ and $\text{MnHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. IR spectroscopic studies complement the data of chemical and X-ray diffraction analyses.

The interpretation of the obtained data indicates the precipitation of a substitutional solid solution of the composition $\text{Mg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, the homogeneity regions of which vary within the range $0 < x < 1.00$.

The magnesium and manganese(II) content in them can be controlled to vary from 22.0 to 1.6%wt. MgO and from 1.5 to 34.0% wt. MnO by varying the magnesium and manganese(II) content in the starting reagents during synthesis.

The developed technology of solid solution of manganese(II)-magnesium hydrogen phosphates practically eliminates the loss of raw materials. The yield of the finished product reaches 97-98%.

References

1. Acton A. Q. Phosphates – advances in research and application. Atlanta, Georgia : Scholarly Editions, 2013. 374 p.
2. Antraptseva N.M., Solod N.V. Solid solutions and double phosphates of bivalent metals. – K : Center of polygraphy KOMPRINT, 2018. 342 p.

УДК 677.532.135

ЖИГАЛОВА А.Д., КЛІМКО Ю.Є.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ОРТОГОНАЛЬНО ЗАХИЩЕНИХ ДІАМІНОКИСЛОТ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У СТВОРЕННІ НОВИХ БІОАКТИВНИХ МОЛЕКУЛ

Вступ. Амінокислоти є фундаментальними структурними елементами біологічних систем, виконуючи важливі функції в метаболізмі, передачі сигналів та формуванні макромолекул, таких як білки та пептиди. Серед них діамінокислоти, що містять дві аміногрупи, мають особливе значення завдяки своїй здатності виступати основою для побудови структурно складних і функціонально насичених біомолекул. Інтерес до модифікованих амінокислот, зокрема з ортогонально захищеними функціональними групами, стрімко зростає в контексті сучасної медичної хімії, біотехнологій та матеріалознавства. Синтез таких сполук відкриває можливості для створення нових біологічно активних молекул із заданими властивостями, що є важливим для розробки інноваційних лікарських засобів, пептидів і біосумісних матеріалів. [1]

Мета дослідження. Метою роботи є розробка ефективних синтетичних підходів до отримання нових ортогонально заміщених α - та β -діамінокислот, дослідження їх хімічної поведінки та потенціалу для подальшої функціоналізації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Проаналізувати сучасні підходи до синтезу та модифікації діамінокислот.
2. Розробити схеми селективного захисту й функціоналізації аміногруп із використанням ортогональних захисних груп.
3. Дослідити вплив різних умов синтезу на стереоселективність реакцій.

4. Оцінити можливості використання синтезованих сполук як проміжних продуктів для створення біологічно активних молекул.

Об'єктами дослідження є:

4-Аміно-1-(трет-бутоксикарбоніл)азепан-4-карбонова кислота **1**;

4-Аміно-1-(трет-бутоксикарбоніл)піперидин-4-карбонова кислота **2**;

3-Аміно-1-(трет-бутоксикарбоніл)піперидин-3-карбонова кислота **3**;

3-Аміно-1-(трет-бутоксикарбоніл)піролідин-3-карбонова кислота **4**;

3-Аміно-1-(трет-бутоксикарбоніл)азетидин-3-карбонова кислота **5**;

2-Аміно-2-(4-((трет-бутоксикарбоніл)аміно)феніл)оцтова кислота **6**.

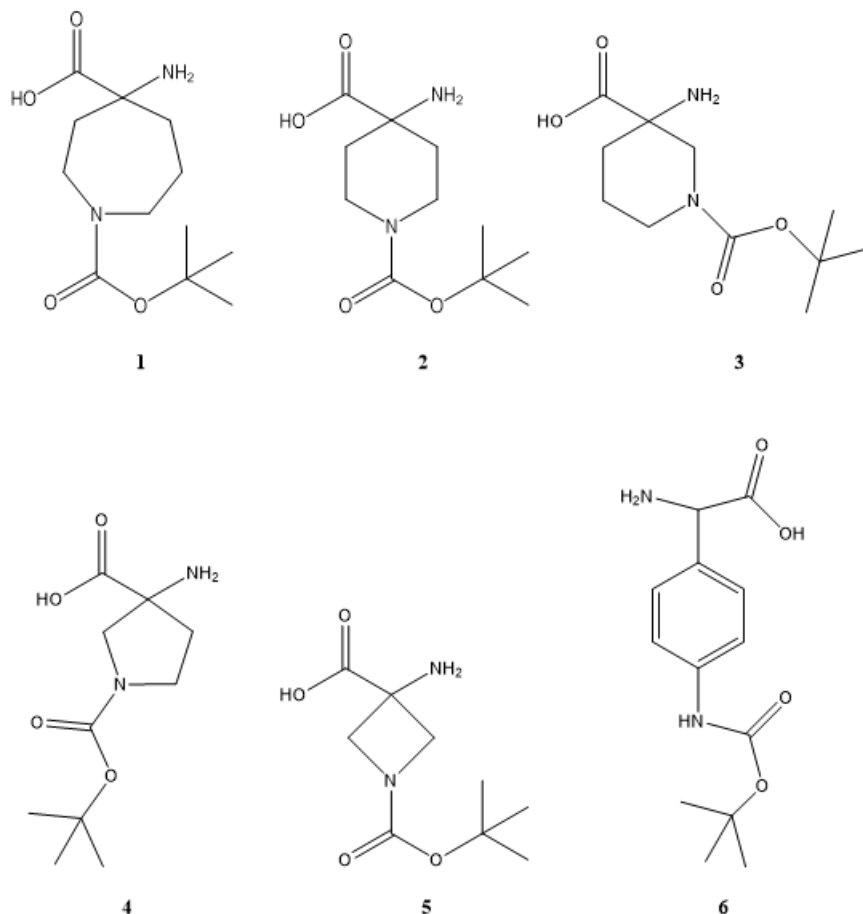


Рис.1. Нові N-Вос захищені діамінокислоти, що заплановано синтезувати

Результати. У ході роботи було синтезовано серію ортогонально захищених 3- та 4-заміщених азетидин-, піролідин-, піперидин- та азепан-карбонових кислот. Значна жорсткість та конформаційна фіксованість таких насичених гетероциклів роблять їх цінними для фармакологічного дизайну, оскільки вони підвищують селективність зв'язування з рецепторами та ферментами, а також сприяють покращенню метаболічної стабільності у біологічних середовищах. У більшості випадків саме включення малих насичених циклів дозволяє суттєво підвищити біодоступність та фармакокінетичні параметри препаратів. [2]

Аналіз даних сучасної наукової літератури показує, що амінокислотні похідні зі структурними мотивами піролідину та піперидину часто проявляють інгібуючу активність щодо серинових протеаз, амінотрансфераз, транспортних білків та дегідрогеназ. Особливий інтерес становлять модифіковані діамінокислоти, які після видалення трет-бутоксикарбонільної групи можуть бути використані як ключові фрагменти для створення інгібіторів ферментів, лігандів нейротрансмітерних рецепторів або антагоністів мембранних транспортерів. Зокрема, похідні 4-аміно- та 3-аміно-піперидинкарбонових кислот демонструють перспективний потенціал як основи для синтезу інгібіторів серинових гідролаз та ферментів, що беруть участь у катаболізмі амінокислот.[2]

Окрему увагу привертають азетидин-3-карбонові кислоти, що характеризуються підвищеною реакційною здатністю та здатністю жорстко фіксувати просторове розташування замісників. Це робить їх важливими фрагментами у створенні пептидів, стійких до протеолітичного розщеплення. Доведено, що включення таких циклічних структур у пептидні послідовності підвищує їхню стабільність у плазмі крові та може посилювати зв'язування з певними ферментативними доменами.

Важливим є й те, що синтезована 2-Аміно-2-(4-((трет-бутоксикарбоніл)аміно)феніл)оцтова кислота (**6**) може відігравати роль амфіфільного фрагмента для утворення таргетних систем доставки лікарських засобів, або як модуль для конструювання напівсинтетичних лігандів до мембранних рецепторів. Наявність арильного ядра відкриває можливості для подальшої модифікації, зокрема введення електронодонорних чи електроноакцепторних груп. [3]

Висновок. Узагальнюючи отримані результати, можна стверджувати, що синтезовані ортогонально захищені діамінокислоти становлять перспективний набір структур для подальших фармакологічних досліджень. Їхня функціональна гнучкість, висока чистота та можливість масштабування синтезу роблять їх придатними для створення інгібіторів ферментів, пептидоміметичних сполук, лігандів рецепторів та біосумісних кон'югатів для біомедичних застосувань.

Література:

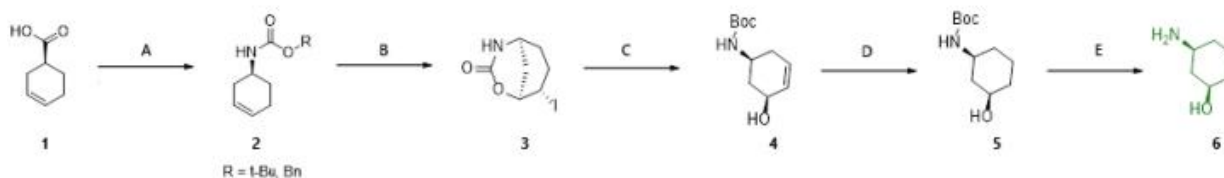
1. Smith, J., Brown, L., & Wilson, R. (2022). Novel Boc-protected diamino acids as scaffolds for bioactive peptide analogs. *J. Med. Chem.*, 65(10), 789-800. <https://doi.org/10.1021/jm2012345>
2. Kim, H., Lee, S., & Park, J. (2021). Conformationally constrained amino acids in drug design: applications and perspectives. *Bioorg. Med. Chem.*, 29, 115901. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2021.115901>
3. Gonzalez, M., Perez, A., & Martinez, C. (2023). Boc-protected piperidine and pyrrolidine derivatives as enzyme inhibitors. *Chem. Biol. Drug Des.*, 101(4), 456-467. <https://doi.org/10.1111/cbdd.14123>

SYNTHESIS OF (1R,3S)-3-AMINOCYCLOHEXANE-1-OL

Chirality as a fundamental structural property of molecules is a necessary prerequisite for the manifestation of specific biological activity of many organic compounds. In biological systems that are themselves chiral (for example, protein receptors, enzymes), only one enantiomer, having a complementary spatial configuration, is capable of stereoselective interaction with a chiral biotarget, which determines its pharmacological specificity and intensity of action. The presence of this structural asymmetry serves as a sufficient condition for the manifestation of optical activity that allows distinguishing enantiomers by the value and sign of the angle of rotation. [1].

Chiral amino alcohols containing a stereogenic center are a critically important class of functionalized organic compounds characterized by exceptional biological and chemical significance. These structural motifs play a fundamental role in key biological processes, acting as building blocks or catalysts, being involved in enzymatic catalysis, providing specific protein-molecular interactions that are the basis of cell signaling, and serving as important intermediates in the biosynthesis of numerous endogenous and exogenous biologically active substances. In the context of pharmaceutical chemistry and medicinal chemistry, molecules integrating a chiral amino alcohol moiety form a large cohort of therapeutic agents - from classical and long-standing drugs to innovative compounds and molecules at various stages of clinical trials, which emphasizes their irreplaceability as structural elements in modern drug synthesis and development. [2-4].

The natural asymmetry of molecules makes difficult to achieve high enantiomeric purity in the synthesis of chiral compounds. These difficulties are primarily due to the subtleties of the geometric structure of molecules and the objective problem of effective stereoselective control during chemical transformations. At the same time, the transformation or functionalization of chemically inert cycloalkanes - due to their saturated structure and low reactivity - is a key and very promising branch of modern organic chemistry. This approach opens up efficient, atom-economical and direct routes for the synthesis of complex, structurally diverse and functionalized chiral compounds, which are critically important synthetic building blocks for the development of pharmaceuticals, biologically active substances and agrochemicals, which require precise control over their three-dimensional structure. [5]. Synthesis (1R,3S)-3-aminocyclohexan-1-ol shown in the scheme:



The presented five-step synthetic scheme illustrates a stereoselective and enantiocontrolled approach to obtain (1R,3S)-3-aminocyclohexan-1-ol (6), a valuable chiral building block. The key stereocontrolling step of the synthesis is the halocyclization in step B, which leads to the formation of a bicyclic protected intermediate (3). This provides syn- or trans-relative stereochemistry of the adjacent functional groups in the ring, fixing two new chiral centers. Further transformation of the ring and selective reduction of the double bond in steps C and D afford the protected intermediate (5), while the final acidic deprotection (E) releases the target (1R,3S)-3-aminocyclohexan-1-ol (6).

(1R,3S)-3-aminocyclohexan-1-ol is a bifunctional chiral building block with the amine group typically located in an equatorial position, which gives the molecule specific conformational rigidity and spatial definition. This molecule is a versatile synthon in fine organic synthesis and medicinal chemistry due to the possibility of coordination of chiral centers. Derivatives of trans-1,3-aminoalcohols are widely used in asymmetric synthesis. An optimized synthetic strategy using a sequence of simple and efficient chemical transformations has successfully scaled up the process for obtaining chiral bifunctional building blocks. Achieving gram yields exceeding 50 grams of the target product is a key indicator of the efficiency of the methodology. This success demonstrates the significant potential for further industrial scaling of the process. This gives the way to cost-effective application in the large-scale syntheses.

Literature

1. Balázs Á., Szakonyi Z., Fülöp F. Synthesis of Alicyclic N-Substituted 1,3-Amino Alcohols via 1,3-Oxazines. *Journal of Heterocyclic Chemistry*. 2007. Vol. 44, N. 403. P.403-406.
2. Dwek R.A., Frances T.D.B., Platt M., Zitzmann N.. Targeting Glycosylation as a Therapeutic Approach. *Nat Rev Drug Discov*. 2002. Vol. 1, N. 1. P. 65–75.
3. Houstona T.A., Blanchfieldb J.T. Back to (non)-Basics: Recent Developments in Neutral and Chargebalanced Glycosidase Inhibitors. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*. 2003. Vol. 3, N. 7. P. 669–678.
4. Stable Ditriflates of D-Glucose in the Synthesis of Iminosugars and Polyhydroxylated Pipecolic Acids / R. Balo et al. *European Journal of Organic Chemistry*. 2024. URL: <https://doi.org/10.1002/ejoc.202400395>.
5. Synthesis and Physicochemical Characteristics of 6,6-Difluorobicyclo[3.2.0]heptane Derivatives / B. L. Moroz et al. *Journal of Organic and Pharmaceutical Chemistry*. 2024. Vol. 22, N. 3. P. 3–9. URL: <https://doi.org/10.24959/ophcj.24.314176>.

ДВА МЕХАНІЗМИ ОДЕРЖАННЯ БЕЗВОДНИХ КОБАЛЬТУ-ЦИНКУ ДИФОСФАТІВ

В існуючих технологіях одержання безводних фосфатів, як правило використовують два принципово різних методи. Відповідно до першого методу безводні фосфати одержують гетерогенним термічним синтезом, під час якого за досить високих температур відбувається взаємодія оксидів або карбонатів двовалентних металів з гідроген- або дигідрогенфосфатами амонію. Другий метод заснований на одержанні безводних фосфатів термічною обробкою гідратованих солей. Саме термообробка кристалогідратів є одним з найбільш технологічних, енерго- і ресурсозберігаючих способів одержання безводних солей та матеріалів на їх основі. Для вибору оптимальних умов одержання продуктів термообробки використовують різноманітні термоаналітичні методи дослідження. Даних про умови та механізми одержання безводних кобальту(II)-цинку дифосфатів термічною обробкою гідратованих дифосфатів у літературі недостатньо.

Мета даної роботи – визначити оптимальні умови і механізм одержання безводних кобальту-цинку дифосфатів термообробкою їх гексагідратів.

Твердий розчин дифосфатів Co(II)-Zn гексагідратів загальної формули $\text{Co}_{2-x}\text{Zn}_x\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ($0 < x \leq 0.39$) одержували осадженням в системі $\text{CoSO}_4 - \text{ZnSO}_4 - \text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7 - \text{H}_2\text{O}$. В якості основного об'єкту дослідження використовували кристалогідрат складу $\text{Co}_{1.61}\text{Zn}_{0.39}\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Термообробку дифосфату виконували в інтервалі 298-1200 К в умовах динамічного режиму нагрівання (деріватограф Q-1500D, тиглі платинові, еталон – свіжепрокалений Al_2O_3 , наважка зразку – 100-300 мг, швидкість нагрівання 5 град/хв., точність визначення температури $\pm 5^\circ$), як описано в [1]. Ідентифікацію продуктів термообробки здійснювали рентгенофазовим та ІЧ спектроскопічним аналізами.

Відповідно до результатів термоаналітичних досліджень, нагрівання дифосфату $\text{Co}_{1.61}\text{Zn}_{0.39}\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ реєструються на кривій ДТА тепловими ефектами в інтервалах 358-513 і 558-698 К. Перша стадія зневоднення описується двома ендотермічними ефектами з максимумами при 443 К і 465 К. Друга – ендотермічним ефектом неправильної форми, який є наслідком накладання двох теплових ефектів з максимумами процесів при 613 і 633 К. На кривій ТГ втрати маси реєструються двома основними ступенями, що відповідають видаленню 4.23 і 1.63 моль H_2O . Закінчується зневоднення дифосфату видаленням остаточних 0.14 моль H_2O в інтервалі 698-843 К.

Аналіз продуктів зневоднення, одержаних нагріванням $\text{Co}_{1.61}\text{Zn}_{0.39}\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ до 463 і 513 К, свідчить про те, що видалення 3.95 і 0.28

моль H_2O супроводжується утворенням суміші дифосфатів меншої гідратності. Один з них ідентифікований за рентгенометричними характеристиками як дигідрат складу $\text{Co}_{1.61}\text{Zn}_{0.39}\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Встановлені перебудови відбуваються із збереженням кристалічної структури вихідного кристалогідрату і свідчать про те, що кристалогідратна вода при нагріванні $\text{Co}_{1.61}\text{Zn}_{0.39}\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в інтервалі 358 – 513 К видаляється у вигляді молекулярної одиниці (молекулярний механізм).

Особливістю другої стадії зневоднення $\text{Co}_{1.61}\text{Zn}_{0.39}\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, як показали результати хроматографічного аналізу продуктів, одержаних при 558 К (табл.), є реалізація одночасно двох процесів:

- деструкції дифосфатного аніону (вміст монофосфату зростає до 6.8 % мас., дифосфату - зменшується до 11.6 % мас.; ступінь перетворення дифосфату становить 38 %);
- аніонної конденсації (утворюються фосфати ступінь поліконденсації (n), яких дорівнює 4.

Визначені перетворення свідчать про те, що вода в інтервалі 513 – 558 К видаляється за дисоціативним механізмом, приймаючи участь у внутрішньомолекулярному гідролізі солі. Моно- і поліфосфати, що утворюються внаслідок його реалізації, рентгеноаморфні. Дифракційні відображення, що реєструються на рентгенограмах, характеризують наявність однієї кристалічної фази – дигідрату складу $\text{Co}_{1.61}\text{Zn}_{0.39}\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Зміни, зафіксовані в ІЧ спектрах, стосуються лише коливань молекул води, загальна інтенсивність смуг яких продовжує зменшуватися: зникають широка смуга $\nu(\text{OH})$ 3167 см^{-1} та слабка смуга $\delta(\text{H}_2\text{O})$ 1525 см^{-1} .

Нагрівання $\text{Co}_{1.61}\text{Zn}_{0.39}\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ до 633 К супроводжується ще більш складними структурними перебудовами в складі проміжних продуктів дегідратації, які за цих умов стають повністю рентгеноаморфними.

Результати аналізу аніонного складу продуктів термообробки, отриманих при 633 К, вказують на поглиблення процесів аніонної конденсації і утворення поліфосфатів, ступінь поліконденсації яких сягає 7; ступінь деструкції дифосфатного аніону при цьому зменшується до 32 %.

За подальшого нагрівання дифосфату $\text{Co}_{1.61}\text{Zn}_{0.39}\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ до 698 К сумарні втрати його маси відповідають 5.86 моль H_2O . Аніонний склад продуктів часткового зневоднення при цьому спрощується: кількість моно- і трифосфату зменшується, вміст дифосфату зростає, висококонденсовані фосфати з $\bar{n} = 4 - 7$ не фіксуються (табл.).

Зміни, що відбуваються в складі проміжних продуктів зневоднення $\text{Co}_{1.61}\text{Zn}_{0.39}\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ під час його нагрівання в інтервалі 633 – 698 К, свідчать про їх безпосередню участь у твердофазних взаємодіях з утворенням кінцевого продукту зневоднення – безводного кобальту-цинку дифосфату складу $\text{Co}_{2-x}\text{Zn}_x\text{P}_2\text{O}_7$.

В ІЧ спектрах ці твердофазні перетворення фіксуються змінами в області коливань аніонної підрешітки: спостерігається смуга $\nu_{\text{as}}(\text{PO}_3)$ 1071 см^{-1} з

плечами 1184, 993, 955 см^{-1} , дублет $\nu_s(\text{PO}_4)$ 781 і 722 см^{-1} перетворюється на синглетну смугу $\nu_s(\text{PO}_4)$ 734 см^{-1} . Висока частота та інтенсивність смуги $\nu_s(\text{PO}_4)$ свідчить про те, що кут PO_4 в дифосфатному аніоні, що утворюється, не перевищує 150 – 160°. Такий характер спектру дозволяє інтерпретувати його як спектр $\alpha\text{-Co}_{1.61}\text{Zn}_{0.39}\text{P}_2\text{O}_7$, дифосфатний аніон якого має нецентросиметричну будову.

Таблиця. Умови термообробки та аніонний склад продуктів часткового і повного зневоднення $\text{Co}_{1.61}\text{Zn}_{0.39}\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Температура, К	Втрати маси, моль H_2O	$\text{P}_{\text{заг.}}, \%$ мас.	Вміст фосфору, % мас., у вигляді						
			моно-	ди-	три-	тетра-	пента-	гекса-	гептафосфату
358	-	15.42	0.6*	14.8	-	-	-	-	-
463	3.95	18.74	1.5*	17.2	-	-	-	-	-
513	4.23	19.03	2.7	16.3	-	-	-	-	-
558	4.36	19.17	6.8	11.6	0.4	0.2	-	-	-
633	5.45	20.41	5.3	13.2	1.0	0.4	0.3	< 0.1	< 0.1
698	5.86	20.92	3.8	17.1	< 0.1	-	-	-	-
843-1273	6.00	21.10	1.3*	19.8	-	-	-	-	-

* Результат гідролізу дифосфату під час підготовки зразка до аналізу.

Формування кристалічної структури безводного α -дифосфату закінчується при 843 К – температурі повного зневоднення $\text{Co}_{1.61}\text{Zn}_{0.39}\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Отже, безводні кобальту-цинку дифосфати складу $\alpha\text{-Co}_{2-x}\text{Zn}_x\text{P}_2\text{O}_7$ $0 < x \leq 0.39$ – кінцевий продукт термообробки гідратованих дифосфатів $\text{Co}_{2-x}\text{Zn}_x\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $0 < x \leq 0.39$, в інтервалі 633 – 698 К. Їх утворення відбувається внаслідок складних твердофазних перетворень гексагідрату, включаючи повну аморфізацію і аніонну конденсацію проміжних продуктів термообробки. Зневоднення гідратованих дифосфатів $\text{Co}_{2-x}\text{Zn}_x\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $0 < x \leq 0.39$, відбувається одночасно за двома напрямками з утворенням твердого розчину безводних дифосфатів складу $\alpha\text{-Co}_{2-x}\text{Zn}_x\text{P}_2\text{O}_7$ ($0 < x \leq 0.39$). Перший напрямок реалізується на 69-62% і передбачає утворення безводного $\alpha\text{-Co}_{2-x}\text{Zn}_x\text{P}_2\text{O}_7$ внаслідок молекулярного механізму видалення кристалогідратної води. Відповідно до другого, внесок якого складає 31-38%, утворення $\alpha\text{-Co}_{2-x}\text{Zn}_x\text{P}_2\text{O}_7$ відбувається як результат видалення води за дисоціативним механізмом.

Література

1. Antraptseva N.M., Kochkodan O.D., Solod N.V., Kravchenko O.O. The behavior of $\text{Co}_{3-x}\text{M}^{\text{II}}_x(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ($\text{M}^{\text{II}} = \text{Mg}, \text{Mn}, \text{Zn}$) solid solutions at elevated temperatures. *Functional Materials*. 2023. Vol.30, No.4 (), p. 519-525.

ON THE CONDITIONS OF CONTROLLED SYNTHESIS OF POLYMERIC COBALT-MAGNESIUM PHOSPHATES WITH A GIVEN ANION STRUCTURE

Heat treatment of crystal hydrates is one way to obtain anhydrous salts. This process is largely determined by the degree of hydration of the crystal hydrate. The thermal properties of tetrahydrate $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - dihydrogen phosphate matrix - have been insufficiently studied, and solid solutions of manganese and magnesium dihydrogen phosphates have not been studied [1].

The aim of this work was to study on the conditions of controlled synthesis of polymeric cobalt-magnesium phosphates with a given anion structure, to determine the sequence of thermal and structural transformations and how the degree of hydration affects these transformations.

The solid solution of dihydrogenphosphates of composition $\text{Co}_{1-x}\text{Mg}_x(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ($0 \leq x \leq 1.0$) were synthesized by the interaction of phosphoric acid, taken in the amount of 180% of the stoichiometric composition, with a mechanical mixture of cobalt(II) and magnesium hydroxocarbonates.

Differential thermal analysis was performed in the temperature range of 25-700°C under conditions of dynamic (Q-1500 D derivatograph, platinum crucibles with lid, standard – freshly calcined Al_2O_3 , sample weight – 100-300 mg, heating rate 2.5 deg/min, accuracy of temperature determination $\pm 5^\circ$) and quasi-isothermal (conical sample holder, sample weight – 200 mg, heating rate 3 deg/min) heating modes.

Heat treatment products were obtained at temperatures corresponding to the thermal effects on the DTA curves. To identify them a set of analysis techniques were used: chemical, X-ray phase (DRON-4M, connected to a calculating complex, Fe K_α , internal standard NaCl), IR spectroscopy (spectrometer Nexus-470, range 400-4000 cm^{-1} , at 20°C and -190°C, pressing a fixed portion of 0.05% of the mass sample into the matrix KBr).

The anionic composition of the dehydration products was determined by chromatography on paper with a quantitative assessment of each of the condensed anions, as described in [2]. The content of phosphate acids was determined by gravimetric quinolinemolybdate method after extraction with dried acetone.

According to the results of the thermoanalytical experiment dihydrogenphosphate tetrahydrate of composition $\text{Co}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ is stable when heated in air with a rate of 2.5 K/min to 60°C. A further increase in temperature to 700°C is accompanied by a loss of mass, which occurs in four main stages.

Interpreting the results of the complex characterization of the products of partial and complete dehydration of $\text{Co}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, we found the following: heat treatment of $\text{Co}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ in the range of 60–115°C is

followed by removal of two molecules of water on the molecular mechanism and formation of $\text{Co}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

The second stage of dehydration comes to an end with formation in the range of 115–165°C mixes of two crystal phases: $\text{Co}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ and $\text{Co}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}(\text{HPO}_4)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. The quantity of free H_3PO_4 in the thermolysis products of $\text{Co}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ increases and at 165°C makes 2.1% wt (based on P_2O_5).

Process of anion condensation begins on the third stage thermolysis of $\text{Co}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. At 190°C in composition of a salt component are formed condensed phosphate with $n = 2 \div 5$, in composition of acid component – acids with general formula $\text{H}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$ ($n = 2 \div 4$).

Most difficult is composition of products heating of $\text{Co}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ to 280°C. He is presented mixture condensed phosphates and polyphosphoric acids with $2 \leq n \leq 7$. The condensed phosphates with $n = 3-8$ are X-ray amorphous.

At heating of $\text{Co}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ to 310°C anionic composition of products of thermolysis is simplified. The finish products of dehydration is identified as cyclotetraphosphate of composition $(\text{Co}_{0.5}\text{Mg}_{0.5})_2\text{P}_4\text{O}_{12}$. Crystallization of him closes at 340°C.

Thus, the sequence of thermal solidphase transformations accompanying thermolysis of $\text{Co}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ was established. The composition of products of his dehydration is identified; the temperature intervals of their formation and thermal stability are concretized.

It is shown, that formation the final product of the thermolysis of the composition $(\text{Co}_{0.5}\text{Mg}_{0.5})_2\text{P}_4\text{O}_{12}$ (monoclinic system, sp. gr. $C2/c$, $Z = 4$; $a = 1.2084$, $b = 0.8471$, $c = 1.0171$ nm; $\beta = 119.29^\circ$) is realized on two directions. The first direction provides thermal dehydration of the protonated condensed phosphates (up to 65%). According to the second direction, up to 35% of $(\text{Co}_{0.5}\text{Mg}_{0.5})_2\text{P}_4\text{O}_{12}$ is formed as a result solidphase interactions of intermediate products of thermolysis. The general scheme of thermal solidphase transformations of $\text{Co}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ was proposed.

Changing the value of x in the range $0 < x < 1.0$ has almost no effect on their composition. When increasing the percentage of magnesium, the temperature ranges of polymeric products formation shift by 10–15°C to higher temperatures.

References

1. Acton A. Q. Phosphates – advances in research and application. Atlanta, Georgia : Scholarly Editions, 2013. 374 p.
2. Antraptseva N.M., Solod N.V. Solid solutions and double phosphates of bivalent metals. – K : Center of polygraphy KOMPRINT, 2018. 342 p.

РОЗРОБКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ БІНАРНИХ ПОЛІМЕРНИХ ФОСФАТІВ ДВОВАЛЕНТНИХ МЕТАЛІВ

В останні роки у всьому світі і, зокрема, в Україні відчуваються труднощі з енергетичним забезпеченням. Хімічна промисловість – це багатотоннажна енергоємна галузь промисловості, продукція якої налічує мільйони тон. Тому розробка і вдосконалення енергозберігаючих технологій є дуже актуальною.

Полімерні фосфати двовалентних металів одержують шляхом високотемпературної (1000–1300°C і більше) гетерогенної взаємодії оксидів, гідроксидів, солей з фосфатами лужних, лужно-земельних металів чи амонію. Такі технології є досить енергоємними.

Відомі інші, значно менш енергоємні способи одержання полімерних фосфатів, що передбачають відносно низькотемпературну обробку гідратованих солей. Для індивідуальних фосфатів цей процес досить повно вивчений [1]. Відомостей про умови одержання бінарних полімерних фосфатів, що містять у своєму складі одночасно два різних двовалентні метали, в літературі недостатньо.

Мета даної роботи – розробити енергозберігаючу технологію бінарних полімерних фосфатів двовалентних металів із принципово відмінною будовою аніона (лінійною та циклічною) за мінімальних енерговитрат.

В основу розробки технології покладені процеси зневоднення за низьких температур гідратованих бінарних середніх, гідроген- і дигідрогенфосфатів.

В якості об'єктів дослідження використовували три групи гідратованих бінарних фосфатів різної протонізації із загальними формулами:

- середні – $M^{II}_{3-x}M^{II}_x(PO_4)_2 \cdot nH_2O$ ($M^{II}=Mg, Mn, Co, Zn$);
- гідрогенфосфати – $M^{II}_{1-x}M^{II}_xHPO_4 \cdot nH_2O$;
- дигідрогенфосфати – $M^{II}_{1-x}M^{II}_x(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$.

Одержували вищезазначені монофосфати осадженням з водних розчинів солей, що містять одночасно два катіони (середні фосфати), або взаємодією механічної суміші відповідних гідрокарбонатів з розчином фосфатної кислоти за фіксованих значень рН (гідрогенфосфати) чи з надлишком кислоти (дигідрогенфосфати) [2].

Зневоднення кристалогідратів вивчали в умовах динамічного і квазіізотермічного режимів нагрівання (деріватограф Q-1500 D). Послідовність термічних перетворень визначали, аналізуючи склад частково і повністю зневоднених фосфатів, отриманих за температур, що відповідають тепловим ефектам на кривих диференціально-термічного аналізу. Для ідентифікації частково і повністю зневоднених фосфатів використовували комплекс фізико-хімічних методів досліджень: хімічний, рентгенофазовий (ДРОН-3М,

з'єднаний з обчислювальним комплексом на базі ЕОМ типу IBM PC/AT 486, Fe K_{α} , Cu K_{α} , внутрішній стандарт NaCl), ІЧ-спектроскопію (Specord-75IR, Perkin-Elmer), роздільну кількісну хроматографію на папері.

Як показали результати комплексного дослідження, продукти часткового і повного зневоднення цих трьох груп гідратованих фосфатів відрізняються різноманітністю складу і властивостей.

Зневоднення бінарних середніх фосфатів відбувається за відносно простою схемою. Вона передбачає реалізацію двох механізмів видалення води: ступінчасте видалення води з утворенням безводного монофосфату (він реалізується на 85-90%) і процеси аніонної конденсації (10-15%), що відбуваються з утворенням полімерних фосфатів двовалентних металів складу $(M^{II}_{1-x}M^{II}_x)_{(n+2)/2}P_nO_{3n+1}$ ($n=2-3$; $M^{II}=Mg, Mn, Co, Zn$).

Дослідження фосфатів, що утворюються на кожній стадії зневоднення дигідрофосфатів $M^{II}_{1-x}M^{II}_x(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ ($M^{II}=Mg, Mn, Co, Zn$), показали, що основною особливістю їх термообробки є підвищена (у порівнянні з гідроген- і, особливо, середніми фосфатами) здатність до внутрішньомолекулярного гідролізу. Внаслідок цього процесу в продуктах часткового зневоднення бінарних дигідрофосфатів відбувається виділення вільних фосфатних кислот, що беруть участь в утворенні полімерних фосфатів. Це значно ускладнює фізико-хімічні процеси, що супроводжують утворення кінцевого повністю зневодненого полімерного фосфату. Характерною рисою цієї стадії зневоднення є реалізація процесів аніонної конденсації як у складі сольового компонента частково зневоднених фосфатів, так і у складі кислотної складової. Результатом їх є утворення полі- і метафосфатних аніонів із ступінню поліконденсації монофосфатного аніона $n = 2 \div 6$.

Аніонна конденсація сольового компонента відбувається повніше (n досягає значення 9) і супроводжується значними структурними перебудовами, включаючи повну аморфізацію проміжних продуктів і формування нових кристалічних фаз – ди- і циклотетрафосфатів (табл. 1).

Утворення кінцевого продукту термообробки – безводних бінарних циклотетрафосфатів складу $(M^{II}_{1-x}M^{II}_x)_2P_4O_{12}$ ($M^{II}=Mg, Mn, Co, Zn$) – реалізується за двома напрямкам процесу. Перший з них передбачає дегідратацію протонованих низкомолекулярних конденсованих фосфатів. Другий – взаємодію вільних поліфосфатних кислот із середніми конденсованими фосфатами. Кількісні співвідношення напрямів процесу визначаються природою катіона. Зі збільшенням у складі твердих розчинів вмісту мангану, кобальту або цинку кількість фосфатних кислот, що виділяються, збільшується. Зростає (до 20-25%) частка їх участі в процесі утворення безводних циклотетрафосфатів (другий напрямок).

Температурні режими одержання продуктів випалювання залежать від природи катіона і мінімальні для цинквмісних полімерних фосфатів і циклотетрафосфатів.

Таблиця 1. Умови одержання та характеристика продуктів випалювання $\text{Mg}_{0,50}\text{Zn}_{0,50}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (динамічний нагрів)

Темпе- ратура, °C	Вміст у поліфосфатах					
	загальний, % мас.			Ступінь полікон- денсації, (n^*)	P ₂ O ₅ % відн. у вигляді	
	P ₂ O ₅	MgO	ZnO		водо- розчинної	цитратно- розчинної
25	51,96	7,93	13,78	1	100,00	100,00
110	57,20	8,03	15,96	1	100,00	100,00
150	58,89	8,12	16,78	1	98,42	100,00
185	59,34	8,44	17,03	2	95,61	100,00
215	60,21	8,91	17,54	6	88,74	96,21
240	64,68	9,12	18,43	9	79,13	94,08
340	66,66	9,60	19,03	9	68,46	83,31
450	70,00	9,94	20,06	-	19,02	41,16

n^* - кількість атомів фосфору в ланцюзі поліфосфату.

Зокрема, на прикладі $\text{Mg}_{1-x}\text{M}^{\text{II}}_x(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($\text{M}^{\text{II}} = \text{Mn}, \text{Co}, \text{Zn}$) встановлено, що нагрівання водорозчинних дигідрофосфатів до 160-190°C (залежно від катіона) не призводить до конденсації монофосфатного аніону.

Подальше підвищення температури до 200-290°C супроводжується утворенням поліфосфатів загальної формули $(\text{M}^{\text{II}}_{1-x}\text{M}^{\text{II}}_x)_{(n+2)/2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$ з лінійною будовою аніону. Ступінь поліконденсації фосфатного аніона (n) залежно від температури випалювання та катіонного складу вихідного фосфату і змінюється від 2 до 9. При нагріванні, наприклад, подвійного фосфату складу $\text{Mg}_{0,5}\text{Zn}_{0,5}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ до 215°C утворюються лінійні поліфосфати, що містять в ланцюзі до шести атомів фосфору. При підвищенні температури випалювання до 240°C значення n збільшується до дев'яти.

Випалювання дигідрофосфатів в інтервалі 330-370°C призводить до утворення конденсованих фосфатів складу $(\text{M}^{\text{II}}_{1-x}\text{M}^{\text{II}}_x)_2\text{P}_4\text{O}_{12}$ ($n=4$) з принципово відмінною будовою аніона – циклічною.

Таким чином, визначено оптимальні умови випалювання дигідрогенфосфатів, які забезпечують реалізацію енергозберігаючої технології бінарних полімерних фосфатів двовалентних металів.

Література

1. Acton A.Q. Phosphates – advances in research and application. – Atlanta, Georgia. 2013. 374 p.
2. Антрапцева Н.М., Солод Н.В. Тверді розчини та подвійні фосфатів двовалентних металів: монографія. К : ТОВ "Центр поліграфії "КОМПРИНТ", 2018. 443 с.

РОЗРОБКА ЕМУЛЬСІЙ НА ОСНОВІ ГЛИБОКО ЕВТЕКТИЧНИХ РОЗЧИННИКІВ З ДОДАВАННЯМ АКТИВНИХ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ІНГРЕДІЄНТІВ У КОСМЕТИЧНІЙ ГАЛУЗІ

Зелена технологія зменшує використання небезпечних середовищ, пропонуючи нові екологічно прийнятні методи розчинення шляхом контролю фізичних властивостей середовищ і розробки нових екологічно чистих розчинників. Останнім часом, з метою розробки екологічно чистих розчинників, іонним рідинам приділяють все більшу увагу, оскільки вони мають незначний тиск пари і можуть бути адаптовані щодо полярності та селективності для різних застосувань. Іншим типом розчинника з фізичними властивостями та фазовою поведінкою, подібними до ІР, є глибокі евтектичні розчинники (DES) [1]. Ці розчинники являють собою суміші сполук, які мають набагато нижчу температуру плавлення, ніж будь-який з його окремих компонентів, головним чином через утворення міжмолекулярних водневих зв'язків.

Фізико-хімічні характеристики DES залежать від природи акцепторів і донорів водневих зв'язків, які утворюють евтектичні суміші. Тому їх фізико-хімічні характеристики можна регулювати, змінюючи їх молярне співвідношення та розмір аніонів [2,4]. Отже, фізико-хімічні властивості DES відіграють великий вплив на галузь використання. Тому дослідження поведінки зміни фізико-хімічних властивостей DES в залежності від їх складу є актуальним для правильного підбору складових.

Сучасна косметична індустрія активно шукає екологічні та безпечні альтернативи традиційним компонентам, що забезпечують стабільність і ефективність емульсійних систем. Одним із перспективних напрямів є використання глибоко евтектичних розчинників (DES), зокрема їх природних аналогів (NaDES), які відповідають принципам «зеленої хімії» [3].

Завдяки унікальним фізико-хімічним властивостям, DES здатні розчиняти широкий спектр біоактивних речовин, підвищувати їх біодоступність та забезпечувати стабільність емульсій без застосування синтетичних ПАР. Це відкриває нові можливості для створення косметичних засобів із покращеними сенсорними характеристиками, високою ефективністю. Враховуючи зростаючий попит на натуральні та стійкі формуляції, дослідження емульсій на основі DES є надзвичайно актуальним для розвитку інноваційних технологій у косметичній сфері.

Метою роботи є розробка стабільної косметичної емульсії – крем із використанням глибоко евтектичних розчинників (DES) як середовища для підвищення розчинності саліцилової кислоти та забезпечення її ефективного

включення у формуляцію. Досягнення цієї мети передбачає оптимізацію складу DES, оцінку розчинності активного компонента та створення емульсійної системи з високими сенсорними характеристиками та біодоступністю.

У роботі застосовували дві композиції DES, що містили хлорид холіну як акцептор водневого зв'язку (HBA) та суміш донорів водневого зв'язку (HBD):

- DES-1: хлорид холіну : сечовина : L-аргінін у молярному співвідношенні 1:2:1.
- DES-2: хлорид холіну : ксиліт : L-аргінін у молярному співвідношенні 1:2:1.

Обидві системи (Рис.1) були обрані завдяки їх біосумісності, низькій токсичності та здатності ефективно розчиняти саліцилову кислоту, що є ключовим для створення стабільної косметичної емульсії.

Abbreviation	HBA	Structural formula	HBD	Structural formula	Composition (HBA:HBD)
DES-1	Choline Chloride		Urea		1:2:1
			L-Arginine		
DES-2	Choline Chloride		Xylitol		1:2:1
			L-Arginine		

Рисунок 1. Обрані глибоко евтектичні розчинники

Розчинність саліцилової кислоти в системах на основі глибоко евтектичних розчинників (DES) визначали спектрофотометричним методом [5]. Для цього готували серію розчинів із різною концентрацією активної речовини у вибраних DES-композиціях. Після досягнення рівноважного стану (24 години при контрольованій температурі) зразки центрифугували для видалення нерозчиненого залишку. Оптичну густину супернатанту вимірювали на УФ-спектрофотометрі при довжині хвилі 296 нм, що відповідає максимуму поглинання саліцилової кислоти. За отриманими значеннями будували калібрувальну криву та розраховували концентрацію розчиненої речовини. Це дозволило оцінити ефективність DES як розчинника та обрати оптимальну систему для подальшого створення емульсії типу «крем».

Спектрофотометричний аналіз показав, що використання глибоко евтектичних розчинників (DES) суттєво підвищує розчинність саліцилової кислоти порівняно з водним середовищем (рис.2). Найвищі значення поглинання при довжині хвилі 296 нм спостерігалися для систем TDES-1 та TDES-2 із додаванням 50% води після 24 годин витримки, що свідчить про максимальне насичення розчину активною речовиною. При цьому TDES-1 (хлорид холіну–сечовина–L-аргінін) продемонстрував дещо кращу розчинювальну здатність, ніж TDES-2 (хлорид холіну–ксиліт–L-аргінін). Збільшення часу контакту від 3 до 24 годин також позитивно впливало на розчинність, тоді як чиста вода забезпечувала мінімальні показники поглинання, підтверджуючи її низьку ефективність як розчинника для саліцилової кислоти. Таким чином, DES у комбінації з водою є перспективним середовищем для введення саліцилової кислоти в косметичні емульсії.

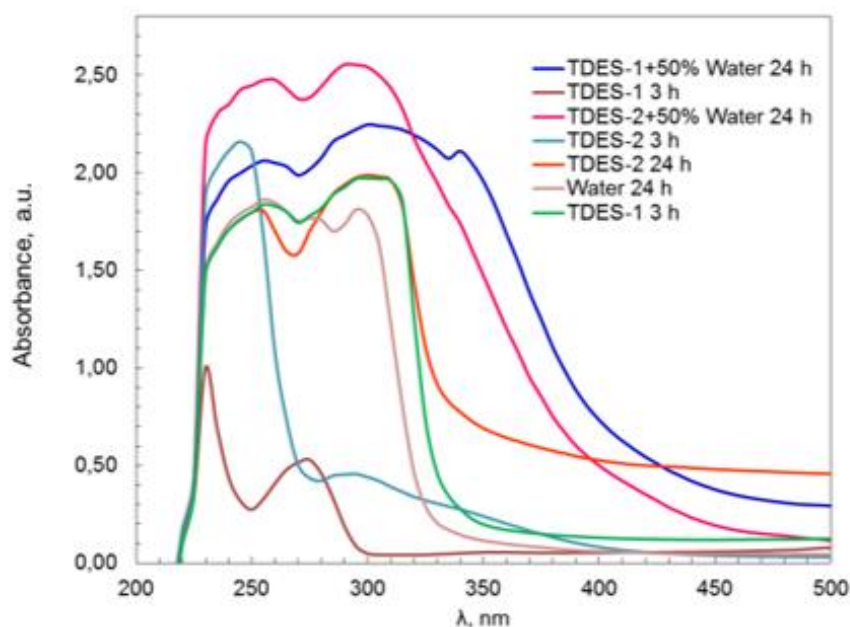


Рисунок 2. Розчинність саліцилової кислоти

Отримані емульсії на основі DES продемонстрували високу фізичну стабільність протягом періоду спостереження. Візуальний контроль та реологічні вимірювання показали відсутність розшарування, осадження або значних змін в'язкості. Використання DES сприяло утворенню дрібнодисперсної структури, що забезпечує однорідність системи та стійкість до коалесценції. Особливо ефективними виявилися композиції з додаванням 50% води, які не лише підвищували розчинність саліцилової кислоти, але й покращували текстуру крему, роблячи її більш легкою та приємною для нанесення. Таким чином, DES виконують подвійну роль — як розчинник активних компонентів і як стабілізатор емульсійної системи, що є важливим для розробки інноваційних косметичних продуктів.

Література

1. El Abedin, S. Zein, et al. "Ionic liquids as green electrolytes for the electrodeposition of nanomaterials." *Green Chemistry* 9.6 (2007): 549-553.
2. Y. Liu, J.B. Friesen, J.B. McAlpine, D.C. Lankin, S.N. Chen, G.F. Pauli, Natural Deep Eutectic Solvents: Properties, Applications, and Perspectives, *J. Nat. Prod.* 81 (2018) 679–690.
3. Y.P. Mbous, M. Hayyan, A. Hayyan, W.F. Wong, M.A. Hashim, C.Y. Looi, Applications of deep eutectic solvents in biotechnology and bioengineering- Promises and challenges, *Biotechnol. Adv.* 35 (2017) 105–134.
4. Omar, K. A., & Sadeghi, R. (2021). Novel deep eutectic solvents based on pyrogallol: synthesis and characterizations. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 66(5), 2088-2095.
5. Gereniu, C. R. N., Saravana, P. S., & Chun, B. S. (2018). Recovery of carrageenan from Solomon Islands red seaweed using ionic liquid-assisted subcritical water extraction. *Separation and Purification Technology*, 196, 309–317. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.06.055>.

УДК 549.73:544.7

OMELCHUK A.O., KYCHKYRUK O.Y., ANICHKINA O.V.
Zhytomyr Ivan Franko State University

NEW MINERAL–ORGANIC COMPOSITES BASED ON ALUMINOSILICATE MINERALS FROM UKRAINE WITH SURFACE- IMMOBILIZED POLYMER MATERIALS

The current environmental situation in Ukraine is characterized by a rapid increase in the level of surface and groundwater pollution, largely resulting from the consequences of military actions, intensive industrial activity, and the disturbance of natural ecosystems. A large number of toxic compounds enter the aquatic environment, among which heavy metal ions are particularly dangerous. Their presence is a serious threat to the environment and human health, since these elements are capable of bioaccumulation and can cause chronic intoxication even at low concentrations.

Various technologies are currently used to remove heavy metals from industrial and domestic wastewater, including ion exchange, membrane filtration, and electrochemical methods. However, adsorption has advantages over these methods due to its high efficiency, environmental safety, and simplicity of implementation.

In accordance with the principles of “Green Chemistry”, one of the current areas of modern research is the development of effective, environmentally safe, and renewable sorbents designed to replace traditional synthetic sorbents. A promising solution in this context is the use of natural aluminosilicate minerals – saponite,

bentonite, vermiculite, and zeolites. These compounds have a highly developed specific surface area, layered structure, significant cation exchange capacity, and resistance to aggressive environments, which ensures their effectiveness in the processes of purifying water from inorganic contaminants.

At the same time, natural minerals in their original state often demonstrate insufficient sorption activity because of the limited number of reactive centers on their surface. In order to increase their effectiveness, surface modification is carried out, in particular, immobilization of polymers containing amino-, nitro-, azo-, or quinoline fragments in the main chain. This modification promotes the formation of functional groups on the surface of the sorbent that can act as ligands, ensuring effective binding of metal ions in complexation processes. As a result, natural aluminosilicates are transformed into hybrid sorbents that combine the structural stability of an inorganic matrix with the high reactivity of a polymer component [1-2].

The study is devoted to a comprehensive investigation of the physicochemical and sorption properties of natural aluminosilicate minerals after immobilization on their surface polymeric materials, oxyquinoline derivatives.

Composites were obtained based on natural aluminosilicate minerals – saponite (Sap), vermiculite (Ver), bentonite (Bent) using two methods of fixing the organic carrier – immobilization *in situ* and adsorption of the previously synthesized copolymer oxyquinoline derivatives and methyl methacrylate in a molar ratio of 1:3, respectively. The structural and morphological characteristics of the synthesized materials were studied using low-temperature nitrogen adsorption-desorption, thermogravimetric analysis, infrared spectroscopy, and mass spectrometry. It was found that after modification, the specific surface area of composites decreased by 4-16 times, the average pore volume decreased by 2.5-5.7 times, and the average pore diameter increased by 1.4-3.2 times compared to the original minerals. SEM analysis showed that the polymer immobilized by the *in situ* method forms directly in the pores of the mineral, partially filling them, while the copolymer fixed by adsorption evenly covers the surface with a thin layer, which helps to reduce porosity and form a more homogeneous surface structure.

A comparative analysis of the sorption properties of the synthesized hybrid materials towards Cu^{2+} , Cd^{2+} , Fe^{3+} and Pb^{2+} ions showed that the adsorption efficiency significantly depends on the modification method. It has been established that composites obtained by copolymer adsorption are characterized by higher sorption activity compared to materials synthesized by the *in situ* immobilization method, which can be attributed to the higher polymer content on the surface and the more favorable spatial arrangement of functional groups capable of complex formation. The highest sorption capacity for Cd^{2+} and Pb^{2+} ions was found in the composite based on bentonite (*in situ*). The saponite-based composite (*in situ*) showed similar effectiveness to bentonite in terms of Pb^{2+} , doubling its extraction capacity after modification. The best results for Cu^{2+} sorption were observed in the composites based on saponite (*adsorb*) and vermiculite (*adsorb*), whereas vermiculite

(*adsorb*) showed a 4-fold increase in sorption capacity relative to Fe^{3+} after modification.

References:

1. Sorption properties for ions of toxic metals of Carpathian clinoptilolite (Ukraine), in situ modified by poly[N-carboxyphenyl)methacrylamide / E. Yanovska et al. *New Materials, Compounds and Applications*. 2017. Vol. 1, No. 1. P. 45–53. URL: <https://eprints.zu.edu.ua/26189/1/Yanovska.pdf>.
2. Sorption properties of saponite with respect to toxic metal ions, in situ modified poly[n-(4-carboxyphenyl)methacrylamide] / E. Yanovska and others. *Ukrainian Chemical Journal*. 2018. Vol. 84, № 2. P. 67–72. URL: <http://eprints.zu.edu.ua/26945/1/Kychkyruk.pdf>.

УДК 544.1+547:544/.43

ПОНОМАРЬОВ М.Є., ЗАБУДСЬКА С.В., КАМЕНСЬКА Т.А.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

КІНЕТИЧНІ ПАРАМЕТРИ СПЕЦІАЛЬНОГО СОЛЬОВОГО ЕФЕКТУ LiBr В РЕАКЦІЇ ДЕГІДРОБРОМУВАННЯ 7α -БРОМОХОЛЕСТЕРИЛ БЕНЗОАТУ В γ -БУТИРОЛАКТОНІ

Добавки солей відчутно змінюють швидкість реакцій, виступаючи каталізаторами та інгібіторами процесів. Вони впливають на стереохімічні результати реакцій та змінюють напрямки атаки реагентів, зокрема у циклізаціях.

Хоча сольові ефекти проявляються у багатьох типах реакцій, найяскравіше вони проявляються у реакціях мономолекулярного гетеролізу – заміщенні та елімінуванні ($\text{S}_{\text{N}}1$ та $\text{E}1$), адже саме у цих реакціях утворюються дуже полярні перехідні стани, вони перебігають через цілий ряд іон-парних інтермедіатів, що чутливі до дії часток солей.

Сольові ефекти в реакції дегідробромовання 7α -бромохолестерил бензоату були детально досліджені в 4 розчинниках – γ -бутиролактоні, нітробензені, о-ксилолі [1] та в тетрагідрофурані [2]. Було встановлено [1], що в γ -бутиролактоні в присутності добавок броміду літію виникає спеціальний сольовий ефект – за малих концентрацій солі (до $0,002 \text{ моль/дм}^3$) швидкість реакції різко зростає в 1.38 разу, подальше збільшення концентрації солі вже не впливає на швидкість реакції. Спеціальними дослідженнями доведено [1], що цей сольовий ефект викликано дією іонної пари солі LiBr , адже добавки інших солей, що містять катіон літію Li^+ або аніон броміду Br^- , не впливають на швидкість реакції. Раніше [3] на основі математичного моделювання спеціального сольового ефекту було зроблене припущення, що спеціальний

сольовий ефект є результатом каталітичної дії часток солі на контактну іонну пару субстрату. В роботі [2] показано, що в тетрагідрофурані спеціальний сольовий ефект солі Bu_4NBr виникає при дії аніона броміду Br^- , було доведено його каталітичну природу. Дослідження температурних залежностей швидкостей реакції у відсутність солей та в присутності добавок Bu_4NBr і визначення кінетичних параметрів реакції показало, що добавки солі пришвидшують реакцію не за рахунок зниження ентальпії активації $\Delta H^\ddagger$, а за рахунок різкого збільшення ентропії активації $\Delta S^\ddagger$.

Ми вирішили дослідити температурні залежності швидкостей реакції і визначити кінетичні параметри реакції для спеціального сольового ефекту, викликаного іонною парою солі. Кінетичні досліди проводили вердазильним методом в термостатованій кюветі спектрофотометра СФ-26 за 5 температур в діапазоні від 15 до 34°C, умови і результати кінетичних дослідів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Умови і результати кінетичних дослідів.

№	T, K	$C_{\text{RBr}} \cdot 10^3$, моль/дм ³	$C_{\text{LiBr}} \cdot 10^3$, моль/дм ³	$k \cdot 10^5$, с ⁻¹	$k_{\text{сер}} \cdot 10^5$, с ⁻¹
1	298,0	1,683	-	4,05	4,10
2	298,0	1,494	-	4,12	
3	298,0	1,424	-	4,15	
4	298,0	1,416	-	4,09	
5	298,0	1,283	12,7	5,40	
6	298,0	1,273	6,35	5,38	
7	298,0	1,739	3,18	5,43	
8	298,0	1,321	1,588	5,06	
9	288,0	2,415	-	1,66	
10	288,0	2,091	12,7	1,90	
11	293,0	2,500	-	2,63	
12	293,0	2,802	12,7	3,34	
13	303,0	1,083	-	6,60	
14	303,0	0,998	12,7	9,95	
15	307,0	1,026	-	8,52	
16	307,0	0,874	12,7	13,54	

Визначені нами константи швидкості реакції дегідробромовування 7 α -бромохолестерил бензоату в γ -бутиролактоні за температури 25 °C ($k_{0\text{сер}} = 4,1 \cdot 10^{-5}$ с⁻¹) приблизно на чверть нижчі, ніж в роботі [1] ($k_0 = 5,5 \cdot 10^{-5}$ с⁻¹), що пояснюється більш ретельною осушкою розчинника в нашому випадку. Амплітуда сольового ефекту k_{max}/k_0 за температури 25 °C в нашому випадку склала $5,40 \cdot 10^{-5} / 4,10 \cdot 10^{-5} = 1,32$, що дуже близько до виміряної в роботі [1] амплітуди ефекту 1,38. Як і в роботі [1], залежність швидкості реакції від

концентрації солі являє собою криву насичення, швидкість реакції практично не змінюється в діапазоні концентрацій солі від $3,18 \cdot 10^{-3}$ до $12,7 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³.

Досліди 9 – 16 проведені за чотирьох різних температур як у відсутність солі (досліди 9, 11, 13, 15), так і вприсутності максимальної ($12,7 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³) концентрації солі LiBr (досліди 10, 12, 14, 16). Побудовані залежності $\lg(k/T) - 1/T$ для дослідів без солі і у присутності солі LiBr показали відмінні лінійні регресії з коефіцієнтами кореляції 0,996 – 0,995. З регресій за рівнянням Ейрінга, послуговуючись методикою, наведеною в [4], були розраховані кінетичні параметри реакції як у відсутність солі, так і в присутності $12,7 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³ LiBr. Вихідні дані для розрахунків кінетичних параметрів реакції наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Дані для розрахунку кінетичних параметрів реакції дегідробромовання 7 α -Br холестерил бензоату в γ -бутиролактоні

№	T, K	1/T · 10 ³ , K ⁻¹	Без солі		C _{LiBr} = 1,27 · 10 ⁻² моль/дм ³	
			k · 10 ⁵ , c ⁻¹	-lg(k/T)	k · 10 ⁵ , c ⁻¹	-lg(k/T)
1	288,0	3,472	1,66	7,239	1,90	7,181
2	293,0	3,413	2,63	7,047	3,34	6,943
3	298,0	3,356	4,10	6,861	5,40	6,742
4	303,0	3,300	6,60	6,662	9,95	6,484
5	307,0	3,257	8,52	6,557	13,54	6,356

Таблиця 3. Кінетичні параметри дегідробромовання 7 α -Br холестерил бензоату в γ -бутиролактоні

	Ентальпія активації $\Delta H^\ddagger$, кДж/моль	Ентропія активації $\Delta S^\ddagger$, Дж/(моль · К)
Без солі	61,6 ± 1.2	-122,1 ± 3.1
C _{LiBr} = 1,27 · 10 ⁻² моль/дм ³	73,2 ± 1.2	-81,0 ± 3.2

Отриманий результат є парадоксальним: ми звикли до того, що підвищення швидкості в результаті дії каталізатора (в даному випадку – солі LiBr) відбувається завдяки зниженню ентальпії активації реакції. В даному разі введення солі підвищує ентальпію активації реакції, а каталітична дія відбувається шляхом сильного підвищення ентропії активації реакції $\Delta S^\ddagger$. Такий результат є проявом нового типу каталізу.

Література

1. Пономарев Н. Е., Дворко Г. Ф. Кинетика и механизм мономолекулярного гетеролиза промышленных галогенорганических соединений. 13. Природа солевых эффектов при дегидробромировании бензоата 7 α -бромхолестерина в γ -бутиролактоне, нитробензоле и о-ксилоле. Журнал общей химии. 1991. Т.61, Вып. 2. С.428-441.

2. Пономарьов М.Є., Корольчук В.В., Каменська Т.А. Температурні залежності сольових ефектів при дегідробромуванні 7 α -бромохолестерол бензоату в тетрагідрофурані у присутності добавок тетрабутиламоній броміду. II Міжнародна наукова конференція «Теоретичні та експериментальні аспекти сучасної хімії та матеріалів ТАСХ-2023»: тези доп., м. Дніпро, 20 трав. 2023 р./ Середняк Т.К. Дніпро. 2023. С. 163-166.

3. Dvorko G.F., Ponomareva E.A., Ponomarev M.E., Stambirsky M.V. Nature of salt effects and mechanism of covalent bond heterolysis. Progress in Reaction Kinetics and Mechanism. 2007. V.32, N2. P.73-118. doi: 10.3184/146867807X227471

4. Gordon A.J., Ford R.A. The Chemist's Companion. New York – London – Sydney – Toronto, John Wiley & Sons, 1972. 541 p.

УДК 544.1+547:544/.43

ПОНОМАРЬОВ М.Є., ЗАБУДСЬКА С.В., КАМЕНСЬКА Т.А.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ВКЛАДІВ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОЗЧИННИКІВ У ПРИСКОРЕННЯ РЕАКЦІЙ МОНОМОЛЕКУЛЯРНОГО ГЕТЕРОЛІЗУ

Кількісна оцінка впливу різноманітних чинників (структура реагентів, природа замісників, природа середовища, температура та ін.) є однією з головних задач фізичної органічної хімії. Вплив природи розчинника на перебіг органічних реакцій є надзвичайно потужним, особливо для реакцій мономолекулярного гетеролізу (мономолекулярний сольволіз, реакції за механізмами E1, S_N1). Різні властивості розчинників – полярність, поляризованість, густина енергії когезії, нуклеофільність та електрофільність розчинника – мають різний вплив не тільки на різні реакції чи реакційні серії, але і в межах однієї реакції вклад різних властивостей розчинника у прискорення (чи сповільнення) реакції може суттєво змінюватись залежно від природи розчинника.

Для кількісної оцінки впливу параметрів розчинника на швидкість реакцій застосовують рівняння лінійності вільних енергій (ЛВЕ). Найбільш коректними є оцінки, виконані з допомогою багатопараметрового рівняння ЛВЕ Коппеля – Пальма (1), адже це рівняння містить найбільш вичерпний набір параметрів розчинника, що можуть впливати на швидкість реакцій – параметри полярності $f(\epsilon)$, поляризованості $f(n)$, основності (нуклеофільності) B та електрофільності E :

$$\log k = a_0 + a_1 \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 1} + a_2 \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} + a_3 B + a_4 E \quad (1)$$

В рівнянні Коппеля – Пальма ε – діелектрична стала розчинника, n – показник заломлення розчинника, часто до рівняння Коппеля – Пальма додають параметр густини енергії когезії δ^2 .

Раніше для оцінки відносного вкладу параметрів розчинника у загальну швидкість процесу використовували коефіцієнти парної кореляції – вважалось, що чим більший парний коефіцієнт кореляції, тим тісніший зв'язок між швидкістю процесу і властивістю, тим більший вплив даної властивості на хід процесу. Такий підхід не дозволяє визначити, як відносяться між собою вклади різних параметрів в різних розчинниках з різним набором величин цих параметрів.

Запропонований в даній доповіді новий підхід до проблеми оцінки відносного вкладу параметрів у загальну швидкість процесу є вільним від цих хиб. Однак, він також має певні обмеження – він добре працює лише для кореляційних рівнянь, де коректно встановлено набір значимих параметрів і відсіяні незначимі параметри.

Якщо всі значимі для процесу параметри розчинника пришвидшують реакцію, то можна адекватно оцінити відносний вклад кожного параметра для кожного з використаних розчинників за простою формулою (2):

$$W(Y_i) = \frac{a_i \cdot Y_i}{\sum_i (a_i \cdot Y_i)} \cdot 100\% \quad (2)$$

Для перевірки дієвості запропонованого методу оцінки вкладу параметрів розчинника у вплив на швидкість реакцій доцільно вибрати реакції мономолекулярного гетеролізу. По-перше, ці реакції надзвичайно чутливі до впливу природи розчинників, по-друге саме для них є багато даних щодо кореляцій в літературних джерелах. Для оцінки вкладу параметрів розчинника у вплив на швидкість реакцій нами було обрано 7 реакцій: дегідрохлорування трет-бутилхлориду, 3-хлоро-3-метилбут-1-ену [1], кумілхлориду [2], 1-хлоро-1-фенілетану [3], дегідробромовання 3-бromoциклогексену [4] і 7 α -бромохолестерил бензоату [4] та мономолекулярне заміщення S_N1 в дифенілбромометані [5]. З широких наборів розчинників (до 30 і більше) різної природи було обрано 12 розчинників - 3 протонних (метанол, трет-бутанол, циклогексанол) та 9 апротонних (ацетонітрил, пропіленкарбонат, диметилформамід, ацетон, нітробензен, хлороформ, етилацетат, бензен та циклогексан), які охоплювали собою все різноманіття поєднань властивостей розчинників.

Проведений аналіз результатів обчислень для 8 кореляційних рівнянь (для 7 α -бромохолестерил бензоату використані як кореляція для всього набору розчинників, так і окремо для 26 апротонних розчинників) привів до таких висновків:

1. Реакції мономолекулярного гетеролізу у всіх розглянутих випадках для всіх субстратів суттєво пришвидшуються полярністю та електрофільністю розчинника. Іноді у прискоренні реакцій суттєву роль відіграють і інші властивості розчинників: поляризованість (для $t\text{-BuCl}$ та для 7α -бромохолестерил бензоату в апротонних розчинниках) та густина енергії когезії для 3-хлоро-3-метилбутену. Нуклеофільність розчинника в жодному випадку не пришвидшує реакцію і взагалі не впливає на швидкості реакцій.

2. Практично у всіх розглянутих розчинниках (виняток – метанол) вирішальну роль в сприянні гетеролізу ковалентного зв'язку має полярність розчинника, а не електрофільність. Єдиним винятком серед розглянутих субстратів виявився 7α -бромохолестерил бензоат – завдяки високій чутливості до електрофільного сприяння гетеролізу для цього субстрату вклад електрофільності сильно переважає вклад параметрів неспецифічної сольватації (полярності розчинника для всього набору 30 розчинників та сумарний вклад полярності і поляризованості для 26 апротонних розчинників).

3. Роль електрофільності помітно вища в протонних розчинниках (40 – 63%), ніж в апротонних (пересічно 20 -30%, але іноді падає до нуля), що свідчить на користь високої ефективності сольватації нуклеофуга Br^- гідроксильними групами спиртів, хоча SH -кислоти хлороформ і ацетонітрил теж дають високий відсоток впливу електрофільності.

4. Диполярні апротонні розчинники (нітробензен, ацетон, диметилформамід) та малополярні, але низькоелектрофільні циклогексан і етилацетат теж дають сильне переважання впливу полярності.

5. Для субстратів, які демонструють відчутну залежність швидкості реакції від поляризованості розчинника $f(n)$ – це трет-бутилхлорид і 7α -бромохолестерил бензоат (в наборі 26 апротонних розчинників), спостерігається помірний вклад поляризованості в прискорення реакцій майже в усіх випадках. Важливий виняток становлять неполярні розчинники – бензен і, особливо, циклогексан. У відсутність впливу електрофільності в циклогексані основною рушійною силою прискорення реакції для дегідробромовання 7α -бромохолестерил бензоату стає вплив поляризованості – він забезпечує більше половини (майже 60%) вкладу в прискорення реакції.

Література

1. Дворко Г.Ф., Зализный В.В., Пономарев Н.Е.. Кинетика и механизм мономолекулярного гетеролиза промышленных галогенорганических соединений. 30. Корреляционный анализ сольватационных эффектов при

гетеролизе трет-бутилхлорида. Журнал общей химии. 2002. Т.72, Вып. 10. С.1644-1651.

2. Дворко Г.Ф., Кулик Н.И., Пономарев Н.Е.. Кинетика и механизм мономолекулярного гетеролиза промышленных галогенорганических соединений. 22. Корреляционный анализ сольватационных эффектов в реакции дегидрохлорирования кумилхлорида. Журнал общей химии. 1995. Т.65, Вып. 6. С.1003-1009.

3. Дворко Г.Ф., Пономарев Н.Е., Пономарева Э.А. Роль нуклеофильной сольватации в реакциях мономолекулярного гетеролиза. Журнал общей химии. 1999. Т.69, Вып. 11. С.1835-1851.

4. Dvorko G.F., Ponomareva E.A., Ponomarev M.E. Role of nucleophilic solvation and the mechanism of covalent bond heterolysis. Journal of Physical Organic Chemistry. 2004. Vol.17, N3. P.825-836. DOI: 10.1002/poc.757

5. Дворко Г.Ф., Пономарева Э.А. Влияние нуклеофильности растворителя на кинетические параметры реакций мономолекулярного гетеролиза промышленных галогенорганических соединений. Механизм гетеролиза ковалентной связи. Журнал общей химии. 2010. Т.80, Вып. 8. С.1304-1314.

УДК 667

КАНІВЕЦЬ І.С., САЛЄБА Л.В.
Херсонський національний технічний університет

ТОКСИКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ФАРБ ДЛЯ ВОЛОССЯ

У зв'язку зі зростанням популярності фарбувати волосся різними групами населення, потребують вирішення технологічні проблеми, такі як: об'єктивна оцінка токсичності та канцерогенності інгредієнтів, відслідковування та контроль віддалених наслідків фарбування.

Формули для фарбування волосся зазвичай поділяються на окислювальні та неокислювальні типи. Домінуюче положення серед хімічних барвників, що використовують для забарвлення волосся, займають окиснювальні (перманентні) барвники, як такі, що надають стійкого кольору та забарвлення сивого волосся. Хімічні барвники мають багатогранний вплив на волосся, змінюючи його морфологію, фізичну структуру та склад білків.

Дослідження Healthy Living, проведені у травні 2024 року, за допомогою Skin Deer® показало, що із 560 розглянутих формул фарб для волосся оцінку «задовільно» стосовно ймовірної безпечності застосування, отримали лише 4% засобів — здебільшого ті, що мають тимчасову дію; 49% і 47% формул фарб вважаються дослідниками відповідно помірно та високонебезпечними. Автори дослідження сходяться на думці, що поточне регулювання фарб для волосся є

недостатнім та неефективним [1]. Важливим аспектом безпеки застосування фарб для волосся є концентрація сполук, що входять до рецептури.

Механізм дії окиснювальних барвників ґрунтується на агресивному лужному механізмі, який розкриває кутикулу та дозволяє напівпродуктам, головним чином *n*-фенілендіаміну (PPD), проникати у кортекс. Фарбування викликає незворотне руйнування кератину. Високий рН фарби та дія окисника приводять до розриву дисульфідних зв'язків, перетворюючи цистин на цистеїнову кислоту. Міцність волосся знижується в результаті нанопшкодження кутикули і зростає шорсткість, пористість та ламкість волосся. Дослідниками [2] виміряно механічні та хімічні зміни у волоссі внаслідок фарбування за допомогою АСМ та ІЧ-спектроскопії з перетворенням Фур'є та встановлено, що пошкодження волосся відбувається пропорційно кількості фарбувань. Отримані результати підкреслюють необхідність врахування впливу методів фарбування волосся як на загальне здоров'я споживачів, так і на структуру і цілісність волосся.

Чисельні дослідження відзначають, що основними збудниками алергічного контактного дерматиту, викликаного фарбою для волосся, є парамолекули, особливо *n*-фенілендіамін (PPD) та його похідні *o*-нітро-*n*-фенілендіамін і *n*-толуендіамін, які є високосенсибілізуючими сполуками. Фарби, що надають забарлення в темні кольори, містять більшу кількість цих речовин. Дослідниками відзначається, що при нормальних умовах фарбування волосся лише 1% використаної дози PPD проникає в шкіру, а 80% перетворюється на моноацетил-PPD та діацетил-PPD під дією *N*-ацетилтрансферази. Інші похідні сполуки зв'язуються з певними амінокислотами та утворюють комплекси, відповідальні за сенсибілізацію. Таким чином, алергенний потенціал PPD та його похідних залишається важливою причиною професійної алергії, особливо у косметологів та перукарів. Крім *n*-фенілендіаміну у складі фарб виділяють такі шкідливі речовини, як: *m*-амінофенол, резорцинол, метилізотіазолінон, імідазолідинілсечовина та DMDM гіддантоїн.

Покращити оцінку безпечності компонентів фарб для волосся ймовірно можна додатково дослідивши їх метаболізм організмом людини та провівши відповідні токсикокінетичні дослідження в умовах, що наближені до реалістичних, що в свою чергу дало б змогу створити повний профіль безпеки (чи небезпеки) конкретної речовини.

Сучасні та нові методи в токсикології дозволять значно покращити оцінку складних сумішей, таких як фарби для волосся, і дозволяють оцінити не лише ризик окремих інгредієнтів, але й комплексний вплив кількох хімічних речовин, присутніх у фарбах для волосся.

Для подолання проблеми токсичності та пошкодження структури волосся, науково-дослідні роботи сфокусовані на двох основних напрямках:

1. Заміна PPD його менш сенсибілізуючими похідними, наприклад, гідроксипропіл-*n*-фенілендіаміном та його дигідрохлоридом, підтверджені

висновками наукового комітету з безпеки споживачів SCCS/1659/23. Вони демонструють ефективність фарбування при значно нижчому потенціалі алергічних реакцій, за умови, що максимальна концентрація на шкірі голови не перевищує 2% [3].

2. Розробка біоміметичних та ензим-каталізованих систем, що імітують природні процеси. Такі системи включають використання ензимів (наприклад, тирозинази) для окислення похідних тирозину, що генерує стійкі кольорові пігменти без потреби в агресивних лужних агентах та класичних алергенних напівпродуктах [4].

Література

1. Friedman A., Hudgins H., Shi L., Hekier A. Dye dangers: Harmful chemicals in hair coloring products and their health concerns (2024). <https://www.ewg.org/research/dye-dangers-harmful-chemicals-hair-coloring-products-and-their-health-concerns>

2. Kwon, S., Lee, S., Jang, J., Lee, J. B., & Kim, K. S. (2024). Quantifying the effects of repeated dyeing: Morphological, mechanical, and chemical changes in human hair fibers. *Heliyon*, 10 (18), e37871. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37871>

3. BeLab Services. (2021). *SCCs Confirms Safety Assesment of a New Hair Dye*. <https://www.belabservices.com/en/post/sccs-confirms-new-safety-assesment-new-hair-dye>

4. Chen, G., Song, T., & Liu, G. (2021). Colorful Pigments for Hair Dyeing Based on Enzymatic Oxidation of Tyrosine Derivatives. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 13(28), 33267–33276. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsami.1c06881>

УДК 546.185:542.91.46'74

ТЕРЕЩЕНКО Ю.О., АНТРАПЦЕВА Н.М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОДЕРЖАННЯ ГІДРАТОВАНИХ ФОСФАТІВ ЦИНКУ-МАГНІЮ (МАНГАНУ)

Для створення нових багатофункціональних матеріалів з конкретним комплексом покращених технічно цінних властивостей використовують сполуки, що містять декілька різних катіонів. До них належать фосфати двовалентних металів, які за хімічною природою можуть бути гідратованими твердими розчинами, що відрізняються різноманітністю складу, будови, властивостей, або подвійними солями.

Відомі, зокрема, дослідження умов синтезу твердого розчину гідратованих середніх фосфатів кобальту-цинку взаємодією гідрокарбонатів з фосфатною кислотою [1]. Однак цей метод не можна визнати технологічно раціональним, оскільки гетерогенна взаємодія потребує жорсткого контролю умов утворення цільового продукту.

Даних стосовно синтезу твердих розчинів гідратованих цинку-магнію (мангану) фосфатів осадженням з водних розчинів в літературі недостатньо. Систематичні дослідження в цьому напрямку не виконувалися.

Мета даної роботи – визначити придатні для розробки технології умови одержання гідратованих фосфатів цинку-магнію (мангану) осадженням з водних розчинів.

Узагальнення наших пошукових досліджень показали, що індивідуальні середні фосфати осаджуються при різних значеннях рН (від 4.9–6.5 для $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ до 7.0–9.0 для $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$). Тому для створення умов спільного осадження катіонів Zn^{2+} і Mg^{2+} (або Mn^{2+}) в якості осаджувача використовували водні розчини фосфатів різної протонізації. Такими осаджувачами обрано розчини $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, Na_2HPO_4 , суміші Na_2HPO_4 і Na_3PO_4 , взяті в різних співвідношеннях, або Na_3PO_4 . Вони дозволяли варіювати рН осадження в широких межах, створюючи, тим самим, умови для осадження фосфатів конкретного аніонного складу.

В якості вихідних реагентів використовували 0.05-0.025 моль/л водні розчини сульфатів і 0.2-0.01 моль/л розчин осаджувача. Співвідношення катіонів у вихідних розчинах варіювали в межах $K = \text{Zn}^{2+}/\text{M}^{2+}$ (мольне) = 50.0-0.11. Співвідношення фосфору та суми катіонів, що осаджуються, становило $n = \text{P}/\sum \text{Zn}^{2+}, \text{M}^{2+} = 0.67$. Температуру осадження 25-75°C.

Хімічним аналізом в складі твердої фази визначали вміст фосфору (ваговий хінолінмолібдатний метод), катіонів (комплексометричне титрування), води. Для ідентифікації фосфатів та їх дослідження застосовували комплекс фізико-хімічних методів аналізу, як описано в [2].

Спільне осадження Zn^{2+} і Mg^{2+} здійснювали при 75°C. Згідно з результатами аналізів твердої фази співвідношення $n_1 = \text{P}/\text{Mg}$ в осадах, отриманих при $K=0$ (осаджувач Na_2HPO_4 або суміш $\text{Na}_2\text{HPO}_4:\text{Na}_3\text{PO}_4 = 1:1$), близьке до розрахункового для гідрогенфосфатів ($n_1=1,0$). На рентгенограмах присутні тільки рефлекси, характерні для $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

На рентгенограмах осадів, отриманих при K ($K = \text{Zn}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$) ≥ 0.67 і $K \geq 1.0$, фіксується лише одна кристалічна фаза зі структурою $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Хімічним аналізом у складі фосфатів визначено наявність одночасно двох катіонів – цинку і магнію. Причому останній присутній в кількостях, що адекватно компенсують нестачу катіона в складі $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Це свідчить про утворення твердого розчину загальної формули $\text{Zn}_{3-x}\text{Mg}_x(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Значення x в ньому змінюється від 0.54 (осаджувач Na_2HPO_4) до 0.7, у разі більш лужного осаджувача – $\text{Na}_2\text{HPO}_4:\text{Na}_3\text{PO}_4 = 1:1$. Область гомогенності

твердого розчину досягає максимально значення, у фосфаті складу $Zn_2Mg(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$, отриманому при pH 8.61 (осаджувач Na_3PO_4).

Фосфати цинку-мангану одержували із використанням осаджувача, який забезпечує лужне середовище – Na_3PO_4 і, відповідно, максимальну ступінь заміщення цинку манганом в структурі цинк фосфату.

Результати комплексного аналізу одержаних фосфатів наведено в таблиці.

Таблиця. Склад фосфатів в системі $ZnSO_4$ – $MnSO_4$ – Na_3PO_4 – H_2O
($n=0,67$; $75^\circ C$; $\tau = 8$ год.)

K=Zn/Mn, мольне	Вміст інгредієнтів, % мас.				Хімічний	Фазовий
	Zn	Mn	P	H ₂ O		
-	$\frac{42,70}{42,61^*}$	-	$\frac{13,59}{13,52}$	$\frac{15,72}{15,70}$	Zn ₃ (PO ₄) ₂ ·4H ₂ O	Zn ₃ (PO ₄) ₂ ·4H ₂ O Твердий розчин Zn ₃ - _x Mn _x (PO ₄) ₂ ·4H ₂ O 0<x≤1.00 (орторомб. сингонія, пр. гр. P _{nma} , Z = 4)
50,00	42,00	0,93	13,62	15,53	Zn _{2,92} Mn _{0,08} (PO ₄) ₂ ·4H ₂ O	
10,00	38,33	3,67	13,57	15,82	Zn _{2,68} Mn _{0,32} (PO ₄) ₂ ·4H ₂ O	
5,00	35,74	5,99	13,66	15,95	Zn _{2,48} Mn _{0,52} (PO ₄) ₂ ·4H ₂ O	
2,00	29,37	11,83	13,85	16,07	Zn _{2,00} Mn _{1,00} (PO ₄) ₂ ·4H ₂ O	
1,75	28,81	12,57	13,89	16,01	Суміш Zn ₂ Mn(PO ₄) ₂ ·4H ₂ O і Mn ₃ (PO ₄) ₂ ·3H ₂ O	Механічна суміш двох фаз структур Zn ₃ (PO ₄) ₂ ·4H ₂ O і Mn ₃ (PO ₄) ₂ ·3H ₂ O
1,00	23,36	17,71	14,06	15,62		
0,10	4,58	35,35	14,75	14,45	Суміш Mn ₃ (PO ₄) ₂ ·3H ₂ O і Zn ₂ Mn(PO ₄) ₂ ·4H ₂ O	
0,005	0,42	39,34	14,96	13,93		

* Розрахункові значення

Ідентифікація фосфатів, одержаних за умов $0.005 \leq K \leq 50.0$, дозволила виділити дві основні області значень K , в яких відбувається утворення середніх фосфатів, що відрізняються фазовим складом. На рентгенограмах фосфатів, що утворюються за умов $2.0 \leq K \leq 50.0$, реєструються дифракційні відображення, набір та інтенсивність яких свідчать про наявність єдиної кристалічної фази структури $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$. Характерний зсув рефлексів вказує на утворення сполуки змінного складу – твердого розчину складу $Zn_{1-x}Mn_x(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$. Визначені за результатами хімічного аналізу значення x змінюються від 0 до 1.00, характеризуючи його області гомогенності. Фосфату, в якому значення x перевищує 1.00, не утворюється.

За умов $0.005 \leq K \leq 2.00$ утворюється гетерофазний осад, що містить дві кристалічні фази. Однією з них є фосфат складу $Zn_2Mn(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ зі структурою $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$, іншою – фосфат структури $Mn_3(PO_4)_2 \cdot 3H_2O$. Рентгенометричні та ІЧ спектроскопічні характеристики останнього повністю відповідають відомим для $Mn_3(PO_4)_2 \cdot 3H_2O$ [3].

Таким чином, спільне осадження катіонів Zn^{2+} і M^{2+} ($M^{2+} = Mg^{2+}$ або Mn^{2+}) з водних розчинів їхніх солей супроводжується утворенням на основі фосфату-матриці – $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ – твердих розчинів заміщення із загальними формулами $Zn_{3-x}Mg_x(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ і $Zn_{3-x}Mn_x(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$. Область гомогенності кожного з них ставить $0 < x \leq 1.00$.

Універсальний осаджувач для одержання твердих розчинів різного катіонного складу відсутній. Кожен з осаджувачів – Na_2HPO_4 , Na_3PO_4 , суміш Na_2HPO_4 і Na_3PO_4 у різних співвідношеннях, або $(NH_4)_2HPO_4$ – має свої переваги і недоліки.

Лужний осаджувач – Na_3PO_4 – розширює області гомогенності гідратованих твердих розчинів, але значно (в 2–3 рази) збільшує тривалість досягнення рівноваги. Розчини $(NH_4)_2HPO_4$, Na_2HPO_4 , суміш Na_2HPO_4 і Na_3PO_4 скорочують тривалість кристалізації, дають можливість більш чітко зафіксувати межі утворення твердих розчинів, але ступінь заміщення катіонів в структурі фосфату-матриці у разі їх використання звужується.

На основі кореляцій, встановлених між умовами осадження і складом твердих розчинів, визначено умови реалізації їх керованого синтезу.

Література

1. Acton A.Q. Phosphates – advances in research and application. Atlanta : Georgia, 2013. 374 p.
2. Antraptseva N. M, Solod N. V., Kravchenko O. O. Features of the synthesis of solid solutions of divalent metal phosphates with a newberyite structure. *Functional materials*. 2021. Vol. 28, No 3. P. 573–579.
3. Nakamoto K. Infrared and Raman spectra of inorganic and coordination compounds, Part B. Applications in coordination, organometallic, and bioinorganic chemistry. John Wiley & Sons, Inc., 2009. 342 p.

УДК 66.061:582.632.2

ФІЛІНСЬКИЙ Д.Г., ЧЕРВАКОВ О.В., ФІЛІНСЬКА А.О.

Український державний університет науки і технологій,
ННІ Український державний хіміко-технологічний університет

ПРОДУКТИ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ПЛОДІВ ДУБА – ПЕРСПЕКТИВНА СИРОВИНА ТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Плоди дуба містять в своєму складі значну кількість вуглеводів, а саме крохмалю. В меншій кількості в них присутні білки та жири, є в їх складі мікро- та макроелементи, біоактивні фенольні сполуки [1]. Такий склад робить їх цікавим об'єктом досліджень для науковців різних галузей.

Жолудевий крохмаль, який присутній в плодах дуба у досить великих кількостях, використовується не лише в харчових цілях, а й знаходить

застосування у виробництві біоетанолу, лимонної кислоти, у паперовому виробництві та ін. [2-4].

Жолуді слугують сировиною для виробництва природних коагулянтів і адсорбентів. В плодах дуба присутні таніни, природні водорозчинні поліфеноли. Застосування коагулянтів на основі таніну в очищенні води та стічних вод по всьому світу показало успішне видалення забруднюючих речовин, включаючи мутність, барвники, зважені тверді частинки, водорості та важкі метали. Рівень ефективності танінів як коагулянтів пов'язаний з їхньою хімічною структурою та ступенем модифікації, які в свою чергу пов'язані з видом рослинного джерела, з якого таніни вилучаються [5]. Таніни затребувані і в процесах оброблення (дублення) шкіри [6].

Плоди дуба використовуються у виробництві твердого палива і біодизелю. З обсмажених шкаралуп та чашок жолудів виготовляють паливні брикети [7], а жолудева олія є потенційною сировиною для виробництва біодизелю (метилових ефірів жирних кислот – МЕЖК) [8].

Жолудевий крохмаль знаходить застосування в полімерному виробництві [9]. Досліджено властивості композитів з жолудевого крохмалю та полімолочної кислоти, модифікованих димерною жирною кислотою (ДЖК) або димерним поліамідом жирної кислоти (ДПЖК). Зразки виготовлялися методом екструзії гарячого розплаву. Вивчався вплив вмісту ДЖК та ДПЖК на механічні, гідрофобні, термічні властивості та плинність розплаву композитів при незмінному масовому співвідношенні жолудевого крохмалю до полімолочної кислоти 40 : 60. Результати показали, що сумісність композитів визначалася дозуванням ДЖК або ДПЖК. Гідрофобність та плинність розплаву композитів покращувалася при додаванні ДЖК та ДПЖК. Температури склування композитів значно знижувалася при додаванні ДЖК та ДПЖК. Однак ДЖК і ДПЖК показали різний вплив на механічні властивості композитів з жолудевого крохмалю і полімолочної кислоти. У системі, з модифікацією ДПЖК, міцність на розтягування та вигин спочатку збільшувалася, а потім зменшувалася зі збільшенням дозування ДПЖК; механічна міцність була максимальною, коли дозування ДПЖК становило 2% від загальної маси. У системі, модифікованій ДЖК, міцність на розтяг та вигин зменшувалася зі збільшенням дозування ДЖК.

Плівки, отримувані з крохмалю та білків, використовуються як альтернатива пластику; проте це дещо посилює продовольчий дефіцит. Актуальними є дослідження можливості використання жолудевого крохмалю для виготовлення склеюваної та термозварювальної композитної плівки. Вивчалися властивості дослідних зразків, які виготовлялися з жолудевого порошку і κ -карагенану. Результати показали, що показники мутності та пропускання знизилися з 96,74% до 94,50% та з 3,50% до 2,25% відповідно, коли вміст гліцерину збільшився з 30% до 50%. Плівка мала чудові властивості захисту від УФ-випромінювання (пропускання при 380-200 нм дорівнювало 0). Плівка показала максимальну міцність зварювання $5,09 \pm 0,29$ Н/15 мм при 0,3

МПа протягом 1 секунди при температурі 115°C. Також у неї були високі показники захисту від УФ-випромінювання і така плівка була визначена як ефективна заміна пластикової упаковки для жирних продуктів [10].

Загальна площа лісового фонду України до недавня становила 10,4 млн. га, із яких вкритих лісовою рослинністю – 9,6 млн. га, четверта частина яких – дубові насадження. Враховуючи сучасні тенденції розвитку більшості галузей промисловості, які спрямовані на екологізацію та безвідходність виробництв, використання відходів як вторинних матеріальних ресурсів з доданою вартістю, актуальним напрямком досліджень є комплексне перероблення відтворюваних природних ресурсів, серед яких цінними є продукти перероблення плодів дуба.

Література:

1. Szablowska E., Tańska M. (2024) Acorns as a Source of Valuable Compounds for Food and Medical Applications: A Review of Quercus Species Diversity and Laboratory Studies. *Appl. Sci.*, Vol. 14(7), 2799. <https://doi.org/10.3390/app14072799>
2. Chao B., Liu R., Zhang X., Zhang X., Tan T. (2017) Tannin extraction pretreatment and very high gravity fermentation of acorn starch for bioethanol production. *Bioresource Technology*, Vol. 241, p. 900-907. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.026>.
3. Zhang, N., Jiang, J.C., Yang, J. *et al.* (2019) Citric Acid Production from Acorn Starch by Tannin Tolerance Mutant *Aspergillus niger* AA120. *Appl Biochem Biotechnol* Vol.188, p.1-11. <https://doi.org/10.1007/s12010-018-2902-4>
4. Khaksaar, A.B., Jalali Torshizi, H. & Hamzeh, Y. (2023). Valorization and Development of Acorn Starch as Sustainable and High-Performance Papermaking Additive for Improving Bagasse Pulp and Paper Properties. *Waste Biomass Valor*, Vol.14, p.937–947. <https://doi.org/10.1007/s12649-022-01912-9>
5. Azreen Ibrahim, Abu Zahrim Yaser, Junidah Lamaming (2021) Synthesising tannin-based coagulants for water and wastewater application: A review, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, Vol.9, Issue 1, 105007. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.105007>
6. Ersin Onem, Gurbuz Gulumser, Seref Akay, Ozlem Yesil-Celiktas (2014) Optimization of tannin isolation from acorn and application in leather processing, *Industrial Crops and Products*, Vol.53, p.16-22. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.12.014>.
7. Allouch M., Alami M., Boukhelifi F. Production of fuel friquettes from acorn shells and acorn cups," *2015 3rd International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)*, Marrakech, Morocco, 2015, pp. 1-7. [10.1109/IRSEC.2015.7455026](https://doi.org/10.1109/IRSEC.2015.7455026)
8. Hülya Karabas (2013) Biodiesel production from crude acorn (*Quercus frainetto* L.) kernel oil: An optimisation process using the Taguchi method, *Renewable Energy*, Vol.53, p.384-388. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.12.002>

9. Shouhai Li, Jianling Xia, Yuzhi Xu, Xuejuan Yang, Wei Mao, Kun Huang (2016) Preparation and characterization of acorn starch/poly(lactic acid) composites modified with functionalized vegetable oil derivatives, *Carbohydrate Polymers*, Vol.142, p.250-258. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.01.031>.

10. Wenrui Chi, Yuping Ning, Wenhua Liu, Ruoting Liu, Jian Li, Lijuan Wang (2023) Development of a glue- and heat- sealable acorn kernel meal/ κ -carrageenan composite film with high-haze and UV-shield for packaging grease, *Industrial Crops and Products*, Vol.204, Part A, 117250. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117250>.

Секція 2.

Сучасний стан

легкої

і текстильної

промисловості

БІОРОЗКЛАДНІ ТА НАНОСТРУКТУРОВАНІ ВОЛОКНА: ІННОВАЦІЙНИЙ ВЕКТОР РОЗВИТКУ ТЕКСТИЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

У ХХІ столітті легка та текстильна промисловість зазнає глобальної трансформації під впливом двох головних чинників – екологічності та інноваційності. Одним із ключових напрямків розвитку є створення біорозкладних і наноструктурованих волокон, які мають потенціал змінити не лише структуру виробництва тканин, але й саме поняття моди та споживання.

Сьогодні близько 10% усіх світових відходів припадає на текстильну галузь. Більшість синтетичних матеріалів (поліестер, нейлон, акрил) не розкладаються в природі, тому пошук альтернативних матеріалів, здатних повністю або частково розкладатися, є стратегічним завданням сучасної науки й промисловості.

Біорозкладні матеріали – це матеріали, здатні розкладатися під дією природних мікроорганізмів, вологи та температури, не залишаючи токсичних відходів. Їхня основа – природні або біосинтетичні полімери, які відтворюють властивості традиційних тканин, але мають чистий життєвий цикл.

На сьогоднішній день відомі наступні основні етапи створення біорозкладних матеріалів: целюлозні волокна (віскоза, модал, ліоцел) – створені з деревини або рослинних джерел; полілактидні волокна (PLA) – виробляються з кукурудзяного або цукрового крохмалю, повністю біорозкладні; білкові волокна – з білків молока (казеїн), сої, шовку, вовни; біо-ПЕТ – отримується з біоетанолу, частково змінюючи нафтохімічну сировину.

Види біорозкладних волокон і їхні характеристики наведені і табл.1 , а порівняльна характеристика традиційних та біорозкладних волокон наведена в табл. 2.

Переваги біорозкладних волокон: екологічна безпечність; зменшення кількості відходів; відновлюваність ресурсів; можливість утилізації без шкоди довкіллю [2].

Недоліки використання біорозкладних волокон: поки що висока вартість; потреба у вдосконаленні технологій масового виробництва.

Таблиця 1.

Види біорозкладних волокон і їхні характеристики

Тип волокна	Сировина	Біорозклад-ність	Основні властивості	Галузь застосування
Полілактид (PLA)	Кукурудзяний або цукровий крохмаль	Повна	Міцність, прозорість, антибактеріальність	Одяг, упаковка, 3D-друк
Ліоцел (Tencel)	Деревна целюлоза	Повна	М'якість, повітропроникність, стійкість до бактерій	Білизна, дитячий одяг
Казеїнове волокно	Молочний білок	Часткова	Гіпоалергенність, приємне на дотик	Медицина, косметичний текстиль
Біо-ПЕТ	Біоетанол (цукрова тростина)	Часткова	Міцність, еластичність	Спортивний одяг

Таблиця 2.

Порівняльна характеристика традиційних та біорозкладних волокон

Показник	Традиційні синтетичні волокна (поліестер, нейлон)	Біорозкладні волокна (PLA, целюлоза, білкові)
Джерело сировини	Нафтопродукти	Відновлювана сировина (рослини, крохмаль)
Біорозкладність	Не розкладаються (100–500 років)	Повна або часткова (6–24 місяців)
Вплив на довкілля	Високий рівень забруднення	Мінімальний вплив, зниження викидів CO ₂
Собівартість	Нижча	Вища (через нові технології)
Використання	Масовий одяг, технічні тканини	Еко-мода, медицина, упаковка

Наноструктуровані волокна — створюються шляхом введення наночастинок або формування матеріалу з нанорівневою структурою (1-100 нанометрів). Це дозволяє надавати тканинам нові функціональні властивості:

самоочищення (ефект «лотоса»); антибактеріальність (наночастинки срібла, міді, цинку); водовідштовхуваність та стійкість до забруднення; захист від ультрафіолетового випромінювання; підвищена міцність і термостійкість [4].

Можна виділити такі методи створення наноструктурованих волокон: електроспінінг (електроформування) – формування надтонких волокон із розчинів полімерів; нанопокриття – нанесення тонких шарів функціональних речовин; композиційне змішування полімерів із наночастинками. Такі волокна активно використовують у медичному текстилі, спортивному одязі, військовому спорядженні, а також у розумному одязі (smart textiles) [3].

Функціональні властивості наноструктурованих волокон представлені в табл. 3

Таблиця 3.

Функціональні властивості наноструктурованих волокон

Властивість	Тип нанодобавки	Механізм дії	Галузь використання
Антибактеріальність	Наночастинки срібла, міді	Руйнування клітин бактерій	Медичний текстиль, білизна
Самоочищення	Діоксид титану (TiO ₂)	Фотокаталітичне розкладання забруднень	Одяг, штори, спецодяг
Захист від УФ	Наночастинки ZnO, TiO ₂	Відбивання ультрафіолету	Одяг для спорту та дітей
Водовідштовхувальність	Нанополімери	Формування гідрофобної поверхні	Верхній одяг
Зміцнення волокон	Наноглина, графен	Зв'язування полімерних ланцюгів	Технічні тканини

Біорозкладні нанокомпозити – це поєднання природної екологічності та високих нанотехнологій майбутнього. Сучасна наука йде шляхом поєднання двох напрямків – створення біорозкладних нанокомпозитів, де екологічна основа посилюється нанотехнологічними властивостями. Наприклад, PLA-волокна з наночастинками срібла – біорозкладні та антибактеріальні; целюлозні волокна з наноглиною або графеном мають підвищену міцність; біонейлон з нанодобавками придатні для виробництва спортивного одягу [1].

Такі матеріали поєднують екологічність, міцність і функціональність, що робить їх ідеальними для сучасного ринку.

Україна має значний потенціал у розвитку біорозкладних і наноструктурованих волокон. А саме: наукові школи в галузі полімерів і

наноматеріалів (інститут хімії високомолекулярних сполук НАНУ, Київ; Херсонський національний технічний університет; Луцький національний технічний університет та ін.); традиції вирощування льону, коноплі та целюлозних культур; можливість створення спільних підприємств із країнами ЄС.

Розвиток таких технологій може стати частиною «зеленої економіки» України, сприяти зменшенню імпорту синтетичних матеріалів і створенню високотехнологічних робочих місць.

Виклики: висока собівартість; недостатня кількість лабораторій і пілотних виробництв; потреба у законодавчих стандартах для «зеленого текстилю»; відсутність попиту на внутрішньому ринку через низьку обізнаність споживачів.

Висновки.

Біорозкладні та наноструктуровані волокна – це майбутнє текстильної промисловості, що поєднує екологічну відповідальність, технологічний прогрес і економічну ефективність. Їх впровадження є важливим кроком до сталого розвитку галузі та зменшення негативного впливу на довкілля [1–3].

Для України є шанс інтегруватися в європейські виробничі ланцюги, розвинути власні наукові розробки та створити конкурентоспроможні продукти нового покоління [5].

Література

1. Цайседо К., Родрігес А., Морено П. Біорозкладні полімерні нанокомпозити в технічному текстилі // *Journal of Applied Polymer Science*. – 2023. – № 140(15).

URL: <https://www.researchgate.net/publication/338234070>

2. Лі В., Чжан Ю., Хуан П. Прогрес у волоконній інженерії для створення інноваційних екологічних тканин // *RSC Advances*. – 2024. – № 14. – С. 1250–1268.

URL: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2024/im/d4im00048j>

3. Попеску М., Унгуряну К. Зелені наноматеріали для «розумного» текстилю, призначеного для екологічних та біомедичних застосувань // *Materials*. – 2023. – Т. 16, № 11. – С. 4075.

URL: <https://www.mdpi.com/1996-1944/16/11/4075>

4. Варнайте-Журавльоват С, Балтушнікайте-Гузайтенє Й. Біорозкладні полімери та текстиль: сучасні напрямки досліджень // *Journal of Functional Biomaterials*. – 2025. – Т. 16, № 1. – С. 26.

URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39852582>

5. Козак Л.І., Мартинюк О.П. Екологічно безпечні волокна у виробництві текстильних матеріалів: стан і перспективи розвитку в Україні // *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. – 2022. – № 3. – С. 45–52.

ПРОБЛЕМА ГАРМОНІЗАЦІЇ СТИЛЮ У КОЛАБОРАЦІЯХ КУТЮР І АВТО

У наш час ринок переживає доволі масштабні та різкі зміни, що через перенасичення товарами створює більшу конкуренцію та вимагає додавати більше зусиль для продажу. Споживачі більше не обирають лише функціональність, тепер головною цінністю є ідея та можливість пережити унікальний користувацький досвід, що зможе репрезентувати світогляд, статус та найголовніше – індивідуальність. Спираючись на це, компанії все починають переосмислювати підходи до самопрезентації їх як виробника і до просування власного продукту. Саме тут виникає потреба колаборацій з іншими брендами. Виходячи за межі звичного поєднання логотипів та уподобань, це явище стало повноцінним стратегічним інструментом у бізнесі, що пропонує синергію, як альтернативу конкуренції.

Наразі кожен бізнес та бренд є окремим «всесвітом», що формує довкола себе спільноту за інтересами, які поділяють культуру та філософію бренду. Колаборація в її звичному визначенні – це стратегічне партнерство між двома або більше компаніями, яке містить у собі спільне створення продукту, маркетингової кампанії, а іноді, і нової філософії для обох брендів [1]. Від реклами її відрізняє те, що вкладення ресурсу та навичок передбачається з обох сторін, саме тому об'єднання зусиль забезпечує не лише створення нового продукту та наративу, але й дозволяє розширити рамки для реалізації, яка не була можливою існуючи лише в межах однієї системи. У сфері дизайну такі альянси є ключовими для розвитку як професійних навичок, так і для експансії дизайнерського досвіду на різні ніші. Це дозволяє дизайнерам розвиватися, змінюючи підхід до звичних для них речей, виходячи за межі традиційного сприйняття форм, матеріалів та кольорів, експериментуючи з новими та генеруючи інноваційні ідеї, що у наслідку призведе до набуття продукції статусу культурного бажання не лише серед цільової аудиторії. Найголовнішими цінностями колаборацій сьогодні залишаються розширення аудиторії та вихід на нові ринки: співпрацюючи, такі бізнеси долають невидимі бар'єри і створюють новий спосіб формування фокуса на аудиторію, розширюючи географічний показник, що, у свою чергу, дозволяє охопити інші культурні та національні верстви населення. Колаборації виникають серед різних компаній. Особливо яскраво така тенденція спостерігається у сферах преміумсегменту, які традиційно асоціюються з розкішшю, статусністю та індивідуальністю. Одним із вишуканих, складних і найкрупніших за реалізацією партнерств є співпраця модних домів та автомобільних виробників.

Ідея злиття моди та автомобілебудування бере свій початок ще на початку 20-го століття, адже саме тоді активно почали винаходити та розробляти власне самі автомобілі. Враховуючи тогочасні тенденції моди, що мали в собі створення особливого одягу під різні види занять, це стало поштовхом до першого серйозного контакту між галузями моди та автомобілебудування. Однією з найперших офіційно зареєстрованих колаборацій, у якій акцент був спрямований на об'єднання дизайну, була AMC Hornet Sportabout «Gucci» у 1972 році [2]. Автомобіль виділявся на ринку завдяки контрастному двоколірному фірмовому фарбуванню та оздобленню у вигляді логотипа Gucci, що було прямим відходом від традиційної автомобільної естетики того часу. У салонні використовувалася фірмова оббивка модного бренду та елементи люксового матеріалу, що спонукало виробників переглянути стандарти автомобільних інтер'єрів. Ця модель стала сміливим експериментом використання нових технологій та втілення нових ідей, що започаткувала абсолютно інше бачення цих галузей.

Наступним кроком, теж від Gucci, була колаборація із Cadillac [3], яка окрім мінімалістичного та вишуканого втручання у дизайн автомобіля, додала також вперше додаткові багажні елементи – фірмові сумки.

Необхідність таких співпраць можна пояснити результатом зближення естетичних та споживчих потреб у даному сегменті покупців. Як приклад, випадок Ferrari [4], які у 2021 році запустили власну модну колекцію, яка була спрямована на залучення молодшої аудиторії та жінок, адже за ці роки, клієнтська база розділилася і відбувся величезний розрив потреб покупців і загалом клієнтської бази. Зробивши співпрацю з індустрією моди компанії вдалося найпростішим та найефективнішим шляхом використання експертизи партнера отримати ефект залучення. Враховуючи тенденцію автомобільних компаній стати всеосяжними лайфстайл брендами, ця колекція також мала аксесуари та одяг різного виду. Використовуючи дизайнерський контраст обох брендів, у 2020 році Lamborghini та Yohji Yamamoto об'єдналися [5] аби оновити власний імідж та залучити аудиторію. В результаті співпраці, було отримано новий дизайн автомобіля моделі aventador's та капсульну колекцію одягу, що складалася з пальта, куртки-бомбера та худі, натхнені колекцією Ямамото. Попри очевидний контраст обох брендів, їх продукт підкреслював унікальність та позачасовість, які підкреслював сам модний дизайнер. Подібні проєкти (Porsche & Aimé Leon Dore, Kith & BMW) транслиують зовсім інший підхід, спрямований на інтеграцію у стрітвір, що омолоджуватиме бренд, залучаючи іншу вікову категорію поціновувачів.

Вдалою у розумінні поєднання дизайну є також співпраця між Versace та Lamborghini [6]. Варто зазначити, що обидва бренди є італійськими, при цьому вони репрезентують доволі контрастні сторони бачення естетики: Lamborghini ж позиціонує себе як чисто інженерний та досконалий бренд, що диктується аеродинамікою та надзвичайно високою швидкістю, а Versace – драматичний та ексцентричний, подекуди навіть зухвалий образ, що буквально кричить про

статус. Гармонізувати ці дві естетики вирішили наданням автомобіля «кутюрного» образу, не змінюючи його інженерію. Інтер'єр став найголовнішим полотном для відображення філософії Versace, для того, щоб водій перебував у персоналізованій «капсулі гламуру». Замість того щоб перенасичувати салон різними кольорами, дизайнери вирішили зберегти монохромний чорно-білий та чорно-жовтий контраст. Це забезпечувало фокус на водінні, при цьому зберігаючи екстравагантність салону: сидіння-люльки, оббиті чорно-білою перфорованою шкірою Bianco, а панель управління – зернистою та м'якою Nappa. Фірмовий грецький мотив тягнеться з нижньої частини дверей, охоплюючи панель управління та сидіння, де також розміщені металічні таблички з гравіюванням логотипа дизайнера та порядковим номером автомобіля. На центральній консолі розмістився комплект фірмового багажу, який також розроблявся в межах колаборації. До нього входили сумка, фірмові рукавички та дорогі туфлі від Versace. Декоративні елементи салону були інтегровані таким чином, щоб візуально не перенавантажувати користувача, при цьому створити «відчуття розкоші» за допомогою тактильних елементів (розкішної шкіри), залишивши елементи керування недоторканими аби залишити ергономічну функціональність спортивного автомобіля. За таким принципом створювався й екстер'єр. Зовнішній вигляд цілком впливає на аеродинаміку та функціонал автомобіля, тим більше в наведеному випадку - спортивного, тому зміни були незначними. На зовнішню частину, яка була доступна у двох кольорах: чорному та білому, додався ще логотип та грецький мотив, що слугував своєрідним «підписом» від модного будинку. Одразу після виходу автомобіля у лише двадцяти екземплярах, він отримав миттєвий статус колекційної одиниці, а з часом і артефакту. Таким чином, обидва бренди змогли затвердити власні позиції в сегменті люксу та продемонструвати синтез індивідуальності та історії, які гарантували їм успіх. Цей автомобіль був презентований на Паризькому автосалоні 2006 року та мав лише вісім одиниць на продаж.

Наступним прикладом вдалої колаборації є автомобіль Pagani Huayra Hermès Edition 2019 року. На відміну від Versace x Lamborghini, цей альянс був не обмеженою серією, а унікальним проєктом на замовлення американського колекціонера автомобілів - Манні Хошбіна, який разом зі своєю дружиною є величезними фанатами Hermes, саме тому він вирішив таким чином об'єднати їх два уподобання. Філософія Hermès будується на досконалості ручної роботи, увазі до деталей, стриманості та довговічності, в той час, як Pagani позиціонує себе як бренд, що створює «рухомі витвори мистецтва. Обидва бізнеси поєднують надзвичайно кропітке ставлення до власних створених продуктів та позиціонування їх як чогось прекрасного, саме це, історія яку мають бренди, заохотила колекціонера звернутися із конкретним запитом саме до них. Преміальність та розкішність обох представників різних галузей була відомою ще до такої співпраці, але саме запит Манні Хошбіна спонукував ці дві ніші об'єднатися. У його власному відео на ютубі [7] він розповідає, що компанія

Hermès не мала ще настільки масштабних проєктів, але вони погодилися спробувати новий вид завдань та врешті решт домовилися із власником Pagani. Як результат, через чотири роки з'явився новий суперкар, який перевершив очікування навіть самого власника. Екстер'єр автомобіля демонструє «тиху розкіш» та є показником що фірмовий стиль Hermès не «кричить», а доповнює скульптурну чистоту Pagani. Кузов автомобіля покритий ексклюзивним відтінком кремового кольору «Craie» який є фірмовим для модного будинку. Візерунок «Н», інтегрований у решітку повітрозабірників, на задній частині кузова. Спеціальні диски коліс, що все ще залишаються звичними для моделі Нуага, але мають інше, те що гармонійно личить, колірне рішення. Усі ці деталі ніби виважено та елегантно вписуються у дизайн автомобіля, і він спочатку викликає сильну зацікавленість своїм аеродинамічним рішенням і вже при ближчому знайомстві – демонструє підтвердження якості та преміальності. Салон, як і у Lamborghini, є основною точкою конвергенції обох брендів. Інтер'єр повністю оброблений фірмовою преміальною шкірою, відомою своєю винятковим відчуттям на дотик. Покриття охоплює сидіння, панель керування, кермо та дверні карти, що забезпечує відчуття затишку та розкоші. Hermes відомі своєю ключовою ознакою майстерності – ручним сідловим швом, що використаний і у дизайні салону. Він є чітким знаком присутності втручання Hermès, а також відповідає функціональним вимогам дизайну автомобіля. Одним із найцікавіших елементів дизайну є заміна ручок на шкіряні реміні, що є типовими у виробництві ремінів, сумок та кінного обладнання. Цей елемент гармонізує стиль, естетику та функціонал, виділяючи ідентичність бізнес-партнера. Увесь спорткар виконаний у стриманій палітрі, що нагадує колірний код Hermes: глибокі відтінки коричневого, кремового та бежевого, що підкреслюють натуральність шкіри. Виходячи за рамки лише проєктування самого автомобіля, колаборація додала також інженерне втручання у будову самого спорткару, та інтегрувала спеціально виділені комірки для багажу, що перевозиметься, і тут звісно не обійшлося без фірмових багажних сумок та однієї індивідуальної Hermes Birkin. Фірма Pagani теж залишила «подарунок» у вигляді додаткових інструментів для сервісу авто та пакету Tempesta.

Міжгалузева співпраця модних будинків та виробників суперкарів полягає в гармонізації різних естетик, створюючи продукт, який потенційно може бути колекційною одиницею. Використовуючи повний контроль з боку бренду автомобілів над інженерією та аеродинамікою, модний будинок забезпечує якість тактильних та естетичних елементів інтер'єру(принтів, швів, кольорів), створюючи персоналізований простір, який окрім візуальної насолоди, забезпечуватиме й функціональність(якісний матеріал оббивки, додаткові реміні, багажні сумки). Аналізуючи співпрацю між Versace та Lamborghini, а також Hermès та Pagani, очевидно, що успіх досягається завдяки послідовному розподілу впливу на дизайн. Функціональні сторони автомобіля залишаються під контролем інженерної команди, тоді як модний будинок отримує повну свободу для самовираження через естетичні та тактильні

елементи інтер'єру. Versace обрав екстравертну гармонізацію, використовуючи драматичні принти та логотипи для створення ефекту публічного шоку, тоді як Hermès обрав інтровертну, інтегруючи досконалу майстерність та фірмову шкіру для створення позачасового, персоналізованого артефакту. Таким чином, співпраця є ключовим механізмом для досягнення безшовного синтезу інженерної досконалості та емоційної естетики, необхідної умови для переосмислення ексклюзивності в сучасному сегменті розкоші.

Література

1. Що таке колаборація брендів і чому це працює? Wedex. URL: <https://wedex.com.ua/blog/shho-take-kolaboracziya-brendiv-i-chomu-cze-praczuye/#anchor-%d0%bf%d0%b5%d1%80%d0%b5%d0%b2%d0%b0%d0%b3%d0%b8-%d1%82%d0%b0-%d0%b7%d0%b0%d0%b2%d0%b4%d0%b0%d0%bd%d0%bd%d1%8f-%d0%ba%d0%be%d0%bb%d0%b0%d0%b1%d0%be%d1%80%d0%b0%d1%86%d1%96%d1%97> (дата звернення: 06.11.2025).
2. An Unlikely Partnership: The Intersection of Fashion and Cars. Auto History Preservation Society. URL: <https://autohistorypreservationsociety.org/an-unlikely-partnership-the-intersection-of-fashion-and-cars-amc-hornet-sportabout-gucci/> (дата звернення: 06.11.2025).
3. Cadillac Seville Gucci Edition. The Gentleman's Journal. URL: <https://www.thegentlemansjournal.com/article/cadillac-seville-gucci-edition-car-about/> (дата звернення: 06.11.2025).
4. Friedman V. Ferrari Plunges Into High Fashion. The New York Times. URL: <https://www.nytimes.com/2021/06/16/style/ferrari-fashion-collection.html> (дата звернення: 06.11.2025).
5. For The High-Speed Hypebeast: A Yohji Yamamoto Lamborghini. GQ Australia. URL: <https://www.gq.com.au/lifestyle/cars/for-the-highspeed-hypebeast-a-yohji-yamamoto-lamborghini/image-gallery/2e33071d66e3e942ed4dff41ef496972> (дата звернення: 06.11.2025).
6. Lamborghini Murciélago Versace Edition. Hypebeast. URL: <https://hypebeast.com/2018/9/lamborghini-murcielago-versace-edition> (дата звернення: 06.11.2025).
7. Pagani Huayra Hermes Edition: The Process. YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ALrv0nvy1XQ&t=4s> (дата звернення: 06.11.2025).

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЕКОЛОГІЧНОГО МАРКУВАННЯ ТЕКСТИЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Текстильна промисловість є одним із базових секторів споживчого ринку, що має істотний вплив на довкілля та соціальну сферу. За рівнем навантаження на природні ресурси та воду галузь посідає четверте місце після виробництва харчових продуктів, будівництва та транспорту, а за обсягом викидів парникових газів – п'яте. Виробничі процеси, особливо оздоблення тканин (фарбування, прання, друк), супроводжуються значним використанням хімічних речовин і енергії. Додатково загострюються соціальні проблеми – неналежні умови праці, використання дитячої праці, порушення принципів справедливої торгівлі. Усе це зумовлює потребу у впровадженні механізмів, які б сприяли підвищенню прозорості виробничих процесів та розвитку відповідального споживання [1, с. 194].

Дослідження показують, що екологічне маркування має потенціал підвищити рівень довіри споживачів і забезпечити контроль за екологічними характеристиками продукції. Однак ефективність існуючих схем обмежена фрагментарністю стандартів, відмінністю методологій оцінки життєвого циклу (LCA) і низьким рівнем довіри до заяв виробників. Найнадійнішими вважаються системи багатокритеріального маркування з незалежною верифікацією, як-от GOTS, EU Ecolabel, Nordic Swan. Утім, велика кількість несумісних схем, а також поширення практик «грінвошингу» знижують їх ефективність та зрозумілість для кінцевих споживачів [2-3].

Виробництво текстилю охоплює численні етапи — від вирощування сировини до роздрібного продажу та утилізації виробів, що ускладнює оцінку його екологічного впливу. Комплексна оцінка сталості можлива лише з урахуванням повного життєвого циклу продукту. Позитивні зміни на одному етапі можуть бути нівельовані негативними ефектами на інших.

Екомаркування виступає дієвим механізмом для інформування споживачів про екологічну та соціальну безпеку продукції. Згідно зі стандартами серії ISO 14020, воно поділяється на: Тип I — багатокритеріальне маркування, сертифіковане третьою стороною (GOTS, EU Ecolabel, Blue Angel); Тип II — самодекларовані заяви виробника без незалежної сертифікації [4].

Маркування типу I є більш надійним, оскільки базується на зовнішній перевірці критеріїв, що охоплюють походження сировини, використання хімічних речовин, довговічність, міцність і безпечність.

Водночас спостерігається низький рівень обізнаності споживачів: більшість не розуміє різницю між «еко», «біо», «органік» тощо, що дає змогу

компаніям маніпулювати поняттями. Це породжує «розрив довіри» — 48% європейських споживачів не вірять у достовірність екологічної інформації на товарах. Приклади брендів, як-от H&M, Burberry чи Nike, демонструють суперечність між «зеленими» заявами та реальними практиками виробництва, що підриває довіру до екомаркування загалом.

Екомаркування є ключовим інструментом формування сталих моделей споживання, однак його ефективність залежить від рівня стандартизації, прозорості та достовірності критеріїв. Необхідним є гармонізування підходів між країнами та створення єдиної методології оцінки екологічного впливу — зокрема, впровадження системи Product Environmental Footprint (PEF), що базується на оцінці життєвого циклу продукту.

Запровадження уніфікованих правил категорії (PEFCR) для текстильної продукції дозволить порівнювати вироби між собою та стимулюватиме виробників знижувати екологічне навантаження. Крім того, доцільним є розширення обов'язкової інформації на етикетках — щодо країни походження, використаних хімічних речовин, вмісту перероблених матеріалів, довговічності та придатності до ремонту.

Отже, вдосконалення систем екомаркування сприятиме підвищенню довіри споживачів, зменшенню проявів грінвошингу та розвитку циркулярної економіки. Формування єдиного ринку екологічно чистих товарів у межах ЄС і гармонізація стандартів в Україні мають стати основою для реального зниження негативного впливу текстильної промисловості на довкілля та суспільство.

Література

1. Пахолук О.В., Передрій О.І. Залучення споживачів до практики сталого споживання одягу : матеріали IV Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Якість та безпечність продукції у внутрішній і зовнішній торгівлі й торговельне підприємництво: сучасні вектори розвитку і перспективи», Полтава, ПДАУ, 15 жовтня 2024 року. С. 194-196.

2. Pakholiuk O., Martirosyan I., Dzyubinsky A., Peredriy O. (2022). Resource-saving technology of producing textile materials with antimicrobial properties. *Fibres and Textiles (Vlakna a Textile)*. 2022. Volume 29, Issue 4, December 2022. P.3-8. <https://doi.org/10.15240/tul/008/2022-4-001>.

3. Koszewska, M. Clothing labels: Why are they important for sustainable consumer behaviour?. *J Consum Prot Food Saf* 16, 1–3 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00003-021-01319-z>.

4. Два основних типи екологічного маркування <https://mepr.gov.ua/biznesu/ekologichne-markuvannya/dva-osnovnyh-typy-ekologichnogo-markuvannya/>.

Секція 3.

Харчова хімія і

біотехнологія

ЗАСТОСУВАННЯ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Сучасна хлібопекарська промисловість постійно шукає шляхи покращення якості продукції, оптимізації технологічних процесів та подовження терміну зберігання хлібобулочних виробів. Одним із найефективніших та екологічно безпечних методів вирішення цих завдань є застосування ферментних препаратів. Ферменти є біологічними каталізаторами, які прискорюють хімічні реакції в тісті, покращуючи його реологічні властивості, структуру м'якушки та смакові характеристики готових виробів.

Амілази є найважливішою групою ферментів у хлібопекарстві. Вони розщеплюють крохмаль на декстрини та цукри, які необхідні для життєдіяльності дріжджів. Альфа-амілаза гідролізує крохмаль всередині молекули, утворюючи декстрини різної довжини, тоді як бета-амілаза відщеплює молекули мальтози з кінців ланцюгів крохмалю. Застосування амілаз дозволяє покращити газоутворення в тісті завдяки збільшенню вмісту цукрів, забезпечити рівномірну пористість м'якушки, надати скоринці привабливого золотистого кольору, уповільнити черствіння хлібобулочних виробів.

Протеази розщеплюють білкові зв'язки глютену, впливаючи на реологічні властивості тіста. Помірне застосування протеаз робить тісто більш еластичним і розтяжним, що особливо важливо при переробці борошна з надмірно міцною клейковиною. Однак надлишкове використання протеаз може призвести до надмірного розрідження тіста та погіршення його газоутримуючої здатності. Ліпази розщеплюють жири на гліцерин і жирні кислоти. У хлібопеченні вони використовуються для покращення об'єму виробів, зміцнення структури тіста та покращення еластичності м'якушки.

Правильно підібрані ферментні комплекси значно покращують якість хлібобулочних виробів за всіма показниками. Зовнішній вигляд виробів характеризується правильною формою, рівномірним золотистим кольором скоринки без тріщин і підривів. М'якушка набуває еластичності, не липне до пальців, має рівномірну тонкостінну пористість. Смакові та ароматичні властивості також покращуються завдяки збільшенню вмісту продуктів гідролізу крохмалю та білків, які беруть участь у реакціях меланоїдиноутворення під час випікання. Вироби набувають приємного хлібного аромату та виразного смаку. Важливим аспектом є збереження свіжості виробів. Завдяки античерствіючій дії ферментів, хліб залишається м'яким та еластичним значно довше, що зменшує втрати від повернення черствої продукції та підвищує конкурентоспроможність.

Дозування ферментних препаратів вимагає точності. Нами було проведено дослідження щодо використання ферментного препарату ВЕРОН М4, виробництва відомої німецької компанії «AB Enzymes», у технології хліба. Даний ферментний препарат створений на основі грибною альфа-амілази, яка розщеплює крохмаль на декстрини та мальтозу, що призводить до збільшення газоутворення в тісті під час бродіння, знижує число падіння борошна. Ферментний препарат вносили в кількості 0,001-0,01% від маси борошна. Передозування може призвести до небажаних наслідків: надмірного розрідження тіста, липкості м'якушки, розпливання виробів. Ферменти чутливі до температури та рН середовища. Оптимальна температура для більшості хлібопекарських ферментів становить 30-40°C, а оптимальний рН – 4,5-6,5. В результаті дії препарату ВЕРОН М4 збільшується об'єм хліба, покращується смак та аромат продукту. Під час випікання при температурі понад 70-80°C більшість ферментів інактивуються, що унеможлиблює їх залишкову активність у готовій продукції.

Застосування ферментних препаратів економічно вигідне для хлібопекарських підприємств. Незважаючи на додаткові витрати на придбання ферментів, загальний економічний ефект є позитивним завдяки:

- збільшенню виходу готової продукції на 2-4%;
- зменшенню втрат від браку та повернення продукції;
- можливості використання борошна нижчої якості;
- подовженню терміну зберігання без консервантів;
- покращенню споживчих властивостей продукції.

Застосування ферментних препаратів є сучасним та ефективним способом покращення якості хлібобулочних виробів. Ферменти дозволяють оптимізувати технологічний процес, стандартизувати якість продукції, покращити органолептичні показники та подовжити термін свіжості виробів. Правильний підбір ферментних комплексів та їх оптимальне дозування вимагають професійних знань та досвіду, але результат виправдовує зусилля – високоякісна продукція, що відповідає очікуванням сучасних споживачів та вимогам ринку.

Література

1. Сімакова О. О. Розробка новітніх технологій виробів з борошна з заданими властивостями : монографія. Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2018. URL: http://elibrary.donnuet.edu.ua/1541/1/Simakova_rozrobka_%20novitnikh_%20tekhnologiy_%20vyrobiv_%20z_%20boroshna_%20s_%20zadanymy_%20vlastyvostyamy_monografiya.pdf
2. Шевченко І.А. Ферментні препарати в технології хлібопечення: сучасний стан та перспективи / І.А. Шевченко // Наукові праці НУХТ. – 2020. – Т. 26, № 2. – С. 234-245.

ГРИБНИЙ МІЦЕЛІЙ ЯК ОСНОВА ДЛЯ ПРОДУКУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ БІОКОМПОЗИТІВ ІЗ РІЗНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

У сучасному світі спостерігається гостра потреба у сталих, екологічно безпечних та біорозкладних матеріалах, які могли б замінити полімери на нафтовій основі. Одним із найперспективніших напрямів є використання грибного міцелію як природного біополімеру, здатного формувати композити з відходів сільського господарства (соломи, тирси, лушпиння, трісок)^{1,2}

Міцелій – це жива волокниста структура грибів, яка діє як біологічний клей, з'єднуючи частинки субстрату в цілісний матеріал. Такі біокомпозити не лише повністю біорозкладні, а й характеризуються низькою теплопровідністю, гарними звукоізоляційними властивостями, термостійкістю та достатньою міцністю для використання у пакуванні, теплоізоляції та навіть в екобудівництві.^{3,4}

Застосування грибного міцелію дозволяє утилізувати агровідходи, знизити енергоспоживання у виробництві та скоротити викиди CO₂. Таким чином, міцеліальні композити відповідають принципам циркулярної економіки і можуть замінити пластик, пінополістирол і синтетичні утеплювачі у низці галузей.⁵

Аналіз наукових джерел показав, що найчастіше у біокомпозитах застосовують білі гнильні базидієві гриби — представники роду *Pleurotus*, *Ganoderma*, *Trametes*, *Irpex*, *Lentinus*.^{3,5} Найбільш придатними видами є *Pleurotus ostreatus* та *Ganoderma lucidum*, які поєднують високу швидкість росту та міцну (ді/три)мітичну гіфальну структуру, забезпечуючи щільність, механічну стабільність і пружність матеріалу.

Як показано в огляді Sydor та співавт³, ефективний грибний штам для виробництва міцеліальних композитів повинен вирізнятися швидким та рівномірним ростом, глибокою проникністю у субстрат і стійкістю до зміни параметрів зовнішніх умов. Крім того, його життєдіяльність не має супроводжуватися утворенням токсинів, а сам організм повинен бути повністю біорозкладним. Тільки за таких умов отриманий матеріал буде екологічно безпечним і функціональним.

Таким чином, саме *Pleurotus ostreatus* вважається найкращим грибом для масового виробництва міцеліальних матеріалів завдяки його біологічній стабільності та простоті культивування.

Експериментальні дослідження¹ описують єдину загальну стратегію отримання міцеліальних композитів, що включає підготовку лігноцелюлозного субстрату шляхом подрібнення та зволоження агровідходів, подальшу стерилізацію та інокуляцію грибним міцелієм. Після інокуляції субстрат

витримують у формах при температурі від 22 до 30°C протягом 10–28 днів до повної колонізації. Для стабілізації матеріалу застосовують термообробку, зокрема сушіння при 60–100°C або пресування при температурах до 150°C.

Властивості одержаних біокомпозитів оцінювали за допомогою механічних випробувань (на стиснення та вигин, з визначенням модуля Юнга), аналізу теплопровідності (у межах 0,03–0,10 W/м·K), водопоглинання – термогравіметричним методом (TGA), термостійкості – диференційною сканувальною колориметрією (DSC), мікроструктурного аналізу методом скануючої електронної мікроскопії (SEM) та спектроскопії з перетворенням Фур'є (FTIR-спектроскопії) для ідентифікації хімічного складу.

Систематизуючи відомості оглядових робіт^{3,4,5} оптимальні умови для одержання грибних біокомпозитів можна сформулювати наступним чином:

Параметр	Оптимальний діапазон
Температура	24–28°C
Вологість	70–90%
pH середовища	5–7
Тривалість росту	14–21 днів
Фінішна обробка	60–120°C
Тип середовища	тверді субстрати (матриця з агровідходів)

Додатково виявлено, що гаряче пресування значно підвищує щільність і міцність композитів (до 7 МПа).⁴

Висновки

Міцеліальні композити є перспективним екологічним матеріалом нового покоління. Вони мають низьку теплопровідність, хороші звукоізоляційні властивості та задовільну механічну міцність.

Найкращими характеристиками відзначаються зразки, виготовлені на основі *Pleurotus ostreatus* і *Ganoderma lucidum*, що забезпечують оптимальне співвідношення міцності та швидкості росту.

Основні чинники, які впливають на якість матеріалу це тип субстрату та його структура; вологість і температура інкубації; час росту та інтенсивність пресування під час сушіння.

Білі гнильні базидієі гриби (*Pleurotus*, *Ganoderma*, *Trametes*, *Irpex*) проявляють високу біотехнологічну цінність завдяки здатності синтезувати позаклітинні ферменти (лактази, целюлази, геміцелюлази), які забезпечують ефективне руйнування лігніну, часткову модифікацію целюлози і формування міцних гіфальних зв'язків. Це робить їх особливо придатними для використання як біологічного скріплювача, здатного перетворювати відходи рослинного походження на структурно стабільний матеріал.

З біотехнологічного погляду, процес отримання міцеліальних композитів є керованою формою твердофазної ферментації, у якій гриби перетворюють субстрат без застосування хімічних каталізаторів. Параметри середовища – температура, вологість, pH, гранулометрія субстрату, а також тривалість

інкубації – безпосередньо впливають на активність ферментів, швидкість росту гіф і механічні властивості кінцевого матеріалу. Дослідження показують, що оптимізація цих факторів дозволяє суттєво варіювати щільність, пористість, гідрофільність і термостійкість композитів, що підтверджує високу гнучкість технології.

Попри очевидні переваги, лишаються проблеми, що потребують подальших досліджень: низька водостійкість, варіабельність властивостей через різні штами грибів, а також відсутність промислових стандартів.

Майбутні роботи мають бути спрямовані на:

- селекцію грибів із підвищеною структурною стабільністю;
- підбір оптимальних умов культивування відібраних штамів базидієвих грибів;
- модифікацію поверхні композитів (гідрофобізація);
- вдосконалення технологій гарячого пресування;
- розробку методів масштабного виробництва.

Таким чином, міцеліальні матеріали поєднують екологічність, функціональність та економічну ефективність, що робить їх ключовим напрямом розвитку біоінновацій у будівництві, дизайні та промисловості.

Література

1. Xing Y., et al. Growing and testing mycelium bricks as building insulation materials. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018;121(2):022032. DOI: 10.1088/1755-1315/121/2/022032.

2. Haneef M., et al. Material function of mycelium-based bio-composites: A review. *Frontiers in Materials*. 2021;8:737377. DOI: 10.3389/fmats.2021.737377.

3. Sydor M., et al. Fungi in Mycelium-Based Composites: Usage and Recommendations. *Materials*. 2022;15:6283. DOI: 10.3390/ma15186283.

4. Appels F.V.W., et al. Mycelium-based composites: A review of biofabrication procedures and applications. *Alexandria Engineering Journal*. 2023;83:234–250. DOI: 10.1016/j.aej.2023.10.012.

5. Jones M., et al. Recent advances in the construction of biocomposites based on fungal mycelium. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2022;10:1067869. DOI: 10.3389/fbioe.2022.1067869.

STUDY OF THE VIBURNUM IRIDOID COMPLEX TO DETERMINE ITS ROLE IN THE FORMATION OF ANTIOXIDANT PROPERTIES OF PRODUCTS

According to scientific research, common viburnum (*Viburnum opulus* L.) is a plant that contains a large number of compounds of the iridoid class [1]. Harpagide belongs to this class (Fig. 1).

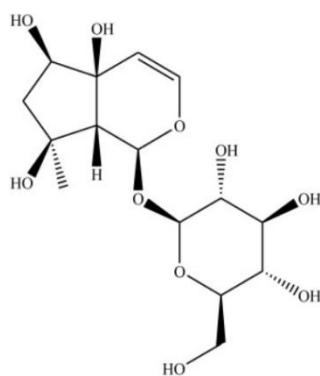


Fig. 1. Structure of harpagide [2]

Many other iridoid glycosides, such as patrinoside, viburnoside, and their derivatives, have been found in the genus *Viburnum*. They share the same basic iridoid backbone but differ in the substituents attached to this skeleton.

Iridoid compounds are found mainly in the bark and leaves of viburnum, rather than in the fruits themselves, which are more saturated with vitamins and phenolic compounds. Modern studies confirm that the viburnum iridoid complex is complex, but its exact quantitative contribution to the overall antioxidant activity compared to other substances (flavonoids, vitamin C) is often smaller.

Iridoids represent a large and still expanding group of cyclopenta[c]pyran monoterpenoids found in a number of folk medicinal plants used as bitter tonics, sedatives, hypotensives, antipyretics, cough medicines, remedies for wounds and skin disorders. This fact encouraged to investigate the bioactivities of these phytochemicals. Intensive studies revealed that iridoids exhibit a wide range of bioactivity: neuroprotective, antitumor, antiinflammatory, antioxidant, cardiovascular, antihepatotoxic, choleric, hypoglycaemic, hypolipidemic, antispasmodic, antiviral, antimicrobial, immunomodulator, antiallergic, anti-leishmanial and molluscicidal effects.

The consulted literature shows that iridoids or iridoid-rich fruits can be successfully applied to broaden the variety of foods, as functional additives, and

possibly as future pharmaceuticals of natural origin. Therefore, iridoids deserve an important role in a healthy diet and disease prevention (Fig. 2) [3].

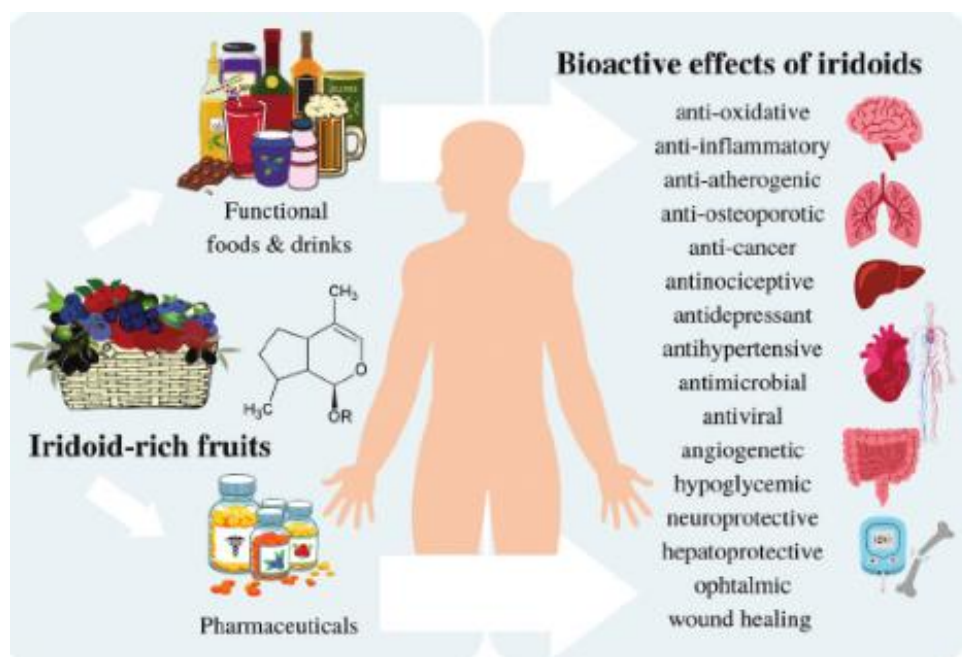


Fig. 2. Biological and Pharmacological Activities of Iridoids [3].

Our research focuses on how iridoids (as part of a complex extract) synergistically with other phenolic compounds affect the stability and quality of the final product (viburnum sauce), increasing its resistance to oxidation.

For viburnum sauce, the optimal approach is to use ripe fruit (lower natural bitterness), apply minimal or controlled heat treatment, and skillful blending to balance the flavor. This will preserve the iridoids in synergy with the anthocyanins for maximum stability, quality, and benefits.

References

1. Juhnevica-Radenkova, K., Krasnova, I., Seglina, D., Muizniece-Brasava, S., Valdovska, A., & Radenkovs, V. (2024). Scrutinizing the Antimicrobial and Antioxidant Potency of European Cranberry Bush (*Viburnum opulus* L.) Extracts. *Horticulturae*, 10(4), 367. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10040367>
2. Arraché Gonçalves, Guilherme & Eifler-lima, Vera & Poser, Gilsane. (2021). Revisiting nature: a review of iridoids as a potential antileishmanial class. *Phytochemistry Reviews*. 21. 101-126. 10.1007/s11101-021-09750-8.
3. Przybylska, Dominika & Kucharska, Alicja & Sozański, Tomasz. (2022). A Review on Bioactive Iridoids in Edible Fruits – from Garden to Food and Pharmaceutical Products. *Food Reviews International*. 39. 1-31. 10.1080/87559129.2022.2117375.

БАКТЕРІАЛЬНА ЦЕЛЮЛОЗА У КОСМЕТОЛОГІЇ

Бактеріальна целюлоза (БЦ) має великі перспективи використання у різних галузях промисловості, оскільки не містить у своєму складі лігніну та інших домішок. Бактеріальна целюлоза є полімером, який вважається екологічно чистим біоматеріалом, тому що він не спричиняє екологічного забруднення, оскільки біодеградабельний. Бактеріальна целюлоза у косметичній галузі може бути перспективним матеріалом завдяки своїм біологічним властивостям, таким як: морфологія, яка має організоване розташування нановолокон, полегшуючи транспортування та доставку речовин, не втручаючись у функцію продукту; висока механічна міцність; чистота; високе водопоглинання; відсутність токсичних властивостей; а головне, висока біосумісність [1, 2, 5]. Окрім того, бактеріальна целюлоза розглядається як перспективна альтернатива синтетичним полімерним матеріалам, які традиційно використовуються у косметичній промисловості, зокрема поліакриламід, нейлону та поліетилену, чия токсичність добре вивчена і викликає занепокоєння, стимулюючи пошуки більш безпечних замінників. Також у косметичному застосуванні бактеріальна целюлоза була помічена як чудова система для доставки сполук до шкіри завдяки високій адгезії та водопоглинанню [2, 6, 7].

Найчастіше в косметології використовують бактеріальну целюлозу як основу для тканинних масок та інших продуктів для догляду за шкірою, які можуть бути збагачені біологічно активними інгредієнтами, такими як вітаміни, органічні кислоти, тощо. Оскільки бактеріальна целюлоза здатна щільно прилягати до шкіри та утримувати велику кількість рідини її пропонують використовувати, як основу для покриття шкіри, яку потрібно регенерувати. Для пришвидшення регенеративних властивостей шкіри БЦ можна просочити різними біологічно активними речовинами, які застосовуються у медицині для загоєння ран і зменшення рубців, сприяючи швидкому відновленню шкіри. Також бактеріальну целюлозу можна використовувати як основу для масок, що мають антибактеріальні властивості для боротьби з акне, допомагаючи зменшити запалення та очистити шкіру [2, 3, 5, 6].

Одним із найпоширеніших напрямків використання бактеріальної целюлози в косметології є виробництво гідрогелевих масок для обличчя, які інтенсивно звожують та живлять шкіру. Бактеріальна целюлоза є альтернативним целюлозним субстратом для масок для обличчя, головним чином завдяки своїй надтонкій сітчастій структурі. У маски з бактеріальною целюлозою нині активно включають біологічно активні компоненти, зокрема

компоненти зволожувачів, ексfolіантів і засоби для освітлення шкіри, а також рослинні екстракти, вітаміни, білки, мінерали та інші екзотичні добавки, як-от екстракт равлика та морська вода.

Гідрогелеві маски на основі бактеріальної целюлози володіють високою адгезією до шкіряного покриву, що забезпечує більш глибоке проникнення біологічно активних компонентів косметичних засобів у шари епідермісу. Вони є ідеальним вибором для чутливої шкіри, оскільки БЦ є інертною речовиною і не викликає алергічних реакцій та різноманітних подразнень шкіри. Завдяки своїй здатності відновлювати водний баланс, такі маски стають незамінними в догляді за зневодненою та пошкодженою шкірою. Сучасні дослідження свідчать, що бактеріальна целюлоза також сприяє регенерації тканин, стимулюючи оновлення клітин. Включення додаткових функціональних компонентів, таких як пробіотики або пептиди, розширює спектр дії масок, роблячи їх ефективними у боротьбі зі старінням та іншими дерматологічними проблемами [2, 3, 5, 6, 8, 9].

Отже, бактеріальна целюлоза стає невід'ємним компонентом сучасної косметології, привертаючи увагу завдяки своїм властивостям і широким можливостям застосування. Її висока біосумісність, ефективність та екологічна безпечність роблять її ідеальним вибором для виробництва інноваційних косметичних засобів, які відповідають сучасним потребам споживачів. З подальшим вивченням і розвитком технології бактеріальна целюлоза має потенціал стати ключовим компонентом у створенні продуктів для догляду за шкірою [1, 3, 7].

Література

1. Bianchet R.T., Vieira Cubas A.L., Machado M.M., Siegel Moecke E.H. Applicability of bacterial cellulose in cosmetics - bibliometric review. *Biotechnol Rep (Amst)*. 2020 Jul 8;27:e00502. doi: 10.1016/j.btre.2020.e00502.
2. Oliveira T.J., Segato T.C.M., Machado G.P., Grotto D., Jozala A.F. Evolution of Bacterial Cellulose in Cosmetic Applications: An Updated Systematic Review. *Molecules*. 2022 Nov 30;27(23):8341. doi: 10.3390/molecules27238341.
3. de Amorim J.D.P., da Silva Junior C.J.G., de Medeiros A.D.M., do Nascimento H.A., Sarubbo M., de Medeiros T.P.M., Costa A.F.S., Sarubbo L.A. Bacterial Cellulose as a Versatile Biomaterial for Wound Dressing Application. *Molecules*. 2022 Aug 30;27(17):5580. doi: 10.3390/molecules27175580.
4. Revin V.V., Liyaskina E.V., Parchaykina M.V., Kuzmenko T.P., Kurgaeva IV, Revin VD, Ullah MW. Bacterial Cellulose-Based Polymer Nanocomposites: A Review. *Polymers (Basel)*. 2022 Nov 2;14(21):4670. doi: 10.3390/polym14214670.
5. Pacheco G., De Mello C.V., Chiari-Andréo B.G., Isaac V.L.B., Ribeiro S.J.L., Pecoraro É., Trovatti E. Bacterial cellulose skin masks—Properties and sensory tests. *J. Cosmet. Dermatol*. 2018 ;17:840–847. doi: 10.1111/jocd.12441.
6. Fonseca D.F.S., Vilela C., Pinto R.J.B., Bastos V., Oliveira H., Catarino J., Faísca P., Rosado C., Silvestre A., Freire C. Bacterial nanocellulose-hyaluronic acid

microneedle patches for skin applications: In vitro and in vivo evaluation. Mater. Sci. Eng. C Mater. Biol. Appl. 2021; 118:111350. doi: 10.1016/j.msec.2020.111350.

7. Mbituyimana B., Liu L., Ye W., Ode Boni B.O., Zhang K., Chen J., Thomas S., Vasilievich R.V., Shi Z., Yang G. Bacterial cellulose-based composites for biomedical and cosmetic applications: Research progress and existing products. Carbohydr. Polym. 2021; 273:118565. doi: 10.1016/j.carbpol.2021.118565.

8. Gallegos A., Carrera S.H., Parra R., Keshavarz T., Iqbal H. Bacterial cellulose: a sustainable source to develop value-added products - a review. BioResources. 2016; 5641-5655. doi.org/10.1111/jocd.13051.

9. Amnuait T., Chusit T., Raknam P., Boonme P. Effects of a cellulose mask synthesized by a bacterium on facial skin characteristics and user satisfaction. Med Devices (Auckl). 2011;4:77-81. doi: 10.2147/MDER.S20935.

УДК 579.663

¹ОХМАКЕВИЧ А.М., ^{1,2}ПИРОГ Т.П.

¹Національний університет харчових технологій

^{1,2}Інститут мікробіології і вірусології НАН України

АНТИМІКРОБНА АКТИВНІСТЬ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *RHODOCOCCLUS ERYTHROPOLIS* ІМВ Ас-5017, СИНТЕЗОВАНИХ ЗА НАЯВНОСТІ ДРІЖДЖІВ ТА ПОПЕРЕДНИКІВ БІОСИНТЕЗУ ФІТОГОРМОНІВ

Вступ. Серйозною проблемою сьогодення є застосування для обробки рослин хімічних пестицидів, які характеризуються токсичністю, створюють ризики отруєння людини та спричиняють забруднення екосистем. Фітопатогени постійно становлять загрозу зниження врожайності та дестабілізації продовольчої безпеки [1]. Як сучасну альтернативу розглядають поверхнево-активні речовини (ПАР) мікробного походження завдяки їх антимікробній активності у поєднанні з нетоксичністю та легкою біодеградабельністю [2]. Раніше показано, що ПАР *Nocardia vaccinii* ІМВ В-7405, синтезованим у середовищі з попередниками біосинтезу ауксинів (триптофан) і гіберелінів (еритритол), притаманна антимікробна щодо фітопатогенних бактерій активність [3, 4]. Встановлено, що біологічну активність поверхнево-активних *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017 щодо умовних патогенів можна підвищити внесенням у середовище культивування продуцента ПАР дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* БТМ-1 у різному фізіологічному стані [5].

Мета дослідження. Визначення антимікробної активності поверхнево-активних речовин *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, синтезованих у середовищі з попередниками біосинтезу фітогормонів за наявності *S. cerevisiae* БТМ-1.

Матеріали і методи. Культивування *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 здійснювали в рідкому середовищі з етанолом 2% (об'ємна частка),

триптофаном (300 мг/л) і еритритолом (400 мг/л). Як індуктор використовували термічно інактивовані клітини *S. cerevisiae* БТМ-1, а також відповідний супернатант. Концентрацію позаклітинних поверхнево-активних речовин визначали ваговим методом після екстракції модифікованою сумішшю Фолча. Антимікробну активність ПАР аналізували за показником мінімальної інгібуючої концентрації (МІК). Як тест-культури під час визначення біологічної активності ПАР використовували штами бактерій *Xanthomonas vesicatoria* 9098 та *Clavibacter michiganensis* 102 з колекції живих культур відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України.

Результати. Встановлено, що поверхнево-активні речовини *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, синтезовані у середовищі з еритритолом та/або триптофаном за наявності *S. cerevisiae* БТМ-1 у різному фізіологічному стані, характеризувалися вищою антимікробною активністю щодо досліджуваних фітопатогенних бактерій, порівняно з ПАР, одержаними під час культивування продуцента в аналогічних умовах, але без індуктора.

Так, внесення у середовище культивування як інактивованих клітин *S. cerevisiae* БТМ-1, так і еритритолу або триптофану супроводжувалось синтезом поверхнево-активних речовин, МІКи яких щодо *Xanthomonas vesicatoria* 9098 були відповідно у 4,7 та 21,9 разів нижчими, порівняно з дією ПАР, утворених у середовищі з одним попередником біосинтезу фітогормонів без дріжджів (0,1-0,15 та 0,7-2,19 мкг/мл відповідно).

Мінімальна інгібуюча концентрація поверхнево-активних речовин *R. erythropolis*, одержаних у присутності еритритолу, триптофану та супернатанту дріжджів, становила 0,12 мкг/мл щодо *Clavibacter michiganensis* 102, що у 10,4 рази нижче, ніж встановлена для ПАР, синтезованих у середовищі з попередниками біосинтезу ауксинів і гіберелінів, але без дріжджового індуктора.

Висновки. Отже, у результаті проведених досліджень встановлено можливість суттєвого підвищення антимікробної активності щодо фітопатогенних бактерій поверхнево-активних речовин *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 внесенням дріжджового індуктора у різному фізіологічному стані та попередників біосинтезу фітогормонів у середовище культивування.

Література

1. Calefi G.G., Silva N.B.S., Alhatlani B.Y., Abdallah E.M., Martins C.H.G. Harnessing nature's arsenal: sustainable plant-based strategies for phytopathogen control. *Frontiers in microbiology*, 2025, 16, 1588462. DOI: 10.3389/fmicb.2025.1588462.
2. Ashby R.D., Solaiman D.K.Y. Biosynthesis and applications of microbial glycolipid biosurfactants. *Innovative Uses of Agricultural Products and Byproducts*, 2020, 4, pp. 63-82. DOI: 10.1021/bk-2020-1347.ch004.
3. Pirog T., Leonova N., Piatetska D., Shevchuk T. Synthesis of

biologically active gibberellins and surface-active substances by *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 in the presence of erythritol. *Microbiological Journal*, 2025, vol. 87, no. 2, pp. 34-46. DOI: 10.15407/microbiolj87.02.034.

4. Pirog T., Piatetska D., Leonova N., Shevchuk T. Integrated technology of the surfactants and phytohormones biosynthesis by *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 for their use in crop production. *Ukrainian Food Journal*, 2024, vol. 13, no. 1, pp. 143-161. DOI: 10.15407/microbiolj87.02.034.

5. Okhmakevych A., Pirog T., Kliuchka L. Dependence of biological activity of surfactants synthesized by *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 on physiological state of yeast inducer. *Ukrainian Food Journal*, 2025, vol. 14, no. 1, pp. 111-126. DOI: 10.24263/2304-974X-2025-14-1-11.

УДК 664.6

ПАРХОМОВА О.О., БОНДАР Г.М., КРАСІНЬКО В.О.
Національний університет харчових технологій

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ЗБАГАЧЕННЯ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* ЗАЛІЗОМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ХЛІБА

Проблема дефіциту заліза на сьогоднішній день є надзвичайно актуальною, адже цей стан безпосередньо впливає на роботу серцево-судинної, нервової, імунної та інших систем організму. Залізо, як мікроелемент, вкрай важливий в процесах синтезу гемоглобіну та транспорту кисню, тому його нестача призводить до зменшення кількості еритроцитів, гіпоксії тканин, швидкої втомлюваності та зниження працездатності [1].

Особливо небезпечним дефіцит заліза є для серцево-судинної системи. Близько 60% пацієнтів із серцевою недостатністю мають ознаки нестачі заліза, що погіршує перебіг хвороби навіть без прояву анемії. Хронічне запалення спричиняє надлишкове утворення гепсидину — пептидного гормону, який блокує вивільнення заліза, формуючи «функціональний» дефіцит. Через це навіть нормальні добові норми мікроелемента стають недоступними для кровотворення. Унаслідок цього порушується кровотворення, посилюється кисневе голодування і зростає ризик аритмій [1].

Дефіцит заліза виникає з багатьох причин, пов'язаних із зменшенням надходження цього мікроелемента в організм та порушенням його всмоктування. До основних чинників належать підвищена потреба у залізі у періоди активного росту, вагітності або хронічних захворювань, а також обмежене надходження заліза з їжею, наприклад при недостатньому харчуванні або дотриманні вегетаріанської дієти. Крім того, всмоктування заліза може

знижуватись через наявність природних інгібіторів у продуктах харчування, зокрема кальцію, фітатів і танінів [2].

Одним із способів лікування дефіциту заліза є вживання харчових добавок. Однак застосування таких препаратів (а саме сульфату чи глюконату заліза) пов'язане з ризиком побічних ефектів, найпоширенішими з яких є симптоми з боку шлунково-кишкового тракту: нудота, блювання, діарея (що характерно для 40% пацієнтів) [3]. Натомість органічні форми заліза, зокрема хелатні комплекси мають значні переваги. Вони характеризуються високою абсорбцією та кращою переносимістю, навіть у пацієнтів із проблемами шлунково-кишкового тракту [2].

Профілактика та лікування дефіциту заліза може бути реалізована шляхом збагачення мікроорганізмів, зокрема дріжджів, що застосовуються у харчовій промисловості для виготовлення хлібобулочних виробів. Серед традиційних підходів до збагачення найбільш поширеною є стимуляція внутрішньоклітинної акумуляції заліза шляхом підвищення концентрації солей заліза в поживному середовищі. Окрім цього, вивчається вплив типу солей заліза на ефективність накопичення мікроелемента. Зокрема, у дослідженні [4] оцінювали вплив різних солей заліза на накопичення елемента дріжджовими клітинами *Saccharomyces cerevisiae* в поживному середовищі YPD, збагаченому солодовим екстрактом. Було використано кілька комбінацій солей, зокрема сульфат заліза (Fe^{2+} і Fe^{3+}), хлорид заліза (Fe^{2+} і Fe^{3+}) та нітрат заліза, у різних концентраціях. Оптимальним виявилось застосування сульфату заліза (Fe^{2+}) у концентрації 25 мг заліза на літр поживного середовища. За таких умов внутрішньоклітинна концентрація заліза у дріжджових клітинах досягала 3,2 мг/г сухої маси.

Також було проведено схоже дослідження [5], де вивчалася здатність дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* до біоаккумуляції заліза у поживному середовищі типу YPD. У роботі використовували сульфат заліза (Fe^{2+}) у концентрації 100 мг Fe^{2+} /л поживного середовища. За таких умов внутрішньоклітинна акумуляція досягала 8.062 ± 0.251 мг Fe^{2+} /г сухої маси дріжджових клітин, що свідчить про високу ефективність поглинання іонів заліза без негативного впливу на життєздатність клітин. Окрім цього, дослідники визначали вміст заліза у хлібі, виготовленому із використанням таких дріжджів. Його кількість становила 24.164 мг заліза/100 г продукту, що підтверджує ефективність біотехнологічного підходу до збагачення харчових продуктів мікроелементами. Також оцінювали вплив акумульованого заліза на ферментативну активність дріжджів, зокрема на утворення вуглекислого газу під час бродіння. Після 120 хвилин процесу дріжджі, збагачені залізом, витіснили 430 мл води, тоді як контрольні — 395 мл.

Хоча традиційні методи збагачення дріжджів залізом залишаються поширеними, сучасні дослідження все частіше застосовують більш ефективні технології, зокрема обробку імпульсним електричним полем (ІЕП). Цей підхід базується на явищі електропорації, за якого під дією короткочасних електричних імпульсів підвищується проникність клітинних мембран, що

сприяє інтенсивнішому проникненню іонів металів усередину клітини. Важливою попередньою стадією цього процесу є адсорбція іонів заліза на поверхні клітин, після чого під дією електричного поля відбувається їх активна внутрішньоклітинна акумуляція [2].

Застосування ІЕП для посилення біоакумуляції заліза описано в дослідженні [3], де як поживне середовище використовували YPD, доповнене 200 мкг/мл солі $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$. Після 20 годин культивування дріжджі піддавали імпульсній обробці через 8, 12, 16, 20 та 24 години за умов частоти 1 Гц, швидкості перемішування 100 об/хв, напруги 1500 В, ширини імпульсу 10 мкс, тривалості 10 хв та загальної кількості 1200 імпульсів. У результаті концентрація внутрішньоклітинного заліза досягала $48,01 \pm 0,88$ мг/г сухої маси. Подальше дослідження [2] показало, що вміст заліза у готовому продукті — хлібі — становив $385,8 \pm 4,12$ мг/100 г, що значно перевищує значення, наведене у роботі [5], а саме 24,164 мг/100 г. Окрім того, автори визначили антиоксидантну та антирадикальну активність збагаченого продукту (1,09 mMTE і 0,77 mMTE відповідно), а також встановили біодоступність заліза на рівні $10,83 \pm 0,94\%$.

Висновки. Збагачення дріжджів залізом є новим біотехнологічним підходом для профілактики та лікування дефіциту заліза. Найефективнішим способом є ІЕП, оскільки, на відміну від традиційного підвищення концентрації солей заліза в середовищі, він забезпечує підвищену проникність клітинних мембран через явище електропорації. Це сприяє зростанню внутрішньоклітинної акумуляції заліза до 48,01 мг/г сухої маси, що майже у шість разів перевищує показники звичайного культивування.

Застосування ІЕП не лише підвищує ефективність внутрішньоклітинного накопичення заліза у дріжджових клітинах, але й сприяє створенню харчових продуктів із покращеними функціональними властивостями. Такий підхід забезпечує перехід мікроелемента у біологічно активну форму, оскільки залізо інтегрується у структуру металопротеїнів, що характеризуються високою засвоюваністю в організмі людини. Отриманий за цією технологією хліб розглядатися як джерело органічних сполук заліза, що здатне ефективно відновлювати його фізіологічний рівень і запобігати розвитку залізодефіцитних станів, зокрема анемії. Поєднання технологічної ефективності, економічної доцільності та безпечності методу робить ІЕП перспективним інструментом у виробництві функціональних продуктів нового покоління.

Література

1. Im S. I. Advances in iron deficiency and iron-related arrhythmias and cardiovascular diseases // *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. – 2025. – Vol. 12. – Article 1573095. – DOI: <https://doi.org/10.3389/fcvm.2025.1573095>
2. Nowosad K., Sujka M. The use of iron-enriched yeast for the production of flatbread // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26, No. 17. – P. 5204. – DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26175204>

3. Nowosad K., Sujka M., Pankiewicz U., Miklavčič D., Arczewska M. Pulsed electric field (PEF) enhances iron uptake by the yeast *Saccharomyces cerevisiae* // *Biomolecules*. – 2021. – Vol. 11, No. 6. – P. 850. – DOI: <https://doi.org/10.3390/biom11060850>
4. Gaensly F., Picheth G., Brand D., Bonfim T. The uptake of different iron salts by the yeast *Saccharomyces cerevisiae* // *Brazilian Journal of Microbiology*. – 2014. – Vol. 45. – P. 491–494. – DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-83822014000200016>
5. Gaensly F., Wille G. M. F. D. C., Brand D., Bonfim T. M. B. Iron enriched *Saccharomyces cerevisiae* maintains its fermenting power and bakery properties // *Food Science and Technology*. – 2011. – Vol. 31. – P. 980–983. – DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000400025>

Секція 4.

Інноваційні

технології

виробництва

харчових добавок

та косметичних

засобів

УНІКАЛЬНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВА АНТОЦΙΑНОВИХ БАРВНИКІВ – ПРИРОДНИХ ІНДИКАТОРІВ

Вступ. Антоціани – водорозчинні пігменти вакуоль рослин, які можуть бути червоних, фіолетових або синіх кольорів та їх відтінків в залежності від кислотності. Назва антоціанів походить від двох грецьких слів *anthos* (квітка) і *kyanos* (синій). Молекули антоціанів належать до групи флавоноїдів, що належать в свою чергу до класу глікозидів.

Найбільш багаті антоціанами чорниця, журавлина, виноград, малина, ожина, чорна смородина, та інші рослини. Тому можна стверджувати, що в Україні достатньо багата сировинна база для отримання енобарвника.

Актуальність теми полягає у створенні нових функціональних продуктів, а також у тому, що суміші антоціанів, насамперед, є натуральними барвниками, що надає їм безумовну перевагу над синтетичними: такі барвники є нешкідливими, їх можна додавати в продукти харчування в будь-яких кількостях; антоціанові барвники можна отримувати з вичавок плодів, ягід, що є відходами від виробництва соків та вина.

Результати та обговорення. Метою роботи було отримання суміші антоціанів, розроблення нових видів функціональних продуктів з їх додаванням та вивчення властивостей отриманих продуктів.

Виявилося, що антоціани в клітинах знаходяться переважно у вигляді глікозидів. Їх аглікони, що отримали назву антоціанідинів, пов'язані переважно з цукрами глюкозою, галактозою, рамнозою. Кожен антоціанідин має свій колір. Змішування кольорів різних антоціанідинів і дає таке розмаїття природного забарвлення - від червоної до фіолетового. Відомо шість найбільш поширених антоціанідинів (табл.1)

Таблиця 1. Представники антоціанідинів

Назва антоціанідину	Формула антоціанідину	Назва антоціанідину	Формула антоціанідину
Пеларгонідин		Ціанідин	
Пеонідин		Мальвідин	
Петунідин		Дельфінідин	

На підставі проведених досліджень по вивченню фізико-хімічних та органолептичних властивостей суміші антоціанів, отриманих з чорниці та червоних сортів винограду, що надають ягодам червоного, синього та фіолетового кольору, а також мають потужну антиоксидантну дію, підтверджено їх унікальність. Показано, що ці природні пігменти можуть бути використані для створення нових видів функціональних харчових продуктів. Експериментально підтверджено доцільність використання суміші антоціанів у виробництві твердого сиру та йогурту.

Висновки. Показана доцільність використання антоціанів, як природних барвників та харчових добавок, при розробці нових видів харчових продуктів, що є необхідним в сучасному світі завдяки їх фарбувальним та антиоксидантним властивостям.

Література

1. Dovhenko, Y.O., Podobii O.V. (2014) Anthocyanins: methods of the derivation, investigation and the influence on food products. Ukrainian Food Journal, V. 3(Is. 5). 7-14.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОВОЧЕВИХ ПЮРЕ НА ТЕХНОЛОГІЮ ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА

Продукти харчування є одними з фундаментальних складових, які постачають до організму людини пластичний матеріал та енергією, що впливає на фізіологічну і розумову працездатність та визначає здоров'я людини. Продукти, що відповідають вимогам сьогодення - це продукти зі збалансованим складом, з низькою калорійністю, що містять інгредієнти: функціонального і лікувального призначення, продукти швидкого приготування. [1]

На сьогоднішній день ведуться активні розробки зі створення комбінованих молочних продуктів з використанням рослинної сировини, яку можна розділити на декілька основних груп:

- плодово-ягідна, овочева сировина;
- дикоросла сировина (шипшина, калина, глід, лікарські трави);
- зернові культури.

Зазвичай рівень заміни основної сировини в продуктах становить від 5% до 30%. Під час створення комбінованого харчового продукту розробники керуються певними принципами, такими як додавання нового інгредієнту, збереження максимальної кількості біологічно активних речовин, збалансованість продуктів за основними нутрієнтами, які зуміють забезпечити високу харчову та біологічну цінності.[1] У США та країнах Європи прискореними темпами набуває популярність низькокалорійного морозива з підвищеною біологічною цінністю, такого як морозиво зі зниженим вмістом жиру, знежирене, фруктове, овочеве та горіхове, шербети, заморожений йогурт та інші заморожені продукти.[2]

Морозиво або заморожений десерт – це збитий солодкий заморожений продукт, який містить у своєму складі молоко та молочні продукти, сахарозу, стабілізатори, у деяких рецептурах – яєчні продукти, смакові й ароматні речовини та різні фруктові наповнювачі.[1]

За останній час відбулися значні дослідження як вітчизняних, так і зарубіжних вчених присвячені розробленню унікальних рецептур морозива з додаванням плодово – овочевої сировини. У тому числі, в Україні розроблено склад морозива пломбірної групи жирністю 12,5% із пюре з селери та шпинату. Як стабілізатор структури було використано гарбузове борошно у кількості 2—4%. Натомість, хімічний склад такого морозива, зокрема за вмістом сухого знежиреного молочного залишку, який досягає 20%, значно перевищує існуючі нормативи і не є доцільним як з точки зору досягнення характерних для морозива органолептичних та фізико-хімічних показників.

На сьогоднішній день є досить актуальною темою використання овочевого пюре у технології виробництва морозива. Його виготовляють з рослинної сировини у якій міститься велика кількість пектинів, для надання стійкої структури морозиву.

Для підвищення вмісту розчинного пектину (РП) овочеве пюре попередньо піддають ферментації та термокислотному обробленню відповідно до рекомендацій. Масову частку розчинного пектину в овочевих пюре, оброблених різними способами, наведено на рис. 1. [2]

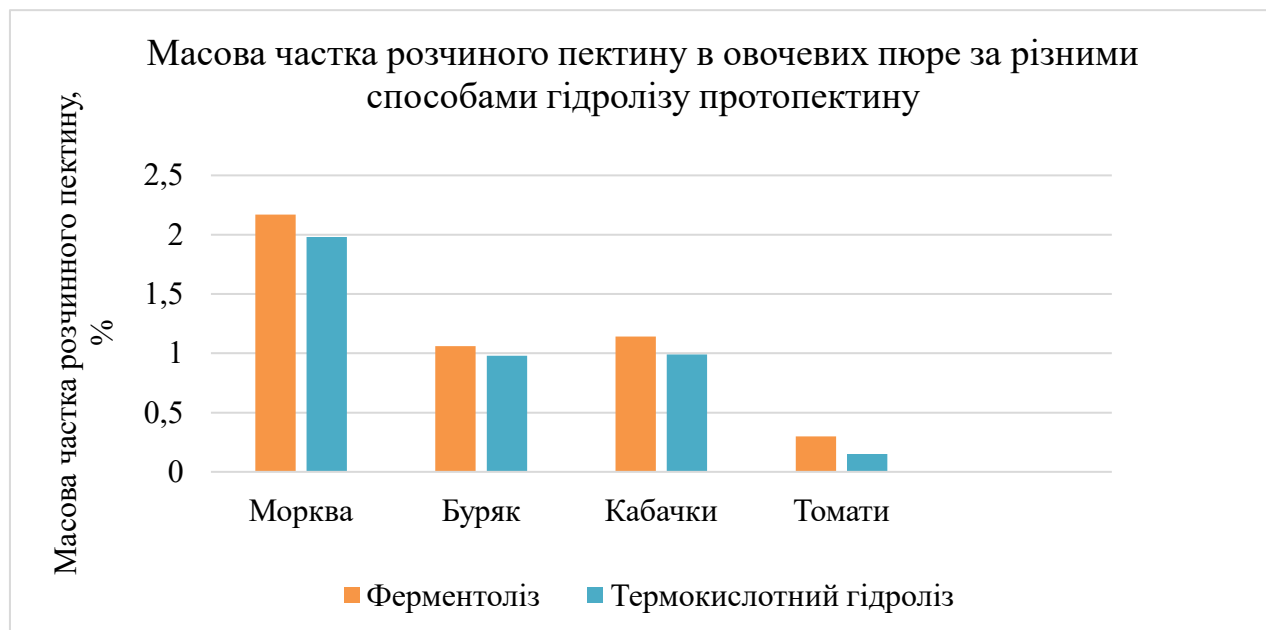


Рис. 1 Масова частка розчинного пектину в овочевих пюре за різних способів гідролізу протопектину

Згідно з даними рис. 1, ферментація овочевих пюре забезпечує вищий вихід розчинного пектину порівняно з термокислотою обробкою. Крім того, ферментоліз має додаткові переваги, зокрема зниження теплових витрат і відсутність агресивного впливу високої температури та кислотного середовища на біологічно активні компоненти овочевої сировини.

Для отримання даних про активну кислотність суміші морозива з варійованим вмістом овочевих пюре було проведено дослідження фізико-хімічних показниками якості. У таблиці 1 продемонстровано активну кислотність сумішей овочевих пюре, що були ферментовані й термічно гідролізовані.[2]

Таблиця 1

Активна кислотність сумішей морозива з різним вмістом овочевих пюре, що були піддані ферментолізу ($P \geq 0,95$, $n=3$)

Вид овочевого пюре	Масова частка овочевого пюре, %				
	10	15	20	25	30
Контроль без пюре	6,45±0,32				
Морква	6,45±0,21	6,46±0,33	6,46±0,32	6,47±0,31	6,48±0,33
Буряк	6,49±0,34	6,53±0,34	6,55±0,32	6,55±0,34	6,56±0,33
Кабачки	6,50±0,34	6,52±0,33	6,52±0,31	6,53±0,32	6,54±0,33
Томати	6,22±0,30	6,15±0,32	6,01±0,29	5,98±0,31	5,87±0,29

У табл. 1 зазначено, що застосування овочевих пюре після кислотного гідролізу потребує відповідних умов використання у поєднанні з молочною основою, для того щоб запобігти термокислотному зсіданню білків молока в суміші морозива. Тому згідно рекомендацій молочну та овочеву основи змішувати необхідно після їх окремого теплового оброблення та охолодження до температури визрівання, як це прийнято в технології морозива з плодово-ягідною сировиною.

Згідно вимогам технології виробництва морозива, молочно-овочеву суміші необхідно готувати шляхом послідовного змішування рецептурних компонентів, після чого проводити пастеризацію за температурою 85 ± 2 °C протягом 3 хв, гомогенізацію при тиску $12,0 \pm 1,0$ МПа, охолодження до 4 ± 2 °C, додавання овочевих пюре, перемішування протягом 1—2 хв та витримування суміші протягом 2 годин. Оптимальний вміст овочевої сировини у морозиві в межах 10–30%. [2]

Отже, аналізуючи вище зазначене можна стверджувати, що визначну роль у структуруванні морозива з додаванням овочевого пюре відіграє кількість пюре та його ступінь обробки.

Література:

1. Берник І.М., Руденко І. А., Новгородська Н.В., Овсієнко С. М., Колісніченко А. Р., Дідик Т. В. (2024) Морозиво з ягідно-овочевим наповнювачем. Продовольчі ресурси т. 12, № 23, 24 – 35;
2. В. Я. Сапіга, Г. Є. Поліщук Вплив овочевих пюре різних способів оброблення на органолептичні та фізикохімічні показники морозива молочного (2023). Харчові технології. Наукові праці НУХТ 2023. Том 29, № 1, 173 – 186.

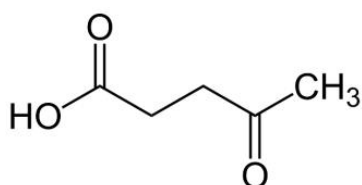
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОФОБНИХ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ЕВТЕКТИЧНИХ РОЗЧИННИКІВ У КОСМЕТИЧНИХ ЕМУЛЬСІЯХ

Тенденції косметичної галузі на 2026 рік відображають ринок, що розвивається, зумовлений зміною споживчих цінностей, науковими досягненнями та цифровими інноваціями. За оцінками світовий ринок косметики зросте з 354,68 млрд доларів США у 2025 році до понад 556,21 млрд доларів США до 2032 року, зі сукупним річним темпом зростання (CAGR) 6,64%.

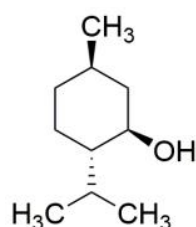
Серед головних тенденцій – персоналізована косметика, дерматокосметика, натуральні та органічні компоненти, біотехнології та нанотехнології. Значну частину косметичних продуктів складають емульсії. Це колоїдні системи, що складаються з двох рідких фаз: олійної та водної фази, причому одна розподілена в іншій. Споживачі віддають перевагу цьому типу емульсії, але вона становить значну небезпеку забруднення через великий об'єм води в її складі, що служить ідеальним фактором росту для бактерій. Сьогодні забруднення косметичних виробів становить занепокоєння для здоров'я споживачів.

Консерванти додаються до косметики для підтримки її мікробіологічної чистоти під час виробництва, упаковки, зберігання та, що найважливіше, під час використання. Вони мають антибактеріальний ефект, а при додаванні до косметики запобігають росту бактерій, цвілі та грибків, подовжуючи термін придатності. Незважаючи на те, що консерванти часто використовуються в низьких концентраціях, вони є однією з основних причин алергії у споживачів. Тому так важливо шукати нові рішення для покращення системи консервації [1-2].

Гідрофобні низькотемпературні евтектичні розчинники (ГНЕР), які зазвичай описуються як комбінація двох або більше гідрофобних твердих речовин, що при змішуванні утворюють рідку фазу, можуть забезпечити новий та перспективний спосіб вирішення цих проблем. Недавні дослідження показали, що кілька поширених природних антимікробних препаратів, таких як ментол, можуть бути використані як компоненти високої концентрації для приготування ГНЕР.



Левулінова кислота



L-Ментол

Рисунок 1 – Компоненти ГНЕР, який досліджується

У даній роботі розглядались антимікробні властивості гідрофобного низькотемпературного евтектичного розчиннику на основі ментолу та левулінової кислоти (рисунок 1). Окремо ці сполуки мають здатність до пригнічення росту бактерій та грибів, тому є потенціал до використання їх в якості консервуючих систем у косметичній промисловості [3-4].

Було приготовлено три емульсії, компоненти яких представлено в таблиці 1.

Для отримання емульсії окремо нагріли водну фазу А та жирну фазу В до 70 °С до повного розчинення компонентів. Далі фази змішали, гомогенізували, охолодили до 40 °С при постійному помішуванні та додали фазу С. Отримана емульсія однорідна та білого кольору. Крем А та С містять легкий запах, характерний ментолу.

Таблиця 1 – Склад емульсій, які досліджувалися

Фаза	Крем А	Крем В	Крем С
А	Вода	Вода	Вода
А	Гліцерин	Гліцерин	Гліцерин
А	Ксантанова камедь	Ксантанова камедь	Ксантанова камедь
В	Олія авокадо	Олія авокадо	Олія авокадо
В	Коко-каприлат	Коко-каприлат	Коко-каприлат
В	ГНЕР ментол-левулінова кислота	-	ГНЕР ментол-левулінова кислота
В	Olivem 1000	Olivem 1000	Olivem 1000
В	Гліцерил моностеарат	Гліцерил моностеарат	Гліцерил моностеарат
С	Токоферол ацетат	Токоферол ацетат	Токоферол ацетат
С	Euxyl PE 9010	Euxyl PE 9010	-

Із отриманими емульсіями провели мікробіологічний тест із використанням сінної палички *Bacillus subtilis* та поживного середовища. Результати показали, що додавання в крем гідрофобного низькотемпературного розчинника на основі

ментолу та левулінової кислоти покращує стійкість крему до дії мікроорганізмів.



Крем А



Крем В



Крем С

Рисунок 2 – Результати мікробіологічного тесту кремів А, В, С

Література

1. StartUs Insights. (2025, 24 липня). *Top 10 Cosmetic Industry Trends & Innovations*. StartUs Insights. <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/cosmetic-industry-trends/#Blockchain-Beauty>
2. Shkreli, R., Terziu, R., Memushaj, L., & Dhamo, K. (2022). Formulation and stability evaluation of a cosmetics emulsion loaded with different concentrations of synthetic and natural preservative. *Journal of Biological Studies*, 5(1), 38-51.
3. Adeoye, D. O., Gano, Z. S., Ahmed, O. U., Shuwa, S. M., Atta, A. Y., Iwarere, S. A., ... & Daramola, M. O. (2023). Synthesis and characterisation of menthol-based hydrophobic deep eutectic solvents. *Chemistry Proceedings*, 14(1), 98.
4. Zeng, C., Liu, Y., Ding, Z., Xia, H., & Guo, S. (2021). Physicochemical properties and antibacterial activity of hydrophobic deep eutectic solvent-in-water nanoemulsion. *Journal of Molecular Liquids*, 338, 116950.

УДК 613.495

ГАРГАУН Р.В., САЛЄБА Л.В., ГАТИЦЬКИЙ І.М.
Херсонський національний технічний університет

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОСМЕТИЧНОЇ ЕМУЛЬСІЇ ЛАМЕЛЯРНОГО ТИПУ

Сучасна косметична промисловість орієнтована на створення інноваційних продуктів, що відтворюють природні механізми захисту та

регенерації шкіри. Одним із найперспективніших напрямів є застосування ламелярних емульсій, структура яких імітує багатошарову організацію ліпідів рогового шару епідермісу. Використання таких систем дозволяє підвищити ефективність доставки активних інгредієнтів, забезпечити пролонговану дію косметичних засобів, відновити бар'єрні функції та покращити сенсорні характеристики продукції [1, 2]. Попри значну кількість комерційних формул, питання стабільності, оптимізації рецептури залишаються відкритими та потребують дослідження.

Метою роботи було розроблення рецептури та дослідження технології виробництва косметичної емульсії ламелярного типу.

Для досягнення мети визначено наступні завдання: проаналізувати сучасні наукові джерела щодо формування ламелярних структур у косметичних системах; обґрунтувати вибір емульгаторів, ко-емульгаторів та допоміжних речовин для створення стабільної системи; розробити рецептуру крему ламелярного типу; дослідити органолептичні та фізико-хімічні характеристики отриманого продукту; оцінити стабільність емульсії та зміни рН під час зберігання.

Об'єктом дослідження було визначено розроблену косметичну емульсію ламелярного типу та технологію її виробництва.

Дослідження проводили із застосуванням стандартних методів органолептичного аналізу та фізико-хімічних вимірювань за ДСТУ 4765:2007 і ДСТУ 5009:2008.

Розроблена рецептура забезпечила утворення стабільної ламелярної структури, що підтверджується рівномірною консистенцією та відсутністю вираженого розшарування впродовж контрольного періоду.

Органолептичні характеристики крему відповідають нормативним вимогам: однорідна текстура, запах та легке нанесення на шкіру.

Визначено, що початкове значення рН емульсії перебувало у межах фізіологічних параметрів (4,5 – 5,5), що забезпечує сумісність зі шкірою та відсутність подразнювальної дії. У перші два тижні зберігання показник залишався стабільним, проте згодом спостерігалось поступове зниження рН через окисно-гідролітичні процеси. Це свідчить про необхідність включення до рецептури консервантів або антиоксидантів для покращення довготривалої стабільності продукту.

Проведений аналіз підтвердив відповідність отриманої емульсії вимогам стандартів за основними показниками, а також продемонстрував перспективність використання ламелярних структур у складі косметичних кремів. Результати проведених досліджень наведені у табл. 1.

**Органолептичні та фізико-хімічні показники косметичної емульсії
ламелярного типу**

Показник	Результати досліджень				
Зовнішній вигляд	текстура однорідна, без сторонніх вкраплень, домішок та крупинок, середньої густоти та в'язкості; консистенція легка, кремова, приємна на дотик				
Колір	колір білий, без сторонніх відтінків				
Запах	Запах притаманний складовим компонентам				
	1 день	7 днів	14 днів	21 днів	28 днів
Колоїдна стабільність	С*	С	С	С	С
Термостабільність	С	С	С	С	С
рН Середовища	6,5	6,1	5,3	4,3	4,0

*С – стабільність.

Практична значущість роботи полягає у можливості впровадження розробленої рецептури для промислового виробництва інноваційних біоміметичних косметичних засобів, з урахуванням сучасних принципів і тенденцій екологічної безпечності.

Таким чином, в роботі розроблено базову рецептуру крему ламелярного типу з оптимальним складом емульгаторів та допоміжних речовин з використанням консервантів та антиоксидантів; експериментально підтверджено стабільність, однорідність та відповідність продукту органолептичним і фізико-хімічним вимогам.

Література

1. Moraes C., Anjos J.L.V., Maruno M., Alonso A., Rocha-Filho P. (2018) Development of lamellar gel phase emulsion containing baru oil (*Dipteryx alata* Vog.) as a prospective delivery system for cutaneous application. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*. V.13. Is.2. 183-190. <https://doi.org/10.1016/j.ajps.2017.09.003>
2. Chiba M., Miyazaki M., Ishiwata Sh. (2014) Quantitative Analysis of the Lamellarity of Giant Liposomes Prepared by the Inverted Emulsion Method. *Biophysical Journal*. V.107. Is.2. 346-354. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2014.05.039>

ОЦІНКА ВПЛИВУ ТИПУ ЕМУЛЬГАТОРІВ НА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛАМЕЛЯРНИХ КОСМЕТИЧНИХ ЕМУЛЬСІЙ

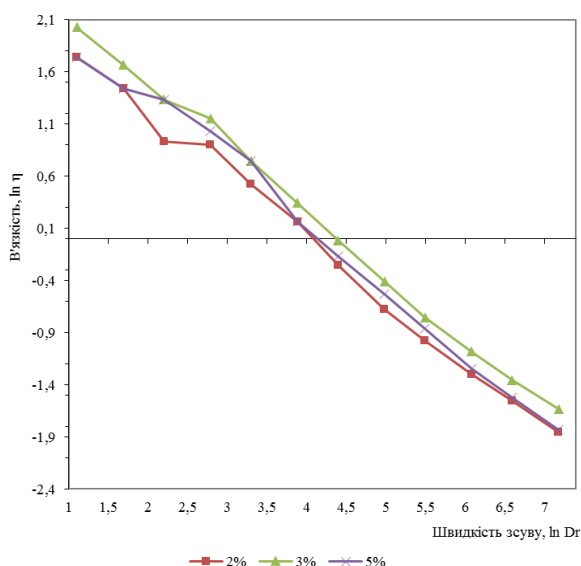
Удосконалення косметичної продукції полягає у створенні продуктів та засобів, що моделюють та відтворюють природні механізми шкірного покриву.

Ламелярні емульсії є сучасними косметичними системами, структура яких імітує організацію міжклітинних ліпідів рогового шару шкіри. Такі креми характеризуються підвищеною фізіологічною сумісністю, покращеною сенсорикою та високою стабільністю. Ключовим фактором формування ламелярної структури є емульгатор, оскільки саме він визначає міжфазну організацію, ступінь структурованості системи та стабільність емульсії загалом. Одним із важливих факторів готовності косметичної системи є в'язкість. Дослідження в'язкості є невід'ємною складовою комплексної оцінки якості ламелярних косметичних емульсій, оскільки цей параметр визначає механічну поведінку продукту, його консистенцію, легкість розподілення по шкірі та суб'єктивні сенсорні відчуття під час використання. Для емульсій з ламелярною організацією, у яких структура побудована на послідовних шарах ліпідів та водної фази, реологічні характеристики мають особливе значення, адже саме вони вказують на ступінь сформованості та стабільності цих впорядкованих структурних ланцюгів. В'язкість у таких системах нерозривно пов'язана зі структурною інтегрованістю ламел, вона може відображати як щільність упакування ліпідних шарів, так і міцність міжфазних взаємодій, що утримують систему в стабільному стані.

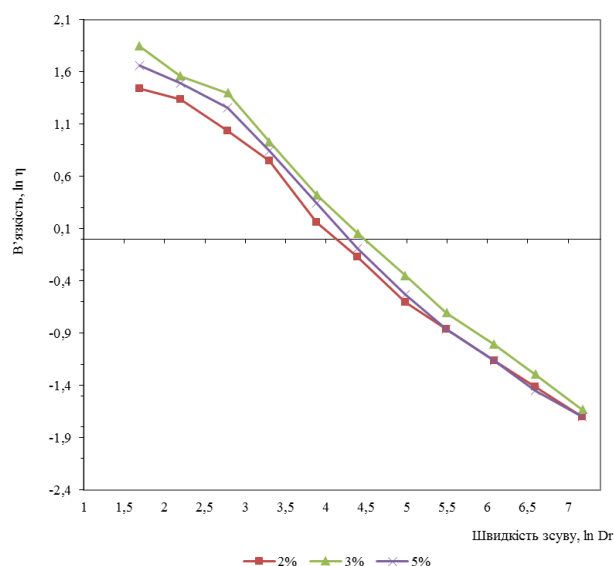
В роботі проводили визначення впливу типу емульгатора на реологічні властивості ламелярних косметичних емульсій, для чого було використано механічний метод із застосуванням ротаційного віскозиметра.

Результати проведених досліджень (рис. 1) свідчать, що усі зразки емульсії мають високу в'язкість, що в свою чергу підтверджує псевдопластичну поведінку та сформованість ламелярних структур. Тип емульгатора значно впливає на реологічні властивості та якість ламелярних емульсій. Варто зазначити, що найвищу стабільність та реологічну цілісність продемонструвала суміш емульгаторів Cetearyl Alcohol + Glyceryl Stearate. Дещо нижчі показники стабільності демонструють зразки емульсій з емульгаторами Glyceryl Stearate SE та Cetearyl Glucoside.

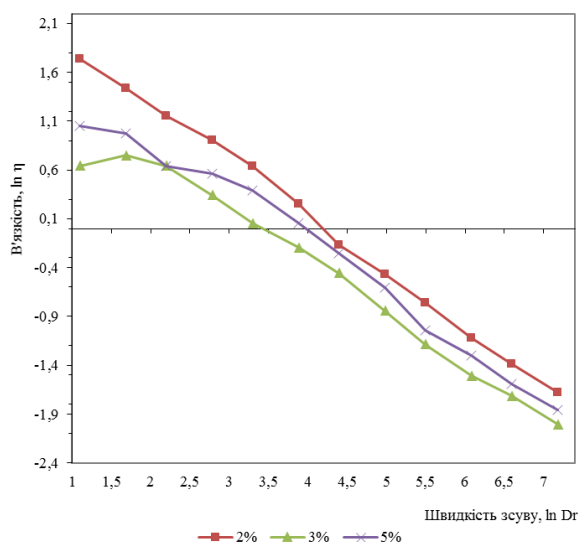
Результати роботи мають важливе практичне значення для косметичної промисловості, оскільки дозволяють обґрунтовано добирати тип емульгатора для створення ламелярних емульсій із прогнозованими реологічними властивостями.



Glyceryl Stearate SE



Cetearyl Glucoside



Cetearyl Alcohol та Glyceryl Stearate

Рис. 1. Залежність в'язкості від швидкості зсуву зразків емульсії з різними типами емульгаторів

Встановлення взаємозв'язку між структурою емульгатора та в'язкісно-реологічною поведінкою емульсій забезпечує можливість оптимізації рецептур кремів, спрямованих на підвищення їх стабільності, сенсорних характеристик та фізіологічної сумісності зі шкірою. Отримані дані можуть бути використані при розробленні нових ламелярних косметичних засобів із заданою консистенцією, для підбору оптимального емульгатора у виробничих умовах, у технологічних регламентах виробництва кремів із покращеною здатністю до розподілення та стабільністю під час зберігання, у подальших дослідженнях, пов'язаних із модифікацією структури ламелярних систем та підвищенням їх функціональності.

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ФАРБ ДЛЯ ВОЛОССЯ З НАТУРАЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ

Мільйони людей по всьому світу фарбують волосся в різні кольори, щоб бути в тренді моди. Проте часте використання синтетичних фарб може призвести до дуже неприємних наслідків. Активні складники фарби здатні завдати шкоди не тільки волосся, але і організму в цілому. У першу чергу страждає шкіра голови, також може спостерігатись прихована алергічна реакція.

Звичайні хімічні (окислювальні) фарби для волосся, як правило, включають знебарвлюючі компоненти (аміак і перекис водню). Вони викликають повну або часткову втрату природного пігменту волосся, а його місце займають пігменти фарби, які реагують з киснем, що виділяється під час знебарвлення. Чим світліший відтінок обраної фарби, тим вищий в ній вміст знебарвлюючих компонентів і тим сильніше вона руйнує натуральний пігмент волосся.

Вплив окислювальних фарб не може не позначитися на здоров'ї волосся: воно стає слабкішим, втрачає природний об'єм і блиск. Після фарбування волосся такою фарбою потрібен спеціальний догляд, спрямований на відновлення пошкодженої структури й захист волосся від негативних чинників довкілля.

Натуральні фарби для волосся на рослинній основі – нешкідлива альтернатива хімічним барвникам. Такі фарби стали відомі набагато раніше за окислювальні, ними користувалися ще до нашої ери. Дія натуральних фарб для волосся базується не на хімічній реакції із заміщенням природного пігменту штучними складниками, а на фізичному впливі: компоненти таких фарб не проникають глибше кутикули (зовнішнього шару) волосся й обволікають кожну волосину захисним шаром, завдяки чому структура волосся не пошкоджується.

Завдяки натуральному складу трав'яні фарби не завдають жодної шкоди ані волосся, ані шкірі голови. До того ж, вони сприяють зміцненню волосся, активізують ріст, відновлюють раніше пошкоджене волосся, сприяють регуляції виділення шкірного сала, борються з лупою, дають освіжальний і тонізуючий ефект. Фарбоване волосся не просто отримує чудовий природний відтінок, але й наповнюється блиском за всією довжиною, стає більш товстим й міцним, що робить зачіску дуже гарною.

До найчастіше використовуваних натуральних барвників належать:

- натуральна хна для волосся, вона підходить і для блондинок, і для брюнеток. Фарба дає відтінки червоного або помаранчевого – усе залежить від природного кольору волосся. Завдяки високій покривній здатності хну часто використовують як натуральну фарбу для сивого волосся;

- індиго часто поєднують із хною для створення насичених темно-коричневих відтінків. А без додавання хни ця натуральна фарба для волосся створює красиві холодно-блакитні відтінки;

- касія підтримує процес регенерації і зміцнює волосся. Її використовують як доглядову маску або як легкий натуральний тонувальний засіб для волосся, світлого від природи. Сивому й дуже світлому волосся вона надасть ніжно-золотавого відтінку.

Усі ці барвники випускаються у вигляді порошку й можуть використовуватися окремо або в поєднанні один з одним.

Фарбування волосся натуральними фарбами має певні переваги:

- природні фарби багаті на рослинні екстракти й доглядові олії, завдяки чому вони зміцнюють і живлять волосся;
- вони підходять навіть для чутливої шкіри голови й можуть бути більш лагідними до волосся з лупою або схильністю до випадіння;
- можуть підходити для алергіків;
- зміцнюють волосся та покращують його структуру;
- надають волосся природного блиску.

До основних недоліків натуральних фарб можна віднести наступні:

- невелика палітра відтінків і кольорів;
- при тривалому використанні можуть пересушити волосся;
- процес фарбування може зайняти кілька годин;
- результат може бути непередбачуваним на раніше пофарбованому волоссі.

Таким чином, незважаючи на перелічені недоліки, натуральні фарби для волосся мають більш сприятливий вплив на волосся та шкіру голови, ніж синтетичні, і при регулярному використанні допоможуть зберегти здоров'я волосся і зробити його більш живим і шовковистим.

Література

1. Натуральна фарба для волосся [Електронний ресурс]. – URL: <https://www.notino.ua/naturalna-farba-dlia-volossia/>

2. Натуральна фарба для волосся: огляд барвників на рослинній основі і догляд після фарбування [Електронний ресурс]. – URL: <https://newbreed.com.ua/natural-naya-kraska-dlya-volos-obzor-krasiteley-na-rastitel-noy-osnove-i-uhod-posle-okrashivaniya/>

3. Особливості трав'яних фарб для волосся [Електронний ресурс]. – URL: <https://organic-store.in.ua/beauty/518-osoblyvosti-travianykh-farb-dlia-volossia.html>

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЕЛІВ ДЛЯ ДУШУ НА ОСНОВІ СИНТЕТИЧНИХ ТА НАТУРАЛЬНИХ ПОВЕРХНЕВО- АКТИВНИХ РЕЧОВИН

У структурі попиту на косметичному ринку України провідні позиції займають засоби особистої гігієни, серед яких значну частку становлять косметичні піномийні засоби. До них належать мило, гелі для душу, піни для ванн та інші засоби, призначені для очищення шкіри та її придатків.

Основними функціями гелів для душу є делікатне очищення шкірного покриву, видалення забруднень та продуктів життєдіяльності організму, а також забезпечення приємних сенсорних відчуттів під час застосування. Визначальну роль у формуванні споживчих властивостей гелів для душу відіграють поверхнево-активні речовини (ПАР), які зумовлюють миючу здатність, піноутворення та вплив засобу на стан шкіри. Синтетичні ПАР, зокрема лаурил- і лауретсульфати, характеризуються високою здатністю до утворення піни та ефективністю очищення, проте за надмірного або тривалого використання можуть спричиняти сухість і подразнення шкіри. Альтернативою їм є м'які ПАР рослинного походження – коко-глюкозид, деалкілглюкозид, натрію коко-сульфат тощо, які відзначаються більш щадною дією.

Метою даної роботи є порівняльний аналіз гелів для душу на основі синтетичних та натуральних ПАР за показниками складу, піноутворення, рН та органолептичних характеристик. Об'єктом дослідження виступають гелі для душу промислового виробництва Magic Christmas Cookie, Palmolive Refreshing Peach, YOPE Róža, Mr.Scrubber Deep Ocean, а предметом – їх склади та властивості.

Методика дослідження передбачає аналіз інформації, наведеної на споживчому маркуванні, визначення рівня рН, оцінювання піноутворення, а також органолептичну оцінку обораних гелів для душу за показниками зовнішнього вигляду, кольору, запаху, консистенції та відчуттів після застосування.

Встановлено, що гелі для душу на основі натуральних ПАР (YOPE, Mr.Scrubber) мають більш м'яку дію на шкіру та оптимальні значення рН, близькі до фізіологічних. Зразок крем-гелю Magic Christmas, сформульований на основі м'яких амфотерних ПАР, продемонстрував середню інтенсивність піноутворення та помірну миючу здатність, тоді як зразок Palmolive із синтетичними ПАР характеризуються інтенсивнішим піноутворенням та вираженішою миючою здатністю. Таким чином, порівняльне дослідження гелів для душу на основі синтетичних і натуральних ПАР дозволяє обґрунтувати доцільність використання м'яких природних ПАР, що сприятиме підвищенню

рівня інформованості споживачів щодо безпечного та раціонального вибору засобів особистої гігієни.

УДК 677.532.135

МОСКАЛЕНКО К. В., ХРОКАЛО Л.А.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

НАНОСИСТЕМА МІДЬ -СЛИЗ РАВЛИКА В СКЛАДІ КОСМЕТИЧНОГО ПРОДУКТУ ПО ДОГЛЯДУ ЗА ШКІРОЮ ГОЛОВИ

Наночастинки міді $CuNc$ викликають значний інтерес у біомедичній та косметичній галузях завдяки своїй широкій антимікробній активності та біосумісності. Мідь в наноформі має потужну антибактеріальну та протигрибкову дію, а також сприяє загоєнню ран. Ці властивості роблять $CuNc$ перспективними як в медицині так і у косметичній галузі. Водночас зростає попит на «зелені» методи синтезу, які дозволяють уникнути використання токсичних хімічних речовин у виробництві. У цьому контексті природні біополімери, такі як глікопротеїди біологічних слизів, стали ефективними відновлювальними та покривними агентами для екологічного синтезу наночастинок [1, 2]. Слиз садового равлика *Cornu aspersum* є складним біогелем, багатим на глікопротеїди, гіалуронову кислоту, пептиди та низькомолекулярні біоактивні сполуки. Ці компоненти надають секрету равликів зволожувальні, регенеративні та антимікробні властивості. Включення слизу равликів у синтез підвищує біомедичну функціональність отриманих наноматеріалів. Останні дослідження підтверджують, що синтез металевих наночастинок (Ag, Cu тощо) за допомогою слизу дає багатофункціональні біокомпозити з антибактеріальним, протигрибковим та протираковим потенціалом [3-5].

Нами було синтезовано наносистему на основі солі міді з використанням ліофілізованого слизу равлика як біогенної матриці. Водний розчин ліофілізату слизу равлика *C. aspersum* в концентрації (0,05%) було використано в якості бази утворення $CuNc$. П'ять варіантів наносистеми було отримано шляхом змішування рівних об'ємів розчину слизу з розчинами солей $CuCl_2$ та $CuSO_4$ і різних концентраціях за температури 40 °C з перемішуванням, $\sim pH$ 7 і подальшої витримки протягом 48 годин. Системи з вищими концентраціями солей міді мали легку каламутність, що свідчило про утворення нанорозмірних дисперсій. Це було підтверджено тестом на ефект Тіндалля: коли лазерний промінь проходив крізь колоїди (рисунок 1). Ці якісні спостереження свідчили про те, що слиз равлика успішно сприяє зеленому синтезу наночастинок міді, особливо при достатньому рівні Cu^{2+} .

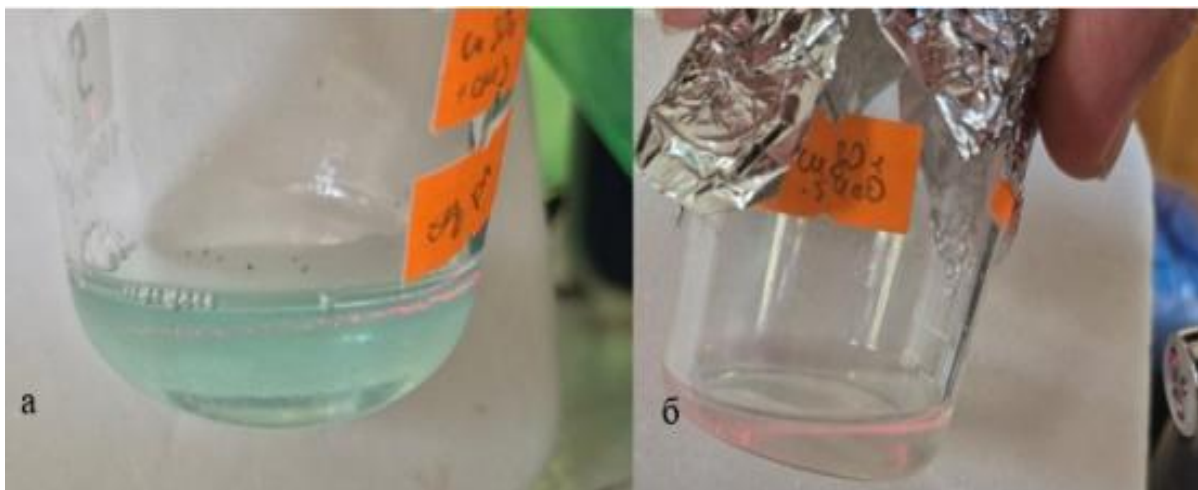


Рисунок 1 – Системи на основі сульфату міді 0, 1 М (а) і 0,01 М (б)

Для перевірки властивостей наночастинок було обрано найкращу стабільну систему, утворену, 05% розчину слизу + 0,1 М розчину CuSO_4 для подальших досліджень. Було проведено УФ-видиму спектроскопію, при чому спектр поглинання виявив широкий пік в діапазоні $\sim 750\text{--}850$ нм. У нашому випадку цей максимум свідчить про присутність іонів двовалентної міді в біогенній матриці слизу.

Антимікробна активність усіх п'яти зразків CuHч була оцінена щодо тест-культур: *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* та *Candida albicans* дисково-дифузійним методом. Системи з вищою концентрацією міді продемонстрували виражену антимікробну дію, величина якої корелювала з концентрацією Cu^{2+} . При цьому *B. subtilis* був особливо чутливим: CuHч 0,05% слизу + 0,1 М CuSO_4 утворила чітку зону інгібування 6–7 мм з очевидним бактерицидним ефектом. Результати протигрибкових досліджень показали, що усі системи пригнічували *C. albicans*, залишаючи прозоре кільце навколо диска, що беззаперечно свідчить про фунгіцидну активність.

Для оцінки практичного потенціалу CuHч (0,5% слизу + 0,1 М CuSO_4) була введена до складу сироватки для шкіри голови, призначеної для боротьби з причинами лупи, зокрема проти грибка *Malassezia*. Наносистема була додана в косметичний продукт в концентрації 0,1%. Сироватка наносилася місцево на шкіру голови 2 рази на тиждень. Оцінка показала видиме зменшення кількості лущення та накопичення лупи на шкірі голови після лікування, порівняно з вихідним станом. Більш чиста поверхня шкіри та менша кількість лусочок свідчать про те, що наносистема ефективно усунула мікробний дисбаланс, відповідальний за лупу, підтверджуючи свою роль як біоактивного засобу проти лупи. Також доброволець, що тестував сироватку відмічав значне зменшення подразнення шкіри голови і підвищення еластичності волоссяних стрижнів. Таким чином, одержана CuHч пропонує безпечну, ефективну та природну альтернативу для включення до складу засобів для догляду за волоссям, спрямованих на боротьбу з лупою.

Література

1. Antibacterial Properties of Copper Oxide Nanoparticles (Review) / S. V. Gudkov et al. International Journal of Molecular Sciences. 2024. Vol. 25, no. 21. P. 11563. URL: <https://doi.org/10.3390/ijms252111563>
2. Singh N., Brown A. N., Gold M. H. Snail extract for skin: A review of uses, projections, and limitations. Journal of Cosmetic Dermatology. 2024. URL: <https://doi.org/10.1111/jocd.16269>.
3. Green Synthesis of Antibacterial CuO Nanoparticles Based on the Synergy Between Cornu aspersum Snail Mucus and Ascorbic Acid / M. Todorova et al. Molecules. 2025. Vol. 30, no. 2. P. 291.
URL: <https://doi.org/10.3390/molecules30020291>
4. Development of CuO Nanoparticles from the Mucus of Garden Snail *Cornu aspersum* as New Antimicrobial Agents / P. Dolashka et al. Pharmaceuticals. 2024. Vol. 17, no. 4. P. 506.
URL: <https://doi.org/10.3390/ph17040506>.
5. Saroj Yadav, V. Latha and G. Sibi, 2019. Streptomyces Mediated Synthesis of Copper Oxide Nanoparticles (CuO-NPs) and its Activity Against *Malassezia furfur*. Singapore Journal of Scientific Research, 9: 13-19.
URL: <https://scialert.net/abstract/?doi=sjsres.2019.13.19>

УДК 665.58

ОСИПЕНКО Д.Р., ЮРОВА Т.А., КУЗНЕЦОВ С.І.
Херсонський національний технічний університет

РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ ЖИВИЛЬНОГО ГЕЛЮ ДЛЯ ДУШУ ДЛЯ ЖІНОК

Косметика та засоби догляду за тілом вже давно стали невід'ємною частиною сучасного життя, і більшість людей не уявляють свій день без їх використання. Зазвичай під час вибору косметики ми насамперед звертаємо увагу на бренд, рекламу та вартість продукції. Проте останнім часом тенденція змінюється: покупці дедалі частіше цікавляться складом товарів, звертаючи увагу на активні компоненти та їх властивості.

Обізнані споживачі при виборі косметичного засобу звертають увагу на склад, прагнучі балансу між натуральними та синтетичними інгредієнтами. Одні обирають натуральну косметику через переконання щодо її екологічності та безпечності, інші ж цінують синтетичну продукцію за високу ефективність та передові рішення.

Все частіше виробники шукають компроміс в поєднанні найкращих властивостей натуральних і синтетичних компонентів для задоволення вимог широкого кола споживачів.

Препарати для душу як окремий сегмент косметико-гігієнічних засобів з'явилися наприкінці 70-х років. На відміну від пінних засобів для ванн, вони містять відносно невелику кількість поверхнево-активних речовин (до 20%), проте вирізняються вищим вмістом додаткових компонентів із кондиціонуючими властивостями.

Підтримання природного водно-ліпідного балансу шкіри можливе лише за умови застосування м'якої миючої основи. Надмірне знежирювання та агресивна дія жорстких ПАР можуть суттєво порушити цей баланс і стати причиною розвитку небажаних шкірних реакцій.

Метою роботи була розробка рецептури живильного гелю для душу для жінок з використанням натуральних компонентів.

В роботі запропоновано замість поширених аніонних ПАР Sodium Lauryl Sulfate (SLS) та Sodium Laureth Sulfate (SLES) застосовувати Sodium Coco-Sulfate, який отримують з кокосової олії. Кокосульфат натрію має велику піноутворюючу здатність, добре змивається, менше сушить і практично не подразнює шкіру. У поєднанні з Cocamidopropyl Betaine та Coco-Glucoside створює основу органічного піномийного косметичного засобу.

В якості активних речовин передбачено використання рослинних олій: бавовникової олії (Cottonseed oil) і олії гранатових кісточок (Pomegranate seed oil).

До складу бавовникової олії входять тригліцериди із фрагментами вищих ненасичених і насичених карбонових кислот: лінолевої кислоти – до 45-60%, ліноленової – до 23%, олеїнової – 13-25%, пальмітинової – 17-28%, стеаринової – 1-4%, арахінова – 1%, міристинової – 0,3-0,4 % та деяких інших. Крім цього, в ній містяться до 3% омилюваних і неомилюваних фосфоліпідів, восків, стеринів, токоферолів, білків, пігментів.

Рафінована бавовняна олія легко вбирається, не залишаючи жирної плівки; гіпоалергенна; не має запаху. Бавовняна олія також підвищує захисні функції шкіри, зміцнюючи її, покращуючи структуру. Має пом'якшувальні та регенеруючі властивості, сприяє виробленню керамідів. Рекомендується для комбінованої шкіри, схильної до сухості та перших ознак старіння [1].

Олія гранатових кісточок – жирна олія з насіння плодів гранатового дерева. Має унікальний жирнокислотний склад: основний компонент – гранатова або пунікова (punicic) поліненасичена жирна кислота (65-85%), відноситься до незамінних кислот, необхідних шкірі для метаболічних процесів. Містить велику кількість вітаміну Е, стеролів, поліфенолів та натуральних рослинних естрогенів (17-альфа-естрадіол), бета-систостеролом, стигмастеролом та кампестаролом. Олія гранатових кісточок має чудові зволожуючі, захисні та поживні властивості. Завдяки антиоксидантній дії та здатності стимулювати вироблення колагену використовується у віковій косметиці. Добре пом'якшує шкіру, покращує тугор, відновлює рН-баланс [2,3].

Гель для душу, виготовлений за запропонованою рецептурою, представляє собою не прозору, однорідну гелеподібну масу без крупинок та грудочок. Гель має білий з молочним відтінком колір та нейтральний запах. За зовнішній вигляд, колір, консистенцію, ефект очищення та відчуття після застосування живильний гель для душу отримав високу оцінку респондентів. Нейтральний запах продукту може бути змінений додаванням запашки або ароматизаторів в рецептуру.

Таким чином, запропонована рецептура живильного гелю для душу з вмістом поверхнево-активних речовин природного походження та рослинних олій дозволяє отримувати косметичний засіб, який здатен задовольнити найвимогливішого споживача.

Література

1. Будішевська О. Г., Воронов С. А. Сучасні інгредієнти для косметичних засобів : підручник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2024. 262 с.
2. Олія та екстракт бавовни в косметиці. URL: <https://organic-store.in.ua/beauty/1251-oliia-ta-ekstrakt-bavovny-v-kosmetytsi.html#:~:text=>
3. Pomegranate seed oil. URL: <https://www.botanicalformulations.com/oil-monographs/pomegranate-seed-oil>

УДК 665.584

ПЕТРЕНКО О. В., ПОНОМАРЬОВ М. Є.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

РОЗРОБКА КРЕМУ З РЕПЕЛЕНТНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Проблема захисту людей від укусів комах-кровососів: кліщів, комарів, мошок завжди була і залишається на даний момент актуальною, оскільки крім дискомфорту своїми укусами вони ще й є переносчиками різних трансмісивних захворювань.

Одним з найпоширеніших методів захисту є використання засобів з репелентними речовинами. Це можуть бути креми, спреї, лосьйони, гелі, інші форми продуктів. Проте більшість запропонованих репелентних засобів мають низку недоліків: липка чи жирна текстура, неприємний запах, короткочасна дія чи подразнюючий вплив на зону нанесення. Всі ці фактори впливають на вибір споживача та його прихильність до регулярного використання.

Метою даної роботи є розробити рецептуру репелентного засобу, що поєднає ефективність разом з комфортом.

Для досягнення поставленої мети було розроблено рецептуру косметичного крему типу олія в воді з 15% вмістом диметилфталату. Склад та співвідношення компонентів наведено в Таблиці 1.

Таблиця 1. Склад та вміст компонентів репелентного крему

Назва компоненту	INCI	Відсотковий вміст
Жирна фаза (Фаза А):		
ДМФ	Dimethyl Phthalate	15 %
Myritol 312	Caprylic/Capric Triglyceride	7%
Масло Ши	Butyrospermum Parkii Butter	2 %
Olivem 1000	Cetearyl Olivatе, Sorbitan Olivatе	6 %
Eumulgin SG	Sodium Stearoyl Glutamate	1,2 %
Водна фаза (Фаза В):		
Вода	Aqua	61,4 %
Ніацинамід	Niacinamide	2 %
Алантиїн	Allantoin	1 %
Д-пантенол	D-panthenol, water	2 %
Aristoflex AVC	Ammonium Acryloyldimethyltaurate/VP Copolymer	0,5 %
Lecigel	Sodium Acrylates Copolymer (and) Lecithin	0,3 %
Менше 40°C (Фаза С):		
Бісаболол	Bisabolol	1 %
Nipaguard BPX	Phenoxyethanol, methylparaben, propylparaben, 2-bromo-2-nitropropane-1,3-diol	0,5 %
Ефірна олія лемонграсу	Lemongrass (Cymbopogon citratus) Essential Oil	0,05 %
Ефірна олія евкаліпту	Eucalyptus (Eucalyptus globulus) Essential Oil	0,05 %
Ефірна олія герані	Geranium Bourbon (Pelargonium Roseum Willd) Essential Oil	0,05 %

Щоб створити легку, нежирну текстуру типу «крем-гель» була обрана система емульгаторів:

Olivem 1000 (Cetearyl Olivatе, Sorbitan Olivatе) – класичний «зелений» емульгатор, що дозволяє створювати ламелярні структури;

Eumulgin SG (Sodium Stearoyl Glutamate) – є аніонним, дуже м'яким спів-емульгатором, що покращує стабільність емульсії, коли в її складі є полімери;

В якості полімерних загусників виступили:

Aristoflex AVC (Ammonium Acryloyldimethyltaurate/VP Copolymer), що здатен створювати гель високої в'язкості при відносно низькому % вводу, який залишає відчуття свіжості та «оксамитовості».

Lecigel (Sodium Acrylates Copolymer (and) Lecithin), що одночасно є як структуроутворювачем так і емульгатором, що стабілізує масляну фазу.

Масляна фаза в собі поєднує:

Диметилфталат (ДМФ) – основна діюча репелентна речовина, полярний емомент;

Myritol 312 (Caprylic/Capric Triglyceride) – легкий, нейтральний емомент, що покращує розтікання крему та слугує розчинником для інших компонентів, що входять до складу фази А;

Масло Ши (Butyrospermum Parkii Butter) введено для живлення шкіри, відновлення ліпідного бар'єру та надання крему більш насиченої, доглядової текстури, що компенсує потенційну сухість від ДМФ.

Крем має виражену мультифункціональну дію завдяки синергії активів, спрямованих на заспокоєння та відновлення шкіри:

- **Ніацинамід (Niacinamide):** Ключовий вітамін (В3), що зміцнює бар'єрну функцію шкіри, має доведену протизапальну дію та зменшує почервоніння.
- **Д-пантенол, Алантоїн та Бісаболол:** Це класична та потужна "заспокійлива трійця".
 - **Пантенол** сприяє загоєнню та глибоко зволожує.
 - **Алантоїн та Бісаболол** миттєво знімають подразнення, свербіж та запалення (що є критично важливим у випадку укусів комах).

З метою посилити репелентну дію введено комплекс ефірних олій (лемонграсу, евкаліпту, герані), котрі відомі своїми природними репелентними властивостями так як містять цитраль, гераніол та евкаліптол. Також вони створюють приємний аромат продукту, маскуючи запах сировини та ДМФ.

Технологія приготування:

- 1) Змішати в стакані всі компоненти фази А;
- 2) В окремому стакані розчинити у воді ніацинамід та алантоїн. Попередньо з'єднати разом Д-пантенол та Lecigel, після чого, при постійному перемішуванні, обережно влити отриманий водний розчин. Засипати Aristoflex AVC та, на помірних обертах мішалки, дочекатись доки утвориться гель і розійдуться всі грудочки.
- 3) Нагріти фази А та В до 75 °С (у фазі А має розтопитися весь емульгатор Olivem 1000) та загомогенізувати фази А та В разом.
- 4) В результаті отримали білу густу емульсію. Остуджуємо до температури менше 40 °С і перемішуючи, додаємо компоненти фази С.
- 5) Перевіряємо рН та стабільність продукту.

Висновки

1. **Розроблено** науково обґрунтовану рецептуру крему-репеленту з 15% вмістом диметилфталату, що має стабільну структуру типу "олія-у-воді".
2. **Обґрунтовано** доцільність використання комбінованої системи емульгаторів (Olivem 1000, Eumulgin SG) та полімерних загусників (Aristoflex AVC, Lecigel), що дозволяє отримати легку, нелипку текстуру типу "гель-крем" та забезпечує високу стабільність крему.
3. **Введено** комплекс доглядових активів (Ніацинамід, Д-пантенол, Алантоїн, Бісаболол), який забезпечує виражену протизапальну, заспокійливу та регенеруючу дію, нівелюючи подразнення від укусів комах.
4. **Показано**, що введення комплексу ефірних олій (лемонграсу, евкаліпту, герані) діє синергетично з ДМФ, посилюючи репелентний ефект, та водночас виконує функцію ароматизатора.

УДК 665.584.22-027.236

РАДЗІМІНСЬКА О.В., ПОДОБІЙ О.В.
Національний університет харчових технологій

ЕФЕКТИВНІСТЬ АКТИВУ GLOW AGE™ В КРЕМІ ДЛЯ ОБЛИЧЧЯ

Сучасний ринок косметичних засобів активно розвивається, зосереджуючись на інноваційних біоактивних компонентах, які можуть ефективно протистояти старінню шкіри та підтримувати її здоров'я. Широке коло наукових підходів до антивікової косметології сьогодні зосереджено не лише на симптоматичній корекції видимих проявів старіння, але й на впливі на молекулярні механізми, які лежать в основі втрати функціональної молодості шкіри.

Одним із прикладів сучасного інгредієнта, що відображає цю тенденцію, є GlowAGE™ — стандартизований екстракт листя *Ziziphus spina-christi*, розроблений для протидії глікації та пов'язаним проявам старіння шкіри. Виробник та професійні огляди показують, що GlowAGE™ демонструє здатність зменшувати формування AGE-молекул, активувати механізми їхнього видалення, знижувати експресію рецептора AGE (RAGE), що опосередковує запалення, та сприяти збереженню колагенової матриці — результати підтверджені комплексними експериментальними дослідженнями *in vitro* і частково — *in vivo* [1].

Використання Glow Age™ у кремах обґрунтоване дефіцитом на ринку української косметики продуктів із доведеною антиглікаційною дією, що відкриває перспективи для створення конкурентноспроможних антивікових засобів.

У розробленій рецептурі крему для обличчя кожен компонент виконує чітко визначену технологічну та функціональну роль, що забезпечує цілісність формули, стабільність емульсії, зволожувальний ефект та заявлену біологічну активність. Актив GlowAGE™ введений у рецептуру як ключовий функціональний інгредієнт і спрямований на зменшення процесів глікації, антиоксидантний захист та стимуляцію «молодої» організації колагенової матриці.

Експериментальні дослідження були спрямовані на оцінку зволожувальної ефективності розробленого крему, аналіз стану шкіри за допомогою інструментальних методів, порівняння роботи різних рецептурних зразків та визначення їх фізико-хімічних і органолептичних характеристик. Комплексний підхід дозволив оцінити не лише короткостроковий ефект після нанесення крему, але й вплив окремих компонентів на функціональний стан шкіри.

Для інструментального дослідження стану шкіри використовувалася станція апаратної діагностики NU SKIN VISIA 3D, яка забезпечує фотографічний і цифровий аналіз шкіри за кількома параметрами: зволоженість, текстура, глибина зморшок, пігментація, стан пор, наявність ушкоджень від УФ-випромінювання.

Порівнювальний аналіз зволожувальної дії та впливу на стан шкіри підтвердив, що чинник концентрації активу Glow Age™ суттєво впливає на результат.

Контрольний зразок забезпечив лише базове підвищення зволоження (+11 %), що обумовлено роботою допоміжних зволожувачів, але не може конкурувати з активними зразками. Таким чином, дослідження демонструє явну перевагу саме системи з Glow Age™ порівняно з базовою емульсією.

Усі досліджувані зразки крему характеризуються стабільною емульсійною структурою та приємними органолептичними властивостями. Креми мали однорідну консистенцію без ознак розшарування, рівномірний колір та делікатний ароматичний профіль.

За фізико-хімічними характеристиками емульсії відповідали очікуваним параметрам: рН крему знаходився у межах 5,0–5,5, що відповідає фізіологічному рівню рН шкіри, текстура залишалася стабільною протягом періоду спостереження, а консистенція зберігала структурну цілісність навіть після механічного перемішування.

Органолептичні властивості покращувалися із підвищенням концентрації активу.

Отримані дані узгоджуються з теоретичними положеннями антивікової косметології та сучасними науковими уявленнями про вплив глікації на стан шкіри. Glow Age™, згідно з літературними джерелами, має виражену протиглікаційну та антиоксидантну дію, а також позитивно впливає на бар'єрні та зволожувальні властивості епідермісу. Саме ці ефекти підтверджено у

проведеному дослідженні — особливо у вигляді дозозалежного підвищення вологості та покращення мікрорельєфу.

Отже, компонент Glow Age™ підтвердив ефективність як протиглікаційний та зволожувальний актив, а результати досліджень засвідчують його перспективність для комерційного використання та подальшої оптимізації формули.

Література

1. Wang, L., Jiang, Y., & Zhao, C. (2024). The effects of advanced glycation end-products on skin and potential anti-glycation strategies. *Experimental dermatology*, 33(4), e15065. <https://doi.org/10.1111/exd.15065>

2. Behrens, M. (2020, November 13). *Mibelle uncovers luminous skin with GlowAGE. Cosmetics & Toiletries*. Retrieved from <https://www.cosmeticsandtoiletries.com/cosmetic-ingredients/actives/news/21843814/mibelle-ag-biochemistry-mibelle-uncovers-luminous-skin-with-glowage>

UDC 544.773.432; 547.995.1

РАЛЬКО С.О., РОМАНЮК Ю.Р., БУДІШЕВСЬКА О.Г.
Національний університет «Львівська політехніка»

ХІТОЗАНОВМІСНІ ГІДРОГЕЛІ ДЛЯ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Останнім часом у косметичній галузі широко використовують полімерні гідрогелеві матеріали. Гідрогелі також використовують при створенні фармацевтичних препаратів та засобів, у медицині для створення імплантів, генної інженерії, у харчовій промисловості тощо. Основними вимогами до таких гідрогелів є використання біосумісної, не токсичної, біодеградабельної вихідної сировини. Хітозан (Хіт) є унікальним полісахаридом, який крім вищезазначених проявляє також бактерицидні та комплексоутворюючі властивості, його джерела є відновлювальними.

Метою роботи є створення гідрогелевих матеріалів на основі прищеплених кополімерів Хіт та полівінілпіролідону (ПВП) для використання у косметичній промисловості.

Хітозановмісні гідрогелі отримували прищепленою радикальною кополімеризацією вінілпіролідону (ВП) та Хіт у водному середовищі. Як ініціатор радикальної кополімеризації був використаний моноестер *трет*-бутилпероксималеїнат (ПЕ).

Пероксидовмісний моноестер ПЕ отримували взаємодією малеїнового ангідриду та *трет*-бутилгідропероксиду за схемою на рис.1.

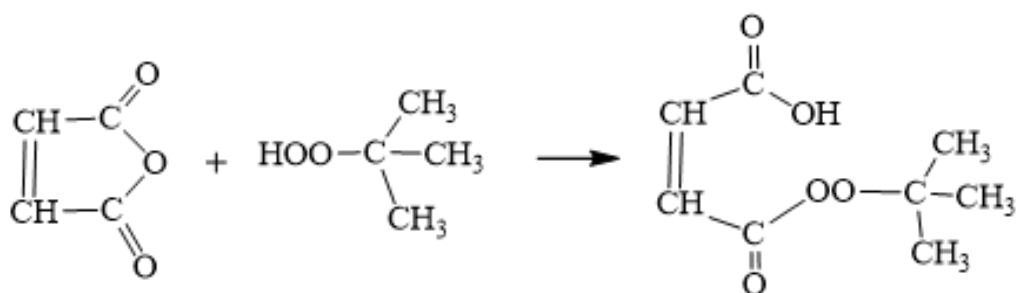


Рис.1. Схема взаємодії малеїнового ангідриду та *трет*-бутилгідропероксиду та утворення *трет*-бутилпероксималеїнату

ПЕ також був використаний як кислотна компонента у процесі розчинення Хіт у воді та утворення макрокатіону Хіт згідно схеми на рис.2.

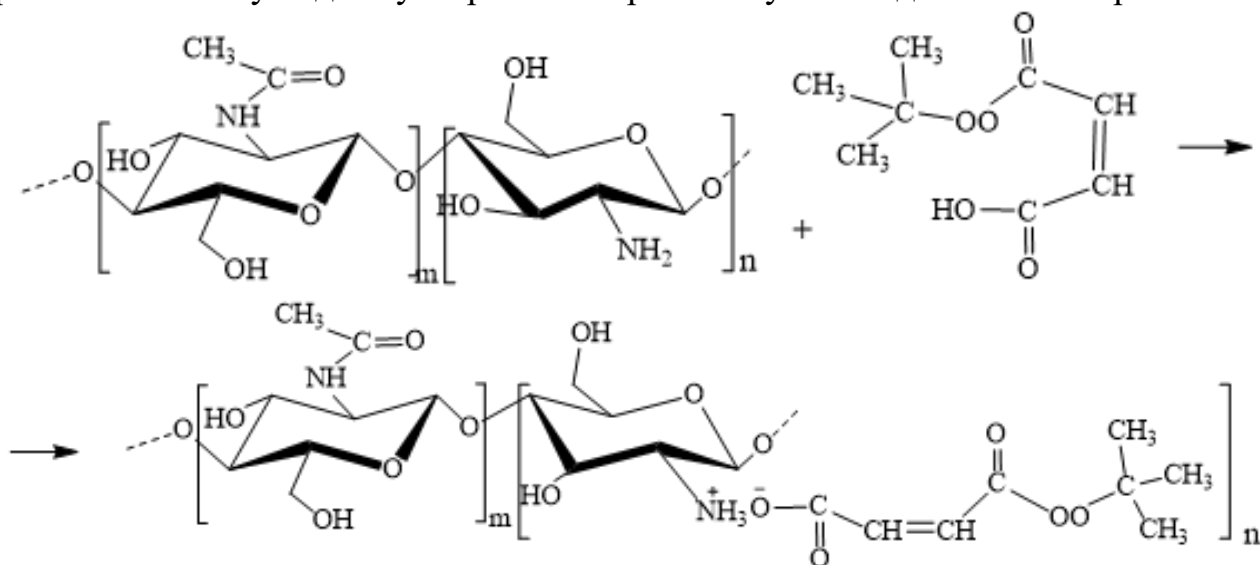


Рис. 2. Схема взаємодії *трет*-бутилпероксималеїнату з макромолекулами Хіт з утворенням водорозчинної амонійної солі Хіт

Після взаємодії ПЕ з Хіт та розчинення пероксидованої солі Хіт-ПЕ у воді у реакційну суміш додавали розраховану кількість ВП та термостатували реакційну суміш за 50°C. При нагріванні відбувається гомолітичний терморозклад пероксидного фрагменту з утворенням *трет*-бутоксильного радикалу та радикалу у складі малеїнатового фрагменту, зв'язаного йонним зв'язком з макрокатіоном Хіт.

Активний *трет*-бутоксильний радикал ініціює радикальну полімеризацію ВП та реакції передачі ланцюга на макромолекулу Хіт. В результаті рекомбінації зростаючого макрорадикалу ПВП та макрорадикалу Хіт утворюються прищеплені кополімери Хіт-ПВП, які надалі формують тривимірну структуру зшитого гідрогелю (рис. 3).

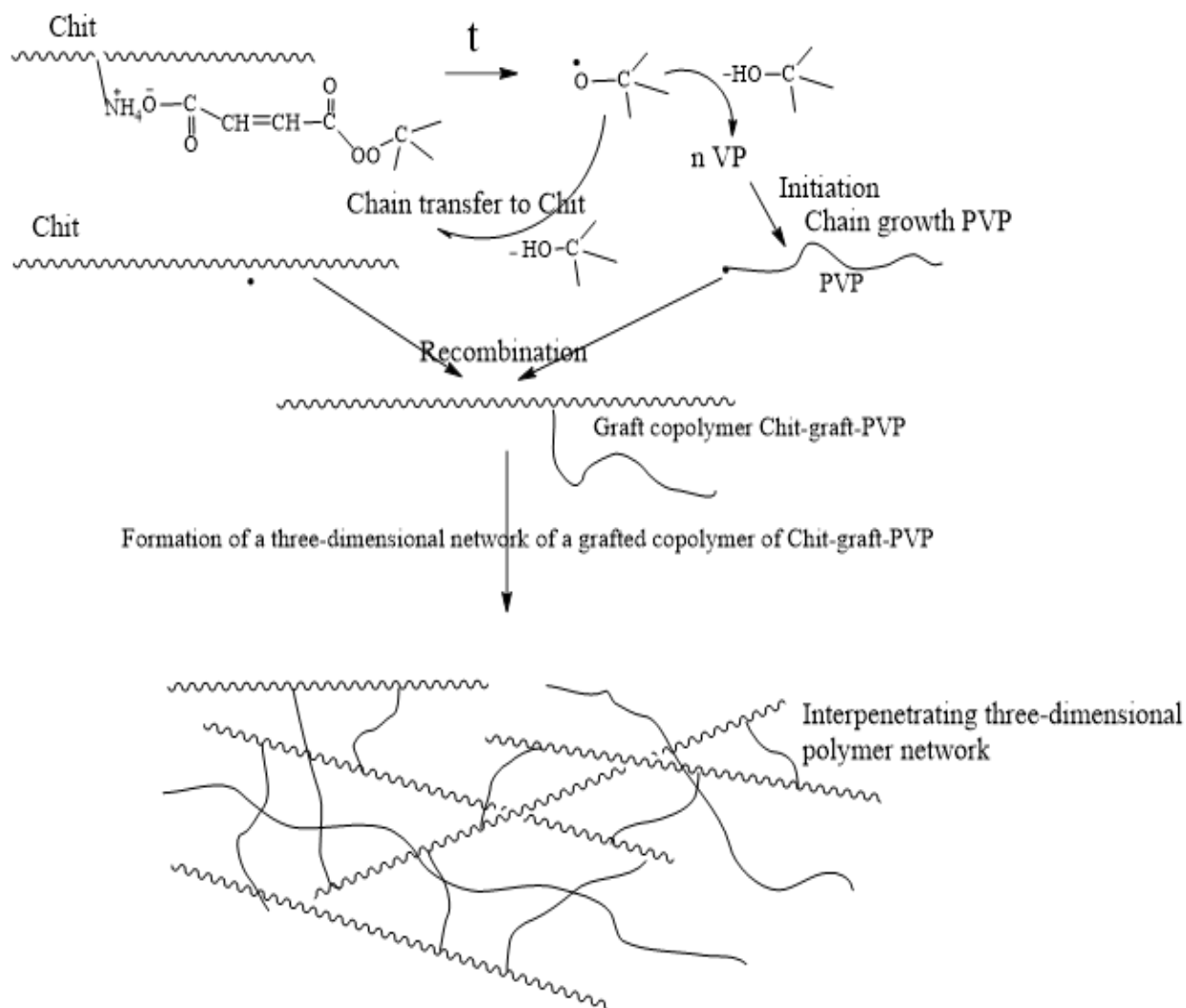


Рис. 3. Схема перебігу радикальної прищепленої кополімеризації Хіт-ПЕ та ВП з утворенням прищепленого кополімеру Хіт-ПВП та формуванням тривимірної структури зшитого гідрогелю

Співвідношення Хіт, ПЕ та ВП варіювали у широкому діапазоні. Ступінь набрякання визначали гравіметрично як відношення маси води у зразку гідрогелю до маси полімерів в зразку гідрогелю у дистильованій воді за різних рН за рівнянням: $С.Н. = (m_w - m_D) / m_D$, де С.Н. – ступінь набрякання зразка гідрогелю; $(m_w - m_D)$ - вміст води у зразку гідрогелю, г; m_w та m_D – вага зразка у набряклому та у сухому станах відповідно, г.

Показано, що ступінь набрякання (СН) суттєво залежить від рН та іонної сили водного середовища. Із зменшенням рН СН збільшується, а із збільшенням рН та іонної сили СН зменшується, що пояснено основною природою макрокатіона Хіт. Одержані гідрогелі надалі будуть досліджені як основа для косметичних масок або для безжирових кремів.

ОСОБЛИВОСТІ СОРБЦІЇ ХІТОЗАНУ БЕНТОНІТОМ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ЯК НАПОВНЮВАЧА

Перспективною сировиною для створення нових матеріалів у технологіях косметичної, фармацевтичної галузях та екологічної безпеки хімічних та харчових технологій являються глини, зокрема, бентоніт та хітозан. Бентоніт та хітозан є нетоксичні, біосумісних та невичерпні речовини, а хітозан є біодеградабельним, комплексоутворюючим, у певних умовах бактерицидним інгредієнтом. Модифіковані бентоніти можуть бути використані як адсорбенти для очищення побутових та виробничих стічних вод, питної води, як наповнювачі косметичних засобів, зокрема для кремів, масок тощо.

Раніше було показано результати досліджень сорбції хітозану на частинках збагаченого бентоніту Ільницького родовища [1]. Такий модифікований хітозаном бентоніт було запропоновано використати як наповнювач у косметичних кремах. Використання цього наповнювача дозволяє збільшити гідрофільність та бактерицидні властивості крему, покращити його текстуру та надати м'якість шкірі [1].

Метою роботи є дослідження особливостей сорбції хітозану та візріців хітозану, деградованого персульфатом амонію (ПСА) на частинках збагаченого бентоніту (ЗБ) у водних суспензіях в залежності від умов.

Для досліджень використано хітозан (Хіт) із ступенем деацетилювання 91% та молекулярною масою 30000 Да.

Деградацію Хіт здійснювали у 1% водному розчині Хіт у 0,5% оцтовій кислоті за 50°C у присутності різної кількості ПСА: 11 та 45% мас від маси Хіт протягом 4 годин. По закінченні реакції деградовані Хіт висаджували амоній гідроксидом, відцентрифугували та промивали дистильованою водою до нейтральної реакції.

Вміст аміногруп у складі як вихідного, так і деградованих Хіт визначали зворотним рН-метричним титруванням. Для цього візріці хітозанів розчиняли у 0,1н HCl, після чого ці розчини відтитровували 0,1н NaOH. Типова крива наведена на рис. 1.

За результатами титрування розраховували вміст аміногруп та ступінь деацетилювання (таблиця 1).

З одержаних результатів та з використанням інформації з світової наукової літератури зроблено висновок, що в результаті дії ПСА на ланцюги Хіт відбувається оксидатійне розщеплення β -глікозидних зв'язків C_1-O-C_4 відповідно до схеми на рис. 2. В результаті цього зменшується довжина ланцюга Хіт [2].

Крім цього, показано, що під час взаємодії Хіт з йон-радикалами $^-\text{OSO}_2\text{O}^\bullet$ солей пероксодисульфатної кислоти можливе розщепленням зв'язків $\text{C}_2\text{--C}_3$ у ланках $\beta\text{-D-(2-дезоксид-2-аміноглюкопіранози)}$, в результаті чого утворюються фрагменти з іміно- або карбонільними групами, (схема на рис. 3) [2].

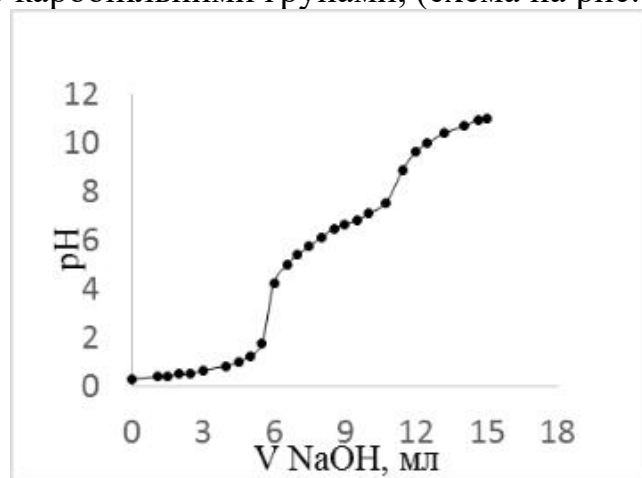


Рис.1. Крива зворотнього рН-метричного титрування розчину Хіт у 0,1н HCl розчином 0,1н NaOH

Таблиця 1. Ступінь деацетилювання вихідного Хіт та деградованих Хіт в залежності від кількості ПСА під час деградації Хіт

Зразок	Кількість ПСА, % мас від Хіт	Ступінь деацетилювання Хіт, %
Хіт вихідний	0	91
Хіт-1	11	85
Хіт-2	45	74

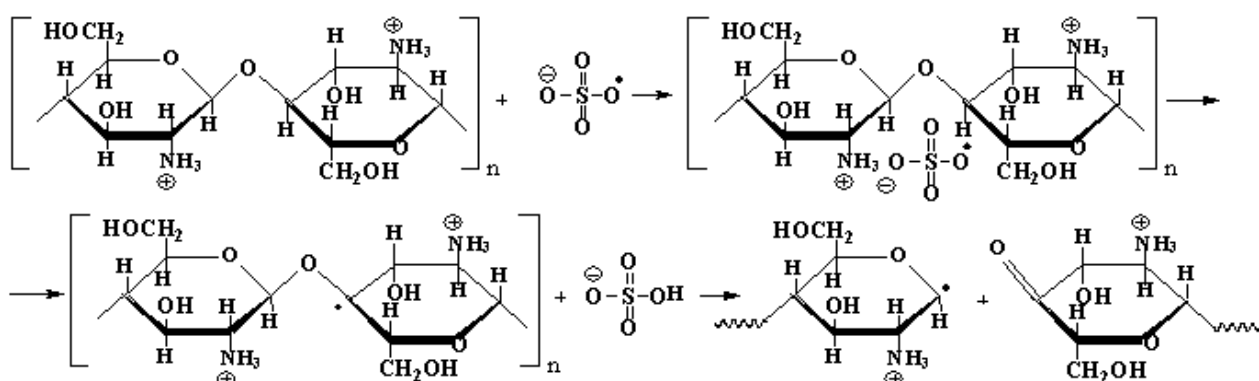


Рис.2. Схема розщеплення β -глікозидного зв'язку хітозану під дією йон-радикалів $^-\text{OSO}_2\text{O}^\bullet$

Очевидно, що в результаті розщеплення зв'язків $\text{C}_1\text{--O--C}_4$ та $\text{C}_1\text{--C}_2$ відбувається розщеплення ланцюга Хіт а також зменшується кількість аміногруп. Це підтверджується зменшенням ступеня деацетилювання у деградованих зірцях хітозану Хіт-1 та Хіт-2 (табл. 1).

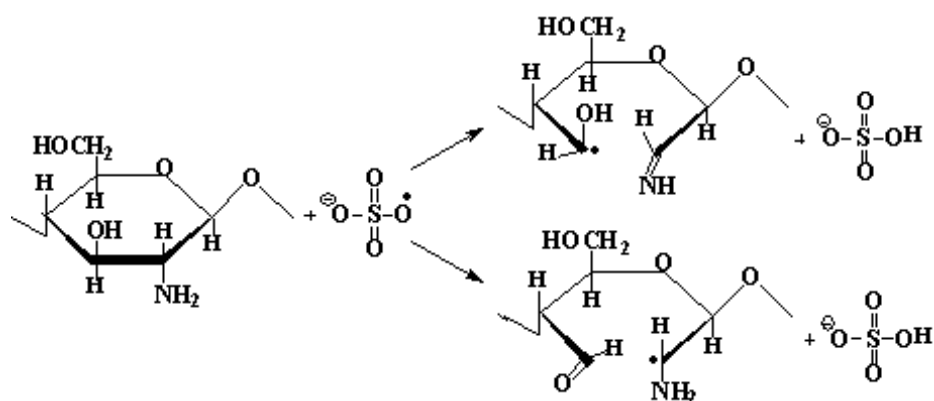


Рис.3. Схема розщеплення зв'язку C₁-C₂ хітозану під дією йон-радикалів $\text{OSO}_2\text{O}^\bullet$ з утворенням карбонільних та іміногруп

Не деградований Хіт та Хіт-1, деградований у присутності 45% мас ПСА використано для модифікації фізичною сорбцією ЗБ. Здійснювали сорбцію 2% суспензії ЗБ за різних рН, яке встановлювали 0,1н HCl або 0,1н NaOH. Після встановлення рН у суспензію ЗБ при перемішуванні додавали розраховану кількість розчиненого Хіт або деградованого Хіт. Масове співвідношення ЗБ:Хіт=90:1. Через 1 добу суспензію відцентрифугували та висушували осад за кімнатної температури. З використанням термічного аналізу визначали вміст Хіт та Хіт-1, сорбованих на поверхні частинок ЗБ (табл. 2).

Таблиця 2. Вміст сорбованого Хіт на частинках ЗБ, визначений термічним аналізом

Умови модифікації ЗБ		Вміст сорбованого хітозану
Використаний Хіт	рН	
Хіт не деградований	9,0	3.36
Хіт-1, (при 45% ПСА)	9,0	2.43
Хіт-1, (при 45% ПСА)	3,3	3.14

Показано, що вміст сорбованого Хіт залежить від рН середовища у суспензії ЗБ та від структури Хіт. При рН 9,0 сорбція Хіт більша, ніж Хіт-1 (деградований Хіт), що пояснено більшим вмістом аміногруп, ніж у деградованому Хіт. Разом з тим, при рН 3,3 сорбція Хіт-1 більша, ніж при рН 9,0, що пояснено зменшенням кількості аміногруп та утворенням карбоксильних груп у процесі деградації ланцюга Хіт під дією ПСА.

Література

- [1]. Budishevska, O.; Kochubei, V.; Chekailo, M.; Yurynets, I. Modification of bentonite from the Ilnitsky deposit with chitosan. *Chem. Chem. Technol.* **2024**, *18*(4), 485–492. <https://doi.org/10.23939/chcht18.04.485>
- [2]. Sangamesh G. Kumbar, Kumaresh S. Soppimath, Tejzaj M. Aminabhavi. Synthesis and Characterization of Polyacrylamide-Grafted Chitosan Hydrogel Microspheres for the Controlled Release of Indomethacin. *Journal of Applied Polymer Science.* **2003**, *87*, 1525–1536. DOI: [10.1002/app.11552](https://doi.org/10.1002/app.11552)

СИНТЕЗ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА АМОРФНОГО ДІОКСИДУ КРЕМНІЮ З ПРИРОДНОГО МІНЕРАЛУ

Діоксид кремнію (SiO_2), або кремнезем, є стратегічно важливим матеріалом, який цінується за його хімічну інертність, високу питому поверхню та термічну стабільність. Ці властивості забезпечують його широке застосування в різних галузях, від каталізу та адсорбції до біомедицини. Перспективним є його використання і у складах косметичних засобів. Наночастинки кремнезему здатні ефективно абсорбувати шкірний жир, забезпечуючи стійкий матуючий ефект, а також виступають як текстуруючий агент, покращуючи тактильні властивості продукту та зменшуючи липкість. Крім того, завдяки оптичному ефекту (soft-focus), вони візуально згладжують недоліки шкіри. Мезопориста структура також робить кремнезем ідеальним носієм для контрольованого вивільнення активних компонентів.

Головною метою даного дослідження була розробка ефективного методу синтезу високочистих аморфних наночастинок кремнезему з доступної мінеральної сировини. Як вихідний матеріал було використано кремнеземвмісний мінерал – ймовірно вивітрений олівцевий ортогнейс, отриманий із родовища поблизу Олевська, Житомирська обл., що знаходиться у західній частині Українського Щита. Мінерал мав жовтуватий колір, стрижнеподібну структуру та складався переважно з кварцу та каолініту. Рентгеноструктурний аналіз підтвердив наявність цих двох фаз та ідентифікував кристалічну структуру зразка. Вміст SiO_2 складав 90,31%. Для отримання кремнеземзбагаченого матеріалу мінерал подрібнювали до розміру частинок 100 мкм, прожарювали при 680°C протягом 3 год. та піддавали кислотній обробці розчином 2,5 М HCl протягом 2 год. для видалення металевих домішок (сполук Al , Fe , Ca , Mg тощо). XRD-аналіз підтвердив успішність процесу, оскільки піки каолініту зникли, що свідчить про видалення оксиду алюмінію та кислоторозчинних оксидів, тоді як основний кристалічний пік кварцу зберігся. Отриманий кремнеземзбагачений матеріал був підданий вилуговуванню у розчині 2 М NaOH при 100°C протягом 14 год. для отримання розчину силікату натрію. Наступний етап – осадження кремнезему – відбувався шляхом титрування розчину 7 М HNO_3 до $\text{pH} \sim 7$, що ініціювало гелеутворення. Після витримки, центрифугування та промивання, вихід продукту склав $\sim 70\%$. Характеристика кінцевого продукту підтвердила отримання матеріалу з унікальними властивостями. ICP-MS аналіз підтвердив його надзвичайну чистоту: вміст SiO_2 досяг 99,9 %. Синтезований матеріал має аморфну природу, про що свідчить наявність одного широкого піку при $2\theta = 22^\circ$, на відміну від гострих піків кристалічного кварцу. Зображення SEM виявили агреговані

сферичні частинки із середнім діаметром приблизно 50 нм. Аналіз BET визначив, що кремнезем є мезопористим матеріалом із високою питомою поверхнею 179 м²/г та середнім діаметром пор 12,6 нм.

У результаті дослідження було успішно синтезовано сферичні, аморфні, мезопористі та хімічно чисті наночастинки кремнезему. Висока питома поверхня, інертність та чистота роблять цей матеріал перспективним як для використання в чистій формі, наприклад, як функціональний компонент у косметичці, так і для цільової модифікації.

УДК 665.58:615.26

ТЕЛЕНЧАК Д. С., ХРОКАЛО Л.А.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ КОСМЕТИЧНОЇ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СИРОВАТКИ ДЛЯ ОБЛИЧЧЯ ДЛЯ КОРЕКЦІЇ ПОСТАКНЕ

Постзапальна гіперпигментація – це поширене набуте захворювання, яке характеризується підвищенням активності меланоцитів у відповідь на запалення або травми шкіри. Гіперпигментація внаслідок акне (постакне) є одним з найпоширеніших і найбільш стійких ускладнень, що робить розробку ефективних засобів для її корекції актуальною проблемою сучасної дерматокосметології. Особливої значущості постзапальна гіперпигментація після акне набуває у пацієнтів із III–VI фототипами за Фіцпатріком, однак клінічний досвід свідчить, що ця проблема є актуальною для всіх типів шкіри. Гіперпигментація постакне розвивається як наслідок місцевого запалення, яке запускає каскад процесів у меланоцитах і кератиноцитах: медіатори запалення (зокрема лейкотрієн C₄) та цитокіни підвищують активність і експресію ключових регуляторів меланогенезу, в першу чергу тирозинази, що призводить до надлишкового синтезу меланіну, одночасно стимулюючи збільшення дендритності меланоцитів і посилення передачі сформованих меланосом у навколишні кератиноцити [1].

Враховуючи, що постакне є наслідком попереднього пошкодження шкіри, для її корекції було поставлено задачу підібрати складники сироватки, яка дозволить вирішити вищезазначені проблеми при регулярному використанні. Нами запропоновано включити наступні інгредієнти.

Трилон Б (динатрієва сіль ЕДТА) використовується як хелатуючий агент для зв'язування іонів важких металів у формулі. Це покращує стабільність продукту, запобігаючи окисненню та зміні кольору сироватки (що особливо може бути зумовлено бакучіолом у даній формулі).

Ніацинамід – це амідна форма ніацину (вітаміну B₃), яка проявляє багатофункціональну дію в косметичних формулах. Він інгібує перенесення меланосом у кератиноцити, що сприяє зменшенню гіперпигментації, покращує бар'єрну функцію шкіри за рахунок стимуляції синтезу керамідів, а також має протизапальні властивості та забезпечує себорегуляцію.

Гліцерин виконує роль потужного гігроскопічного агента, що забезпечує інтенсивне зволоження шкіри. Як трьохатомний спирт, він утворює водневі зв'язки з молекулами води, допомагаючи утримувати вологу в шкірі.

Д-пантенол (провітамін B₅) проявляє регенеративні та протизапальні властивості. У шкірі він перетворюється на пантотенову кислоту, яка стимулює епітелізацію та сприяє відновленню пошкодженого бар'єру. Д-пантенол також виконує зволожуючу функцію, підвищуючи рівень гідrataції шкіри.

Водно-гліцериновий екстракт центели *Centella asiatica* багатий на тритерпенові сапоніни (азіатикозид, мадекассосид), які стимулюють синтез колагену та прискорюють загоєння. Екстракт має виражені протизапальні та антиоксидантні властивості, що робить його особливо ефективним для відновлення шкіри, пошкодженої внаслідок акне.

Полісорбат-20 виконує функцію емульгатора та розчинника, забезпечуючи стабільну дисперсію бакучіолу як жиророзчинного компонента у водному середовищі.

Бакучіол – це натуральний аналог ретиноїдів, отриманий із псоралеї *Psoralea corylifolia*. Він модулює меланогенез через інгібування тирозинази, прискорює клітинний обіг та стимулює синтез колагену. Клінічні дослідження демонструють, що бакучіол у концентрації 0,5% ефективно зменшує гіперпигментацію та покращує текстуру шкіри, проявляючи ефективність, порівнянну з ретиноїдами, але без характерних побічних ефектів [2].

Гідролізована губка (спікули) – це мікроскопічні голкоподібні структури, видобуті з морських або прісноводних губок, які слугують природною системою мікроголчастого подразнення та стимулювання мікроциркуляції. Голка губки може проникати в шкіру, відкривати шкірний канал безпосередньо до базального шару, розблоковувати забиті пори, прискорювати метаболізм та природне відлущування старіючого рогового шару та досягати природного, безпечного та ефективного омолодження шкіри, скорочуючи цикл оновлення шкіри з 28 до 10 днів [3].

Actiwhite™ PW LS 9860 – це синергетичний комплекс на рослинній основі (екстракт гороху у поєднанні з сахарозою дилауратом і допоміжними компонентами), що застосовується в косметичних формулах як актив для освітлення шкіри та корекції пігментних плям. Інгредієнт інгібує дозрівання меланосом за рахунок зниження експресії гена PMEL-17 і частково пригнічує активність тирозинази – внаслідок чого зменшується синтез і накопичення меланіну. [4]

Пропандіол працює як ефективний гігроскопічний агент, розчинник для важкорозчинних активів та покращувач текстури продукту.

Консервант Nipaguard PE 9010 – це суміш феноксіетанолу та етилгексилгліцерину, що забезпечує широкий спектр антимікробної дії. Ця система ефективно захищає продукт від бактерій, дріжджів і цвілі, відповідаючи вимогам сучасної безпечної косметики.

Serimax ZEN – це сучасний попередньо нейтралізований полімерний загусник на основі акрилатів, який дозволяє створювати стабільні емульсії без традиційних емульгаторів. Він забезпечує приємну сенсорну текстуру, швидко вбирається і не залишає липкості, що особливо важливо для засобів для обличчя, схильного до акне.

Таким чином, обґрунтований склад багатофункціональної сироватки для корекції постакне, заплановане виготовлення зразків для подальших досліджень.

Література

1. Postinflammatory hyperpigmentation: A comprehensive overview / N. Silpa-archa et al. Journal of the American Academy of Dermatology. 2017. Vol. 77, no. 4. P. 591–605. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2017.01.035> (date of access: 01.11.2025).
2. Prospective, randomized, double-blind assessment of topical bakuchiol and retinol for facial photoageing / S. Dhaliwal et al. British Journal of Dermatology. 2018. Vol. 180, no. 2. P. 289–296. URL: <https://doi.org/10.1111/bjd.16918> (date of access: 08.11.2025).
3. Wu Xianzhong. A kind of hydrolyzed sponge and its extraction and application [Електронний ресурс] : пат. CN117487782A (KHP) / W. Xianzhong; заявник Guangzhou Xulang Biotechnology Co. – Опубл.: 02.02.2024. – URL: <https://patents.google.com/patent/CN117487782A/en> (дата звернення: 16.11.2025).
4. BASF SE. Actiwhite™ PW LS 9860 – product brochure [Електронний ресурс] / BASF Personal Care. – URL: <https://www.ulprospector.com/documents/1178235.pdf?bs=75&b=109346&st=20&r=na&ind=personalcare> (дата звернення: 16.11.2025).

Секція 5.

**Експертиза та
безпека харчових
продуктів**

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА

Морозиво – це харчовий продукт, який одержують шляхом пастеризації, гомогенізації, збивання та одночасного заморожування багатокомпонентних десертних сумішей. Відповідно до сучасної термінології, яку застосовують у нормативних документах, морозиво – це збитий, заморожений солодкий харчовий продукт, що споживається у замороженому стані.

У світі, на сьогоднішній день, відомі різні види морозива, які різняться за фізико-хімічними та органолептичними показниками, за способами виробництва, рецептурним складом, оформленням поверхні та пакуванням.

Зростаюча обізнаність про взаємозв'язок між харчуванням і здоров'ям призвела до того, що споживачі стали частіше замовляти морозиво, яке відповідає їхнім потребам у фізичному та психічному благополуччі. Споживачі почали шукати більш «натуральні» продукти, без синтетичних добавок (таких як барвники, ароматизатори тощо).

Окрім цього, морозиво містить відносно велику кількість жиру і цукру, що сприяє високому споживанню цих поживних речовин і, як наслідок, збільшує ризик ожиріння, в тому числі дитячого, і пов'язаних з ним проблем зі здоров'ям. Ці побоювання призвели до підвищення попиту на низькокалорійні продукти і, отже, до необхідності розробки функціонального морозива.

Вченими різних країн проводяться розробки морозива із використанням функціональних інгредієнтів. Так, в Європі та США доволі тривалий час випускають морозиво функціонального призначення, найбільш популярним серед якого є морозиво із клітковиною, молочним білком, вітамінами і мінералами [1].

Взагалі, серед основних пріоритетів при розробленні рецептур і технології інноваційних видів морозива виділяють наступні: користь для здоров'я, натуральне походження інгредієнтів, високі органолептичні властивості (смак, аромат, текстура), знижена калорійність та солодкість, досягнута завдяки використанню природних цукрів.

Сформована наступна класифікація заморожених десертів вдосконаленого рецептурного складу:

- вироби, збагачені білками різного походження (тваринного або рослинного);
- продукти з натуральними підсолоджувачами або заміниками цукру із зазначенням глікемічного індексу;
- морозиво з додаванням пробіотичних та пребіотичних культур;
- низькокалорійні варіанти з мінімальним вмістом жиру й цукру або взагалі без них;

- безмолочні (веганські) десерти;
- вироби на основі фруктово-овочевих сумішей;
- безлактозні види, що підходять для людей із непереносимістю лактози тощо [2,3].

Особливий інтерес набуває розроблення рецептурного складу морозива на основі рослинних заміників молока, серед яких вівсяне молоко є беззаперечним фаворитом.

Вівсяне молоко чудово засвоюється організмом, забезпечує його всіма необхідними речовинами, в числі яких білок (з однієї порції вівсяного молока можна отримати близько 4-5 г), клітковина, вітаміни групи В, залізо, кальцій, фосфор і кремній. У 100 г вівсяного молока в середньому міститься: білки – 1,22 г; жири – 2,03 г; холестерин – 0 мг; вуглеводи – 6,49 г; харчові волокна – 0,6 г; цукри – 3,19 г; натрій – 38 мг. Енергетична цінність вівсяного молока становить 48 ккал.

Серед інших корисних властивостей вівсяного молока – зниження рівня холестерину за рахунок наявності вівсяного бета-глюкану, який зменшує зростання рівня глюкози в крові після прийому їжі. Так само сприятливо впливає на рівень холестерину в крові низький вміст насичених жирних кислот і наявність альфа-ліноленової кислоти в продуктах з вівса. Будучи джерелом заліза і магнію, продукти з вівса сприяють зменшенню втоми, нормальному енергетичному метаболізму і нормалізації психічної діяльності. Високий вміст харчових волокон (клітковини) вівса сприяє поліпшенню роботи кишкового тракту [4].

З огляду на вищенаведене, використання соєвого молока або його часткове додавання до рецептурного складу морозива надає можливість створення низькокалорійного продукту функціонального призначення.

Література

1. Genovese A., Balivo A., Salvati A., Sacchi R. Functional ice cream health benefits and sensory implications Food Research International. 2022. Vol. 161. 111858. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111858>
2. Толок С. Наукове обґрунтування інновацій у виробництві функціональних заморожених десертів. *Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації*. 2025. Т. 7. № 2. С. 245-260.
3. Голембовська Н. В., Ізраелян В. М., Волхова Т. В. Розробка та оцінка властивостей вегетаріанського морозива на основі рисового молока. *Таврійський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. № 3. С. 291-300.
4. Вівсяне молоко: смачна і корисна альтернатива продукції тваринного походження. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.seeds.org.ua/vivsyane-moloko-smachna-i-korisna-alternativa-produkcii-tvarinnogo-poxodzhennya/>

ВИКОРИСТАННЯ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО НАПОЮ

В останні роки споживачі в усьому світі стали більше уваги приділяти споживанню молочних продуктів. Перевага надається молочним продуктам, що містять пробіотичні бактерії спеціально підібраних штамів, переважно з групи *Lactobacillus* spp. і *Bifidobacterium* spp. Ферментовані молочні продукти, такі як сироватка, приваблюють споживачів більшою поживністю, втамовують спрагу, мають меншу кислотність і містять мало калорій.

Молочна сироватка має величезні терапевтичні властивості, такі як антимікробні, протиракові, імуностимулюючі, пребіотичні, протизапальні, серцево-судинні, шлунково-кишкові, зміцнювальні, що допомагають контролювати вагу, боротися з ожирінням, ВІЛ та діабетом, пригнічувати апетит, уповільнювати старіння і загоювати рани [1].

Нині в Україні асортимент продуктів на основі молочної сироватки досить обмежений. Сфера застосування молочної сироватки зазвичай обмежена через підвищену кислотність та недоліки органолептичних властивостей (солонуватий і кислуватий смак, виражений сироватковий запах). В той же час, при поєднанні молочної сироватки із фруктовими та овочевими соками, плодово-ягідними пюре, екстрактами трав можливо отримати функціональні напої, які мають не лише приємний та освіжаючий ефект, але і лікувальні та профілактичні властивості [2].

З метою підвищення біологічної цінності сироватки молочної, надання їй оригінальних органолептичних показників та розширення асортименту нами запропоновано використання в якості наповнювачів фруктового пюре. Враховуючи біологічну цінність, корисні властивості та вподобання споживачів для приготування фруктового пюре обрано лохину та кизил.

Основними біологічно активними компонентами плодів лохини є фенольні сполуки, які складають 0,3% від загального вмісту ягоди. Найбільш поширеними серед фенольних сполук є проціанідини, фенольні кислоти, похідні стільбенів (ресвератрол) і флавоноїди.

Дослідженнями науковців різних країн світу встановлено, що ягоди лохини характеризуються протизапальними властивостями, захищають серцево-судинну систему, протидіють утворенню ракових клітин, позитивно впливають на нервову систему людини. Ягоди лохини, володіючи хіміопрофілактичними властивостями, через різноманітні механізми можуть протидіяти ураженню клітин шкіри [3].

Кизил вже давно перестав вважатися нішевою рослиною, оскільки завдяки своїм унікальним цілющим властивостям ця плодова рослина міцно облаштувалась у промислових садах по всій території України.

Хімічний склад плодів кизилу дуже різноманітний: легкозасвоювані цукри – глюкоза та фруктоза; органічні кислоти – яблучна, саліцилова, галова, винна; мінеральні речовини, серед яких калій, сірка, кальцій, фосфор, що сприяють зниженню лужності крові.

Плоди кизилу – джерело дефіцитних біологічно-активних речовин, серед яких аскорбінова кислота та Р-активні сполуки (антоціани, катехіни, флавоноли), що відзначаються гіпотензивною та зміцнюючою дією. Поліфенольні сполуки кизилу представлені катехінами, лейкоантоціанами, флавонолами та антоціанами [4].

Розробка рецептури проводилась з урахування рекомендованих співвідношень та смакових характеристик фруктового пюре. Технологія приготування напою складалася з кількох етапів: отримання фруктового пюре, змішування компонентів та охолодження.

Результати дегустаційної оцінки органолептичних показників дослідних зразків свідчать про високу їх якість. Експерти відмітили найкращою оцінкою зразок з додаванням пюре лохини, напій з додаванням пюре кизилу посів друге місце, що пов'язано з характерною для ягід кизилу терпкістю.

Таким чином, проведені дослідження доказують можливість та доцільність поєднання молочної сироватки з плодово-ягідними наповнювачами, що дозволяє отримувати напої функціонального призначення з відмінними органолептичними показниками та збагаченим нутрієнтним складом.

Література

1. Gupta C., Prakash D. Therapeutic Potential of Milk Whey. *Beverages*. 2017. Vol. 3(3). 31. URL: <https://doi.org/10.3390/beverages3030031>
2. Назаренко Ю. В., Яценко С. Ю. Особливості використання молочної сироватки та ретентату, отримання високоякісних напоїв оздоровчого харчування. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2016. Вип. 1. С. 127-142.
3. Євпак О. В., Шевчук Л. М. Вміст біологічно активних речовин у плодах лохини щиткової (*Vaccinium Corymbosum* L.) сортів ранніх термінів досягання. *Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання плодоовочевої продукції* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, м. Миколаїв, 21-22 березня 2025 р. МНАУ, 2025. С. 87-89.
4. Кручек А.Н., Федоренко В.С. Кизил – цінна кісточкова культура. *Сад, виноград і вино України*. 2005. № 12. С. 22-23.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ СИРЦЕВИХ ПРЯНИКІВ ІЗ ДОДАВАННЯМ ПЕКТИНОВІСНИХ ПРОДУКТІВ

Популярність борошняних кондитерських виробів серед різних верств населення зростає щороку та зумовлена високими смаковими якостями, ціною доступністю та широкою асортиментною лінійкою, що задовольняє вимоги навіть найвибагливіших споживачів. Водночас слід констатувати, що, перебуваючи в категорії «улюблених» харчових продуктів, борошняні кондитерські вироби характеризуються значним вмістом жирів та вуглеводів, що зумовлює їхню високу енергетичну цінність, і практично повною відсутністю корисних для здоров'я людини харчових інгредієнтів.

Пріоритетною серед населення є продукція тривалого зберігання, зокрема пряникові вироби, з високими споживчими властивостями, що виробляється переважно з вітчизняної натуральної сировини.

Виробничий асортимент пряників є досить широким і різноманітним. Відповідно до рецептури та технології приготування, пряникові вироби поділяються на заварні (із заварюванням борошна) та сирцеві (без заварювання борошна), з начинкою (фруктове або ягідне пюре, повидло, підварка) та без неї, з різноманітним зовнішнім оздобленням, масою та формою. Сирцеві пряники зазнають значно більшого черствіння порівняно із заварними, що є додатковим стимулом для розробників у пошуку шляхів удосконалення технології для забезпечення встановлених термінів зберігання.

Асортимент цієї категорії борошняних кондитерських виробів постійно вдосконалюється та розширюється, у тому числі шляхом модифікації традиційних рецептур і введення до їхнього складу повноцінних білків, харчових волокон, есенціальних мікронутрієнтів – вітамінів та мінеральних речовин, а також інших біологічно активних та мінорних компонентів за одночасного зниження енергетичної цінності продукту. Це зниження, зокрема, може бути досягнуто за рахунок зменшення рецептурної кількості цукровмісних речовин (цукру-рафінаду, патоки, інвертного сиропу), що обумовлюють високий глікемічний показник та енергетичну цінність готових виробів, а також часткової або повної їхньої заміни альтернативними інгредієнтами при забезпеченні високих споживчих властивостей продукції та гарантованих виробником термінів придатності.

7. На підставі аналізу результатів комплексного дослідження якості сирцевих пряників із додаванням пектиновмісного плодового пюре можна констатувати, що для оптимізації якісних характеристик та пролонгації терміну свіжості продукції доцільно здійснити повну заміну інвертного сиропу на гарбузове пюре у рецептурній композиції.

Метою дослідження стало удосконалення рецептури сирцевих пряників шляхом часткової або повної заміни інвертного сиропу пектиновмісними продуктами та оцінювання якості готової продукції. Об'єктом дослідження визначено технологію виробництва сирцевих пряників із додаванням пектиновмісної сировини, а предметом – яблучне та гарбузове пюре, модельні харчові системи тіста та готові вироби.

Експериментальні дослідження показали, що заміна інвертного сиропу яблучним та гарбузовим пюре позитивно впливає на органолептичні властивості виробів, зокрема смак, аромат і текстуру. Встановлено, що модельні зразки з повною заміною сиропу мають переваги за всіма критеріями органолептичної оцінки.

Аналіз фізико-хімічних показників підтвердив, що додавання пектиновмісних пюре збільшує масову частку води у порівнянні з контрольним зразком, що сприяє уповільненню процесу черствіння. Дослідження протягом 10 діб зберігання показало: із підвищенням вмісту яблучного та гарбузового пюре зменшується щільність виробів, що забезпечує пролонгацію свіжості.

Таким чином, встановлено перспективність заміни інвертного сиропу пектиновмісними продуктами та обґрунтовано доцільність використання яблучного та гарбузового пюре як рецептурних компонентів. Доведено, що повна заміна інвертного сиропу на гарбузове пюре забезпечує оптимальні органолептичні та фізико-хімічні характеристики. Отримані результати мають практичне значення для удосконалення технології виробництва сирцевих пряників та підвищення їх конкурентоспроможності на ринку.

УДК 664:878.5/.7:621.798.1

¹КОВАЛЬЧУК Т.І, ²ПАВЛЮК С.К., ²ФІЛІНСЬКА Т.Г.

¹Поліський національний університет

²Український державний університет науки і технологій,
ННІ Український державний хіміко-технологічний університет

ПЕТ ТАРА З ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ПАКУВАННЯ КРАФТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

У сучасному світі, де домінує масове виробництво, термін «*крафт*» (від англ. «*craft*» – ремесло, майстерність) набуває особливого значення, позначаючи відхід від конвеєрного підходу до створення продуктів. Це поняття охоплює не лише ручну працю, а й цілу філософію, що поєднує автентичність, якість та особисту причетність виробника. Крафтові продукти – це результат майстерності та пристрасі, що виходять за межі суто функціональних характеристик, надаючи кожному виробу унікальну цінність та історію. Розвиток наукових уявлень про крафтові харчові продукти має вирішальне

значення для глибокого розуміння їхньої природи, властивостей та впливу на здоров'я споживачів.

Наукові дослідження допомагають точно встановити вміст білків, жирів, вуглеводів, вітамінів та мінералів у крафтових продуктах, а також виявити наявність будь-яких добавок чи консервантів. Це дає змогу об'єктивно оцінити їхню поживну цінність. Виконуються дослідження спрямовані на вивчення впливу крафтових харчових продуктів на такі показники здоров'я, такі як рівень холестерину, кров'яний тиск, процеси травлення та загальне самопочуття.

Важливим аспектом є оцінка безпеки крафтових продуктів. Це охоплює виявлення потенційних мікробіологічних забруднень, токсичних сполук та інших загроз для здоров'я споживачів. Наукові дослідження вивчають рецептурні інновації, різні технології виробництва крафтових продуктів та їхній вплив на кінцеву якість і безпеку. Це також включає дослідження нових методів консервації, пакування та зберігання, які дозволяють покращити характеристики продукції.

Оскільки крафтова продукція є унікальною, то закономірним є піклування виробників про належне пакування; воно повинно бути безпечним, інформаційним та цікавим для споживачів.

Для пакування крафтової продукції застосовують різну тару але найпопулярнішою є полімерна, наприклад, з поліетилентерефталату (ПЕТ), у тому числі виготовлену з вторинної сировини. Використання тари з вторинного ПЕТ (rPET) має такі переваги: екологічність (зменшення кількості пластику який попадає на сміттєзвалища), прозорість та легкість (зберігає зовнішню привабливість продукції), перероблюваність (ПЕТ піддається неодноразовому переробленню), харчова безпечність (при відповідності міграції допустимому рівню). В умовах сталого розвитку та екологізації виробництв актуальними є технології, які дозволяють використовувати при виготовленні ПЕТ тари не лише первинну сировину в чистому вигляді, але і її суміші із вторинною в різних пропорціях. Кількість вторинної сировини може досягати 70%, а іноді й більше. Це суттєво знижує негативний вплив полімерних відходів на стан навколишнього середовища, але потребує регулювання питань щодо безпечності харчової ПЕТ тари з вторинної сировини та вивчення можливого негативного впливу на здоров'я споживачів, у тому числі за рахунок міграції шкідливих речовин з тари в продукт, який в ній зберігається. На сьогодні відомі світові бренди (Coca-Cola, PepsiCo, Nestlé) використовують ПЕТ тару з повністю переробленого матеріалу.

Для виробництва ПЕТ тари порівняно недавно почали застосовувати метод роздуву і термоформування. Основною перевагою таких пляшок перед скляними є значне зниження маси при збереженні захисних властивостей (ПЕТФ практично непроникний для газів - CO_2 і ін.). Маса полімерної пляшки ємністю 1,5 л становить 62 – 65 г, тоді як маса скляної в рази менша (скляна пляшки ємністю 1 л має масу ~ 650 гр.) На сьогодні в низці

західноєвропейських країн передбачається масовий випуск ПЕТ пляшок ємністю від 0,5 до 2 л литтям під тиском з подальшим раздувом заготівки.

В умовах євроінтеграції питання повторного використання полімерів набуває важливого значення і в нашій країні. Маємо враховувати досвід країн Євросоюзу у питанні зниження впливу пластика на довкілля. Директива Ради (ЄС) 2019/904 про зниження впливу деяких пластикових виробів на навколишнє середовище оприлюднила правила та реалізувала цілі Європейського зеленого курсу та стратегії ЄС щодо пластмас, вимагаючи, щоб до 2030 року вся пластикова упаковка, що постачається на ринок ЄС, була придатною для повторного використання або легко перероблялася. Директива Ради (ЄС) 2018/852 говорить про те, що до 2030 року не менше 30% ПЕТ тари повинно бути перероблено.

Література

1. Павлюк С., Філінська Т., Суха І., & Філінська А. (2023). Дослідження безпечності використання ПЕТ пляшок із вторинної сировини для пакування харчових продуктів. Технічні науки та технології, (4 (34)), 188–194. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-4\(34\)-188-194](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-4(34)-188-194)
2. Про матеріали і предмети, призначені для контакту з харчовими продуктами: Закон України; Вимоги від 03.11.2022 № 2718-ІХ. Відомості Верховної Ради України, 2023, № 28, ст.102. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2718-20#Text> (дата звернення 26. 10. 2025).

УДК 658.562:664.69

ЛОБОДЕНКО М.А., ЮРОВА Т.А., РАЦУК М.Є.
Херсонський національний технічний університет

РОЗРОБКА ПЛАНУ НАССР ПРИ ВИРОБНИЦТВІ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ

Найпоширенішою системою управління безпечністю харчових продуктів є система НАССР (від англ. Hazard Analysis and Critical Control Point), яка базується на науково обґрунтованому підході, що передбачає аналіз небезпечних чинників і визначення критичних точок контролю. Ця система дозволяє ефективно забезпечувати безпечність харчової продукції шляхом виявлення та контролю потенційних загроз. Система управління безпечністю НАССР передбачає ґрунтовний аналіз сировини та технологічного процесу з метою визначення небезпечних чинників та розробку дій, здатних усунути або зменшити їх до допустимих значень [1].

В ДСТУ ISO 22000:2019 «Системи управління безпечністю харчових продуктів» небезпечний чинник визначається як біологічний, хімічний або

фізичний агент у харчовому продукті, або стан харчового продукту, що потенційно може спричинити негативний вплив на здоров'я.

Аналіз основної і допоміжної сировини, процесів її перероблення, устаткування та обов'язкових програм-передумов дозволив стверджувати, що при виробництві макаронних виробів можливо виникнення наступних небезпечних чинників:

- біологічні – зараження борошна і макаронного тіста сторонньою мікрофлорою внаслідок недотримання особистої гігієни працівниками та не діючими програмами-передумовами стосовно боротьби зі шкідниками, розвиток патогенних мікроорганізмів при порушенні режиму теплового оброблення напівфабрикату;

- хімічні – наявність пестицидів і гербіцидів в борошні та залишки миючих засобів на поверхні обладнання при порушенні інструкцій миття, потрапляння мастильних речовин при недотриманні правил технічного обслуговування устаткування;

- фізичні – наявність сторонніх предметів в тісті і готових виробах при недотриманні працівниками правил особистої гігієни та використання обладнання невідповідного технічного стану.

З використанням методу, який рекомендовано Наказом МінАПК №590, проведено аналіз ризиків по кожному потенційно небезпечному чиннику, що дозволило виключити точки, які не представляють суттєвої загрози виникнення небезпеки.

За допомогою «дерева рішень» визначено критичні контрольні точки (ККТ) виробництва, тобто етап, на якому можна застосовувати заходи контролю, і який є суттєвим для запобігання або усунення небезпечних чинників, або для зменшення їх до прийнятного рівня, проведення контролю для ідентифікації небезпечного чинника і (або) управління ризиком.

Для кожної визначеної ККТ було розроблено процедури моніторингу та коригувальні дії, тобто дії по управлінню безпечністю в разі втрати контролю.

План НАССР виробництва макаронних виробів наведено в табл.1.

План НАССР виробництва макаронних виробів

ККТ	ККТ 1Ф	ККТ 2Б
Етап	Магнітна сепарація борошна	Сушіння
Небезпечний чинник	Фізичний: залишки сторонніх включень (металомагнітні домішки).	Мікробіологічний: розвиток патогенної мікрофлори, наявність плісняви, дріжджів.
Критичні межі	Не допускається наявність сторонніх домішок.	Не допускається наявність плісняви і дріжджів. Температура 60-62°C, час 8-8,25 год.
Процедури моніторингу	Оператором установки проводиться постійний моніторинг магнітної індукції та сили току за допомогою автоматизованої системи, що містить тесламетр, амперметр.	Оператором установки проводиться постійний моніторинг температури та часу сушіння за допомогою автоматизованої системи, що містить датчик температури та таймер.
Коригувальні дії	Негайно проводиться ізоляція продукції для повторної обробки. За необхідністю процес зупиняється, проводиться очистка магнітів та налаштування обладнання.	Зупинка процесу, тестування та налаштування обладнання. Негайно проводиться вилучення продукту. Якщо вологість продукту перевищує 14%, а наявності мікроорганізмів не спостерігається проводиться повторна обробка. Продукція, для якої характерна наявність патогенної мікрофлори, утилізується.
Перевірка	Лаборант виробничої лабораторії кожну годину. Технолог виробництва 1 раз на тиждень.	Хімік-мікробіолог виробничої лабораторії кожну партію. Механік, технолог 1 раз на зміну.
Записи	Журнал моніторингу ККТ 1Ф.	Журнал моніторингу ККТ 2Б.

Отже, запропоновані заходи щодо впровадження системи НАССР на підприємстві виробництва макаронних виробів дозволять уникнути можливих ризиків безпеки, тим самим забезпечити надходження безпечної та якісної продукції до споживача.

Література

1. Дегтярьов М. О., Яценко І. В, Жейнова Н. М., Дегтярьов І. М. Аналіз ризиків при виробництві харчових продуктів : навч. посіб. Харків : Цифра Прінт, 2020. 269 с

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ КЕКСІВ ЗНИЖЕНОЇ КАЛОРІЙНОСТІ ІЗ ВМІСТОМ ГАРБУЗОВОГО ПЮРЕ

Борошняні кондитерські вироби – це велика група висококалорійних харчових продуктів, надмірне споживання яких порушує збалансованість раціону харчування через високий вміст вуглеводів і жирів. Зокрема, калорійність кексів в середньому сягає 460 ккал на 100 г виробів.

Аналіз харчової та енергетичної цінності борошняних кондитерських виробів свідчить про необхідність оптимізації їх хімічного складу з одночасним збереженням традиційних споживних властивостей. У зв'язку з цим постає завдання науково обґрунтованого вибору рецептурних компонентів з метою зниження калорійності виробів, а також забезпечення додаткових функціональних властивостей та збагачення вітамінами і мінеральними речовинами.

Оптимізацію рецептур борошняних кондитерських виробів доцільно здійснювати за рахунок впровадження нетрадиційних харчових інгредієнтів рослинного походження. Важливим показником додаткової сировини є висока біологічна цінність і низька собівартість її отримання.

Серед нетрадиційної овочевої сировини для збагачення борошняних кондитерських виробів особливе місце займає гарбуз, оскільки його м'якоть цінна високим вмістом каротиноїдів та пектину, вітамінів і мінеральних речовин. При цьому гарбуз і продукти його переробки мають низьку калорійність. Харчові волокна, що містяться в гарбузовій м'якоті, окрім позитивної фізіологічної дії на організм людини, мають важливі функціонально-технологічні властивості у виробництві борошняних кондитерських виробів. Відомо, що їх застосування сприяє збільшенню виходу продукту за рахунок високих водозв'язувальної та водоутримувальної здатностей, позитивно впливає на структурно-механічні властивості напівфабрикатів та готових виробів, уповільнює процеси черствіння готових виробів [1]. Гарбуз додають до борошняних виробів у свіжому вигляді (м'якоть, сік), відвареному або консервованому – у вигляді пасти. Також гарбуз переробляють на борошно, яке має довший термін зберігання.

У даній роботі з метою зниження енергетичної цінності кексу «Столичний» і збагачення його корисними речовинами запропоновано часткову заміну в рецептурі масла вершкового на гарбузове пюре.

Для визначення оптимального вмісту гарбузового пюре у рецептурі було досліджено три зразки кексів з різним відсотковим співвідношенням вершкового масла і пюре, відповідно: 75/25, 50/50, 25/75. Якість готових кексів

оцінювали за органолептичними та фізико-хімічними показниками, а також харчовою і енергетичною цінністю.

Отримані результати дослідження фізико-хімічних властивостей модельних зразків кексів свідчать, що зі збільшенням частки гарбузового пюре і відповідним зменшенням кількості вершкового масла у рецептурі відбувається підвищення густини кексів з $0,62 \text{ г/см}^3$ до $0,65 - 0,70 \text{ г/см}^3$. Слід відмітити, що заміна вершкового масла гарбузовим пюре на 25% не спричиняє зміни питомого об'єму виробів. Для зразків із вмістом пюре 50% і 75% питомий об'єм зменшується відповідно зі $161 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ до $152 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ і $143 \text{ см}^3/100 \text{ г}$. Масова частка вологи кексів підвищується відповідно до збільшення вмісту гарбузового пюре з 12,06% для контрольного зразку до 13,73 – 15,59%.

Аналіз результатів органолептичного оцінювання модельних зразків кексів зниженої калорійності дозволяє зробити висновок, що заміна вершкового масла гарбузовим пюре у кількості до 50% не має негативного впливу на смак і запах готових кексів. Слід відзначити, що смак кексів із вмістом гарбузового пюре менш солодкий, ніж у контрольного зразку, при цьому сторонній присмак гарбуза відсутній. Подальше підвищення вмісту гарбузового пюре до 75% погіршує зовнішній вигляд, структурні і смакові характеристики кексу.

На основі комплексної оцінки показників якості модельних зразків кексів зниженої калорійності, можна заключити, що найкращі характеристики відповідають зразку зі співвідношенням компонентів 75% вершкового масла / 25% гарбузового пюре. Однак, з метою більш значного зниження енергетичної цінності кексів представляло інтерес покращення структури зразка із заміною 50% вершкового масла на гарбузове пюре.

У зв'язку з цим було досліджено вплив структуроутворювача –псиліуму– на фізико-хімічні та органолептичні показники якості кексу з обраною рецептурою. Визначено, що структура кексу із вмістом псиліуму 3% від маси гарбузового пюре характеризується найбільш рівномірною пористістю, більшою розсипчастістю і м'якістю. За результатами експертного сенсорного аналізу даний зразок отримав найвищу оцінку за смакові якості.

В результаті проведеного аналізу харчової і енергетичної цінності кексів, виготовлених за удосконаленими рецептурами, визначено, що найкращі характеристики має зразок із додаванням 50% гарбузового пюре у поєднанні з псиліумом, загальна калорійність якого на 21,2% менша, ніж у кексу за базовою рецептурою. Особливістю даного виробу є збільшення вмісту харчових волокон на 56,5% за рахунок введення до складу псиліуму.

Таким чином, запропонована удосконалена рецептура кексу із заміною 50% вершкового масла на гарбузове пюре у поєднанні з псиліумом дозволяє не тільки знизити калорійність виробу, але й підвищити його харчову цінність, а також забезпечує високі споживні властивості кексу.

Література

1. Юдічева О.П. Органолептичне оцінювання хліба пшеничного, збагаченого продуктами переробки гарбуза / О. П. Юдічева, О. В. Калашник, С.Е. Мороз, О.А. Рибалко, А.В. Корсун // Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки. – 2020, № 23. – С. 136-144. <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2020-23-18>.

УДК 664.696.6

НОВІКОВА О.В., ЮРОВА Т. А., СЕМЕНЧЕНКО О.О.
Херсонський національний технічний університет

РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ СНЕКОВОГО БАТОНЧИКА

Завдяки своїй легкості, компактності та зручності снекова продукція стала популярним варіантом перекусу. Вона є чудовою альтернативою хлібобулочним і кондитерським виробам. Снеки зазвичай мають невелику вагу та фасуються в індивідуальну упаковку, що є зручним в повсякденному використанні. Окрім цього, така продукція достатньо довго зберігає корисні сировинні властивості та не потребує теплової обробки.

Особливе місце в сегменті снекової продукції займають зернові батончики. Згідно з ДСТУ 2903:2005 «Концентрати харчові. Сніданки сухі. Технічні умови» зернові батончики відносяться до сухих сніданків – продуктів, одержаних під час термічного оброблення зерна, крупи, борошна або їх суміші із подальшим внесенням різних харчових добавок, з начинкою або без, повністю готових до вживання, без додаткового кулінарного оброблення.

До переваг зернових батончиків можна віднести високу енергетичну цінність, позитивний вплив на організм людини за рахунок насичення поживними речовинами та вітамінами. Також, зернові батончики при споживанні поліпшують діяльність шлунково-кишкового тракту, нормалізують перистальтику кишечника. Вважається, що такі вироби сприяють оновленню метаболічних процесів в організмі людини, за рахунок наявності в продукті харчових волокон, вітамінів та мінеральних елементів, які позитивно впливають на процеси розщеплення жирів, що не тільки дозволяє підтримувати сталу масу тіла, а й зменшує рівень холестерину в крові [1].

У торговельній мережі України можна знайти різноманітні зернові батончики, які відрізняються компонентним складом, харчовою цінністю, смаком та вартістю. Зростаючий попит на продукти з підвищеною харчовою цінністю, органічними інгредієнтами та мінімальним вмістом штучних добавок спонукає удосконалювати та створювати нові рецептури продукту з метою розширення асортименту та задоволення потреб споживачів.

Зернові батончики містять різноманітні компоненти, що забезпечують їх поживну цінність. До складових зернових батончиків відносяться зернові компоненти (вівсяні, кукурудзяні, рисові пластівці, цільне зерно пшениці, ячмінь); сухофрукти (журавлина, родзинки, лохина, фініки); горіхи (ядра волоського горіха, мигдаль, фундук); насіння (чіа, льон, кунжут, конопля, соняшник, гарбуз, кіноа, амарант); зв'язуючий компонент (мед, інвертний сироп, мальтодекстрин, глюкозний сироп) та смакові добавки (апельсинова, лимонна цедра, сік цитрусових, шоколад, какао-продукти, прянощі, екстракти ванілі, шоколаду, кокоса, кави, ароматизатори, есенції, сіль) [2].

Виходячи з результатів аналізу інформаційних джерел, в роботі пропонується наступний рецептурний склад компонентів: пластівці кукурудзяні, насіння гарбуза, насіння льону та кунжуту, мед. В якості збагачувача та смакової добавки з урахуванням інтересу споживачів до нетрадиційної сировини обрано ягоди годжі.

Годжі – одна з найбільш цілющих, корисних і цінних рослин в світі, його ягоди просто унікальні за своїм складом і властивостями. Вони багаті природними антиоксидантами, такими як зеаксантин, жирними кислотами омега 3 і 6, бета-ситостеролом, цукрами.

Крім цього, в складі ягід годжі виявилось 18 амінокислот, 8 з яких незамінні. І 4 незамінних полісахариди (*Lycium Barbarum* (LBP)) – LBP-1, LBP-2, LBP-3, LBP-4, які не присутні ні в одному продукті харчування. Причому, цінність ягід годжі не тільки в багатстві різних природних мікроелементів, а й в їх високому кількісному вмісті. Так, за американською шкалою ORAC, що вимірює кількість умовних одиниць антиоксидантів в продуктах харчування на 100 г продукту, ягоди годжі лідирують з неймовірним відривом: баклажани – 390, апельсини – 750, гранат – 3307, ягоди годжі – 25300 [3].

На основі розробленої рецептурної композиції вироблено дослідні зразки багатокомпонентного зернового батончика та проведена оцінка його органолептичних характеристик дегустаційним методом.

Дегустаційна комісія прийшла до висновку, що отримані зернові батончики володіють достатньо високими споживчими якостями. Зразки характеризувались привабливим зовнішнім виглядом, приємним запахом та вираженим гармонійним смаком з горіхово-медовим присмаком.

Отже, завдяки обраним сировинним компонентам та розробленій рецептурі вдалось отримати високоякісний продукт з багатим нутрієнтним складом, який може бути рекомендований до вживання широкому колу споживачів.

Література

1. Кордзя Н. Р., Ковалів І. О. Асортимент батончиків зернових на регіональному ринку. *Товари і ринки*. 2019. № 1. С. 40-51.

2. Чорней К. А., Тимчак Д. О., Миколенко С. Ю. Перспективи вдосконалення рецептурного складу зернових батончиків та аналіз ринку. *Вісник НТН ХПІ. Нові рішення в сучасних технологіях*. 2021. № 2(8). С.127-135.

3. Ягоди годжі. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://spiceryshop.com.ua/content/enciclopedia/yagody-godzhi>

УДК 664.64

ОЛЬШАНСЬКИЙ О.І., РАЦУК М.Є.
Херсонський національний технічний університет

ПЕРСПЕКТИВИ ОДЕРЖАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ХЛІБА, ЗБАГАЧЕНОГО НАСІННЯМ ЛЬОНУ

Хліб – один із найпопулярніших продуктів харчування. Хліб і хлібобулочна продукція є головною харчовою продукцією, що споживається всіма категоріями населення, незалежно від місця проживання, статі, соціального статусу та рівня доходів. Тому хлібопекарська промисловість є стратегічно важливою для життєзабезпечення суспільства і гарантування продовольчої безпеки держави.

Хлібобулочні вироби посідають важливе місце в раціоні, оскільки вони насичують організм вуглеводами, вітамінами групи В та мають малий вміст жиру. До класичного складу хлібу входять вода, борошно (як правило, пшеничне), дріжджі та сіль. Проте сучасний споживач дедалі частіше обирає продукти з підвищеною біологічною цінністю, збагачені корисними для здоров'я компонентами. У зв'язку з цим зростає актуальність виготовлення пшеничного хліба з використанням функціональних інгредієнтів.

Останнім часом для надання продуктам оздоровчої дії використовуються такі основні функціональні інгредієнти як харчові волокна (целюлоза, геміцелюлоза, пектин), вітаміни (А, Е, групи В та інші), мінеральні речовини (Са, Fe, J, Se), поліненасичені жирні кислоти (рослинні олії, омега-3-жирні кислоти), антиоксиданти (аскорбінова кислота, β-каротин, альфа-токоферол), деякі олігосахариди (як субстрат для корисних бактерій), група інгредієнтів, що включає мікроелементи, біфідобактерії та інші.

Перспективним є використання насіння льону для збагачення та надання функціональних властивостей хлібобулочним виробам.

Ляна клітковина чинить найбільш виражений позитивний вплив на організм людини, оскільки містить одночасно розчинні та нерозчинні харчові волокна. Під дією рідини розчинна фракція клітковини утворює в'язку колоїдну масу, яка проявляє захисні, протизапальні та помірні антимікробні властивості щодо слизової оболонки шлунка. За умови регулярного споживання така

речовина сприяє істотному зниженню подразнювального впливу токсичних сполук.

Нерозчинні харчові волокна не піддаються травленню, виконуючи механічну очищувальну функцію: вони сприяють видаленню залишкових речовин зі стінок кишечника та адсорбують шкідливі метаболіти. Крім того, нерозчинні волокна забезпечують прискорення, проте фізіологічно м'яке проходження харчової маси через кишечник, що запобігає процесам бродіння. Таким чином, поєднання розчинних і нерозчинних волокон лляної клітковини забезпечує їхню взаємодоповнювану дію, формуючи збалансований функціональний компонент харчування.

Енергетична цінність на 100 г продукту: 275 ккал /1152,25 кДж.

Харчова цінність на 100 г:

- білки — 34,0 г;
- жири — 12,0 г;
- вуглеводи — 9,0 г.

Ляну клітковину рекомендують використовувати як дієтичну добавку до щоденного раціону. Вона сприяє нормалізації діяльності шлунково-кишкового тракту, зменшенню рівня холестерину в крові, підтримці функціонування імунної системи, потенційно знижує ризик тромбоутворення, покращує роботу печінки, може бути корисною для профілактики патологій щитоподібної залози, а також рекомендована вагітним і особам із цукровим діабетом.

До найважливіших біологічно активних компонентів лляної клітковини належать незамінні поліненасичені жирні кислоти — омега-3, омега-6 і омега-9. У разі цукрового діабету омега-3 здатні підвищувати чутливість тканин до інсуліну та знижувати рівень холестерину, тим самим потенційно зменшуючи ризики, пов'язані з розвитком метаболічних порушень.

Насіння льону не містить глютену, що робить його придатним для включення до раціону осіб із целиакією. [1-3].

Зважаючи на наведені корисні властивості лляного насіння, можна стверджувати, що ведення до рецептури хлібобулочних виробів насіння льону призведе до покращення їх функціональних властивостей та підвищення харчової та біологічної цінності.

Література

1. Корисні властивості насіння льону для здоров'я. Як готувати, вживати насіння льону [Електронний ресурс]. — URL: <https://poradum.com.ua/health/6030-korisni-vlastivosti-nasinnya-lonu-dlya-zdorovya-yak-gotuvati-vzhivati-nasinnya-lonu.html>

2. Юлія Бондаренко, Галина Андронович, Олена Білик, Оксана Кочубей-Литвиненко Оптимізація параметрів замочування насіння льону для виробництва пшеничного хліба[Електронний ресурс]. — URL: file:///C:/Users/Admin/Downloads/_Bondarenko+et+al.pdf

3. У чому користь насіння льону та як його правильно вживати [Електронний ресурс]. – URL:<https://tsn.ua/lady/zdorovye/zdorovy-obraz-zhizni/chim-korisne-nasinnya-lonu-i-yak-yogo-pravilno-vzhivati-1709983.html>

УДК 613.2:664.7:614.2

СЕМЕНЧЕНКО О.О., БЕЗПАЛЬЧЕНКО В.М., КУЗНЕСЦОВ С.І.
Херсонський національний технічний університет

УЛЬТРАПЕРЕРОБЛЕНІ ПРОДУКТИ: ПРИХОВАНА ЗАГРОЗА СУЧАСНОГО ХАРЧУВАННЯ

Ультраперероблені продукти (UPF) визначають як їжу, яка пройшла значний промисловий обробіток і містить інгредієнти, що не зустрічаються у звичайному кулінарному використанні, зокрема емульгатори, підсолоджувачі, барвники та штучні ароматизатори. Це продукти з низькою поживною цінністю (мало клітковини, мінералів та вітамінів), але високим вмістом доданих цукру, солі та жирів. До UPF належать газовані напої, енергетики, готові страви, снеки, солодкі пластівці, ковбасні вироби, десерти, батончики та швидкі супи. У багатьох раціонах вони витісняють традиційні продукти та погіршують якість харчування навіть за достатньої калорійності. UPF домінують у раціонах населення багатьох країн та є одним із ключових чинників розвитку хронічних незаразних захворювань.

Високий рівень споживання UPF пов'язують з негативними наслідками для здоров'я. У довготривалих дослідженнях встановлено, що кожен додатковий прийом UPF підвищує ризик діабету приблизно на 2%. Серед осіб із найвищим рівнем споживання UPF виявлено підвищення ризику загального і абдомінального ожиріння, зафіксовано зв'язок із предіабетом, високим індексом маси тіла та низьким рівнем ліпопротеїдів високої густини (HDL). Виявлено асоціації між високим споживанням UPF і депресивними та тривожними розладами. Огляди показують, що UPF пов'язані з метаболічним синдромом, гіпертонією, порушеннями роботи шлунково-кишкового тракту та окремими видами раку. У контрольованому експерименті люди на UPF-раціоні швидше набирали вагу та демонстрували погіршення кардіометаболічних показників, навіть за однакової загальної калорійності раціону. Також спостерігали гормональні зсуви та вплив на репродуктивні маркери. Механізми шкідливості UPF пов'язані зі швидкими стрибками глюкози та інсуліну, інсулінорезистентністю, накопиченням вісцерального жиру, порушеннями мікробіоти та підвищеним системним запаленням. Комбінація добавок, низької клітковини та надмірної кількості простих вуглеводів порушує роботу центрів насичення в мозку, що сприяє переїданню [1].

Особливо небезпечні UPF для дітей, оскільки формують неправильну харчову поведінку, підвищують чутливість до дофамінових стимулів, сприяють залежності від солодкого або солоного і збільшують ризик раннього ожиріння. Велике значення має не лише хімічний склад UPF, а й їх текстура та швидкість споживання. Надзвичайно м'яка структура, легке жування та висока смаковість сприяють тому, що людина з'їдає більше, ніж планувала. Це називають гіперсмаковою стимуляцією. Такий механізм активує центри задоволення в мозку сильніше, ніж звичайна їжа, формуючи стійкі харчові звички, які важко контролювати і корегувати. І саме ця властивість пояснює стрімке поширення UPF не тільки серед підлітків та молоді, а й інших верств населення, як «швидка» і зручна їжа.

У багатьох країнах (США, Велика Британія, Канада, Франція) UPF становлять 50-70% енергетичного раціону дорослих. У дітей та підлітків частка може сягати до 68%. Такі країни як Велика Британія, Франція, Бразилія впроваджують податки на підсолоджені напої, попереджувальне маркування, обмеження реклами або заборони маркетингу UPF для дітей. У деяких державах також введено кольорові маркування Nutri-Score чи Warning Labels, які призначені для надання огляду харчової якості продукту, що спрощує для споживача розуміння рівня небезпечності продукту.

В Україні немає спеціального закону, який прямо визначає або забороняє ультраперероблені продукти як небезпечну категорію. Наразі діють загальні закони про харчові продукти та їх безпечність: Закон України «Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти» № 2042-VIII та Закон України «Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів», який регулює вимоги до складу й маркування. Закон «Про рекламу» № 270/96-ВР обмежує окремі види рекламного контенту, але не спрямований конкретно на UPF. Спеціальних податків на ультраперероблену їжу наразі не існує.

UPF становлять значний ризик для метаболічного, гормонального та психічного здоров'я, тому вважаємо необхідно:

- обмежувати вплив UPF через політичні й нормативні інструменти;
- посилювати просвітницьку роботу серед населення;
- створювати захисні механізми для дітей;
- стимулювати виробників до зниження ступеня переробки продуктів.

Окрім медичного аспекту, все більшого значення набуває й економічний вимір споживання UPF. Висока доступність, агресивний маркетинг та низька ціна роблять їх основним вибором для соціально вразливих груп населення. У глобальній економіці виробництво UPF стає домінуючим сегментом харчової промисловості, що ускладнює впровадження обмежень. Експерти наголошують: без державної стратегії, яка поєднує регулювання, освіту та субсидування корисних продуктів, зменшити залежність суспільства від ультрапереробленої їжі практично неможливо.

Література:

1. Rauber F., Chang K. Ultra-processed food consumption and risk of obesity: a prospective cohort study of UK Biobank. *European journal of Nutrition*. 2020. V. 60. P. 2169-2180. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s00394-020-02367-1?utm_source=chatgpt.com.

УДК 663.86

УГЛЯЙ Б.Ю., СЕМЕШКО О.Я.

Херсонський національний технічний університет

ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СОКОВОГО НАПОЮ

На сьогодні спостерігається значне зростання інтересу суспільства до здорового способу життя, раціонального харчування та профілактики захворювань не медикаментозними засобами, а через корекцію раціону. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває виробництво функціональних харчових продуктів, зокрема напоїв, які не тільки задовольняють фізіологічні потреби людини, а й сприяють зміцненню імунітету, зниженню ризику розвитку хронічних захворювань, підвищенню загальної життєвої активності.

Однією з перспективних груп функціональних продуктів є сокові напої, що поєднують у собі органолептичну привабливість, харчову цінність і можливість введення біологічно активних речовин. Натуральні соки містять широкий спектр вітамінів, мінералів, органічних кислот, антиоксидантів, поліфенолів, які позитивно впливають на стан здоров'я. Водночас сучасні наукові дослідження та технологічні розробки дозволяють додатково збагачувати такі продукти вітамінами, мікроелементами, пребіотиками, рослинними екстрактами тощо, що розширює їх функціональні властивості.

Незважаючи на значну кількість зразків функціональних напоїв на ринку, проблема комплексної оцінки їхньої якості та безпечності залишається актуальною. Зокрема, важливим є встановлення оптимальних дозувань функціональних інгредієнтів, забезпечення стабільності продукту протягом зберігання, дотримання санітарно-гігієнічних вимог та нормативів. Важливо також враховувати споживчі вподобання, органолептичні характеристики та конкурентоспроможність напою на ринку.

Аналіз наукових джерел свідчить про зростаючу увагу до розробки функціональних напоїв на основі фруктової та овочевої сировини. Проте кожен новий склад потребує окремого дослідження, враховуючи різноманіття можливих комбінацій інгредієнтів, їх взаємодії, впливу на фізико-хімічні властивості та органолептичні показники продукту.

Наукова новизна роботи полягає в експериментальному обґрунтуванні складу функціонального напою із застосуванням інноваційного поєднання

інгредієнтів природного походження, що дозволяє підвищити його біологічну цінність, зберігаючи високі органолептичні властивості та безпечність.

Таким чином, тема дипломної роботи є актуальною, має прикладне значення та відповідає сучасним тенденціям розвитку харчової промисловості, орієнтованої на забезпечення населення якісними та безпечними продуктами функціонального призначення.

УДК 664.65

ШАРКОВ О.Е., КРАВЕЦЬ В.А., СЕМЕШКО О.Я.
Херсонський національний технічний університет

ВДОСКОНАЛЕННЯ РЕЦЕПТУРИ ОСНОВИ ДЛЯ ПІЦИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦІЛЬНОЗЕРНОВОГО ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА

Сучасна харчова промисловість орієнтована на створення продуктів із підвищеною харчовою цінністю, покращеними органолептичними властивостями та стабільними технологічними показниками. Одним із перспективних напрямів є часткова заміна пшеничного борошна вищого ґатунку цільозерною сировиною, що дає змогу збільшити вміст харчових волокон, мінеральних речовин і біологічно активних сполук у готовому продукті [1]. Основою для цього є те, що традиційне пшеничне борошно характеризується високим вмістом глютену, проте містить обмежену кількість клітковини та мікронутрієнтів, що знижує його біологічну цінність.

Глютен є структуроутворюючим білковим комплексом пшеничного борошна, який визначає еластичність, газоутримувальну здатність і формостійкість тіста. Саме від якості клейковини залежить розвиток пористої структури та текстури основи для піци. Проте якість глютенів каркаса залежить не лише від загального вмісту білка, але й від типу борошна. Цільозерне борошно, попри вищий вміст білка, формує слабшу клейковинну структуру через наявність частинок оболонки та ферментативно-активних компонентів, які знижують газоутримувальну здатність тіста [2, 3].

Піца є одним із найпопулярніших продуктів швидкого харчування, що поєднує високі смакові властивості. Метою роботи було вдосконалення рецептури основи для піци шляхом часткової заміни пшеничного борошна цільозерним та оцінювання впливу такого заміщення на якість готових виробів. Для дослідження готували тісто із сумішей пшеничного борошна вищого ґатунку і цільозерного у пропорціях 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 та 0:100. До рецептури входили сіль, розпушувач, активні сухі дріжджі, вода та олія. Технологічний процес включав замішування, ферментацію, формування та випікання. Оцінювання якості проводили за органолептичними показниками відповідно до вимог чинних ДСТУ та міжнародних стандартів ISO.

Встановлено, що рецептурні зміни суттєво впливають на реологічні характеристики тіста, зокрема його пластичність, в'язкість та здатність до формування стабільної пористої структури. Зі збільшенням частки цільнозернової фракції зростала водопоглинальна здатність, що вимагало корекції тривалості замішування та вистоювання. Водночас вміст ферментативно-активних компонентів у оболонкових частинках обумовлював посилення біохімічних змін у тісті, що додатково впливало на смак та аромат готового виробу.

Дослідження показали, що збільшення частки цільнозернового борошна спричинювало інтенсивніше потемніння основи та появу жовто-коричневих відтінків. Це пов'язано з наявністю пігментів алейронового шару та оболонок зерна. Формування пористості відбувалося менш інтенсивно через зниження газоутримувальної здатності, унаслідок чого структура м'якушки ставала щільнішою, з дрібними порами. Текsturні характеристики також залежали від рецептури: зі збільшенням частки цільнозернового борошна еластичність зменшувалася, а жорсткість зразків зростала [3].

Найкращі органолептичні властивості мали зразки з частковою заміною 50% пшеничного борошна на цільнозернове. Такі основи характеризувалися збалансованою структурою, вираженим зерновим ароматом, приємним золотистим кольором та оптимальною еластичністю. Подальше збільшення частки цільнозернового борошна призводило до надмірної щільності та зниження споживчих властивостей. Зразки з чистого цільнозернового борошна мали найнижчі оцінки за текстурою та еластичністю через послаблення клейковинної структури.

Отже, часткова заміна пшеничного борошна вищого гатунку цільнозерновим є доцільним напрямом удосконалення рецептури основи для піци. Оптимальним виявилось співвідношення 50:50, яке забезпечувало найкращий баланс між харчовою цінністю та сенсорними характеристиками виробу. Розроблена рецептура може бути рекомендована для виробництва піци з підвищеною біологічною цінністю, не погіршуючи її технологічних властивостей і споживної привабливості.

Література

1. Палій А. П., Марченко В. В. Сучасні підходи до підвищення харчової цінності борошняних виробів. Харчова промисловість, 2021.
2. Shewry P. R., Halford N. G. Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization. Journal of Experimental Botany. 2002.
3. Гнатюк М. С. Технологія борошняних виробів. Київ: Центр учбової літератури, 2019.

ЗАСТОСУВАННЯ РОСЛИННИХ ВОЛОКОН У ВИРОБНИЦТВІ ЗАТЯЖНОГО ПЕЧИВА

В наш час, коли людина завжди поспішає, печиво може бути зручним перекушуванням. Воно може швидко вгамувати голод, особливо якщо немає можливості приготувати повноцінну страву. Печиво легко брати з собою, воно не псується швидко і не потребує особливих умов зберігання, що дуже зручно у дорозі або на роботі. Але його корисність залежить від типу печива та загального раціону.

Затяжне печиво можна вважати одним з найбільш дієтичних, оскільки воно характеризується сухим, шаруватим тістом та низьким вмістом цукру та жиру. Зазвичай затяжне печиво виготовляють з пшеничного борошна. Підвищити корисні властивості печива доцільно шляхом додавання до його складу харчових волокон.

В роботі досліджено можливість приготування затяжного печива з пшеничного борошна з додаванням клітковин гарбуза, жита та коноплі.

Клітковина з насіння конопель є чудовим джерелом протеїну (рослинного білка), натурального каротину, фітостеролів та фосфоліпідів. Клітковина з насіння конопель необхідна для нормального функціонування шлунково-кишкового тракту. Вона покращує моторику, виводить з організму шлаки та токсини, позитивно впливає на органи дихання, допомагає при лікуванні захворювань серцево-судинної системи та ожирінні.

Гарбузова клітковина має чисельні корисні властивості для здоров'я, серед яких: покращення роботи травної системи, зниження рівня холестерину та цукру в крові, зміцнення імунітету, сприяння схудненню, детоксикація організму та підтримка здоров'я серцево-судинної системи. Вона містить вітаміни та мікроелементи, які зміцнюють імунну систему та покращують загальний стан організму.

Житня клітковина, або житні висівки, також має багато корисних властивостей для організму. Вона покращує травлення, сприяє нормалізації рівня цукру та холестерину в крові, допомагає у схудненні, зміцнює імунітет та покращує стан шкіри. Клітковина жита також може бути корисною для профілактики серцево-судинних захворювань, діабету та деяких видів раку.

В роботі готували печиво декількох видів: з пшеничного борошна, з пшеничного борошна з додаванням гарбузової клітковини, з пшеничного борошна з додаванням житньої клітковини та з пшеничного борошна з додаванням конопляної клітковини.

Експериментальним методом встановлено оптимальну кількість рослинних волокон, які додають до складу печива, для досягнення найкращих

смакових характеристик. Так, гарбузові волокна варто вносити в кількості 5% від загальної маси суміші для приготування печива, це забезпечує легкий приємний присмак гарбуза в готовому виробі. Якщо брати волокна в меншій кількості, то смак гарбуза практично не відчувається, а при надто великій кількості волокон гарбуза присмак більш інтенсивний, що може не сподобатись частині споживачів. Також консистенція тіста стає більш розсипчастою, виріб кришиться та легко ламається. Житніх та конопляних волокон треба додавати у кількості не більше 3% для досягнення оптимальних характеристик смаку та консистенції тіста.

Органолептичні показники одержаного печива перевіряли згідно ДСТУ 3781:2014 «Печиво. Загальні технічні умови». Аналізуючи одержані дані можна зазначити, що всі зразки приготованого печива за органолептичними показниками відповідають умовам ДСТУ 3781:2014. Печиво має правильну форму з фігурними краями, чіткий малюнок на лицьовій стороні, гладку нижню поверхню. Всі зразки печива пропечені, мають рівноміру пористість, без пустот і слідів непромішення. Колір, смак та запах печива різняться в залежності від волокон, які входять до його складу, але загалом печиво смачне.

Для визначення найкращого, на думку споживачів, зразка печива з рослинними волокнами проведено бальне оцінювання органолептичних показників одержаних виробів. За сукупністю показників найвищий бал одержало зтяжне печиво з рослинними волокнами гарбуза, воно відрізняється гармонійним смаком та ароматом з приємними легкими нотками гарбуза. Найменше споживачам сподобалось печиво з клітковиною коноплі, оскільки додавання цих рослинних волокон обумовлює дещо специфічний смак печива.

Таким чином, приготування зтяжного печива з рослинними волокнами є доцільним з урахуванням їх корисних властивостей.

Література

1. Конопляна клітковина [Електронний ресурс]. – URL: https://zemledar.ua/konoplyana-klitkovina?srsltid=AfmBOorIIQ3f6AGgAvau_X7r_Ox6qwm01VzdS5vr6b2oI47w4SyA3OcN.
2. Гарбузова клітковина [Електронний ресурс]. – URL: <https://vegan-tehnika.com.ua/ua/p580969068-kletchatka-tykvy-poroshok.html>
3. Клітковина рослинна з висівків жита ТМ "Агросільпром" [Електронний ресурс]. – URL: https://agro-market.net/ua/catalog/item/kletchatka_rastitelnaya_iz_otrubey_rzhi_tm_agroselprom_160g_upakovka_16sht/?srsltid=AfmBOoqTkFFtGYqOk5C5K3dQ2zcyHcZMWzHaauL6mbX8RUSZugqWbxs2.

ЗАСТОСУВАННЯ ЦУКРОЗАМІННИКІВ У ВИРОБНИЦТВІ МАРМЕЛАДУ

Мармелад – це ласощі, знайомі нам із дитинства, які поєднують у собі яскравий колір, ніжну текстуру та приємну солодкість. Якщо вони приготовані з натуральних складників та з додаванням функціональних інгредієнтів, то ці солодощі будуть не тільки смачними, але й корисними для багатьох завдяки своїм складникам.

Згідно з класичним рецептом, мармелад виготовляється з натуральної фруктової сировини, тому високоякісний мармелад буде володіти тими ж якостями і мінеральним складом, що і фрукти, на основі яких ласощі було приготовлено [1].

Можна виділити такі корисні властивості мармеладу з натуральних інгредієнтів:

- активізує перистальтику кишечника, що перешкоджає запорам;
- адсорбує шлаки, токсини, радіонукліди, солі важких металів, жири, виводячи їх з організму;
- перешкоджає всмоктуванню холестерину, попереджаючи розвиток атеросклерозу;
- покращує роботу печінки та підшлункової залози;
- відновлює структуру шкіри, волосся, нігтів;
- насичує організм вітамінами РР та С;
- зменшує апетит, тому може використовуватися для перекусу;
- сприяє покращенню мозкової діяльності;
- володіє невеликою антидепресивною дією;
- знімає ознаки легкого похмілля.

Незважаючи на великий спектр корисних властивостей, мармелад все ж може бути шкідливим. В першу чергу, це стосується цукру в мармеладі. Високий вміст вуглеводів у мармеладі є шкідливим для діабетиків. Часто і у великій кількості його не можна їсти навіть здоровим людям і дітям: глюкоза руйнує зубну емаль і збільшує навантаження на підшлункову залозу [2].

Враховуючи вищенаведене, варто замінити цукор у складі мармеладу на цукрозамінники. Це дозволить споживати такі смачні ласощі і діабетикам, і тим, хто дотримується дієти.

Проведено дослідження можливості використання в складі мармеладу замість цукру таких натуральних цукрозамінників, як фруктоза та еритритол.

Фруктоза – один із найвідоміших натуральних замінників цукру. Цей вуглевод міститься в меді, плодах фруктів і ягід. Фруктоза має низький глікемічний індекс, що дорівнює 20. Завдяки цьому показнику вона довго

засвоюється і повільно підвищує рівень цукру в крові. Користь фруктози полягає у її здатності запобігати гіпоглікемії. За смаком фруктоза солодша за сахарозу у 1,2-1,8 разів [3].

Еритритол – низькомолекулярний поліол, зустрічається в продуктах рослинного походження, наприклад, у винограді, груші, дині. Головною перевагою цукрозамінника є те, що при потраплянні в організм він не підвищує рівень цукру в крові. Еритритол низькокалорійний, не містить жирів, майже не дає енергії і не впливає на інсулін, не викликає карієсу. 90% цього підсолоджувача надходить із тонкого кишечника і виводиться нирками [4].

Показано, що додавання пропонованих підсолоджувачів не впливає на технологічний процес приготування мармеладу, одержані продукти за органолептичними властивостями в цілому відповідають вимогам нормативної документації, хоча мармелад з додаванням еритриту змінює колір на кремовий та набуває дещо більш щільної консистенції, ніж зразки з додаванням цукру або фруктози. Смак виробу з еритритом приємний солодкий, з ароматом яблука та легким охолоджуючим післясмаком. Мармелад із фруктозою та сахарозою світло-коричневого та коричневого кольору відповідно, однорідної желеподібної консистенції, що пружинить при натисканні, з приємним солодким смаком та присмаком яблука.

Таким чином встановлено можливість застосування цукрозамінників для одержання мармеладу, що має приємний смак та функціональні властивості.

Література

1. Мармелад: з чого роблять, склад, відгуки, користь і шкода [Електронний ресурс]. – URL: <https://kvant-prom.com.ua/?p=4939>
2. Чи знали ви, які солодоші найкорисніші для захисту печінки, щитовидки та знижують холестерин [Електронний ресурс]. – URL: <https://tsn.ua/zdorovya/korysni-statti/chi-znali-vi-yaki-solodoschi-naykorisnishhi-dlya-zahistu-pechinki-schitovidki-ta-znizhuyut-holesterin-2669001.html> .
3. Що таке фруктоза, сахароза, глюкоза та які між ними відмінності? [Електронний ресурс]. – URL: <https://onclinic.ua/blog/shho-take-fruktoza-saxaroza-gliukoza-i-iaki-miz-nimi-vidminnosti#3>
4. Еритрит: найкращий підсолоджувач чи новомодний тренд? [Електронний ресурс]. – URL: <https://fitomarket.com.ua/fitoblog/jeritrit-luchshij-podslastitel-ili-novomodnij-trendhttps://fitomarket.com.ua/fitoblog/jeritrit-luchshij-podslastitel-ili-novomodnij-trend>.

ПРИГОТУВАННЯ ЗБАГАЧЕНИХ СИРКІВ ГЛАЗУРОВАНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Глазуровані сирки є високоякісним молочним продуктом, який може бути раціональною альтернативою традиційним кондитерським виробам з підвищеним вмістом цукру та жирів. Завдяки своєму поживному складу, глазуровані сирки можуть бути рекомендовані навіть особам, які дотримуються дієтичного або збалансованого харчування.

Основні переваги споживання глазурованих сирків наступні:

- поживна цінність: сир містить значну кількість макро- та мікроелементів – калію, кальцію, заліза, фосфору, натрію та магнію; вітамінів групи А, В, С та Е, що забезпечують підтримання метаболічних процесів в організмі;
- наявність амінокислот: у складі натурального сиру містяться есенціальні амінокислоти – метіонін, лізин і триптофан, які відіграють важливу роль у білковому обміні, функціонуванні нервової системи та синтезі гормонів;
- висока засвоюваність: сир належить до легко засвоюваних продуктів, що робить його придатним для споживання особами із захворюваннями шлунково-кишкового тракту;
- підтримка імунної системи: завдяки вмісту біологічно активних речовин сир сприяє зміцненню імунітету та підтримує здоров'я клітин нервової системи;
- сприятливий вплив на внутрішні органи: регулярне споживання сирної продукції позитивно впливає на функціонування печінки, серцево-судинної системи та нирок, сприяючи їх оптимальній роботі;
- покращення психоемоційного стану: завдяки наявності триптофану – попередника серотоніну – споживання глазурованих сирків може сприяти покращенню настрою, підвищенню розумової працездатності та зменшенню проявів стресу [1].

Незважаючи на багато корисних властивостей, вживання сирків глазурованих може призвести до певних проблем зі здоров'ям, якщо їх виготовляють не за нормативними документами або фальсифікують. Завдати шкоду здоров'ю можуть сирки глазуровані, якщо в їх складі є такі компоненти:

- велика кількість цукру, що може призвести до набору зайвої ваги, розвитку цукрового діабету, карієсу тощо;
- наявність трансжирів та пальмової олії, які збільшують ризик розвитку серцево-судинних захворювань, атеросклерозу та інсульту;
- додавання сиру низької якості або ж так званого сирного продукту, що містить крохмаль, стабілізатори, загусники та інші добавки;

- наявність ароматизаторів, консервантів та барвників: ці хімічні речовини можуть викликати алергічні реакції та негативно впливати на здоров'я;

- висока калорійність внаслідок великої кількості цукру та жирів [1].

Підвищення харчової та біологічної цінності сирків глазурованих та надання їм функціональних властивостей наразі є актуальним питанням. З цією метою до їх складу додають різноманітні наповнювачі й природні добавки. В роботі збагачення складу сирків глазурованих проводили з використанням джемів «Калина» та «Обліпіха», зважаючи на їх корисні властивості.

Обліпіха є цінним природним джерелом біологічно активних сполук, зокрема вітаміну С, який виконує ключову роль у підтриманні функціональної активності імунної системи та підвищенні резистентності організму до інфекційних і вірусних захворювань. Аскорбінова кислота також бере участь у біосинтезі колагену – структурного білка, що забезпечує еластичність шкіри, міцність судинних стінок і сполучної тканини суглобів. Крім того, вітаміни А та Е, присутні в обліпісі, проявляють виражені антиоксидантні властивості, нейтралізуючи вільні радикали та запобігаючи оксидативному стресу клітин [2].

Калина містить багато вітамінів, мінералів та антиоксидантів. Свою назву ягода отримала від старослов'янської назви Сонця – Коло, що символізує красу, життя, кров і вогонь. Калина дуже ціниться у народній медицині. Для лікування використовують ягоди, кісточки та навіть кору калини. У калині міститься півтори добових норми аскорбінової кислоти. У свіжій ягоді багато бета-каротину, рибофлавіну, пантотенової й фолієвої кислоти. Також є залізо, хлор, калій, марганець, кальцій, магній, молібден, філлохінон (вітамін К) та інші корисні речовини [3].

Розроблено рецептуру сирків глазурованих з додаванням джемів «Калина» та «Обліпіха». Зважаючи на органолептичну оцінку, найкращим було обрано зразок, що містить як начинку обліпіховий та калиновий джеми в співвідношенні 2:1 відповідно та сир кисломолочний жирністю 5%. Загалом додавання збагачувача «Калина-Обліпіха» не ускладнює технологічний процес приготування глазурованих сирків, одержаний продукт має приємний кисломолочний смак із присмаком обліпіхи та калини та підвищену користь, яку забезпечують додані наповнювачі.

Література

1. Сирки глазуровані: в чому їхня користь та як правильно вибрати [Електронний ресурс]. – URL: <https://agrointer.com.ua/vredny-li-glazirovannye-syrki/>
2. Обліпіха: користь та шкода для здоров'я [Електронний ресурс]. – URL: <https://violapharm.com/oblipyha-koryst-ta-shkoda-dlya-zdorovya/>
3. Які корисні властивості має калина та як її правильно вживати [Електронний ресурс]. – URL: <https://health.fakty.com.ua/ua/tilo/yaki-korysni-vlastyvosti-maye-kalyna-ta-yak-yiyi-pravylnu-vzhyvaty/>

Секція 6.

**Стандартизація,
сертифікація
сировини і
харчових продуктів**

DEVELOPMENT OF STANDARDS AND CERTIFICATION IN THE FIELD OF STREET FOOD AND FAST FOOD PRODUCTS

The rapid development of the street food and fast food industries has become a global phenomenon of our time. This segment of the food market is one of the most dynamic, as it combines convenience, accessibility, speed of service and innovative culinary solutions. At the same time, it creates challenges in the field of food safety, sanitation, raw material quality and control of production processes.

That is why standardization and certification systems are actively developing at the international, national and local levels, which determine the requirements for products, technologies, personnel, equipment and service conditions [1].

Street food is ready or semi-finished dishes, drinks or snacks sold in the open air or in temporary kiosks, food trucks, fairs, festivals.

Fast food is fast-cooked products sold in specialized establishments (fast food restaurants) with minimal customer service time.

Main characteristics: speed of preparation and consumption; low price and availability; uniformity of recipes and technologies; high requirements for stability of taste and safety;

In conditions of fast pace of service and often mobile production, the risks of microbiological, chemical and physical contamination are increased.

The main tasks of standardization in the field of street food and fast food: to ensure the safety of products for the health of consumers; to establish uniform requirements for technological processes, raw materials, packaging and transportation; to improve the quality of service and food culture; to harmonize requirements with international standards (ISO, Codex Alimentarius, HACCP) [2]

National standards of Ukraine:

1. DSTU 4161-2003 — “Public catering. Terms and definitions of concepts”;
2. DSTU ISO 22000:2019 — food safety management systems;
3. DSTU 4661:2006 — “Food products. Labeling for consumers”;
4. Certification is a mandatory condition for obtaining a permit for the operation of mobile or stationary food outlets.

Main stages [3]:

1. Submission of an application by an entrepreneur or company.
2. Evaluation of documentation - recipes, technological maps, sources of raw materials.
3. Laboratory tests of products for compliance with microbiological, toxicological and physico-chemical indicators.

4. Inspection of production for compliance with sanitary standards and HACCP requirements.

5. Issuance of a certificate of conformity (for a period of 1–3 years).

6. Supervisory control - periodic inspections and sampling.

Main evaluation criteria: safety (presence of pathogens, toxins, nitrates) quality of raw materials; storage conditions; cleanliness of equipment; sanitary condition of personnel; compliance with labeling and consumer information.

McDonald's, KFC, Burger King, Subway, Domino's, Taco Bell chains operate according to strict international standards.

Features [4]:

1. Supplier Quality Management System (SQMS) - assessment of suppliers according to quality, safety and traceability parameters.

2. ISO 22000 + HACCP are mandatory certificates for all restaurants and logistics centers.

3. Annual audit by independent organizations (SGS, Bureau Veritas).

4. Use of QR codes for traceability of ingredients (from farm to plate).

5. Street food is often small businesses or individual entrepreneurs, which makes it difficult to implement large-scale certification systems.

Table 1 - Simplified models of standards are used :

Country	Regulatory document	Basic requirements
Thailand	Street Food Standard by Thai FDA	Mandatory "Clean Food Good Taste" certificate
India	FSSAI Regulations 2020	Sanitary standards for food trucks, mobile kitchens
EU	Regulation (EC) 852/2004	Hygienic requirements for manufacturers and sellers
Ukraine	Order of the Ministry of Health No. 548, local development rules	Trade permit, compliance with temperature regime, cleanliness and HACCP

For street food in Ukraine it is important to have: certificates for raw materials; temporary trading permit; certificate of the sanitary condition of the equipment; personal medical records of personnel.

Modern requirements for labeling fast food and street food include: full name of the product; information about allergens; calorie content and nutritional value; date of manufacture and storage conditions; manufacturer's contact details [5;6].

Fast food establishments are increasingly implementing digital labeling (electronic menus, QR codes) , which allows you to instantly obtain information about the composition and certification of a product.

Standardization and certification issues include [7]:

1. Lack of uniform international requirements for street food as a separate category.

2. Small businesses cannot always financially afford certification.

Insufficient control at the local level (especially during festivals and seasonal fairs).

3. Lack of laboratories for operational product control.

4. A large number of unofficial points of sale , which creates unequal conditions of competition.

The development of standards and certification in the field of street food and fast food is a necessary condition for the formation of a modern, competitive and safe catering market.

The implementation of international quality management systems (ISO 22000, HACCP, GMP, GHP) allows us to ensure the sustainability of processes, consumer trust, and a positive image of the industry[8]

For Ukraine, a promising direction is the creation of a national system of voluntary street food certification , the development of a culture of safe food, support for small producers, and the introduction of innovative digital control tools.

Thus, standardization and certification become not only a guarantee of safety, but also a driving force for the development of the modern urban gastronomic space .

Literature

1. Codex Alimentarius – Food Safety Standards. URL: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius> (дата звернення 17.11.2025)
2. ISO – Food Safety Standards (ISO 22000). URL: <https://www.iso.org/iso-22000-food-safety-management.html> (дата звернення 17.11.2025)
3. European Food Safety Authority (EFSA). URL: <https://www.efsa.europa.eu>
Regulation (EC) No 853/2004 on the hygiene of foodstuffs. URL: <https://eur-lex.europa.eu> (дата звернення 17.11.2025)
4. Food and Agriculture Organization (FAO) – Food Safety. URL: <https://www.fao.org/food-safety> (дата звернення 17.11.2025)
5. FSSC 22000 – Food Safety System Certification. URL: <https://www.fssc.com>
6. Національний стандарт України ДСТУ ISO 22000:2019. URL: <https://online.budstandart.com> (дата звернення 17.11.2025)
7. HACCP for Street Food Establishments – Food Safety Authority of Ireland. URL: <https://www.fsai.ie> (дата звернення 17.11.2025)
8. National Restaurant Association – Food Safety and Certification. URL: <https://restaurant.org> (дата звернення 17.11.2025)

ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМУ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТА СЕРТИФІКАЦІЇ ПРОДУКТІВ

У ХХІ столітті світова харчова промисловість переживає глибоку трансформацію, спричинену розвитком цифрових технологій, і підприємства харчового сектору дедалі активніше впроваджують інноваційні рішення для моніторингу, контролю якості, простежуваності та сертифікації продукції. Цифровізація стала ключовим чинником підвищення конкурентоспроможності, забезпечення безпечності харчових продуктів та формування довіри споживачів. Система контролю якості та сертифікації сьогодні переходить від традиційних паперових процедур до інтелектуальних, автоматизованих, аналітичних і мережевих платформ, здатних у режимі реального часу відстежувати стан продукції, технологічних процесів та ланцюгів постачання. Цифрові технології у сфері контролю якості охоплюють комплекс інформаційних систем, програмного забезпечення, сенсорних пристроїв та аналітичних платформ, що дозволяють збирати, обробляти та аналізувати дані про всі етапи життєвого циклу продукту.

Серед ключових тенденцій сучасної цифрової трансформації харчової галузі виділяють Інтернет речей (IoT), де сенсори контролюють температуру, вологість, терміни придатності та параметри транспортування; штучний інтелект (AI) та машинне навчання (ML), які прогнозують ризики псування, аналізують дані НАССР і автоматично виявляють відхилення; Blockchain-технології, що забезпечують прозору простежуваність харчового ланцюга «від ферми до столу»; хмарні технології (Cloud systems) для централізованого зберігання та передачі сертифікаційних даних; Big Data-аналітику для оцінки якості продукції та поведінки споживачів; а також цифрові лабораторії та автоматизовані системи контролю (LIMS), що підвищують точність лабораторних досліджень.

Контроль якості у харчовій промисловості передбачає комплекс дій для забезпечення стабільних показників безпечності, смаку, складу та зовнішнього вигляду продукції. Цифрові технології докорінно змінюють підходи до його здійснення, зокрема через автоматизацію процесів, цифрову простежуваність (traceability), прогнозування дефектів за допомогою AI, онлайн-моніторинг параметрів виробництва та зниження людського фактору. Наприклад, система «SmartFactory Food» дозволяє контролювати виробництво хлібобулочних виробів у реальному часі, автоматично регулюючи температуру та вологість у печах для досягнення стабільної якості. Аналогічні рішення впроваджуються на молочних підприємствах, де датчики контролюють температуру пастеризації та

рівень рН молока, що гарантує безпеку й збереження поживних властивостей продукту.

Сучасна сертифікація харчових продуктів переходить від паперових документів до цифрового формату, що забезпечує прозорість, достовірність і доступність даних для всіх учасників ланцюга. Основні напрямки цифровізації сертифікації включають електронні сертифікати відповідності з QR-кодами, єдині державні та міжнародні бази даних сертифікованих виробників (наприклад, eCert, TRACES, GlobalG.A.P.), використання Blockchain для захисту сертифікаційної інформації та автоматизовані системи аудиту відповідності стандартам ISO 22000, HACCP, FSSC 22000 на основі цифрових записів. Європейська система TRACES NT дозволяє електронно підтверджувати сертифікати імпорту та експорту продуктів, що забезпечує прозорість торгівлі та прискорює контроль на митниці.

Blockchain у сфері контролю якості та сертифікації використовується для фіксації всіх етапів виробництва та перевірок, зберігання даних про походження сировини, транспорт та лабораторні результати, запобігання фальсифікації сертифікатів та надання споживачеві доступу до перевіреної інформації через QR-код на упаковці. Приклади реалізації включають проєкт Nestlé та IBM Food Trust для цифрової простежуваності кави, шоколаду та дитячого харчування, де споживач може відсканувати код і дізнатися, де, коли та ким виготовлений продукт. Аналогічні рішення застосовують у ланцюгах постачання м'яса, риби та овочів для відстеження температури зберігання та запобігання псуванню продукції.

ІоТ-сенсори та розумні контейнери забезпечують постійний контроль параметрів навколишнього середовища та продуктів, а цифрові етикетки NFC та RFID передають дані про історію продукту в реальному часі. Це сприяє зниженню втрат продукції і автоматичному формуванню звітів для сертифікації ISO 22000 чи FSSC. AI та Big Data-аналітика перетворюють великі обсяги даних у практичні рішення: автоматично виявляють дефекти на конвеєрі, прогнозують термін придатності, оцінюють ризики мікробіологічного забруднення та аналізують скарги споживачів для виявлення системних проблем якості.

Сучасні лабораторії використовують Laboratory Information Management Systems (LIMS) для автоматизації обліку проб, зберігання результатів аналізів у хмарі, формування електронних протоколів випробувань та передачі результатів до органів сертифікації без паперових документів. Прикладом є Thermo Fisher LIMS на підприємствах PepsiCo та Danone, що дозволяє контролювати склад та мікробіологічну безпеку напоїв, а також швидко реагувати на відхилення в якості продукції.

В Україні цифрові платформи включають державну систему простежуваності харчових продуктів, електронний реєстр сертифікатів відповідності та портал відкритих даних Держпродспоживслужби, що дозволяє відстежити статус перевірок підприємств, скоротити бюрократію, зменшити

терміни перевірок та підвищити довіру до українських виробників на міжнародному ринку.

Попри переваги цифровізації, існують виклики: висока вартість впровадження IoT та AI-систем, необхідність навчання персоналу, захист даних і кібербезпека, недостатня гармонізація нормативних актів та розрив між великими і малими виробниками у рівні цифрової зрілості. Подолання цих проблем можливе через державно-приватне партнерство, грантові програми та адаптацію законодавства.

Перспективи розвитку цифрових технологій у системі контролю якості та сертифікації включають впровадження AI нового покоління для самонавчання систем, повну інтеграцію Blockchain та IoT у системи сертифікації ISO 22000, перехід на цифрові паспорти продуктів з історією від виробництва до споживання та розвиток «розумних фабрик» (Smart Food Plants), які самостійно аналізуватимуть ризики та формуватимуть звіти сертифікації.

Впровадження цифрових технологій у систему контролю якості та сертифікації продуктів є стратегічним напрямом розвитку сучасної харчової галузі, а Інтернет речей, штучний інтелект, блокчейн, хмарні сервіси та Big Data формують нову екосистему управління безпечністю харчів — прозору, швидко та орієнтовану на споживача, що забезпечує підвищення точності контролю, зниження ризиків фальсифікації, прискорення сертифікаційних процедур та зміцнення довіри до брендів і державних систем контролю. Цифрові технології стають не просто інструментом удосконалення виробничого контролю, а основою нової парадигми якості та безпечності харчових продуктів у глобальному масштабі, а їх застосування відкриває можливості для інтеграції розумних сенсорів, аналітики великих даних та прозорих систем сертифікації у всіх ланцюгах харчового виробництва, від ферми до столу.

Література

1. Lukács M., et al. «Advanced Digital Solutions for Food Traceability». *J. Sensors & Actuator Networks*. 2025; 14(1): 21. DOI:10.3390/jsan14010021. URL: <https://www.mdpi.com/2224-2708/14/1/21> MDPI (Дата звернення 11.11.2025)
2. Vasileiou M., et al. «Digital Transformation of Food Supply Chain Management». *Bus. Inf. Syst. Eng.* 2025. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12599-025-00948-0> SpringerLink (Дата звернення 11.11.2025)
3. Panigrahi R. R., et al. «Digital technologies and food supply chain: a scoping view». *Int. J. Ind. Eng. Oper. Manag.* 2025; 7(2):150-. URL: <https://www.emerald.com/ijieom/article/7/2/150/1242030/Digital-technologies-and-food-supply-chain-a> [emerald.com](https://www.emerald.com) (Дата звернення 11.11.2025)
4. Charlebois S., et al. «Digital Traceability in Agri-Food Supply Chains». *Foods*. 2024. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11011367/> (Дата звернення 11.11.2025)

ВПЛИВ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ ISO 22000 НА ЯКІСТЬ І БЕЗПЕЧНІСТЬ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

У сучасних умовах глобального розвитку харчової індустрії забезпечення якості та безпечності харчових продуктів є одним із ключових пріоритетів для виробників, споживачів та регуляторів. Стандартизація процесів і використання міжнародно визнаних норм дозволяють підприємствам досягати високого рівня контролю на всіх етапах виробництва, транспортування та реалізації харчової продукції. Одним з найважливіших інструментів у цій сфері є міжнародний стандарт ISO 22000, який поєднує вимоги до системи менеджменту безпечності харчових продуктів, принципи НАССР та структурні елементи менеджменту якості [1]. Стандарт ISO 22000:2018 встановлює чіткі правила організації управлінських процесів, спрямованих на ідентифікацію, оцінювання та контроль небезпечних чинників, що можуть виникати на будь-якому етапі харчового ланцюга — від вирощування сировини до подачі готової страви споживачеві [2]. Його впровадження дозволяє підприємствам забезпечувати системність заходів із харчової безпеки, удосконалювати внутрішні процедури, підвищувати відповідальність персоналу та запроваджувати культуру безпечності. Використання цього стандарту дає змогу гарантувати споживачам контрольованість та прозорість походження продукції, а також значно підвищує довіру до виробника.

Важливе значення ISO 22000 полягає в тому, що він охоплює не лише технічні аспекти безпеки, а й організаційні: документування процесів, ведення записів, аудит, валідацію та верифікацію встановлених заходів. Ця система забезпечує безперервний моніторинг критичних етапів виробництва, встановлення критичних меж, перевірку їх дотримання та оперативне реагування на відхилення [2]. Міжнародна структура стандарту, заснована на High Level Structure, дозволяє легко інтегрувати ISO 22000 з іншими системами менеджменту, такими як ISO 9001, ISO 14001 чи FSSC 22000, що сприяє створенню єдиної комплексної моделі управління на підприємстві. Наявність сертифіката ISO 22000 відкриває доступ до міжнародних ринків, підвищує конкурентоспроможність підприємства та формує позитивну репутацію бренду.

Вплив ISO 22000 на якість харчових продуктів проявляється у підвищенні рівня контролю над параметрами виробництва, зниженні кількості браку, оптимізації технологічних процесів та мінімізації рекламацій з боку споживачів. Система сприяє поліпшенню організації виробництва, забезпечує простежуваність сировини та готової продукції, що є особливо важливим у випадках виникнення потенційно небезпечних ситуацій. Відстежуваність партій дозволяє швидко локалізувати джерело проблеми та мінімізувати наслідки.

Крім того, впровадження стандарту зменшує виробничі відходи та економічні втрати, оскільки всі ризики аналізуються завчасно, а запобіжні заходи впроваджуються на постійній основі.

Стандарт ISO 22000 також має безпосередній вплив на безпечність харчових продуктів. Він вимагає системного підходу до аналізу небезпечних факторів — біологічних, хімічних, фізичних, алергенних — та застосування відповідних програм передумов, до яких належать гігієна персоналу, санітарні заходи, контроль шкідників, дотримання температурних умов, забезпечення належного стану обладнання [3]. Постійний контроль критичних контрольних точок, регулярні аудити та навчання персоналу забезпечують довготривалу ефективність системи. Працівники, які розуміють важливість своєї ролі у процесі гарантування безпечності, формують культуру відповідального ставлення до виробництва [4].

В Україні ISO 22000 гармонізовано як ДСТУ ISO 22000:2019, що повністю відповідає міжнародним вимогам. Це дозволяє вітчизняним виробникам забезпечувати відповідність європейським і світовим нормам, спрощує умови експорту та сприяє підвищенню довіри міжнародних партнерів. Українські підприємства, що впровадили стандарт, відзначають покращення технологічної дисципліни, зменшення кількості невідповідностей, підвищення рівня гігієни та організованості персоналу, а також економічну вигоду від зменшення втрат та оптимізації процесів.

Разом з тим впровадження ISO 22000 супроводжується певними труднощами. До них належать фінансові витрати на сертифікацію, аудит та навчання персоналу, потреба в змінах організаційної культури, необхідність детального документування процесів та підтримки системи в актуальному стані [5]. Підприємства малого бізнесу часто стикаються з браком ресурсів або недостатньою обізнаністю у сфері міжнародних стандартів. Проте навіть попри ці складнощі, довгострокові переваги застосування ISO 22000 значно перевищують початкові інвестиції.

Таким чином, впровадження ISO 22000 відіграє ключову роль у формуванні надійної системи управління безпечністю харчових продуктів, забезпечуючи стабільну якість, прозорість та контрольованість виробництва. Стандарт сприяє зростанню довіри споживачів і партнерів, підвищує конкурентоспроможність підприємств та інтегрує їх у світову систему харчової безпеки. Ураховуючи сучасні тенденції цифровізації та зростання вимог до якості, ISO 22000 стає не лише важливим елементом менеджменту, а й стратегічною необхідністю для підприємств харчового сектору.

Література

1. Міжнародна організація зі стандартизації. ISO 22000 — Системи управління безпечністю харчових продуктів. URL: <https://www.iso.org/iso-22000-food-safety-management.html> (дата звернення 17.11.2025)

2. ДСТУ ISO 22000:2019 «Системи керування безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації в харчовому ланцюзі (ISO 22000:2018, IDT)». URL: https://www.zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_22000_2019.pdf (дата звернення 17.11.2025)
3. Повне керівництво з сертифікації та відповідності стандарту ISO 22000. URL: <https://iso-cert.uk/iso-22000-food-safety-standard/> (дата звернення 17.11.2025)
4. Європейська акредитація. Нова редакція ISO 22000. URL: <https://european-accreditation.org/new-edition-of-iso-22000-has-just-been-released/> (дата звернення 17.11.2025)
5. NVL VET (Ukrainian research journal). Bomba MY. “Main requirements for food safety management systems under ISO 22000” (2020). URL: <https://nvlvet.com.ua/index.php/food/article/view/3931> (дата звернення 17.11.2025)

УДК 664.6:664.0

ФІЛІППОВА О.Ю., ШКОЛА К.В., РЯБОВ О.О.

Криворізький національний університет
Навчально-науковий інститут економіки і торгівлі ім.М.Туган-Барановського

СТАНДАРТИЗАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ І ОЗДОРОВЧИХ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

Сучасна харчова промисловість спрямована не лише на задоволення базових потреб людини в енергії та макронутрієнтах, але й на підтримку здоров'я, профілактику захворювань та підвищення якості життя. У цьому контексті особливе значення набувають функціональні та оздоровчі продукти харчування, які містять компоненти, що позитивно впливають на фізіологічні процеси організму, знижують ризик розвитку хронічних захворювань та сприяють зміцненню імунної системи.

Функціональні продукти харчування (ФПХ) відрізняються від звичайних тим, що вони містять активні біологічно активні компоненти, такі як пребіотики, пробіотики, біоактивні пептиди, антиоксиданти, омега-3 жирні кислоти, фітостероли та інші речовини, здатні покращувати здоров'я споживачів. Такі продукти, крім основної харчової цінності, сприяють підтримці нормального функціонування організму і зменшенню ризику розвитку хвороб [1].

Залежно від призначення та характеру дії ФПХ поділяються на кілька основних категорій. До пребіотиків відносяться речовини, які стимулюють розвиток корисної мікрофлори кишечника, такі як інулін та олігосахариди. Пробиотики – це живі мікроорганізми, наприклад, *Lactobacillus* та *Bifidobacterium*, що позитивно впливають на мікробіоту кишечника. Протеїнові

та пептидні комплекси сприяють зміцненню м'язової маси та зниженню рівня холестерину, тоді як фітостероли та фітоестогени, які містяться у рослинній сировині, регулюють обмін ліпідів і гормональний баланс. Антиоксиданти, до яких належать вітаміни С і Е, каротиноїди та поліфеноли, захищають організм від окисного стресу, а омега-3 та інші поліненасичені жирні кислоти сприяють профілактиці серцево-судинних захворювань. Вітамінно-мінеральні комплекси забезпечують оптимальний баланс мінералів та вітамінів, що підтримує обмін речовин і імунну систему [2].

Стандартизація ФПХ є ключовим інструментом забезпечення їхньої якості, безпеки та ефективності. Вона охоплює всі етапи виробництва – від вибору сировини до кінцевого продукту – та регулює склад, фізико-хімічні властивості, технологію виготовлення, маркування і контроль якості. Основними завданнями стандартизації є забезпечення стабільності складу продукту через визначення концентрації біологічно активних компонентів, контроль безпеки та мінімізація ризику забруднення мікроорганізмами, токсинами або хімічними речовинами, а також відповідність продукту міжнародним та національним нормативним документам, таким як ДСТУ, ISO, Codex Alimentarius, що є важливим як для внутрішнього, так і для зовнішнього ринків.

У світі стандартизація ФПХ передбачає контроль кількісного вмісту активних компонентів, встановлення допустимих діапазонів і методів оцінки ефективності продукту через клінічні або лабораторні дослідження. Технологічні стандарти включають вибір сировини з відомим біоактивним потенціалом, оптимізацію процесів обробки, які зберігають активні компоненти (наприклад, пастеризацію при низьких температурах, заморожування, ліофілізацію), додавання біологічно активних добавок у рекомендованих концентраціях і контроль стабільності продукту протягом терміну зберігання. Наприклад, йогурт з пробіотиками стандартизують на кількість живих бактерій $\geq 10^6$ КУО/г, що забезпечує їх ефективну дію у кишечнику [3-5].

Контроль якості включає хімічний аналіз для визначення концентрації вітамінів, мінералів, омега-3 кислот та фітостеролів; мікробіологічний аналіз для перевірки на патогенні мікроорганізми та визначення кількості корисних бактерій; фізико-хімічні показники – рН, активність води, текстуру, колір і запах; а також оцінку функціональної ефективності через лабораторні дослідження біодоступності компонентів і клінічні випробування.

Маркування ФПХ повинно містити перелік активних компонентів із зазначенням їх концентрації, заяву про здоров'я або функціональні властивості з обґрунтуванням, рекомендовану добову норму споживання, умови зберігання та термін придатності. Наприклад, молочні продукти з пробіотиками можуть містити позначку: "Містить живі культури *Lactobacillus rhamnosus* GG для підтримки кишкової мікрофлори" [4].

Незважаючи на досягнення, стандартизація ФПХ стикається з низкою проблем, серед яких нестабільність біологічно активних компонентів у процесі

виробництва і зберігання, відсутність єдиних методів оцінки функціональної ефективності продуктів, недостатнє нормативне регулювання оздоровчих заяв та висока вартість лабораторних досліджень для контролю складу.

Перспективи розвитку стандартизації функціональних продуктів харчування пов'язані з використанням біотехнологій для підвищення стабільності активних компонентів, розробкою систем кваліметричної оцінки якості на основі багатофакторного аналізу, впровадженням цифрових технологій для відстеження складу та ефективності продукту в режимі реального часу, а також створенням міжнародно гармонізованих стандартів [5].

Отже, стандартизація функціональних і оздоровчих продуктів харчування є невід'ємною складовою сучасного харчового виробництва. Вона гарантує якість, безпеку та ефективність продуктів, забезпечує контроль активних компонентів і технологічних параметрів, а також формує прозору систему інформування споживачів. Завдяки впровадженню сучасних біотехнологій, лабораторного контролю та цифрових систем управління якістю стандартизація ФПХ відкриває нові можливості для розвитку оздоровчого харчування і профілактики хронічних захворювань, відповідаючи на сучасні запити суспільства щодо здорового способу життя.

Література

1. Марець, С.; Мартиросян, Д. Оцінка клінічних досліджень, що використовуються в науці про функціональну їжу. *Функціонує. Продукти здоров'я* 2023, 13, с. 22–35.
2. Шарма, Л.; Ядав А. Роль функціональних харчових продуктів у здоров'ї людини та профілактиці захворювань. У *біологічно активних компонентах: стійка система для міцного здоров'я та гарного самопочуття*; Тхакур, М., Белвал, Т., ред.; Springer Nature: Сінгапур, 2023; с. 225–243.
3. Martirosyan D.M., Lampert T., Ekblad M. Classification and regulation of functional food proposed by the functional food center. *Functional Food Science* 2022; 2(2): 25-46. DOI: <https://www.doi.org/10.31989/ffs.v2i2.890>
4. Martirosyan D., von Brugger J., Bialow S. Functional food science: Differences and similarities with food science. *Functional Foods in Health and Disease* 2021. 11(9): Page Number: 408-430. DOI: <https://www.doi.org/10.31989/ffhd.v11i9.831>
5. Wang E.S.-T., Chu Y.-H. *How Social Norms Affect Consumer Intention to Purchase Certified Functional Foods: The Mediating Role of Perceived Effectiveness and Attitude*. *Foods*. 2021; 10(6): 1151.

Секція 7.

**Економічні аспекти,
пріоритети та
інновації
у виробництві
харчових продуктів**

РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ ПІСОЧНОГО ПЕЧИВА З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОДУКТІВ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Сучасні тенденції у харчовій промисловості передбачають створення кондитерських виробів, які не лише задовольняють смакові потреби споживачів, а й мають підвищену біологічну цінність та сприяють збереженню здоров'я. Актуальність дослідження зумовлена потребою у розширенні асортименту борошняних кондитерських виробів оздоровчого спрямування, зокрема пісочного печива, яке є популярним серед усіх вікових груп споживачів.

Метою роботи було розроблення рецептури пісочного печива з частковою або повною заміною вершкового масла на олію розторопші, що належить до продуктів оздоровчого призначення завдяки високому вмісту біологічно активних речовин, зокрема флаволіднанів і токоферолів.

Рецептура для всіх зразків включає борошно пшеничне, цукор, яйця, розпушувач і сіль. Технологічний процес складається з послідовного змішування компонентів, формування та випікання виробів при температурі 180 °С протягом 18–20 хв.

У роботі визначались основні фізико-хімічні показники: вологість, намоочуваність, вологоутримуюча здатність, кислотність та клейковина. Результати досліджень показали, що зі збільшенням частки олії розторопші у рецептурі спостерігається зниження намоочуваності (від 155,8% до 123,2%) та підвищення вологоутримуючої здатності (до 107,5%), що свідчить про покращення структурно-механічних властивостей виробів і подовження їх свіжості. Вологість печива змінювалася від 1,19% (контрольний зразок) до 14,45% (зразок із 100% олії розторопші), що пов'язано з різницею у структурі жирової фази. Кислотність коливалася у межах 0,022–0,053°, що відповідає вимогам нормативної документації та свідчить про належну якість сировини і правильність технологічного процесу.

Органолептична оцінка зразків показала, що використання олії розторопші позитивно впливає на смак і консистенцію пісочного печива. Вироби мають більш виражений горіховий аромат, приємний післясмак і ніжну, розсипчасту структуру. Печиво з частковою заміною вершкового масла зберігає традиційні властивості класичного продукту, водночас набуваючи нових смакових відтінків і підвищеної харчової цінності.

На основі проведених досліджень встановлено, що оптимальним є зразок печива з частковою заміною вершкового масла на 50% олії розторопші. Така рецептура забезпечує найкраще співвідношення органолептичних і фізико-

хімічних показників, зберігає традиційний смак і водночас підвищує біологічну цінність виробу.

Наукова новизна роботи полягає у використанні олії розторопші як функціонального інгредієнта у виробництві пісочного печива, що дозволяє створити продукт із покращеними харчовими та оздоровчими властивостями. Отримані результати можуть бути використані для подальших розробок рецептур кондитерських виробів оздоровчого спрямування та впровадження їх у промислове виробництво.

Література

- 1.Товажнянський, Л.Л. Загальна технологія харчових виробництв./ Л.Л. Товажнянський, С.У. Бухкало, П.О. Капустянко - Київ: Вища школа, 2005. – с. 496.
2. Кравченко, М.Ф. Якість пісочного печива з композицією шротів / М.Ф. Кравченко, В.С. Михайлик, Т.М. Марусяк // Товари і ринки. – КНТЕУ, 2021. – № 3. – с. 141.
3. Ільдїрова, С.К. Використання розторопші плямистої у виробництві виробів із пісочного тіста /С.К. Ільдїрова, С.Е. Стїборовський, О. В. Старостеле // Вісник ДонНУЕТ,2010. –№1(45). – с. 121-126.
4. ДСТУ 4683: 2006 Вироби кондитерські. Методи визначення органолептичних показників якості, розмірів, маси нетто і складових частин. Київ: Держспожив-стандарт України, 2006.- с. 10.
5. ДСТУ 5023: 2008 Вироби кондитерські борошняні. Метод визначання здатності до намокання. Київ: Держспожив-стандарт України, 2008. – с.8.

ДУБОВИК Д.В., ГОЛУБ Л.С.

Український державний університет науки і технологій,
Навчально-науковий інститут «Український державний хіміко-технологічний університет»

РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ ЙОГУРТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИРОДНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗБАГАЧУВАЧІВ

На сучасному етапі розвитку харчової промисловості особливу увагу приділяють створенню функціональних харчових продуктів, які не лише задовольняють харчові потреби людини, а й позитивно впливають на її здоров'я. Одним із найбільш перспективних напрямів є удосконалення рецептури молочнокислих продуктів, зокрема йогуртів, шляхом використання натуральних функціональних збагачувачів.

Йогурт обрано як об'єкт дослідження з кількох причин:

- він є одним із найпопулярніших кисломолочних продуктів серед споживачів у всьому світі, що робить його зручним для впровадження нових технологічних рішень;

- йогурт має високу біологічну цінність і є природним джерелом білків, кальцію, фосфору, вітамінів групи В, пробіотичних культур, які сприяють нормалізації мікрофлори кишечника;

- його технологія виробництва є гнучкою, що дозволяє легко адаптувати рецептуру шляхом додавання природних компонентів без втрати основних органолептичних властивостей;

- йогурт — це зручний у споживанні продукт, який має широкий асортимент форм (питний, густий, десертний) і може виступати як основа для створення функціональних і лікувально-профілактичних продуктів.

Йогурт є традиційним кисломолочним продуктом, що містить корисні молочнокислі бактерії, білки, кальцій, вітаміни групи В та інші важливі нутрієнти.

Проте звичайний йогурт може бути додатково збагачений природними компонентами, які підвищують його харчову, біологічну та лікувально-профілактичну цінність. До таких компонентів належать: лимонна цедра, м'ята, какао-порошок, мед, ягоди, злакові екстракти.

Природні функціональні збагачувачі є важливими компонентами сучасних харчових продуктів, які сприяють підвищенню їх біологічної та профілактичної цінності. Вони містять широкий спектр біологічно активних речовин — вітаміни, мінерали, поліфеноли, флавоноїди, органічні кислоти, ефірні олії та харчові волокна, які мають позитивний вплив на функціональний стан організму людини. Ці сполуки виконують антиоксидантну, імуномодулюючу, протизапальну та детоксикаційну функції.

Ці інгредієнти не лише покращують органолептичні властивості продукту, а й підвищують його антиоксидантну активність, збагачують вітамінами, мінералами та біоактивними речовинами.

Завдяки наявності природних антиоксидантів, таких як вітамін С, флавоноїди та поліфеноли, вони нейтралізують вільні радикали, зменшуючи прояви окисного стресу, що уповільнює процеси старіння та запобігає розвитку хронічних захворювань, зокрема серцево-судинних і онкологічних. Біоактивні компоненти рослинного походження також нормалізують роботу шлунково-кишкового тракту, стимулюють секрецію травних ферментів, покращують мікрофлору кишечника, сприяють засвоєнню поживних речовин і виведенню токсинів з організму.

Вітаміни групи В, калій, магній, цинк і залізо, що містяться в рослинних добавках, беруть участь у регуляції обміну речовин, підтримують стабільність нервової та серцево-судинної систем, сприяють покращенню пам'яті, концентрації та зниженню втомлюваності.

У поєднанні з молочними білками та пробіотичними культурами йогурту вони створюють синергічний ефект, завдяки якому підвищується біодоступність поживних речовин і покращується їх засвоєння.

Також, використання таких збагачувачів дозволяє зменшити кількість штучних ароматизаторів, барвників і цукру, зробити продукт більш натуральним і корисним для організму споживача.

Дослідження проводилося з метою розробки рецептури йогурту з використанням природних функціональних збагачувачів, які забезпечують гармонійне поєднання смаку, аромату, консистенції та стабільності під час зберігання.

Було підібрано оптимальні пропорції інгредієнтів, досліджено їхній вплив на кислотність, в'язкість, термін зберігання та органолептичні показники готового продукту.

Наукова новизна роботи полягає у розробці комплексної рецептури йогурту з використанням комбінації натуральних збагачувачів рослинного походження, які не лише покращують органолептичні властивості, а й створюють продукт профілактичного та функціонального призначення. На відміну від традиційних йогуртів, запропонований варіант не містить штучних добавок і має підвищену біологічну цінність за рахунок вмісту антиоксидантів, вітамінів та природних ароматичних сполук.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості впровадження даної рецептури у промислове виробництво для створення асортименту функціональних йогуртів, спрямованих на покращення здоров'я споживачів, зокрема нормалізацію роботи кишкової мікрофлори, підвищення імунітету та антиоксидантного захисту організму.

Література

1. Українець А.І., Сімахіна Г.О. Технологія оздоровчих харчових продуктів: Курс лекцій для студентів за напрямом 6.051701 «Харчова технологія та інженерія». – К.: НУХТ, 2009. – 310 с.
2. Фролова Н.Є., Дегтярьов Л.С. Основи конструювання нових харчових продуктів. – К.: НУХТ, 2010. – 207 с.
3. Матвєєва Т.В. Технологія молочних продуктів: навч. посібник. – Харків: ХДУХТ, 2018. – 240 с.

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА ОЛІЇ У 2024-2025 РОКАХ

Олійно-жирова галузь України вирізняється як важлива складова харчової індустрії держави, що забезпечує значні бюджетні надходження. Продукції цієї галузі достатньо як для внутрішнього споживання, так і постачання на зовнішні ринки. Підприємства олійно-жирової галузі можна поділити на дві основні групи: перша – олійно-екстракційні заводи й олійно-жирові комбінати, друга – цехи малої потужності та олійниці. На частку підприємств першої групи припадає до 80 % загального обсягу переробки соняшнику. За час ведення воєнних дій у державі ситуація у виробництві олійножирової продукції була нестабільною і у різні періоди мала свої особливості, тенденції та умови для розвитку.

За підсумками маркетингового року 2024/25 Україна експортувала загалом 4,73 мільйона тонн соняшникової олії, що на 24% менше, ніж у попередньому сезоні. Такий показник став найнижчим за останні три роки. Основними факторами, які обмежили експорт, були зменшення врожаю соняшнику у 2024 році та низька маржинальність його переробки.

Натомість харчова промисловість попри всі небезпеки й проблеми початку війни і пов'язане з ними зменшення виробництва готових харчових продуктів через окупацію та руйнацію підприємств змогла забезпечити населення держави достатньою кількістю продовольства, хоча обсяги реалізації готових продуктів і знизилися на 62893,1 млн грн, або на 10,7 %

Підвищенню попиту на згадану продукцію поточного сезону з боку ключових світових імпортерів сприяла дещо привабливіша ціна на соняшкову олію порівняно з іншими рослинними оліями, внаслідок чого українські заводи активно нарощували переробку соняшнику. Також аналітики зазначають, що важливим чинником виступає забезпечення відносно стабільних відвантажень олії морським транспортом. Попри загальне скорочення, постачання на основні ринки збуту у сезоні, що минув, дещо зросли. До трійки найбільших імпортерів української соняшникової олії увійшли Індія (767 тисяч тонн, що на 44% більше порівняно з 2023/24 МР), Іспанія (656 тисяч тонн, +11%) та Італія (504 тисячі тонн, +28%).

Аналітики зазначають, що сезон був досить складним для української галузі переробки соняшнику. Це спонукало підприємства шукати більшу рентабельність у переробці сої та ріпаку. Також це стало поштовхом до просування так званих «соево-ріпакових право», котрі наразі залишаються нерегульованими.

Світовий попит на соняшкову олію зростає, зокрема українська соняшникова олія є лідером за якістю у Європі.

На українському ринку діють кілька типів виробників:

1. Компанії повного циклу — вирощують соняшник і самостійно переробляють його в олію.

2. Спеціалізовані виробники — займаються виключно виробництвом соняшникової олії.

3. Невеликі цехи — виготовляють олію як побічну діяльність у межах інших виробництв.

Такий розподіл дозволяє точніше шукати постачальників відповідно до обсягів, якості й умов співпраці.

Частка України в світовій торгівлі соняшниковою олією за підсумками 2023/24 МР досягне майже 41%, про що повідомляють аналітики олійного ринку «УкрАгроКонсалт» з посиланням на USDA. Найбільші експортери соняшникової олії з України – «Кернел», Bunge (завод з переробки соняшнику та портовий термінал, м. Миколаїв) та МХП. Незважаючи на всі труднощі в своїй операційній та фінансовій діяльності, Кернел залишився найбільшим українським експортером олії, при цьому, з досить великим відривом від конкурентів. У 2025 році частка Кернелу становила 19 % (загалом компанією було експортовано близько 800 тис. т олії). Компанії МХП вдалося наростити обсяги експорту олії соняшникової у 2025 році до 280 тис. т. Незважаючи на те, що для МХП переробка соняшнику – це не основна діяльність, а лише допоміжна, частка ринку досягає 6,5 %.

Водночас за аналізований період обсяги експорту соняшникової олії компанією Bunge значно знизилися. Вона експортувала менше ніж 200 тис. т олії, оскільки активи компанії постраждали внаслідок російської агресії. Основні країни-споживачі соняшникової олії у 2024 році – Румунія (1171,3 тис. т), Туреччина (1069,4 тис. т) та Китай (563,0 тис. т). За десять місяців 2024 року найбільше експортовано олії соняшникової в Індію – 666,2 тис. т за ціною 828,6 дол.США/т, Іспанію – 554,5 тис. т за ціною 803,8 дол.США/т та Румунію – 534,7 тис. т за ціною 806,2 дол.США/т.

Україна й надалі залишиться гарантом вітчизняної та світової продовольчої безпеки. Найближчим часом агропромислова продукція, у тому числі олійно-жирова, залишатиметься ключовою статтею українського експорту, поповнюючи бюджет серйозними валютними надходженнями. Однак виклики й загрози сьогодення потребують від олійно-жирової галузі нових технологічних, маркетингових, логістичних та управлінських рішень.

Література

1. Україна у серпні скоротила експорт соняшникової олії до мінімуму за три роки URL: <https://agroweek.com/agroekonomika/ukrayina-serpni-skorotyla-eksport-sonyashnykovoyi/>

2. Виробництво соняшникової олії URL: <https://surl.li/hdxmli>

3. Харчова промисловість України: аспекти воєнного часу/ В. М. Івченко, О. С. Зірнзак, А.Л. Солопонок, О. М. Полонська. Київ : НДІ

УДК 664.68:641.5

ФІЛІНСЬКА Т.Г., ПРИХОДЬКО К.В., ФІЛІНСЬКА А.О.

Український державний університет науки і технологій,
ННІ Український державний хіміко-технологічний університет

ВИКОРИСТАННЯ ЖОЛУДЕВОГО БОРОШНА В РЕЦЕПТУРАХ КЕКСІВ

Борошняні кондитерські вироби широко присутні в раціоні українців, їх добове споживання в середньому дорівнює близько 500 г на душу населення. Вони домінують в структурі кондитерської галузі, де їх частка складає більше половини (55,3 %) [1, 2].

За хімічним складом та харчовою цінністю традиційні борошняні кондитерські вироби у більшості своїй не відповідають вимогам нутриціології. Їм притаманний високий вміст жирів з підвищеною часткою в складі гідрогенізованих жирів (*транс*-ізомерів) і простих вуглеводів (в основному сахарози), тоді як білки, харчові волокна, вітаміни присутні в недостатній кількості. Тож актуальними є рецептурні інновації, зорієнтовані на створення продуктів фізіологічно-функціонального призначення, збагачені інгредієнтами, які сприятливо впливають на організм людини [3].

Корисність кексів обумовлена присутніми нутрієнтами і досягається шляхом додаткового введення: вітамінів; мікроелементів; харчових волокон; омега-3 та омега-6 жирних кислот; незамінних амінокислот; дієтичних добавок та безглютенового борошна (у тому числі і з нетрадиційної сировини, наприклад, жолудевого) [4-7]. Жолудеве борошно від природи не містить глютену і є привабливим поживним і функціональним сировинним ресурсом. Воно багате на ненасичені жирні кислоти і клітковину, мінерали, вітаміни, хлорофіли, каротиноїди та поліфеноли, а також виявляє високу антиоксидантну здатність. Тож введення жолудевого борошна до рецептури борошняних кондитерських виробів, у тому числі кексів, є обґрунтованим.

Додавання жолудевого борошна у великих кількостях з метою зменшення в рецептурі пшеничного борошна може змінювати як якісні показники кінцевого продукту, так і структурно-механічні властивості тіста та впливати на технологічні параметри процесу виготовлення. Тому важливими є дослідження впливу кількості жолудевого безглютенового борошна на властивості кексів.

Для досліджень використовували жолудеве борошно з плодів поширеного в Україні дуба *Quercus robur*. Базова (еталонна) рецептура кексів включала основні інгредієнти: пшеничне борошно, цукор, яйця, вершкове масло, молоко, а також допоміжні – розпушувач, ванільний цукор та сіль. З метою розроблення функціонального борошняного кондитерського виробу виконувалася часткова

заміна пшеничного борошна на жолудеве у різних відсоткових співвідношеннях – від 5% до 50% із кроком 5%.

Із збільшенням кількості жолудевого борошна спостерігалось прогнозоване зменшення вмісту клейковини в сумішах. Від її кількості залежить здатність тіста утримувати гази під час випікання, що, своєю чергою, визначає об'єм, пористість, структуру та інші органолептичні властивості готового виробу. Для регулювання кількості клейковини в борошні можна використовувати суху пшеничну клейковину з масовою часткою білків 72-83% [8].

Вигляд м'якуша дослідних зразків кексів (рис. 1) мав відмінності. Для зразків з вмістом жолудевого борошна до 20% м'якуш залишався однорідним і пористим, без грудочок чи ущільнень. За більшої концентрації функціонального компонента (жолудевого борошна) м'якуш ставав щільнішим, менш пропеченим та вологішим, що знижувало візуальну та текстурну привабливість виробу.

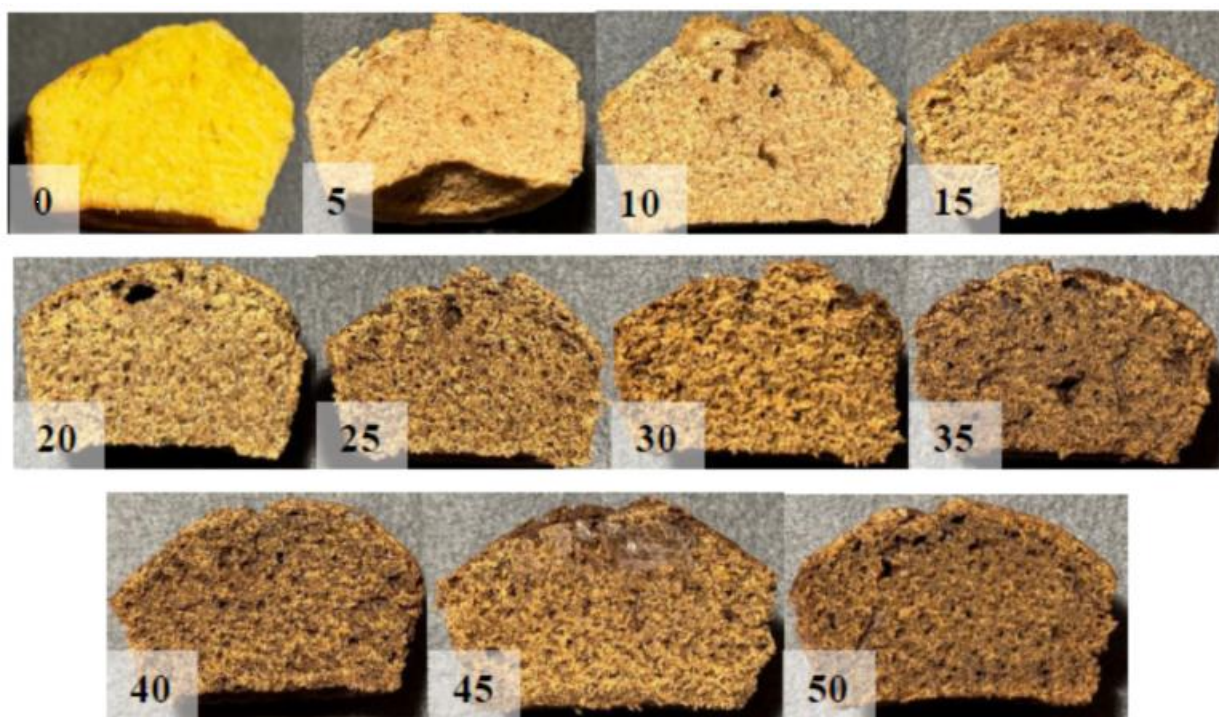


Рис.1 Вигляд на зрізі кексів з різним вмістом жолудевого борошна:
5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 – вміст жолудевого борошна, %

Найвищі органолептичні оцінки отримали зразки з вмістом жолудевого борошна на рівні 5 – 10%. Вони незначною мірою поступалися за показниками контрольному зразку, зберігали привабливий вигляд, приємний аромат, м'яку консистенцію та типовий солодкий смак. Заміна 50% пшеничного борошна на жолудеве призводила до суттєвого збільшення показників кислотності та лужності, хоча за абсолютною величиною вони не перевищували норму. Зі зростанням частки жолудевого борошна в тісті збільшувався показник

упікання, що проявлялося в інтенсивнішій втраті маси через випаровування вологи. Такі результати зумовлені більш розвиненою пористістю, змінами у водозв'язуючій здатності тіста та підвищеною теплопровідністю, яку забезпечує жолудеве борошно. Встановлено, що вміст вологи в кексах з додаванням жолудевого борошна залишався відносно стабільним, його величина була в межах від 23,0% до 23,3% і не перевищувала норми (31%).

За результатами виконаних досліджень визначено оптимальний вміст жолудевого борошна в суміші з пшеничним (до 20%). Така кількість забезпечує збагачення готового виробу корисними нутрієнтами, не дає суттєвого погіршення показників якості отримуваних виробів та незначною мірою пливає на колір (темніший) і смак (горіховий відтінок) кексів з жолудевим борошном.

Література

1. Резвих, Н. І., & Федоренко, Л. Є. (2022). Аналіз споживання борошняних кондитерських виробів у харчуванні людини. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (5), 77-82. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.5.10>
2. Латишев К. О., Мороз О. В., Герасимчук В. В. (2020). Споживчі переваги як основа формування асортиментної лінійки борошняних кондитерських виробів. *Вісник Хмельницького національного університету*, (5), 102-106. DOI: 10.31891/2307-5740-2020-286-5-19.
3. Рудавська, Г., Вежлівцева, С., & Бузіян, М. (2018). Інноваційні інгредієнти для кондитерських виробів фізіологічно-функціонального призначення. *Молодий вчений*, 5 (57), 396-399. <https://molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/4540>
4. Єсауленко А.А., Мамченко Л.Є., Неміріч О.В., Кузьмін О.В., & Матіящук О.В. (2023). Удосконалення технології кексів з продуктами переробки насіння конопель. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (4), 118-126. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.15>
5. Ткаченко А. С. (2020) Наукове обґрунтування розроблення кексів з органічної сировини з підвищеним мінеральним складом. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки*. (23), 110-115. <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2020-23-14>
6. Сова Н., Худайбердієва К., Коваленко Н., & Михненко І. (2021). Використання борошна із насіння нішевих культур у технології виробництва кексів. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях*, (4 (10), 94–100. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2021.04.13>
7. Палько Н. С., Давидович О. Я., Заяць С. В., & Горобець О. М. (2024). Удосконалення технології кексів з використанням нетрадиційної сировини. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки»*, (2), 12-17. <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2024-2-2>

8. Дробот, В. І. Вплив сухої пшеничної клейковини на технологічні показники та якість житньо-пшеничного хліба / В. І. Дробот, Т. А. Сильчук, Л. І. Удворгелі // Зернові продукти і комбікорми. - 2005. - № 2. - С. 53-55.
<https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/5923>

УДК 665.37

ХВАЛЬКО І.В., ГОЛУБ Л.С.

Український державний університет науки і технологій,
Навчально-науковий інститут «Український державний хіміко-технологічний університет»

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГІДРАТАЦІЇ НА ЯКІСТЬ ТА ВИХІД СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

Гідратація - це стадія рафінування, на якій з олії видаляються фосфатиди, фосфатидопроतेїни та інші гідрофільні домішки. Цей етап необхідний тому, що при зберіганні олій фосфатиди випадають у вигляді осаду, що ускладнює ряд технологічних операцій з переробки олії.

Основною метою гідратації є очищення олії від фосфоліпідів та інших гідрофільних домішок, які можуть спричиняти помутніння, осадження та погіршення органолептичних властивостей олії під час зберігання. Фосфоліпіди, присутні в олії, здатні утворювати колоїдні розчини, які при поглинанні води випадають в осад, відомий як гідрофуз. Тому олії, призначені для тривалого зберігання, піддають гідратації — обробці водою, внаслідок чого фосфоліпіди приєднують воду, втрачають здатність розчинятися в олії і випадають в осад.

Гідратація є ключовим етапом обробки соняшникової олії, спрямованим на видалення фосфоліпідів та інших домішок, які можуть негативно впливати на якість кінцевого продукту. Існують різні методи гідратації, серед яких виділяють водну, кислотну та комбіновану гідратацію. Кожен із цих методів має свої особливості, переваги та недоліки, а також підходить для різних масштабів виробництва.

Найбільш поширеним методом гідратації олії є водна гідратація. Даний метод полягає у додаванні до олії певної кількості води або водного розчину електролітів. Як результат фосфоліпіди, які є гідрофільними, поглинають воду, відбувається утворення гідратних комплексів, котрі згодом утворюють осад у вигляді емульсії. Згодом фосфоліпіди видаляються відстоюванням, або ж для прискорення процесу використовують метод центрифугування.

Попри простоту принципу, процес гідратації соняшникової олії має низку технологічних особливостей, які визначають ефективність вилучення фосфоліпідів і одночасно впливають на втрати продукту. Так недотримання оптимальних технологічних параметрів (температури, тривалості процесу, кількості доданої води чи швидкості перемішування) може призвести як до

недостатнього видалення фосфатидів, так і утворення небажаного прошарку води. Окрім того завжди є ризик втрати жирової фази разом із гідрофузом. Особливу увагу заслуговує гідрофуз — побічний продукт процесу, що містить значну кількість олії (до 10–25%), фосфоліпідів та вологи. Зменшення кількості олії у гідрофузі є одним із напрямів підвищення ефективності технології та зниження собівартості кінцевого продукту.

Таким чином, дослідження процесу гідратації має на меті не лише удосконалення технологічних режимів, але й підвищення якості готової соняшникової олії, забезпечення її прозорості, стабільності під час зберігання та зменшення втрат цінного продукту у вигляді гідрофузу.

Важливим є підбір кількості води для гідратації. Кількість гідратуючого агента залежить від вмісту фосфоліпідів в олії і відіграє велику роль в процесі гідратації. При додаванні більшої кількості води, ніж необхідно, можливе утворення емульсій типу «жир у воді», розділення якої є складним процесом. Якщо кількість води буде значно більшою, крім емульсії утворюється окремий прошарок води, відділення якого є економічно невигідним. Крім того, зайва вологість збільшує витрати на висушування олії після гідратації. При додаванні меншої кількості води, фосфоліпіди виділяються не повністю. Недостатня кількість гідратуючого агента призводить до неповного видалення гідрофільних домішок [1,2].

Наявність фосфоліпідів у добутій олії залежить від багатьох факторів, зокрема способу добування (у екстракційній олії фосфоліпідів більше, ніж у пресовій олії), вологості мезги, температури пресування тощо [3]. Загалом у сирій соняшниковій олії фосфоліпіди становлять 0,8–1,2% від загальної ліпідної фракції, що робить олію мутною, впливає на колір та запах [4]. Наявність вологи в гідратованій олії інтенсифікує окисні процеси, тобто сприяє псуванню олії при зберіганні, тому, якщо передбачена подальша переробка олії її обов'язково висушують при температурі 85–90°C під вакуумом, при чому вологість з 0,2% зменшується до 0,05%. Залишковий вміст фосфоліпідів різниться при ізольованому процесі гідратації та повному етапі рафінації соняшникової олії. Так лише при гідратації нормованим рівнем залишку є 0,2% фосфоліпідів, тоді як після рафінації нормою є 0,05%, тому що сторонні процеси рафінації також частково впливають на вміст гідрофільних частинок та видаляють їх.

Температурний режим процесу гідратації має вирішальний вплив на його ефективність. Відомо, що фосфоліпіди, присутні у соняшниковій олії, починають активно набухати та переходити у гідратовану форму при підвищенні температури середовища. Так оптимальні значення температури процесу становить від 80 до 90°C. Саме у цьому діапазоні процес набуває максимальної ефективності та інтенсивності. При недостатньому нагріванні суміші гідратація проходить повільно та не може бути закінченою повністю, тобто є неефективною, що призводить до підвищеної мутності та зниження стабільності продукту під час зберігання. Натомість перегрівання олії понад

100°C може викликати часткове руйнування гідратованих комплексів та навіть погіршення кольору олії через початок реакцій термічного окиснення. Сучасні технології проведення гідратації передбачають багатоступеневий нагрів олії перед гідратацією. Спочатку олія попередньо нагрівається до 70–75°C, після чого остаточно доводиться до робочої температури 85–90°C безпосередньо перед змішуванням із водою. Такий підхід дає змогу зменшити теплові втрати й покращити контроль процесу.

Отриманий гідрофуз може бути використаний окремо. Висушений фосфоліпідний концентрат використовують у фармацевтичній промисловості в засобах для покращення діяльності печінки і у харчовій промисловості, як емульгатори, та як добавки до рецептури багатьох продуктів [5]. Залежно від умов процесу, вміст жиру у гідрофузі може становити 10–25%, що визначає як економічні втрати, так і потенційну цінність продукту. Оптимальним є залишок 10-15% жиру у осаді. Власне перевищений вміст жиру у отриманому концентраті може свідчити про неефективність проведення процесу а також про неефективність сепараційної ланки виробництва, що призводить до надлишкової втрати олії разом із гідрофузом. Проте якщо вміст жиру менше 10%, це може призвести до знецінення майбутнього концентрату. Таким чином, контроль складу гідрофузу є показником якості як технологічного процесу, так і економічної ефективності виробництва загалом.

Література

1. Технологія жирів та жирозамінників: тексти лекцій (частина друга) для здобувачів вищої освіти за освітньою програмою «Харчові технології та інженерія» (освітній ступінь бакалавр) всіх форм навчання [Текст] / Укл.: Гуменюк О.Л. Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022 – 92 с.

2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Технологія переробки рослинних жирів» для студентів III курсу денної форми навчання та IV курсу заочної форми навчання спеціальності 181 // Харчові технології, спеціалізації // Харчові технології та інженерія. Частина перша. Рафінація рослинних жирів. [Текст] / Укл.: Т.Г. Філінська, О.В. Черваков, А.О. Філінська // Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2016 // 52 с.

3. Романовська Т.І. Залежність якості пресової олії від режимів волого-теплової обробки // Удосконалення процесів і обладнання - запорука інноваційного розвитку харчової промисловості: Матеріали доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 10-11 квітня 2012 р - К: НУХТ, 2012 – 50-51 с.

4. Lamas D.L., Crapiste G.H., Constenla D.T. – Changes in quality and composition of sunflower oil during enzymatic degumming process. – LWT-Food Sci. – Technol. 2014;58:71–76. doi: 10.1016/j.lwt.2014.02.024. [Електронний ресурс]

5. Курс лекцій з дисципліни «Технологія жирів та жирозамінників» для студентів денної форми навчання 181 // Харчові технології та інженерія [Текст] / Дніпро: ДВНЗ УДХТУ – 26 с.

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІННОВАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАМОЧУВАННЯ КВАСОЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО НАГРІВАННЯ

У сучасних умовах глобальної конкуренції досягнення підвищення ефективності та конкурентоспроможності підприємств харчових виробництв можливе за умов активізації інноваційної діяльності. Цей шлях передбачає створення та використання нововведень у вигляді вдосконалених товарів, прогресивних технологій, методів управління та способів організації виробництва. Одним з напрямів інноваційного розвитку є оптимізація технологічних процесів шляхом модернізації та удосконалення обладнання, що дозволяє досягти значного економічного ефекту.

Оцінка ефективності будь-яких господарських заходів та інноваційних рішень базується на двох фундаментальних принципах: їх спрямованості на досягнення конкретного результату (економічного, соціального, технологічного) та наявності певних витрат різних видів ресурсів для їх реалізації. Авторами досліджується економічна доцільність впровадження інноваційного способу замочування квасолі перед консервуванням з використанням методу електроконтактного нагрівання (ЕКН).

При контактному впливі електричним струмом електрична енергія перетворюється в теплову безпосередньо в провідному середовищі. Важливою перевагою цього методу є отримання внутрішньої енергії за всім об'ємом продукту. Серед інших переваг є простота апаратурного оформлення, швидкоплинність та можливість регулювання режимів енергетичних параметрів. Слід зауважити, що за умов ЕКН утворюється внутрішня енергія у продукті за всім його об'ємом та спостерігається зменшення енерговитрат. За органолептичною оцінкою продукція, вироблена способами з ЕКН характеризується позитивними оцінками [1, 2].

ЕКН є прогресивним способом нагрівання їжі. Фізика процесу ЕКН полягає у пропусканні електричного струму через напівфабрикат або провідне середовище. Важливим режимним параметром ЕКН, що визначає якість процесу, є частота змінного струму, що у більшості випадків дорівнює промисловій 50 Гц [1].

Враховуючи вищесказане, було розроблено інноваційну технологію замочування квасолі методом ЕКН. Для її реалізації спроектовано пристрій [3]. Він пристрій призначений для замочування квасолі тепловим методом з ЕКН робочого агенту (розсолу) і може використовуватися у технологічних лініях консервних харчових підприємств малої потужності.

Метою роботи є економічне обґрунтування ефективності технології замочування квасолі методом ЕКН порівняно з традиційним базовим методом, що використовує нагрівання теплопередачею.

Апробація розробки підтвердила її ефективність. Наприклад, для квасолі сорту «Рант» тривалість замочування становила лише 4 години. До основних переваг належать: відносно висока продуктивність, значне скорочення тривалості технологічного циклу, зниження енерговитрат та високий коефіцієнт корисної дії.

Джерелами економічного ефекту від використання даної науково-технічної розробки є:

- зменшення витрат електроенергії за рахунок скорочення терміну роботи обладнання;
- зниження собівартості виробництва консервованої квасолі за рахунок скорочення часу замочування;
- поліпшення якості готової продукції.

Для досягнення мети було здійснено порівняльний аналіз економічних показників функціонування нової (дослідної) технології та базового методу. Розрахунки проводилися відповідно до загальновизнаної методики визначення собівартості продукції та включали оцінку продуктивності, енергоспоживання, витрат на оплату праці, амортизацію, інших виробничих та операційних витрат. Вихідні дані для аналізу: тривалість замочування базовим методом – 6 годин, дослідним – 4 години; продуктивність за основним часом – $10,6 \cdot 10^{-3}$ кг/с та $13,1 \cdot 10^{-3}$ кг/с відповідно; річний фонд робочого часу – 240 днів.

Аналіз продуктивності та енергоефективності. Проведені розрахунки показали, що річний час роботи обладнання при використанні дослідного методу ($\tau_d = 960$ год/рік) є меншим порівняно з базовим ($\tau_b = 1100$ год/рік). Незважаючи на це, продуктивність дослідного пристрою за основним часом вища. У підсумку, сумарна річна продуктивність при використанні інноваційного методу збільшується на 6,0 %.

Енергоспоживання визначалось, як $E = P \cdot t$. За умови однакової потужності обладнання, менший час роботи дослідного методу забезпечує значну економію електроенергії.

Річне енергоспоживання базовим методом: 1100 кВт·год.

Річне енергоспоживання дослідним методом: 768 кВт·год.

Річна економія електроенергії: 332 кВт·год.

Економія у вартісному виразі становить 9960 грн/рік, що еквівалентно зниженню витрат на енергоносії на 30 %.

Вплив інновації на собівартість продукції. Детальний калькуляційний розрахунок собівартості виробництва консервованої квасолі виявив суттєве зниження витрат за низкою статей.

Витрати на оплату праці: Скорочення часу роботи призвело до зменшення трудомісткості процесу. Економія лише на основній заробітній платі складає 22400 грн/рік. З урахуванням додаткової заробітної плати та

єдиного соціального внеску, загальна економія по фонду оплати праці перевищила 40000 грн/рік.

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання. Вартість 4-ох нових пристроїв (84,0 тис. грн) є нижчою за вартість базового обладнання (99,2 тис. грн). Це забезпечило економію на амортизаційних відрахуваннях та інших витратах на експлуатацію. Загальна економія за цією статтею склала 17 920 грн/рік.

Загальновиробничі витрати знизились на 10080 грн/рік.

Втрати від браку. Застосування нового методу дозволило поліпшити якість технологічного процесу, за рахунок чого частка браку знизилась удвічі. Економія склала 8640 грн/рік.

Зведені дані щодо собівартості представлені в табл. 1. Звідси собівартість 1 кг консервованої квасолі при використанні нової технології знижується з 48,27 грн/кг до 45,00 грн/кг, що в абсолютному вираженні становить економію 3,27 грн на кожному кілограмі продукції, а у відносному – зниження на 6,8 %. Цей позитивний результат досягнутий завдяки комплексному впливу інновації на ключові статті витрат.

Таблиця 1. Порівняльний аналіз собівартості виробництва (річний обсяг)

Стаття витрат	Базовий метод, грн	Дослідний метод, грн	Економія, грн
Сировина та матеріали	1900000,0	1900000,0	0,0
Паливо та енергія	5500,0	3840,0	1660,0
Основна заробітна плата	880000,0	857600,0	22400,0
Додаткова заробітна плата	264000,0	257280,0	6720,0
Єдиний соціальний внесок	114400,0	111456,0	2944,0
Утримання та експлуатація	21120,0	3200,0	17920
Загальновиробничі витрати	40320,0	30240,0	10080,0
Втрати від браку	8640,0	4320,0	4320,0
Виробнича собівартість	2037010,4	2024810,2	12200,2
Собівартість 1кг продукції	48,27	45,00	3,27

Найбільша частка у зниженні виробничої собівартості, яке склало 12200,2 грн на рік, у витрат на утримання та експлуатацію обладнання. Економія за цією статтею склала 17920 грн/рік, що майже 47 % від загальної економії. Це переважно за рахунок меншої початкової вартості нового обладнання та, як наслідок, нижчих амортизаційних відрахувань.

Також значний вплив має зниження витрат на оплату праці. Тут сумарна економія склала понад 32064 грн, що становить близько 42 % від загалу. Це є прямим результатом скорочення трудомісткості процесу завдяки підвищенню продуктивності нового обладнання.

Важливим чинником ефективності є поліпшення якості. За рахунок зниження частки браку вдвічі було досягнуто економії у розмірі 4320 грн на рік. Цей фактор свідчить не лише про економічний ефект, але й про підвищення технологічної стабільності виробництва.

Зниження собівартості впливає на фінансовий результат діяльності підприємства. Додатковий прибуток від впровадження нового пристрою формується за рахунок економії на собівартості, а також за рахунок збільшення обсягів виробництва (+ 6 % продуктивності). Річний економічний ефект від реалізації продукції, виготовленої з використанням нової технології, оцінюється в 151200 грн. (табл. 2).

Табл. 2. Зведені показники економічної ефективності

Показник	Базовий метод	Дослідний метод	Зміна
Продуктивність,	100 %	106 %	+6,0 %
Витрата електроенергії, кВт·год/рік	1100	768	-30,2
Собівартість 1 кг, грн/кг	48,27	45,00	-6,8 %
Додатковий річний прибуток, грн	—	151200	+151200

Отже, досліджено спосіб замочування квасолі з електроконтактним нагріванням. Його основними перевагами є продуктивність, скорочення тривалості та енерговитрат, а також високий коефіцієнт корисної дії. Впровадження інноваційного технології є економічно доцільною, що підтверджується зростанням продуктивності на 6,0 % та зниженням собівартості одиниці продукції на 6,8 %. Важливим фактором ефективності є також зниження споживання електроенергії на 30,2 %. Загальний річний економічний ефект, що включає економію на собівартості та прибуток від додаткового випуску продукції, становить 151200 грн. Отримані результати свідчать про високу ефективність запропонованого технологічного рішення та його позитивний вплив на конкурентоспроможність для виробника.

Література

1. Devising a technique for manufacturing canned beans with soaking under the conditions of electrical contact heating [Electronic resource] / A. Shevchenko [and oth.] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2022. Vol. 6, No 11 (120). P. 16-23. URL : <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.270802>.
2. Using physical and electrical methods in conductive meat frying / Cherevko A.I. [and oth.] // Technologies of food, light and chemical industry. 2015. Vol. 2 No. 4 (22) P. 75-79. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.40700>.
3. Пат. 155679 Україна, МПК А 23В 7/005, А 23L 5/30. Пристрій для замочування квасолі / А.О. Шевченко, С.В. Прасол, Б.В. Михайлов ; заявник і патентовласник : ДБТУ. № u202304350 ; заявл. 14.09.2023р. ; опубл. 27.03.2024, Бюл. № 13.

СЕКЦІЯ 8.

ЕКОЛОГІЧНА

БЕЗПЕКА

ХІМІЧНИХ І

ХАРЧОВИХ

ТЕХНОЛОГІЙ

ВТОРИННА ПЕРЕРОБКА ТА БЕЗВІДХОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ ТА ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ

У сучасному світі питання раціонального використання природних ресурсів і зменшення кількості промислових відходів набуває особливого значення. Харчова промисловість, будучи однією з провідних галузей економіки, водночас є одним із найбільших споживачів енергії, води та сировини. Тому впровадження ефективних програм вторинної переробки стає важливим кроком у напрямку сталого розвитку та екологізації виробництва. Сектор переробно-харчових виробництв залучає значні обсяги сільськогосподарської сировини та продукує велику кількість тваринних, рослинних і змішаних відходів. У харчовій промисловості під відходами розуміють залишки сировини, матеріалів або побічних продуктів, що утворюються під час виробництва, транспортування чи зберігання харчових продуктів. До них належать тверді, рідкі або газоподібні речовини, які втратили первісну цінність, проте можуть бути повторно використані як вторинна сировина або джерело енергії. Найбільшу частку становлять органічні залишки (лушпиння, кісточки, шкурки, насіння, сироватка, жири), які перетворюються на компост, стають сировиною для біопалива або використовуються як корм для тварин. Враховуючи сучасні екологічні виклики, зростання обсягів відходів і потребу в енергетичній та ресурсній незалежності, питання ресурсозбереження та впровадження безвідходних технологій у харчовій промисловості набувають ключового значення для сталого розвитку галузі й регіонів [1]. Актуальність теми полягає в тому, що вторинна переробка відходів харчової промисловості дозволяє одночасно вирішувати екологічні, економічні та соціальні завдання.

Одним із ключових факторів успішного впровадження вторинної переробки в українській харчовій промисловості є модернізація виробничих потужностей. Багато підприємств сьогодні використовують застаріле обладнання, яке не забезпечує належного рівня енергоефективності чи можливості комплексної утилізації відходів. Встановлення сучасних технологічних ліній, систем контролю та очищення не лише зменшує обсяг утворених залишків, а й сприяє зростанню продуктивності та конкурентоспроможності на європейському ринку.

Важливою складовою розвитку цієї сфери є формування ефективної державної політики у сфері екологічного менеджменту. Запровадження економічних стимулів – податкових пільг, грантових програм та субсидій на оновлення виробництва – може значно пришвидшити інтеграцію безвідходних

технологій. Крім того, створення чіткої законодавчої бази з управління відходами харчової промисловості сприяє підвищенню екологічної відповідальності підприємств та розвитку партнерства між державним і приватним секторами.

Не менш важливим є формування екологічної культури та підвищення рівня обізнаності серед виробників і споживачів. Проведення навчальних програм, семінарів і консультацій для працівників харчових підприємств дозволяє впроваджувати сучасні технології утилізації та переробки відходів. Одночасно інформування споживачів про важливість екологічно орієнтованого виробництва стимулює попит на продукцію, виготовлену з урахуванням принципів сталого розвитку.

Поняття безвідходного виробництва базується на принципі максимальної утилізації всіх компонентів вихідної сировини, коли побічні продукти одного технологічного процесу стають сировиною для іншого. Такий підхід створює замкнений виробничий цикл, що скорочує навантаження на довкілля й підвищує економічну ефективність підприємства. Безвідходне виробництво є реалізацією програм вторинного використання сировини, адже ресурси проходять кілька стадій переробки, поєднуючи екологічну доцільність зі зростанням прибутковості та зменшенням витрат на нову сировину. Одним із найперспективніших напрямів у цьому контексті є впровадження концепції Zero Waste, що передбачає мінімізацію утворення відходів і максимальне повторне використання всіх складових виробничого процесу [2]. Концепція Zero Waste у харчовій сфері реалізується через оптимізацію рецептур, технологічних операцій та логістики виробництва. Вона охоплює не лише етап переробки відходів, а й попередні стадії – планування виробництва, зберігання, пакування та транспортування. Завдяки застосуванню цифрових технологій, автоматизованих систем контролю й точного розрахунку обсягів сировини, підприємства можуть значно зменшити втрати та утворення залишків, що не підлягають подальшому використанню. Важливу роль у розвитку інноваційних технологій відіграють біотехнологічні методи. Зокрема, ферментаційні процеси, ензимна обробка, мембранні технології та сушіння дають змогу ефективно вилучати цінні компоненти з відходів харчового виробництва. Так, переробка молочної сироватки дозволяє отримувати білкові концентрати, функціональні інгредієнти та біоактивні речовини, які використовуються у виробництві дитячого та дієтичного харчування.

Поряд із традиційними напрямками вторинної переробки у харчовій галузі дедалі більшого значення набуває застосування композиційних матеріалів. Під ними розуміють багатокомпонентні системи з двох або більше різнорідних речовин, об'єднаних для отримання нового матеріалу з покращеними властивостями міцності, зносостійкості чи екологічності. Завдяки цим характеристикам композити вважаються перспективним матеріалом майбутнього, здатним замінити традиційні полімери або навіть метали в деяких виробничих процесах. Композиційні матеріали мають важливе значення у

переробці сільськогосподарських і побутових відходів, адже дають змогу створювати продукцію з вторинної сировини, яка не поступається виробам із первинних ресурсів. Так з полімерних відходів полістиролу та деревинних наповнювачів (тирси, кори осики) отримують композити, що використовуються як сорбенти для очищення поверхонь від нафтопродуктів. Рослинні рештки (солома, лушпиння, волокнисті відходи) застосовуються для виготовлення біорозкладних матеріалів, які стають основою екологічної упаковки у харчовій промисловості [3].

Вторинна переробка у харчовій промисловості є ефективним інструментом зменшення екологічного навантаження та підвищення економічної стійкості підприємств. Впровадження безвідходних технологій, концепції Zero Waste та сучасних біотехнологічних процесів дозволяє максимально використовувати потенціал сировини, перетворюючи відходи на корисні продукти – біопаливо, білкові концентрати, екологічні матеріали та інші інноваційні ресурси. Композиційні матеріали на основі вторинної сировини демонструють значний потенціал у створенні стійкої та екологічної індустрії майбутнього. За сукупністю чинників, вторинна переробка є ключовим напрямом сталого розвитку української харчової галузі та важливою складовою екологічної політики підприємств.

Література

1. Голян В. А., Заставний Ю. Б., Недопад Г. В., Левитський В. В., Бардась В. М. Ресурсозбереження в секторі переробно-харчових виробництв в контексті екологізації національної економіки. Агросвіт: інформ.-аналіт. журн. / Дніпров. держ. аграр.-екон. ун-т, ТОВ "ДКЦ Центр". – Київ: ДКС Центр Київ, 2024. С. 51-59.

2. Феденко Д. О. Концепція Zero-waste у технологіях харчових продуктів як імператива розвитку європейського суспільства. *Інноваційні технології та реалізація концепції Zero-waste у харчових технологіях і сфері ресторанного, готельного та туристичного бізнесу* : матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (4–5 грудня 2023 р., Полтава). Полтава : ПУЕТ, 2024. С. 94-95. URL: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/13453>.

3. Боркут А., Колесніков В., Ревякіна О. Застосування композиційних матеріалів при переробці вторинної сировини сільськогосподарських та побутових відходів. *Молодь - наука і виробництво: Актуальні питання харчової промисловості* : IV Всеукраїнська науково-технічна конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених: тези доповідей. Кропивницький, 14 травня 2025 р. Кропивницький: ХДАЕУ, ЗВО «Херсонський державний аграрно-економічний університет», 2025. С. 17–18. URL: <https://www.researchgate.net/publication/394845388>.

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ЛУБ'ЯНИХ КУЛЬТУР: ПОТЕНЦІАЛ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

У контексті глобальних викликів сталого розвитку, енергетичної кризи, деградації природних ресурсів та зростаючого попиту на екологічно безпечні матеріали, луб'яні культури — зокрема льон, коноплі та кенаф — набувають стратегічного значення як високоефективна, відновлювана та біологічно цінна сировина. Їх агробіологічні властивості, короткий вегетаційний період, здатність до фіторе mediaції ґрунтів та низька потреба в пестицидах роблять ці культури особливо привабливими для сталого землеробства.

Сфера застосування луб'яної сировини є надзвичайно широкою: від традиційної текстильної промисловості до високотехнологічних галузей — целюлозно-паперової, біоенергетичної, будівельної, фармацевтичної та пакувальної. Волокна луб'яних культур використовуються для виготовлення тканин, технічного текстилю, композитних матеріалів, біопластиків, ізоляційних плит, паперу, біопалива та навіть наноцелюлозних структур.

У цьому контексті особливу увагу привертають ресурсозберігаючі технології, які дозволяють оптимізувати процеси вирощування, збирання, обробки та переробки луб'яної сировини. Такі технології спрямовані на зменшення енерговитрат, скорочення використання води та хімічних реагентів, збереження біологічно активних компонентів (наприклад, поліфенолів, пектинів, вітамінів), а також забезпечення комплексної утилізації відходів виробництва. Вони відповідають принципам циркулярної економіки, сприяють декарбонізації промисловості та створюють передумови для формування нових екологічно орієнтованих виробничих кластерів.

Таким чином, луб'яні культури та технології їх ресурсозберігаючої переробки є не лише елементом аграрної інновації, а й важливим інструментом екологічної трансформації економіки, що особливо актуально для України в умовах посткризового відновлення, імпортозаміщення та інтеграції до європейських стандартів сталого виробництва.

Метою дослідження є систематизація та оцінка сучасних ресурсозберігаючих технологій переробки луб'яних культур, зокрема тих, що спрямовані на отримання целюлозовмісних матеріалів, біопалива, модифікованих волокон і високоякісної технічної сировини, а також визначення їх потенціалу для впровадження в Україні.

У роботі використано методи порівняльного аналізу, класифікації, системного узагальнення та експертного оцінювання.

Проведений аналіз сучасних науково-технічних розробок було систематизовано та визначено ключові напрямки ресурсозберігаючих технологій, які демонструють високий потенціал для ефективної переробки луб'яної сировини:

Технології, за якими отримання луб'яної сировини підвищеної якості здійснюється з використанням щадних режимів сушіння, механічного очищення та біологічної активації відповідає принципам матеріало- та енергозбереження [1]. Це дозволяє зберегти довжину волокон, знизити вміст домішок і підвищити придатність до подальшої переробки. Біологічна активація волокон (ферментативна або мікробіологічна) покращує їх придатність до подальших етапів переробки. Технології є універсальними, їх можна адаптувати до різних видів луб'яних культур (льон, коноплі, кенаф), враховуючи регіональні особливості вирощування. Однак, технології мають певні технологічні обмеження. Процес є чутливим до порушення температурного та вологісного режиму, що може призвести до втрати якості волокна або розвитку небажаної мікрофлори. Щадні режими обробки потребують точного сенсорного контролю, що вимагає додаткових інвестицій в обладнання та автоматизовані системи моніторингу. Біологічні активатори — ферментні препарати або мікробіологічні культури — можуть бути дорогими, обмежено доступними або вимагати спеціальних умов зберігання. Крім того, окремі етапи, зокрема біоактивація чи повільне сушіння, можуть бути більш тривалими порівняно з традиційними методами, що впливає на загальну продуктивність процесу.

Нетрадиційні методи виробництва целюлози з конопель, зокрема для виготовлення фільтрувального паперу, базуються на використанні хіміко-механічної обробки з мінімальним застосуванням агресивних реагентів [2]. Такі технології забезпечують високу міцність, зносостійкість і екологічність готової продукції. Загалом, технологія має високий потенціал для спеціалізованого виробництва, зокрема в сегменті паперу, упаковки та технічних матеріалів. Її впровадження потребує державної підтримки, оновлення нормативної бази та розвитку регіональної сировинної інфраструктури.

Застосування активованих середовищ (наприклад, ферментативних, мікрохвильових або плазмових) для вилучення компонентів волокон дозволяє підвищити ефективність екстракції, зменшити енергоспоживання та уникнути хімічного забруднення [3]. Застосування активованих середовищ (ферменти, мікрохвилі, плазма) забезпечує глибоке вилучення цінних компонентів волокна, знижує енергоспоживання та усуває потребу в агресивних реагентах. Технологія сприяє автоматизації процесів і збереженню біоактивних речовин завдяки щадним умовам обробки. Недоліки технології включають високу вартість обладнання та потребу в спеціалізованому обслуговуванні. Процес вимагає точного контролю режимів, що ускладнює стабільність результатів. Ферменти можуть бути дорогими або обмежено доступними, а масштабування

лабораторних рішень до промислового рівня потребує додаткових ресурсів і адаптації.

Виробництво паливних брикетів з відходів луб'яних культур є прикладом повної утилізації залишкової біомаси [4]. Передусім, це забезпечує повну утилізацію залишкової біомаси, що дозволяє значно зменшити обсяги виробничих відходів. Такий підхід сприяє енергетичній самозабезпеченості підприємств, знижує витрати на утилізацію та створює умови для формування замкненого циклу виробництва. Технологія відповідає принципам циркулярної економіки, сприяючи сталому розвитку та екологічній безпеці агропромислового комплексу. Серед недоліків виробництва паливних брикетів з луб'яних відходів — потреба в додатковому обладнанні для пресування, витрати на сушіння та підготовку сировини, а також нерівномірна її якість. Крім того, у деяких регіонах спостерігається обмежений ринок збуту, а продукція потребує сертифікації як альтернативного палива (табл. 1).

Ресурсозберігаючі технології переробки луб'яної сировини демонструють високий потенціал для сталого розвитку агропромислового комплексу України. Застосування щадних режимів сушіння, механічного очищення та біологічної активації дозволяє отримувати волокна підвищеної якості, придатні для подальшої переробки в текстильній, целюлозній та композитній галузях. Нетрадиційні методи виробництва целюлози з конопель, особливо для виготовлення банкнотного паперу, забезпечують високу міцність і екологічність продукції, хоча потребують нормативної підтримки та технічної адаптації.

Технології вилучення компонентів волокон за допомогою активованих середовищ (ферментативних, мікрохвильових, плазмових) сприяють ефективній екстракції, зниженню енергоспоживання та збереженню біоактивних речовин, але потребують точного контролю та значних інвестицій. Виробництво паливних брикетів з відходів луб'яних культур є прикладом повної утилізації біомаси, що дозволяє зменшити обсяги відходів і підвищити енергетичну автономність підприємств, хоча й потребує сертифікації та розвитку ринку збуту.

Загалом, усі розглянуті технології відповідають принципам циркулярної економіки, сприяють екологічній безпеці та енергоефективності, але потребують комплексного підходу до впровадження — включно з оновленням нормативної бази, технічним переоснащенням, підготовкою кадрів та державною підтримкою. Їх інтеграція у виробничі процеси дозволить сформувати нову модель переробки луб'яної сировини — ефективну, безвідходну та інноваційну.

Порівняння інноваційних ресурсозберігаючих технологій

№ з/п	Технологія	Переваги	Недоліки
1.	Отримання луб'яної сировини підвищеної якості	- збереження довжини та якості волокна; - зниження енерговитрат; - екологічність; - універсальність для різних культур; - покращення придатності до переробки	- чутливість до режимів; - потреба в точному контролі; - вартість біоактиваторів; - тривалість процесу
2.	Нетрадиційне виробництво целюлози з конопель	- висока міцність і зносостійкість; - екологічність; - імпортозаміщення; - потенціал для спеціалізованого виробництва	- складність налаштування; - висока вартість модернізації; - відсутність нормативної бази; - регуляторні бар'єри
3.	Застосування активованих середовищ	- глибоке вилучення компонентів; - зниження енергоспоживання; - відсутність хімічного забруднення; - автоматизація; - збереження біоактивних речовин	- висока вартість обладнання; - потреба в точному контролі; - обмежена доступність ферментів; - складність масштабування
4.	Виробництво паливних брикетів	- повна утилізація відходів; - енергетична самозабезпеченість; - зниження витрат; - відповідність циркулярній економіці	- потреба в обладнанні; - витрати на сушіння; - нерівномірну якість сировини; - обмежений ринок; - потреба в сертифікації

Загалом, усі розглянуті технології відповідають принципам циркулярної економіки, сприяють екологічній безпеці та енергоефективності, але потребують комплексного підходу до впровадження — включно з оновленням нормативної бази, технічним переоснащенням, підготовкою кадрів та державною підтримкою. Їх інтеграція у виробничі процеси дозволить сформувати нову модель переробки луб'яної сировини — ефективну, безвідходну та інноваційну.

Література

1. Гілязетдінов Р. Н. Розвиток наукових основ створення інноваційних технологій первинної переробки луб'яних культур: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01. Херсон, 2009. 329 с

ВИЗНАЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ МЕТОДОМ АТОМНО-ЕМІСІЙНОЇ СПЕКТРОМЕТРІЇ З ІНДУКТИВНО-ЗВ'ЯЗАНОЮ ПЛАЗМОЮ

Ґрунт є основним природним ресурсом, що визначає продуктивність сільського господарства та безпеку харчових продуктів. Інтенсивне господарювання, промислові викиди, транспортні забруднення, а також застосування мінеральних добрив призводять до накопичення у ґрунті важких металів, серед яких кадмій, свинець, цинк, мідь, нікель, хром та кобальт. Накопичення цих елементів може мати негативний вплив на рослинність, ґрунтові мікроорганізми та здоров'я людини через міграцію токсичних металів у продукти харчування [1-3].

Встановлено, що токсичний вплив важких металів на живі організми визначається комплексом їхніх фізико-хімічних характеристик, серед яких електронна будова атомів, електронегативність, ступінь іонізації, величина окисно-відновного потенціалу, здатність до взаємодії з певними функціональними групами та проникнення крізь клітинні мембрани. Значну роль відіграє також їхня здатність утворювати стабільні комплекси як на поверхні клітин, так і в їх внутрішньому середовищі. Ґрунт, особливо його поверхневий горизонт, насичений органічними речовинами й кореневими системами рослин, виконує функцію природного біогеохімічного фільтра, що стримує міграцію токсичних елементів у рослинні тканини та підземні води. Інтенсивність токсичної дії та рухливість екополютантів визначається не лише властивостями самого середовища, типом ґрунту, кліматичними умовами, рельєфом місцевості, а й хімічною природою елементів та формами їхнього існування у ґрунтовій матриці. Особливу небезпеку становлять мобільні форми важких металів, таких як Cd, Ni, і Pb, оскільки вони легко переходять у ґрунтовий розчин, активно мігрують у довкіллі та швидко поглинаються рослинами.

Мета дослідження полягає у визначенні концентрацій важких металів у ґрунтах різних регіонів України та оцінці потенційних екологічних ризиків. Для цього використовували метод атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою (ICP-AES), який має високу точність, чутливість і можливість багатокомпонентного аналізу [2-4].

Вибірка ґрунтів здійснювалася у весняно-літній період із господарств Київської, Херсонської, Львівської, Рівненської та Чернігівської областей. Відбір проводився з верхнього шару ґрунту з п'яти контрольних точок, формуючи середню пробу площею до 100 м². Проби ґрунту піддавалися кислотному розчиненню та окисленню для повного вилучення важких металів

із матриці. Концентрації елементів визначали методом ICP-AES. Межа детектування для всіх елементів становила 0,1 мг/кг, що дозволяє оцінювати навіть незначне забруднення.

Аналіз результатів дослідження показав, що концентрації кадмію у всіх регіонах не перевищували гранично допустимі концентрації для сільськогосподарських земель. У Київській області концентрації інших важких металів також знаходились у межах норм, що дозволяє вирощувати екологічно безпечну продукцію. Висновки дослідження свідчать, що визначені концентрації кадмію у ґрунтах усіх досліджених областей України не перевищують гранично допустимі значення, що свідчить про відносну безпечність у досліджених регіонах. Разом із тим, не було виявлено перевищень концентрацій свинцю, міді, нікелю, хрому та кобальту у ґрунтах Херсонської, Львівської, Рівненської та Чернігівської областей.

Застосування методу атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою (ICP-AES) підтвердило свою ефективність і надійність як інструменту для багатокомпонентного кількісного аналізу ґрунтів та оцінки їхнього елементного складу, що робить його важливим для комплексної екологічної оцінки.

Дані елементного складу ґрунтів дають можливість оцінювати ризики забруднення рослинної продукції та прогнозувати ймовірність вирощування в цих умовах екологічно безпечної продукції. Моніторингові дослідження свідчать про необхідність подальшого вивчення міграції важких металів, а також інших хімічних елементів у рослинну продукцію. Це дозволить своєчасно виявляти потенційні загрози, формувати обґрунтовані рекомендації щодо ведення сільського господарства та забезпечувати стабільний рівень екологічної безпеки харчових продуктів.

Література

1. Романчук, Л. Д., Кравчук, Т. В. Концентрація важких металів у ґрунті при вирощуванні амаранту в умовах Житомирського Полісся. *Меліорація, землеробство, рослинництво. Аграрні інновації*. 2024. №25. С.58–59. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.9>
2. Вовк, К., Стадник, В. Міграція та акумуляція мікроелементів у ґрунтах м. Києва. У: *Матеріали XXII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство»* (20–21 травня 2021 р., м. Київ). Розділ 1. Загальна екологія. 2021. С. 25–30. <https://doi.org/10.20535/EHS.2021.232823>
3. Шкумбатьок, Р., Шкумбатьок, О., Іванків, М., Германович, О., Лопотич, Н. Хімічні критерії оцінки екологічного стану водних об'єктів. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія «Агрономія»*. 2024. №28. С.30–35. <https://doi.org/10.31734/agronomy2024.28.030>
4. Шевчук, В. Д., Мудрак, Г. В., Франчук, М. О. Екологічна оцінка інтенсивності забруднення ґрунтів важкими металами. *Agricultural Sciences /*

УДК 628.511

КУЗНЕЦОВ С.І., ІВКІНА Є.С.
Херсонський національний технічний університет

ОЧИЩЕННЯ ЛУЖНИХ СТИЧНИХ ВОД ХІМІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ

В стічних водах промислових хімічних підприємств містяться складні багатокомпонентні системи, в яких знаходяться нерозчинні домішки, суспензії, молекулярно - розчинені речовини мінерального і органічного походження. Вони мають специфічне забарвлення, активну реакцію рН 6 - 12,5. Концентрація синтетичних поверхнево-активних речовин та окремих препаратів знаходиться в межах 10-140 мг/л [1].

Мета роботи - розробка методу та апарату для очищення лужних стічних вод підприємств газами, що відходять від ТЕЦ. Висока лужність стічних вод створює певні труднощі при їх очищенні у системі загальноміських очисних споруд, де основним методом є біологічне очищення. Величина рН стічних вод значно впливає на життєдіяльність мікроорганізмів активного мулу аеротенків. Дослідження показали, що за допомогою неадаптованого (активного) мулу аеротенків можна успішно очищати стічні води в межах активної реакції рН 6,5-9,2 при температурі 20°C. Збільшення лужності стічних вод понад рН 9,2 викликає прогресуюче зниження споживання кисню і відмирання мікроорганізмів [2].

Найбільш поширеними методами очищення стічних вод на сьогоднішній день є хімічне, фізико-хімічне та механічне очищення стічних вод.

При хімічних методах застосовуються коагулянти, допоміжні речовини - флокулянти та адсорбенти. Коагулянти переводять колоїдні забруднення в агрегатно-нестійкий стан і створюють умови, за яких відбувається злипання зважених частинок і відділення твердої фази від рідкої. Адсорбенти витягують розчинені домішки, флокулянти сприяють утворенню великих, міцних пластівців з частинок забруднень, продуктів гідролізу коагулянтів і адсорбентів. В якості коагулянтів застосовують солі тривалентних металів алюмінію і заліза (сульфати, хлориди, хлоргідрати), а також хлористий магній, алюмінат натрію та ін.

Флокулянти є водорозчинними природними або синтетичними високомолекулярними речовинами. Вони прискорюють процеси утворення колоїдних структур і підвищують їхню міцність. Найбільш поширеним флокулянтом є частково гідролізований поліакриламід, а також альгінат натрію.

Неорганічним аніонним флокулянтom є активізований силікат натрію. До катіонних флокулянтів належать похідні вінілпіридину - хлористоводневий полі-5-метил-2-вінілпіридин, бромистий полівінілбутилпіридин та ін.

Хімічна очищення стічних вод складається зазвичай з наступних операцій: регулювання величини рН, коагулювання та відстоювання виділення продуктів реакції. Перед хімічним очищенням стічні води при необхідності усереднюються та відстоюються. Реагенти та їх дози повинні забезпечувати активну реакцію середовища сприятливе виділення коагульованої суспензії і колоїдів в осад. Тип коагулянтів та їх дози, послідовність введення в оброблювану воду, кількість осаду, його властивості та метод зневоднення визначають експериментально у процесі проектування та уточнюють при налагодженні споруд.

Проведення дослідження та досвід експлуатації діючих споруд показали, що хімічні методи очищення стічних вод підприємств текстильної промисловості, фарбувально-оздоблювальних фабрик мають обмежену ефективність за досить високої складності установок в експлуатації.

Фізико-хімічні методи очищення стічних вод відрізняються великою різноманітністю. Найбільш широке застосування у практиці очищення отримали адсорбція [3], іонний обмін, флотація. Очищення стічних вод методом адсорбції засноване на вилучення з води розчинених органічних речовин поверхнею твердих тіл - адсорбентів. Характерною властивістю адсорбентів, зазвичай активованого вугілля, є їх пориста структура з великою питомою поверхнею.

Адсорбційні методи найбільш ефективні при очищенні розбавлених або не повністю очищених стічних вод, коли вилучення специфічних забруднень іншими способами недоцільне або неможливе. Адсорбція широко застосовується для очищення стічних вод, що містять велику кількість ароматичних сполук. Адсорбція відбувається найактивніше, якщо в структурі молекул розчиненої речовини є подвійні зв'язки, тому ароматичні сполуки адсорбуються з розчинів з значно більшою енергією, ніж аліфатичні, і витісняють їх з поверхні адсорбенту в розчин.

Іонний обмін. При очищенні промислових стічних вод іонним обміном застосовують іонообмінні смоли, що є нерозчинними високомолекулярними речовинами з іоногенними групами. Іонообмінні смоли використовують у промисловості для демінералізації води, вилучення іонів кольорових та рідкісних металів. Флотаційний метод очищення можна застосовувати для зниження концентрації синтетичних поверхнево активних речовин (ПАР) у стічних водах обробних фабрик. Сутність процесу флотації полягає в молекулярній взаємодії домішки і бульбашок диспергованого у воді повітря. При цьому утворюються система "флотована частка - бульбашка повітря" на поверхні у вигляді піни. Флотація синтетичних ПАР, пов'язана з їх піноутворюючою здатністю. Чим вища піноутворююча здатність, тим вища флотація.

Разом з ПАР в піну переходять і багато інших речовин. Так, у піні у великих кількостях містяться сполуки марганцю, фосфору, заліза. Зміст цих елементів у десятки та сотні разів більший, ніж у воді. Таким чином, піноутворення сприяє концентрації речовин. Слід зазначити, що в даний час продуктивність флотаційних машин невелика.

Механічна очистка застосовується для усереднення стічних вод за кількістю та складом. У системі попереднього очищення передбачені усереднювачі, що являють собою прямокутні або круглі резервуари, обладнані системою перфорованих труб, що подають стиснене повітря, для змішування рідин, що надходять, і запобігання потраплянню осаду. Місткість усереднювачів залежить від режиму припливу стічних вод, їх кількості та необхідного ступеня усереднення і зазвичай відповідає 4-7 годинному припливу. Ємність розраховується згідно з технологічними графіками концентрації та режиму припливу стічних вод по годинах доби [4].

Запропонований нами метод нейтралізації лужних стічних вод димовими газами парового котла здійснюється у звичайних скруберах. В результаті абсорбції двоокису сірки і вуглецю, що містяться в димових газах, утворюється кислота, необхідна для нейтралізації луку. Знебарвлення стічних вод золою, що утворюється при згорянні вугілля в паровому котлі, відбувається в результаті адсорбції вуглецем забарвлених органічних сполук, що знаходяться в стічних водах. Зола, завдяки відносно великій площі поверхні та високому вмісту вуглецю (понад 40%), є досить хорошим адсорбентом, хоча й менш ефективним, ніж активоване вугілля, яке використовується для видалення органічних сполук зі стічних вод на промислових адсорбційних установках.

Вимоги до стічних вод такі: стоки повинні бути без запаху, присмаку, безбарвні, мати рН в межах 6,8 - 8,5, містити розчинений кисень 4-6 мг/л, ПАР 0,1 мг/л, мати БПК₅-2,0 мг/л і т.д.

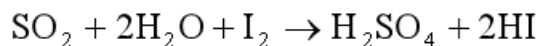
Для вивчення процесу нейтралізації стічних вод відходами ТЕЦ були проведені дослідження на лабораторній установці. У завдання лабораторних досліджень входило вивчення впливу різних фізико-хімічних факторів на процес нейтралізації стічних вод та очищення газів від SO₂, виявлення оптимальних параметрів процесу нейтралізації, отримання математичної моделі процесу.

Дослідження на лабораторній установці проводилося методом математичного планування експерименту. Вибір такої методики експерименту дозволяє суттєво скоротити витрати часу та матеріальні витрати на виконання дослідницьких робіт. Крім того, за допомогою математичних методів оптимального планування експерименту можна отримати математичну модель процесу, що дає можливість судити про ступінь впливу різних факторів на процес, що вивчається, кількісно визначити ступінь проходження процесу, а отже, знайти оптимальні параметри процесу.

При проходженні газоповітряної суміші через шар стічних вод відбувається нейтралізація останніх сірчистим ангідридом. Процес нейтралізації може бути виражений такими рівняннями:

Повна лужність визначалася прямим тестуванням проби стоків (100 мл) зі змішаним індикатором. Застосування цього методу дає можливість визначати активну реакцію рН у широкому діапазоні з досить високою точністю у пофарбованих та каламутних водах.

Визначення концентрації сірчистого ангідриду в газовій суміші до та після процесу нейтралізації проводилося йодометричним методом згідно реакції:



Результати досліджень показали, що запропонований метод знешкодження повністю задовольняє вимогам, які пред'являються до якості стоків, що скидаються. Крім того, досягається великий економічний ефект за рахунок економії сірчаної кислоти, необхідної для нейтралізації стоків при існуючих методах.

Література

1. Вязовик В.М., Коржик Л.В., Столяренко Г.С. Технології очищення газів. – Черкаси: Вертикаль, – 2010. – 308 с., іл., табл. ISBN 978-966-8438-
3. А.С. Сегеда. Аналітична хімія. Кількісний аналіз. – Київ: ЦУЛ. Фітосоціоцентр, 2006. – 544 с.
3. Патент на корисну модель №62802 Україна, МПК В04С3/04(2006.01), В04С5/24(2006.01), В04С5/30(2006.01). Циклонно-ротаційний пиловловлювач / Кузнецов С.І. (Україна); Заявл.22.04.11; Опубл. 12.09.11, Бюл. №17, 2011.
4. Ратушняк Г. С., Лялюк О. Г. [Технічні засоби очищення газових викидів. Навчальний посібник.](#) ВНТУ, 2005. - 158 с.

УДК 502.4

МАКІСНКО В.В., УДИМОВИЧ В.М.
Національний університет харчових технологій

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ФОРМУВАННЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАВДЯКИ ЗБЕРЕЖЕННЮ БІОРІЗНОМАНІТТЯ

Сучасні міста перебувають під значним антропогенним навантаженням, що призводить до зниження рівня біорізноманіття, деградації природних екосистем та погіршення якості життя населення. Традиційні методи озеленення, що дісталися у спадок з радянського періоду, не враховують сучасних екологічних вимог та інноваційних практик і не націлені на потреби

людей. У країнах Європи все більше уваги приділяють інтеграції природних компонентів у міське середовище з метою створення комфортного простору для людей, тварин, рослин та комах.

Проблема гармонізації міського розвитку та екологічної безпеки є однією з ключових у контексті глобальних кліматичних змін і зростання урбанізації. Забезпечення біорізноманіття у містах не лише підтримує стабільність локальних екосистем, але й позитивно впливає на психологічний стан мешканців. Використання локальних видів рослин, формування зелених зон, створення декоративних луків та відмова від інтенсивної хімізації зелених насаджень є важливими кроками до формування інноваційної екологічно збалансованої міської інфраструктури.

Аналіз практик міст Західної Європи засвідчує, що інтеграція природоорієнтованих рішень у міський простір сприяє зменшенню теплового навантаження, покращенню якості повітря та води, а також створює умови для збереження флори та фауни. Зокрема, застосування концепції «зелених коридорів» забезпечує міграцію комах та дрібних тварин, а розширення кількості громадських зелених просторів сприяє соціальній інтеграції населення. Особливе значення має збереження старих дерев, адже вони виконують функцію природних фільтрів та осередків біорізноманіття. Відмова від використання агресивних хімічних засобів у догляді за зеленими зонами дозволяє уникнути негативного впливу на ґрунтові мікробіоценози та запобігає деградації екосистем. У перспективі зменшення щільності забудови висотними будинками відкриває можливості для формування збалансованого міського середовища. Розглядаючи безпосередній вплив на людську психіку, можна зауважити декілька моментів: зелені насадження зменшують вплив забруднення повітря та шуму, тим самим опосередковано знижуючи рівень тривожності; парки та міські ліси стимулюють фізичну активність і соціальні контакти, що позитивно впливають на психічний стан; близькість до зелених територій підвищує задоволеність житловим середовищем і рівень соціальної довіри. Важливим є й урахування соціально-демографічних особливостей: діти, літні люди та малозабезпечені групи населення отримують найбільшу користь від доступності зелених просторів.

Забезпечення біорізноманіття у містах є інноваційним напрямом розвитку екологічно орієнтованої урбаністики. Використання досвіду європейських країн та впровадження природоорієнтованих рішень сприятиме підвищенню якості життя мешканців, збереженню локальних екосистем та формуванню гармонійного простору співіснування людини й природи. Систематичні дослідження доводять, що зелені простори є потужним ресурсом для підтримки психічного здоров'я населення та соціальної інтеграції. Залучення локальних видів рослин, збереження старих дерев, розвиток декоративних луків та мінімізація використання хімікатів у догляді за міським середовищем мають стати основою для стратегії сталого розвитку українських міст.

Література

1. PubMed Central. How Does Urban Green Space Impact Residents' Mental Health: A Literature Review of Mediators. 2021. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8621109/> ;
2. Science Direct. Wildflowers: From conserving biodiversity to urban greening—A review. 2016. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866716303107> ;
3. Белінська Т. О. Благоустрій територій міста: актуальні питання управління. Могилянські читання – 2019: досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні: глобальний, національний та регіональний аспекти : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., м. Миколаїв. 2019. Миколаїв, 2019. С. 63–65. ;
4. Палій Я. І. Програми озеленення міст: світовий досвід та вітчизняні реалії. Соціально-економічні, політичні та гуманітарні виміри національного та місцевого розвитку : матеріали регіон. наук.-практ. конф. м. Полтава, 2018. Полтава, 2018. С. 141–144.;
5. Зелені коридори: чому вони потрібні кожному місту. URL: https://ecoclubrivne.org/green_links/ .

УДК 504.05:541.128:547.757.2:664.8

ХИЖАН О.І., КОВШУН Л.О., ХИЖАН А.О.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

АНТИОКСИДАНТНА АКТИВНІСТЬ ПОХІДНИХ КУМАРИНУ В ПРОЦЕСАХ ОКИСНЕННЯ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН ЯК ОСНОВА ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБЕРІГАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

У сучасних умовах важливим завданням для продовольчої безпеки України є збереження якості органічних сполук у харчовій сировині та аграрній продукції. У процесі зберігання, транспортування та переробки органічні речовини зазнають окиснювальних змін під впливом кисню повітря. Це призводить до зниження їхніх споживчих властивостей, погіршення смаку, запаху, втрати харчової цінності та зменшення терміну придатності.

Одним із ефективних підходів до стабілізації таких матеріалів є використання антиоксидантів, здатних інгібувати радикально-ланцюгові процеси окиснення. На сьогодні активно застосовуються як синтетичні антиоксиданти (наприклад, які мають маркування Е, такі як іонол, естери галоїдної кислоти), так і природні сполуки, більшість з яких фенольної природи. Перспективним напрямом є створення нових антиоксидантів шляхом

трансформації природних речовин у синтетичні аналоги з покращеними антиоксидантними властивостями.

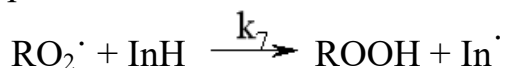
У цьому контексті особливу увагу привертають **кумаринові похідні** — біоактивні сполуки, присутні у багатьох рослинах, таких як зубровка, кориця, у бобах тонка тощо. Кумарин і його гідроксипохідні мають приємний аромат, антибактеріальні властивості та, як свідчать дослідження останніх років, виражену антиоксидантну активність. Особливо активними є похідні з катехольною структурою, наприклад ескулетин, фраксетин, дафнетин. Такі сполуки ефективно нейтралізують вільні радикали, що було доведено на тестових випробуваннях зі стабільним радикалом дифенілпікрилгідразилом, знижують рівень перекисного окислення ліпідів і здатні хелатувати іони металів, що каталізують окислювальні процеси.

Метою цієї роботи є оцінка антиоксидантних властивостей гідроксикумаринів при окисненні органічних речовин у гомогенних та гетерогенних середовищах, а також встановлення їх потенційної ефективності як стабілізаторів харчової сировини в умовах зберігання.

Оцінку антиоксидантної дії досліджуваних кумаринів проводили в умовах як ініційованого, так і автоокиснення. Об'єктами дослідження виступали модельна система окиснення – етилбензол, а також реальна харчова матриця — лляна олія (393 К). Метод дослідження кінетики процесів – хемілюмінесцентний та йодометричний. Як активатор свічення при хемілюмінесцентних дослідженнях використаний дибромантрацен (ДБА), як ініціатор окиснення використаний азодіізобутіронітріл.

Кількісно антиоксидантну активність (АОА) інгібіторів (InH) характеризували періодом індукції (τ) – час за який інгібітор гальмує процес і витрачається, стехіометричним коефіцієнтом інгібування (f) – число пероксильних радикалів, що гинуть на одній молекулі антиоксиданта, константою швидкості взаємодії речовини з пероксирадикалами субстрату, що окислюється (k_7).

Встановлено, що введення в етилбензол, що окиснюється, досліджуваних сполук призводить до зниження хемілюмінесцентного світіння (яке спостерігається при рекомбінації пероксильних радикалів при окисненні етилбензолу, тобто гідроксикумарини взаємодіють з пероксирадикалами субстрату, що окиснюється реакція.



Антиоксидантна активність досліджених речовин зумовлена їхньою антирадикальною активністю по відношенню до пероксирадикалів етилбензолу.

Були розраховані константи швидкості реакції кумаринів з пероксирадикалами, з одержаних періодів індукції розрахований стехіометричний коефіцієнт інгібування.

Оскільки сполука, в якій немає фенольної групи не проявляє антиоксидантну активність при окисненні вуглеводнів, то реакційним центром, який відповідає за обрив ланцюга окислення, може бути ОН-група.

Гідроксикумарини з одним реакційним центром ОН-групою мають слабку інгібуючу дію. Введення додаткового реакційного центру NH-групи у сполуку значно збільшує антиоксидантну активність цього ряду речовин. Антиоксидантна активність цієї речовини є порівнянною з активністю стандартного інгібітора іонолу та навіть дещо перевищує її за значенням константи взаємодії з пероксирадикалами.

Антиоксидантну активність кумаринів було досліджено при високотемпературному окисненні етилбензолу. Закономірності у зміні антиоксидантної активності цих речовин в залежності від їх будови залишаються такими ж як і при низькотемпературному ініційованому окисненні, тобто сполука з двома реакційними центрами N-H і O-H більш активна. Це свідчить про ідентичність механізмів антиоксидантної дії цих речовин у різних умовах окиснення, в основі яких лежить обрив ланцюгів окиснення по реакції з пероксильними радикалами етилбензолу.

Антиоксидантну активність деяких представників цього ряду речовин було досліджено при автоокисленні лляної олії. Встановлено, що ці сполуки виявляють антиоксидантні властивості, але закономірності антиоксидантної дії змінюються. Це може бути обумовлено складним багатокомпонентним складом реальних систем, вмістом у них сполук з різними реакційно-здатними функціональними групами, співвідношенням первинних та вторинних продуктів окиснення, а також можливістю поєднаного окиснення окремих компонентів. Крім того, природні композити часто містять домішки, здатні впливати на загальну швидкість окиснення, виконуючи функцію ініціаторів, каталізаторів, антиокислювачів, синергістів.

Таким чином, встановлено, що гідроксикумарини є інгібіторами радикально-ланцюгових процесів окиснення органічних речовин. Антиоксидантна дія цього ряду речовин обумовлена обривом ланцюгів окислення за реакцією з пероксирадикальними радикалами субстрату, що окиснюється. Найбільшою антиоксидантною активністю при окисненні модельної системи – етилбензолу є сполука, яка має у своєму складі як ОН-групу і як NH-групу, більш активними антиоксидантами при окисненні реальних систем є гідроксикумарин, що містить тільки ОН групу. Це свідчить про доцільність структурної модифікації кумаринів шляхом введення додаткових реакційних центрів, зокрема –ОН-груп до бензенового кільця, з метою підвищення їх антиоксидантного потенціалу. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на створення натуральних антиоксидантних добавок на основі кумаринів для гальмування процесів окиснення органічних речовин.

Література

1. Belbah, H., Benabderrahmane, A., & Djeghri, N. Enhancing the antioxidant potential of a coumarin derivative through structural modification. *Arabian Journal of Chemistry*, 2025, 18(3), 103214. DOI: [10.1016/j.arabjc.2025.103214](https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2025.103214)
2. Bensalah, D., Hamdi, A., & Hachemaoui, A. Synthesis and antioxidant properties of some new thiazolyl coumarin derivatives. *Journal of Sulfur Chemistry*, 2020, 41(6), 606–616. DOI: [10.1080/17415993.2020.1762935](https://doi.org/10.1080/17415993.2020.1762935)
3. Heghes, S. C., Filip, L., Vostinaru, O., et al. Safety profile of nutraceuticals rich in coumarins: An update. *Frontiers in Pharmacology*, 2022, 13, 803338. DOI: [10.3389/fphar.2022.803338](https://doi.org/10.3389/fphar.2022.803338)
4. Tan, T., Huang, X., Wu, C., et al. Quantitative analysis of flavonoids and coumarins from fingered citron and their correlation with antioxidant activities. *Foods*, 2025, 14(2), 180. DOI: [10.3390/foods14020180](https://doi.org/10.3390/foods14020180)
5. Yang, Y., Zhang, L., Chen, J., et al. Novel coumarin-functionalized inulin derivatives: Chemical synthesis, structural characterization and antioxidant evaluation. *Carbohydrate Polymers*, 2022, 291, 119600. DOI: [10.1016/j.carbpol.2022.119600](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119600)

УДК 631.95

ХОБОТОВА Е.Б., ШЕВЧУК В.Е.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

РАДІОНУКЛІДИ В ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ

Забруднення радіонуклідами після ядерного вибуху і радіаційної аварії обумовлено утворенням радіоактивних частинок багатьма шляхами. Перш ніж потрапити в організм людини, радіоактивні речовини проходять в навколишньому середовищі по складних маршрутах. У рослини та живі організми радіонукліди надходять в результаті безпосереднього забруднення із ґрунту. Особливе значення має пряме забруднення рослин з радіоактивної хмари в період їх вегетації. Основні радіонукліди в продуктах харчування це: ^{89}Sr , ^{131}I , ^{239}Pu , ^{14}C , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{132}Te , ^{140}Ba і ^{99}Mo [1, 2].

За збільшенням вмісту радіонуклідів рослини можуть бути розташовані в ряд: капуста – буряк – картопля – пшениця – природна трав'яна рослинність. Швидкість листової абсорбції водорозчинних радіонуклідів спостерігається у ряді: Cs – Ba – Sr – Pu. З ґрунту рослини поглинають ті радіонукліди, які розчиняються у воді. Збільшення ступеня надходження з ґрунту характерно для ряду радіонуклідів: Sr – I – Ba – Cs – Pu – Ce – Zr – Nb – Po [3].

В цілях скорочення надходження ^{90}Sr і інших радіонуклідів в організм людини і тварин необхідно знижувати інтенсивність їх залучення до

біологічного кругообігу через рослини. Ізотопи переводять глибокою оранкою в нижні шари ґрунтового шару, до яких не доходить коренева система рослин. Наприклад, на глибині 25–30 см ^{90}Sr сильно не впливатиме на життя рослин [3]. З часом здійснюється міграція радіонуклідів Стронцію і Цезію в глибокі шари ґрунту.

Застосування деяких органічних добрив і вапняку знижує надходження в рослини ^{90}Sr . Азотні ж добрива, навпаки, сприяють накопиченню ^{90}Sr в рослинах. Надходження ^{90}Sr в рослини з водних розчинів відбувається інтенсивніше, ніж з ґрунту [3, 4]. ^{90}Sr міститься в багатьох харчових продуктах: молоці, свіжих овочах, коренеплодах, хлібобулочних виробах, борошні, свіжих фруктах, картоплі, м'ясі (продукти приведені по убутанню в них активності). Хімічна схожість Стронцію і Кальцію призводить до того, що ^{90}Sr виявляється домішеним до Кальцію при пересуванні по харчовим ланцюгам. Тому кількість Стронцію зручно виражати в стронцієвих одиницях – це кількість Стронцію-90 на грам Кальцію.

Ізотоп ^{137}Cs міцно фіксується в ґрунтах, тому надходження його в продукти і організм людини обумовлено відкладенням на наземні частини рослин. Один з основних постачальників ^{137}Cs в організм людини – молоко.

Хліб не представляє великої небезпеки при його вживанні після радіоактивного зараження, оскільки із зерна, забрудненого на кореню в стиглому стані, переходить в хліб навіть з муки грубого помелу 10–15 % радіоактивних речовин. Вже через сім діб радіоактивність хліба буде більш ніж в сто разів нижче за початкове забруднення зерна.

Найбільш забруднені ті овочі, які зростають над ґрунтом: зелень, капуста, огірки і так далі. Коренеплоди, що знаходяться під шаром ґрунту, практично не забруднюються продуктами вибуху. З поверхні овочів і фруктів радіоактивний пил ефективно віддаляється при їх мийці. Рівень радіоактивності при цьому знижується в 50–100 разів. Відварювання зменшує вміст радіонуклідів на 30–50 %. Овочі необхідно очищувати від шкірки, це зменшує активність від ^{137}Cs при відварюванні на 30–40 %. Для виведення радіонуклідів з овочів, зокрема, ягід, рекомендується їх вимочувати в лимонній кислоті.

Споживання м'яса не може створити небезпечних дозових навантажень у людей, оскільки основні ізотопи, що поступають в м'язову тканину, це ^{132}Te і ^{99}Mo , які відносно рівномірно розподіляються в організмі людей і швидко виводяться. Субпродукти: нирки, печінка, вим'я, легені концентрують радіонукліди набагато сильніше, ніж м'ясо (до 90 %). Перед приготуванням м'ясо необхідно вимочити в розбавленій оцтовій кислоті протягом 2 годин. Відварювання м'яса зменшує вміст ^{137}Cs на 50 %, а ^{90}Sr – на 60 %. У кістках тварин відкладається значна кількість ^{89}Sr і ^{140}Ba , тому кістковий бульйон краще не вживати, або робити його вторинним.

Не рекомендується в заражених районах їсти варені яйця, оскільки в шкаралупі накопичується ^{90}Sr , який при варці переходить в білок.

Молоко представляє найбільшу небезпеку. При вживанні забрудненого молока в щитовидній залозі людей відкладається 25–30 % кількості ізотопів радіоїоду ^{131}I , тому вона може піддаватися дії великих доз випромінювання ізотопами Йоду. Враховуючи, що у дітей вага щитовидної залози в 10 разів менша, ніж у дорослого, а кількість споживаного молока більша, тканинні дози опромінювання цього органу досягають декількох тисяч рад.

Окрім радіоїоду заражене молоко містить ізомери ^{90}Sr і ^{137}Cs . Кількість ^{90}Sr в молоці можна оцінити за емпіричною формулою [5]:

$$\left[\begin{array}{c} \text{середній} \\ \text{вміст } ^{90}\text{Sr} \\ \text{в молоці,} \\ \text{пКі/л} \end{array} \right] = A \left[\begin{array}{c} \text{середнє сумарне} \\ \text{накопичення } ^{90}\text{Sr} \\ \text{в ґрунтах,} \\ \text{мКі/км}^2 \end{array} \right] + B \left[\begin{array}{c} \text{середнє випадіння} \\ ^{90}\text{Sr} \text{ за попередній} \\ \text{місяць,} \\ \text{мКі/км}^2 \end{array} \right],$$

ґрунтовий канал листове відкладення

де: A і B – експериментальні сталі.

Від 50 до 83 % ^{90}Sr потрапляє в молоко через ґрунтовий канал. Продукти, отримані з молока, чистіше за саме молоко. Cs і Sr у сирі менше на 70 %, у сметані – на 80 %, а вершки і масло майже чисті.

Як метод захисту можна рекомендувати відмову від вживання свіжого молока, заміну його концентрованим, згущеним або сухим і проведення йодної профілактики. Прийом пігулок КІ забезпечує різке зменшення (у 50–100 разів) надходження радіоактивних ізотопів йоду в щитовидну залозу і прискорення виведення його з організму [6].

Істотне зниження вмісту радіонуклідів в молочних продуктах досягається шляхом отримання з нього жиркових і білкових концентратів. З нього можна виготовити молочні продукти тривалого зберігання: сир, масло, молоко згущене. Деконтамінація, таким чином, здійснюється при зберіганні, а не обробці. Перехід ^{131}I в ці молокопродукти коливається від 0,2–3,5 % (масло) до 16 % (вершки). Наприклад, при переробці молока після Чорнобильської аварії в молокопродукти їх активність знижувалася в 2,5–3,0 рази. При переробці в масло очищення склало 98 %, у сир – 90 %, у творог – 75 % [1, 2, 6].

Необхідно відзначити, що при вибухах на карбонатних ґрунтах радіоактивність молока і вміст в ньому ^{131}I в 5 разів вище, ніж при вибухах на силікатних ґрунтах.

Ізотоп ^{90}Sr має тривалий період напіврозпаду і значний період напіввиведення (≈ 300 років). У зв'язку з цим концентрація цього радіоізоотопу в тілі людини зростає, і він виявляється в організмі протягом всього його життя. ^{90}Sr надає соматичні пошкодження. Оскільки Стронцій за хімічними властивостями подібний до Кальцію, то разом з ним він відкладається в кістках людини і тварин.

Оскільки період напіввиведення ^{137}Cs відносно невеликий (близько 100 днів), то вже через декілька періодів встановлюється приблизна рівновага між його вмістом в організмі і надходженням ззовні.

Література

- 1.Кутлахмедов Ю.О. Основи радіоекології. Київ: Вища школа, 2003. – 319 с.
- 2.Константинов М.П., Журбенко О.А. Радіаційна безпека. Суми, 2003.– 189 с.
- 3.Гродзинський Д.М. Радіобіологія: Підручник.Київ: Либідь, 2000. – 448 с.
- 4.Хоботова Е.Б. Радіоекологія. Біологічна дія радіації: навчальний посібник. Харків: ХНАДУ, 2023. – 156 с.
- 5.Клименко М.О., Клименко О. М., Клименко Л. В. Радіоекологія: підручник. – Рівне: НУВГП, 2020. – 304 с.
- 6.Хоботова Е.Б., Гайворонська І.В., Уханьова М.І. Радіоекологія: навч. посібник. Харків: ХНАДУ, 2013. – 188 с.

УДК 631.56,664.69,632.95

ЦЮПРИК О.І., СУХИНА А.А., УДИМОВИЧ В.М.
Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ ФУМІГАНТІВ І ПЕСТИЦИДІВ У ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ЕЛЕВАТОРНИХ ПІДПРИЄМСТВ ТА ШЛЯХИ МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКІВ

Сучасний елеватор — це не просто склад для зберігання зерна, а ціла екосистема, де відбуваються природні біологічні процеси зернової маси та методи її захисту. Зерно, що надходить на зберігання, є фізіологічно активним об'єктом, а зернова маса — складна багатокомпонентна біологічна система, яку важко зберігати. Вона включає зерно основної культури, домішки, мікрофлору та шкідників у стані постійної взаємодії.

Головним викликом для стабільності цієї системи є шкідники хлібних запасів (комахи, кліщі), які не лише фізично знищують запаси, а й змінюють середовище у сховищі. Всі жуки пошкоджують зерно і зернопродукти, засмічують їх личинками, екскрементами і є додатковим джерелом вологи та тепла, що провокує самозігрівання та розвиток токсичних грибів. Для стримування цієї загрози елеваторна промисловість традиційно застосовує агресивні хімічні засоби — фуміганти та пестициди, що породжує екологічну дилему.

Найпоширенішим методом знезараження залишається фумігація (газація) — обробка зерна токсичними газами (фосфіном, бромистим метилом). Їхня ефективність базується на високій проникній здатності, але це створює ризик накопичення залишків у продукті. Фізична структура зернівки — пориста, з великою внутрішньою площею. Зерно має велику активну поверхню та пористу внутрішню будову, завдяки чому здатне інтенсивно адсорбувати гази та леткі

речовини. Тому зерновий насип працює як потужний адсорбент хімічних речовин.

Особлива екологічна небезпека криється в хемосорбції. Якщо фізична адсорбція є зворотною (газ можна вивітрити), то хемосорбція – це утворення хімічних зв'язків, наприклад, поглинання фумігантів при знезаражуванні зерна. Видалити такі речовини з зернової маси дуже важко. Частина пестицидів фактично залишається в харчовому продукті, змінюючи його біохімічний склад.

Проблема хімічної безпеки починається ще в полі. У 60% випадків міграція токсикантів проявляється в системі “грунт - рослина” [1]. Залишки пестицидів, накопичені в ґрунті за роки інтенсивного землеробства, транслокуються у зерно ще під час вегетації. Тривале та багаторазове застосування пестицидів у будь-якому випадку веде до накопичення їхніх залишків чи метаболітів у ґрунті і, як наслідок, є джерелом забруднення продукції рослинництва та об'єктів довкілля [1].

На елеваторі додається складське забруднення: небезпека виникає через хімічну дезінсекцію зерна при його зберіганні або безпосередньо перед відвантаженням. Утворюється кумулятивний ефект: токсини з поля сумуються з фумігантами сховища, підвищуючи навантаження на організм споживача. Особливо вразливі продукти переробки, оскільки токсичні речовини концентруються в ліпідних частинах зерна, які часто позиціонуються як дієтичні. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, у світі щорічно реєструється понад 1,5 млн випадків отруєнь людей пестицидами [3].

Етап дегазації після фумігації є критичним. Викиди токсичних газів в атмосферу забруднюють довкілля, а недотримання термінів експозиції загрожує здоров'ю людей. Будь-які дії із зерном до завершення цього строку заборонені, оскільки зерно, оброблене інсектицидами контактної дії, не можна переміщати — це знижує їхню ефективність проти шкідників. З огляду на екологічні ризики та розвиток резистентності у шкідників сучасна наука пропонує перехід до інтегрованої системи захисту (IPM), яка поєднує фізичні та біологічні методи як альтернативу «жорсткій хімії».

Фізичні методи (температурний контроль). Перевіреною екологічною альтернативою є використання холоду. Оскільки шкідники є холонокровними, вже при 10°C інтенсивність дихання зернової маси знижується, шкідники стають малорухомими і не розмножуються. Активне вентилявання зерна в нічний час дозволяє зупинити розвиток популяції без застосування пестицидів.

Сучасні біологічні методи, застосовувані для захисту сільськогосподарських культур від шкідників, умовно діляться на наступні: а) застосування харчових і феромонних принад; б) зоологічний метод; в) застосування ентомофагів; г) препарати на основі продуктів життєдіяльності мікро- й макроорганізмів [2].

Огляди з IPM виділяють три основні групи біологічних агентів:

Мікробіологічні препарати. Засоби на основі корисних мікроорганізмів (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Trichoderma*). Українські дослідження (О.Г. Жуйков та

ін.) розглядають біологічний метод як систему, що спирається на продукти життєдіяльності цих організмів. Матеріали Держпродспоживслужби описують біопрепарати як «альтернативний захист», здатний частково замінювати фунгіциди. Обробка зерна такими препаратами пригнічує збудників пліснявіння та знижує ризик накопичення мікотоксинів.

Ентомофаги (живий захист). Контроль шкідників запасів (довгоносиків, молі) за участю їхніх природних ворогів — паразитичних ос та хижих кліщів. Біоконтроль дозволяє утримувати чисельність шкідників нижче економічних порогів шкодочинності без фумігантів, зменшуючи хімічне навантаження на зерно.

Ботанічні інсектициди. Ефірні олії та екстракти рослин (наприклад, німу), які є біорозкладними. Огляди підкреслюють, що такі засоби стримують шкідників і не погіршують якість зерна, не залишаючи токсичних слідів, що важливо для органічних технологій.

Масове застосування пестицидів у зерновій галузі призводить до накопичення отруйних речовин, які сорбуються харчовими продуктами і тривалий час зберігаються в них, створюючи ризики хронічних захворювань для населення. Вихід — відмова від тотальної «хімічної війни» на користь комбінованого підходу. Поєднання фізичного контролю (охолодження) з біологічними методами (ентомофаги, біопрепарати, ботанічні інсектициди) дозволяє створити ефективну та екологічно безпечну систему захисту хлібних запасів і розірвати ланцюг накопичення токсинів, щоб хліб залишався джерелом життя, а не прихованих хімічних загроз.

Отже, екологічна безпека елеваторних підприємств — це багатофакторна система, де важливо контролювати залишки фумігантів та пестицидів, запобігати їх накопиченню за рахунок використання правильних технологій. Комбінація біологічних методів контролю, фізичного охолодження та сучасного автоматизованого моніторингу дозволяє мінімізувати використання хімічних методів і зменшити обсяг токсичних речовин у продукції та навколишньому середовищі. Такий підхід формує нову екологічну модель зберігання зерна.

Література

1. Ліщук, А. М. Екологічні ризики за впливу пестицидного навантаження в агроценозах попередників круп'яних культур [Текст] / А. М. Ліщук, А. І. Парфенюк, Н. В. Карачинська, Ю. В. Терновий // Збалансоване природокористування. – 2023. – № 4. – С. 115–126.

2. Жуйков, О. Г. Біологічний метод захисту рослин у сучасному органічному землеробстві України: історичні аспекти, тренди, перспективи [Текст] / О. Г. Жуйков // Аграрні інновації. – 2022. – № 12. – С. 23–27.

3. Спирін, А. В., Коломієць, М. В. Використання пестицидів і агрохімікатів та їх вплив на якість життя та безпеку людей [Текст] / А. В. Спирін, М. В. Коломієць // Вінницький національний аграрний університет. – Вінниця, б. р. – С. 70–71.

ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ХІМІЧНОЇ БІОЕНЕРГІЇ

Сучасні глобальні виклики, пов'язані зі зростанням споживання енергії, зміною клімату та вичерпністю викопних ресурсів, зумовлюють необхідність швидкого переходу до відновлюваних джерел енергії. Для України питання енергетичної незалежності є не лише економічним, але й безпековим чинником. У цих умовах біоенергетика набуває стратегічного значення, адже забезпечує збалансоване використання біомаси, зменшує викиди парникових газів, дозволяє ефективно переробляти відходи та створює умови для сталого розвитку аграрного сектору.

Біоенергія вважається *вуглецево нейтральною*, оскільки CO_2 , що виділяється при спалюванні біопалива, приблизно дорівнює кількості CO_2 , поглинутій рослинами під час фотосинтезу. Це сприяє скороченню антропогенних викидів та боротьбі зі зміною клімату.

Альтернативна енергетика охоплює відновлювані та невідновлювані альтернативні джерела: сонячну, вітрову, геотермальну енергію, енергію біомаси, припливів, хвиль, промислові гази та метан вугільних пластів. Їх ключовою перевагою є невичерпність у часовому масштабі людського життя та мінімальний вплив на довкілля порівняно з викопним паливом.

Біоенергія – один із найдавніших видів енергії, проте сьогодні її розвиток базується на високотехнологічних біохімічних і термохімічних процесах. Хімічна біоенергія полягає у перетворенні хімічних зв'язків органічних молекул у корисну енергію через процеси спалювання, газифікації, бродіння або піролізу.

Основні види хімічної біоенергетики:

- Біогаз – результат анаеробного зброджування органічних відходів; використовується для виробництва тепла, електроенергії та біометану.
- Біоетанол – продукт спиртового бродіння цукрових і крохмалистих культур; застосовується як автомобільне паливо або домішка до бензину.
- Біодизель – результат каталітичної переетерифікації рослинних та тваринних жирів; використовується в дизельних двигунах.
- Біоводень – перспективний енергоносіє, отриманий мікробіологічним або термохімічним шляхом.

Біоенергетичні системи поділяються на: пряме спалювання, газифікацію, піроліз, анаеробне бродіння. Кожна технологія має свої переваги та обмеження. Наприклад, біодизель є високоякісним паливом, проте вимагає значних площ для вирощування олійних культур. Біогазові установки є універсальними, але потребують сталого потоку органічної сировини.

Україна має великий ресурсний потенціал: відходи рослинництва, тваринництва, деревини, стічні води, енергетичні культури (верба, тополя, міскантус). Гармонізація енергетичної політики з ЄС та виконання кліматичних зобов'язань створюють умови для масштабного впровадження біоенергетики.

Нормативна база (Паризька угода, Стратегія сталого розвитку «Україна-2020», Національний план дій з відновлюваної енергетики) орієнтує країну на розвиток біопалива та збільшення частки відновлюваних джерел енергії [1, 2].

Сучасні біоенергетичні технології поділяються на два базові типи:

1) Біохімічні

- спиртове бродіння (біоетанол),
- анаеробне зброджування (біогаз),
- мікробіологічне розкладання (біоводень).

Біохімічні методи характеризуються низькими викидами шкідливих речовин та парникових газів, можливістю переробки відходів. Але ці процеси мають невелику швидкість, яка залежить від складу сировини.

2) Термохімічні

- спалювання,
- газифікація,
- піроліз,
- отримання синтез-газу.

Термохімічні методи характеризуються високою енергоефективністю та універсальністю. Проте вони мають низку недоліків, по перше – складність очищення газоподібних відходів та високі капітальні витрати.

Ефективне поєднання цих технологій дозволяє створювати інтегровані біоенергетичні комплекси, де відходи одного процесу слугують ресурсом для іншого.

Потенціал біоенергетики для України включає:

- заміщення значної частки природного газу у теплогенерації;
- створення децентралізованих систем постачання енергії;
- зменшення залежності аграрного сектору від викопних ресурсів;
- розвиток місцевих громад через виробництво тепла з відходів;
- зниження викидів CO₂ завдяки вуглецевій нейтральності біомаси;
- формування нових ринків біопалива (біометан, біоетанол, біодизель).

Сучасна система освіти в Україні орієнтується на формування екологічно свідомої особистості, здатної приймати відповідальні рішення щодо раціонального використання природних ресурсів. Біоенергетика як одна з ключових галузей відновлюваної енергетики надає широкий спектр можливостей для оновлення змісту навчальних дисциплін та розвитку екологічної компетентності здобувачів освіти. Матеріали про біоенергію є актуальними, практично спрямованими та міждисциплінарними, що робить їх цінним освітнім ресурсом [3].

Матеріали про біоенергію дозволяють пояснити принципи раціонального використання біомаси, циклічності природних процесів та зменшення негативного впливу на довкілля. Вони сприяють формуванню вміння оцінювати екологічні наслідки різних енергетичних рішень, зокрема порівнювати традиційні та відновлювані джерела енергії.

Використання матеріалів з біоенергетики забезпечує міждисциплінарність навчання: інтегрує хімію, біологію, технології, екологію та економічні аспекти використання біомаси. Це сприяє розвитку системного мислення, розуміння біохімічних процесів, енергетичних перетворень, закономірностей росту та переробки біомаси.

Альтернативні джерела енергії, зокрема біоенергія, становлять основу переходу до низьковуглецевої економіки та відповідають глобальним цілям сталого розвитку. Хімічна біоенергія забезпечує ефективне перетворення біомаси у паливо, тепло та електроенергію з мінімальним впливом на довкілля.

Світовий досвід демонструє, що біоенергетика є реальним інструментом підвищення енергетичної безпеки держав.

Україна має всі передумови для масштабного розвитку біоенергетики, включно з потужним аграрним сектором, нормативною підтримкою та орієнтацією на європейську енергетичну інтеграцію. Комплексне застосування біохімічних та термохімічних технологій дозволить створити ефективну децентралізовану енергетичну систему, що сприятиме економічній стабільності та екологічній безпеці країни.

Запровадження світових практик може забезпечити Україні стійку енергетичну модель, здатну протистояти кризам і зміцнити енергетичну безпеку.

Література:

1. Закон України «Про ратифікацію Паризької угоди» № 1469-19 від 14.07.2016р. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1469-19> (дата звернення: 21.10.2025).

2. Розпорядження КМУ «Про національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року» № 902-р від 1.10.2014 р. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80> (дата звернення: 21.10.2025).

3. Пилипчук Л. Л., Волкова С. А., Попович Т. А., Решнова С. Ф. Засвоєння екологічної компоненти в хімії за допомогою інформаційних технологій. Дистанційна освіта в Україні: інноваційні, нормативно-правові, педагогічні аспекти. Зб. наук. пр. К.: 2023 С.222-227 <https://doi.org/10.18372/2786-5495.1.17790>

***Список закладів освіти, підприємств та організацій –
учасників конференції***

1. Відокремлений структурний підрозділ «Харківський фаховий коледж харчової промисловості Державного біотехнологічного університету», м. Харків.
2. Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк.
3. ВСП «Вінницький фаховий коледж Національного університету харчових технологій», м. Вінниця.
4. Державний біотехнологічний університет, м. Харків.
5. Державний торговельно-економічний університет, м. Київ.
6. Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир.
7. Інститут біоколоїдної хімії імені Ф.Д. Овчаренка НАН України, м. Київ.
8. Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України, м. Київ.
9. Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ.
10. Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ.
11. Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ.
12. Ліцей №59, м. Київ.
13. Луцький національний технічний університет, м. Луцьк.
14. Навчально-науковий інститут економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського Криворізького національного університету, м. Кривий Ріг.
15. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ.
16. Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ.
17. Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів.
18. Національний університет харчових технологій, м. Київ.
19. Поліський національний університет, м. Житомир.
20. Український державний університет науки і технологій, ННІ Український державний хіміко-технологічний університет, м. Дніпро.
21. Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків.
22. Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький.
23. Херсонський державний університет, м. Івано-Франківськ.
24. Херсонський національний технічний університет, м. Хмельницький.
25. ТОВ "Фармхім", м. Шостка, Сумська обл.
26. Limited liability company research and production enterprise ENAMINE

Відомості про авторів

Акінін Богдан Віталійович – магістр спеціальності 181 Харчові технології Херсонського національного технічного університету.

Анічкіна Олена Василівна – к.пед.н., доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка.

Антрапцева Надія Михайлівна – д.х.н., професор кафедри загальної, органічної та фізичної хімії Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Арлюкова Юлія Андріївна – магістр спеціальності 182 Технології легкої промисловості Херсонського національного технічного університету.

Асаулюк Тетяна Сергіївна – к.т.н., науковий співробітник науково-дослідного сектору Херсонського національного технічного університету.

Бабасєв Дамир Атешович – магістр спеціальності 181 Харчові технології Херсонського національного технічного університету.

Бабич Данило Юрійович – учень ліцею №59, м. Київ.

Бабюк Олексій Юрійович – третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти, здобувач 2 курсу спеціальності 181 Харчові технології Херсонського національного технічного університету.

Безпальченко Віолета Михайлівна – к.х.н., доцент, доцент кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки харчової продукції Херсонського національного технічного університету.

Бєдна Олена Ігорівна – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Білань Вікторія Володимирівна – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Бондар Ганна Миколаївна – здобувачка ступеня «доктор філософії» кафедри біотехнології і мікробіології Національного університету харчових технологій.

Бондаренко Катерина Русланівна – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Будішевська Ольга Григорівна – д.х.н., професор кафедри органічної хімії Національного університету «Львівська політехніка».

Валько Микола Іванович – д.т.н., професор кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету.

Валькович Анжела Ігорівна – здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 102 Хімія Херсонського державного університету.

Велнечук Олександра Олександрівна – магістр спеціальності 181 Харчові технології Херсонського державного аграрно-економічного університету.

Ветрогон Олена Іванівна – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Венглівська Вікторія Іванівна – здобувачка вищої освіти спеціальності G13 Харчові технології Державного торговельно-економічного університету.

Віннічук Катерина Володимирівна – аспірант кафедри фізичної хімії, спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Волошина Ірина Миколаївна – к.т.н., доцент, доцент кафедри біотехнології, шкіри та хутра Київського національного університету технологій та дизайну.

Воробйова Вікторія Іванівна – д.т.н., професор, зав. кафедри фізичної хімії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Гарбарук Аніта Вадимівна – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Гаргаун Руслана Василівна – кандидат технічних наук.

Гатицький Іван Максимович – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Херсонського національного технічного університету.

Голуб Леся Сергіївна – к.т.н., доцент, доцент кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції Українського державного університету науки і технологій, ННІ «Український державний хіміко-технологічний університет».

Грабовська Олена В'ячеславівна – д.т.н., професор кафедри ресторанних і крафтових технологій Державного торговельно-економічного університету.

Гуцало Павло Артемович – «доктор філософії», спеціальність G21 Біотехнології та біоінженерія Національного університету харчових технологій.

Данилюк Катерина Русланівна – здобувач вищої освіти спеціальності

022 Дизайн, Графічний дизайн Волинського національного університету імені Лесі Українки.

Даценко Віта Василівна – к.х.н., доцент кафедри хімії та хімічної технології Харківського національного автомобільно-дорожного університету.

Деліта Вікторія Вадимівна – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Дзюндзя Оксана Валентинівна – к.т.н., доцент кафедри харчових технологій Херсонського державного аграрно-економічного університету.

Домбровська Софія Павлівна – здобувач вищої освіти спеціальності 206 Садово-паркове господарство Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Дороніна Марина Сергіївна – здобувач вищої освіти спеціальності 181 Харчові технології Херсонського державного аграрно-економічного університету.

Драглюк Вікторія Миколаївна – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Херсонського національного технічного університету.

Дубовик Данііл Віталійович – магістр спеціальності 181 Харчові технології Українського державного університету науки і технологій, ННІ «Український державний хіміко-технологічний університет».

Євтушенко Валентина Вікторівна – к.т.н., доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету.

Жадлун Микола Анатолійович – магістр спеціальності 181 Харчові технології Херсонського національного технічного університету.

Жигалова Анастасія Дмитрівна – здобувач вищої освіти спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Забудська Софія Вікторівна – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Земцова Владислава Вікторівна – здобувач вищої освіти, ХД, хімік-технолог з харчових добавок та косметичних засобів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Зоріна Ірина Владиславівна – здобувач вищої освіти спеціальності 022 Дизайн Херсонського національного технічного університету.

Зибін Олександр Петрович – доктор філософії, спеціальності 102 Хімія Київського національного університету імені Тараса Шевченка; провідний хімік, Limited liability company research and production enterprise ENAMINE.

Івкіна Єлизавета Сергіївна – магістр гр. 5ПР Херсонського національного технічного університету.

Ілханова Надія Леонідівна – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Херсонського національного технічного університету.

Іщенко Олена Володимирівна – д.т.н., професор кафедри промислової фармації Київського національного університету технологій та дизайну.

Каменська Тетяна Анатоліївна – к.х.н., доцент кафедри фізичної хімії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Канівець Ілля Сергійович – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Херсонського національного технічного університету.

Кичкирук Ольга Юріївна – к. х. н., доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка.

Клімко Юрій Євгенович – к.х.н., доцент кафедри органічної хімії та технології органічних речовин Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Ковалевська Юлія Дмитрівна – вчитель хімії ліцею №59, м. Київ.

Ковальчук Іван Іванович – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»; хімік, Limited liability company research and production enterprise ENAMINE.

Ковальчук Тетяна Іванівна – к.с.-г.н., кафедра біоресурсів, тваринництва та аквакультури Поліського національного університету.

Ковшун Лідія Олександрівна – д.т.н., професор, кафедра загальної, органічної та фізичної хімії Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Коренець Юрій Миколайович – старший викладач кафедри технологій в ресторанному господарстві, готельно-ресторанної справи та туризму Навчально-наукового інституту економіки і торгівлі ім.М.Туган-Барановського Криворізького національного університету.

Корній Юрій Євгенович – м.н.с., доктор філософії Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України.

Косинська Тамара Володимирівна – магістр спеціальності G21 Біотехнології та біоінженерія Київського національного університету технологій та дизайну.

Кравець Валентина Анатоліївна – старший лаборант кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки харчової продукції Херсонського національного технічного університету.

Кравчук Ірина Вікторівна – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Херсонського національного технічного університету.

Красінько Вікторія Олегівна – к.т.н., доцент кафедри біотехнології і мікробіології Національного університету харчових технологій.

Кузнєцов Сергій Іванович – к.т.н., доцент кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки харчової продукції Херсонського національного технічного університету.

Кузьміна Тетяна Олегівна – д.т.н., професор кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету.

Кучма Богдан Олексійович – магістр кафедри загальної, органічної та фізичної хімії Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Лободенко Марк Андрійович – магістр спеціальності 181 Харчові технології Херсонського національного технічного університету.

Макієнко Вікторія Олександрівна – здобувач вищої освіти спеціальності 181 Харчові технології Національного університету харчових технологій.

Матвійчук Мар'яна Олегівна – магістр кафедри загальної, органічної та фізичної хімії Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Мельниченко Ілля Павлович – магістр спеціальності 181 Харчові технології Херсонського національного технічного університету.

Михайлов Богдан Валерійович – викладач відокремленого структурного підрозділу «Харківський фаховий коледж харчової промисловості Державного біотехнологічного університету».

Міндер Анна Юрївна – магістр кафедри загальної, органічної та фізичної хімії Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Москаленко Катерина Василівна – здобувач вищої освіти спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Мощенко Анастасія Сергіївна – здобувач вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Новікова Олеся Володимирівна – магістр спеціальності 181 Харчові технології Херсонського національного технічного університету.

Ольшанський Олексій Ігорович – магістр спеціальності 181 Харчові технології Херсонського національного технічного університету.

Омельчук Анна Олександрівна – здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 102 Хімія (ЕЗ Хімія) Житомирського державного університету імені Івана Франка.

Осипенко Діана Русланівна – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Херсонського національного технічного університету.

Охмакевич Анастасія Миколаївна – здобувачка ОНС «Доктор філософії», спеціальність G21 «Біотехнології та біоінженерія» Національного університету харчових технологій.

Павлюк Сергій Климович – аспірант спеціальності 181 Харчові технології Українського державного університету науки і технологій, ННІ Український державний хіміко-технологічний університет.

Пархомова Олександра Олександрівна – магістр спеціальності G21 Біотехнології та біоінженерія Національного університету харчових технологій.

Пахольук Олена Василівна – к.т.н., доцент, зав. кафедри товарознавства та експертизи в митній справі Луцького національного технічного університету.

Передрій Оксана Ігорівна – к.т.н., доцент, доцент кафедри товарознавства та експертизи в митній справі Луцького національного технічного університету.

Пересипкіна Єва Сергіївна – здобувач вищої освіти спеціальності «Готельно-ресторанна справа» Навчально-наукового інституту економіки і торгівлі ім.М.Туган-Барановського Криворізького національного університету.

Петренко Олександра Валентинівна – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Петрух Анастасія Олегівна – магістр спеціальності G21 Біотехнології та біоінженерія Київського національного університету технологій та дизайну.

Пилипчук Людмила Львівна – к.б.н., доцентка кафедри хімії та фармації Херсонського державного університету.

Пирог Тетяна Павлівна – д.б.н., професор кафедри біотехнології і мікробіології Національного університету харчових технологій; провідний науковий співробітник відділу загальної та ґрунтової мікробіології Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України.

Подобій Олена Валеріївна – к.х.н., доцент кафедри технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів Національного університету харчових технологій.

Пономарьов Микола Євгенович – к.х.н., доцент кафедри фізичної хімії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Попович Тетяна Анатоліївна – к.т.н., доцентка кафедри хімії та фармації Херсонського державного університету.

Постол Катерина Олександрівна – магістр спеціальності 181 Харчові технології Українського державного університету науки і технологій, ННІ Український державний хіміко-технологічний університет.

Прасол Світлана Володимирівна – к.т.н., доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв Державного біотехнологічного університету.

Приходько Карина Володимирівна – магістр спеціальності 181 Харчові технології Українського державного університету науки і технологій, ННІ Український державний хіміко-технологічний університет.

Пугачова Марія Юріївна – здобувач вищої освіти спеціальності «Готельно-ресторанна справа» Навчально-наукового інституту економіки і торгівлі ім.М.Туган-Барановського Криворізького національного університету.

Радзімінська Олеся Володимирівна – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Національного університету харчових технологій».

Ралько Софія Олегівна – здобувач вищої освіти спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Національного університету «Львівська політехніка».

Рацук Марія Євгенівна – к.т.н., доцент кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки харчової продукції Херсонського національного технічного університету.

Рожко Зоя Павлівна – викладач економічних дисциплін ВСП «Вінницький фаховий коледж Національного університету харчових технологій».

Романюк Юлія Русланівна – здобувач вищої освіти спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Національного університету «Львівська політехніка».

Рябов Олександр Олександрович – здобувач вищої освіти спеціальності 181 Харчові технології Навчально-наукового інституту економіки і торгівлі ім.М.Туган-Барановського Криворізького національного університету.

Салєба Людмила Володимирівна – к.т.н., доцент, завідувач кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки харчової продукції Херсонського

національного технічного університету.

Семенченко Оксана Олександрівна – к.т.н., доцент, доцент кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки харчової продукції Херсонського національного технічного університету.

Семешко Ольга Яківна – д.т.н., старший дослідник, професор кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки харчової продукції Херсонського національного технічного університету.

Синюк Олексій Іванович – магістр спеціальності 023 Образотворче мистецтво, декоративне мистецтво, реставрація Волинського національного університету імені Лесі Українки.

Скиба Маргарита Іванівна – д.т.н., професор, професор кафедри технології неорганічних речовин та екології Українського державного університету науки і технологій, ННІ Український державний хіміко-технологічний університет.

Смаглюк Анастасія Олександрівна – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Смик Анна Ярославівна – здобувач вищої освіти спеціальності 181 Харчові технології Навчально-наукового інституту економіки і торгівлі ім.М.Туган-Барановського Криворізького національного університету.

Смикало Катерина Олександрівна – PhD зі спеціальності 182 технології легкої промисловості Волинського національного університету імені Лесі Українки.

Сумська Ольга Петрівна – к.т.н., доцент, доцент кафедри ветеринарії, гігієни та розведення тварин імені В.П. Коваленка Херсонського державного аграрно-економічного університету.

Суптеля Аліна Миколаївна – магістр спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Херсонського національного технічного університету.

Сухина Андрій Андрійович – здобувач вищої освіти спеціальності 181 Харчові технології Національного університету харчових технологій.

Теленчак Діана Сергіївна – здобувач вищої освіти спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Терещенко Юлія Олександрівна – аспірант кафедри загальної, органічної та фізичної хімії Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Угляр Богдан Юрійович – магістр спеціальності 181 Харчові технології Херсонського національного технічного університету.

Удимович Віктор Миколайович – доктор філософії з біотехнологій та біоінженерії, кафедра біотехнології і мікробіології Національного університету харчових технологій.

Федько Микола Миколайович – аспірант за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія Київського національного університету технологій та дизайну; директор ТОВ "Фармхім".

Філінська Антоніна Олександрівна – старший викладач кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції Українського державного університету науки і технологій, ННІ Український державний хіміко-технологічний університет.

Філінська Тетяна Геннадіївна – к.т.н., кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції Українського державного університету науки і технологій, ННІ Український державний хіміко-технологічний університет.

Філінський Дмитро Геннадійович – аспірант спеціальності G1 Хімічні технології та інженерія Українського державного університету науки і технологій, ННІ Український державний хіміко-технологічний університет.

Філіппова Олександра Юрійвна – асистент кафедри технологій в ресторанному господарстві, готельно-ресторанної справи та туризму Навчально-наукового інституту економіки і торгівлі ім.М.Туган-Барановського Криворізького національного університету.

Хвалько Іван Володимирович – магістр спеціальності 181 Харчові технології Українського державного університету науки і технологій, ННІ Український державний хіміко-технологічний університет.

Хижан Анастасія Олександрівна – здобувач вищої освіти спеціальності 101 Екологія Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Хижан Олена Ісаївна – к.х.н., доцент, кафедра загальної, органічної та фізичної хімії Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Хоботова Еліна Борисівна – д.х.н., професор кафедри хімії та хімічної технології Харківського національного автомобільно-дорожного університету.

Хрокало Людмила Анатоліївна – к.біол.н., доцент, кафедра фізичної хімії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Цівко Аліна Олегівна – здобувач вищої освіти спеціальності «Готельно-ресторанна справа» Навчально-наукового інституту економіки і торгівлі ім.М.Туган-Барановського Криворізького національного університету.

Цюприк Олександр Ігорович – здобувач вищої освіти спеціальності 181 Харчові технології Національного університету харчових технологій.

Черваков Олег Вікторович – д.т.н., проф., завідувач кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції Українського державного університету науки і технологій, ННІ Український державний хіміко-технологічний університет.

Черненко Володимир Юлійович – кандидат медичних наук відділу фізико-хімічних основ гідродинаміки наноструктурованих фаз Інституту біоколоїдної хімії імені Ф.Д. Овчаренка НАН України.

Чигиринець Олена Едуардівна – д.т.н., професор кафедри фізичної хімії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Чуприна Валерія Олександрівна – здобувач вищої освіти спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Харківського національного автомобільно-дорожного університету.

Шабликін Олег Валентинович – с.н.с., к.х.н. інституту біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України.

Шарков Олег Едуардович – магістр спеціальності 181 Харчові технології Херсонського національного технічного університету.

Шевченко Андрій Олександрович – к.т.н., доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв Державного біотехнологічного університету.

Шевчук Владислав Едуардович – здобувач вищої освіти спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія Харківського національного автомобільно-дорожного університету.

Шепель Василь Ігорович – магістр спеціальності 181 Харчові технології Херсонського національного технічного університету.

Шимчук Максим Михайлович – магістр спеціальності 181 Харчові технології Херсонського національного технічного університету.

Шинкарук Роман Вікторович – магістр спеціальності 181 Харчові технології Херсонського національного технічного університету.

Школа Карина Владиславівна – здобувач вищої освіти спеціальності 181 Харчові технології Навчально-наукового інституту економіки і торгівлі ім.М.Туган-Барановського Криворізького національного університету.

Юрова Тетяна Анатоліївна – старший викладач кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки харчової продукції Херсонського національного технічного університету.

Алфавітний покажчик:

А		Є	
Акінін Б.В.	136	Євтушенко В.В.	196
Анічкіна О.В.	55	Ж	
Антрапцева Н.М.	37,44,47,49,65	Жадлун М.А.	140
Арлюкова Ю.А.	73	Жигалова А.Д.	39
Асаулюк Т.С.	140,146	З	
Б		Забудська С.В.	57,60
Бабаєв Д.А.	138	Земцова В.В.	25
Бабич Д.Ю.	101	Зоріна І.В.	193
Бабюк О.Ю.	196	Зибін О.П.	42
Безпальченко В.М.	152,193	І	
Бєдна О.І.	11	Івкіна Є.С.	202
Білань В.В.	15	Ілханова Н.Л.	113
Бондар Г.М.	96	Іщенко О.В.	90
Бондаренко К.Р.	18	К	
Будішевська О.Г.	125,128	Каменська Т.А.	57,60
В		Канівець І.С.	63
Валько М.І.	196	Кичкирук О.Ю.	55
Валькович А.І.	216	Клімко Ю.Є.	39
Велнечук О.О.	103	Ковалевська Ю.Д.	101
Ветрогон О.І.	20	Ковальчук І.І.	42
Венглівська В.І.	85	Ковальчук Т.І.	141
Віннічук К.В.	106	Ковшун Л.О.	200,207
Волошина І.М.	92	Коренець Ю.М.	164
Воробйова В.І.	15,22,25,52,106	Корній Ю.Є.	18
Г		Косинська Т.В.	92
Гарбарук А.В.	25	Кравець В.А.	155
Гаргаун Р.В.	108	Кравчук І.В.	115
Гатицький І.М.	108	Красінько В.О.	87,96
Голуб Л.С.	176,177,185	Кузнецов С.І.	111,118,
Грабовська О.В.	85		152,202
Гуцало П.А.	87	Кузьміна Т.О.	73
Д		Кучма Б.О.	44
Данилюк К.Р.	77	Л	
Даценко В.В.	28	Лободенко М.А.	143
Деліта В.В.	32	М	
Дзюндзя О.В.	103	Макієнко В.О.	205
Домбровська С.П.	37	Матвійчук М.О.	47
Дороніна М.С.	90	Мельниченко І.П.	146
Драглюк В.М.	111	Михайлов Б.В.	188
Дубовик Д.В.	177	Міндер А.Ю.	49

Москаленко К.В.	116	Смик А.Я.	167
Мощенко А.С.	52	Смикало К.О.	77
Н		Сумська О.П.	90
Новікова О.В.	148	Суптеля А.М.	131
О		Сухина А.А.	213
Ольшанський О.І.	150	Т	
Омельчук А.О.	55	Теленчак Д.С.	132
Осипенко Д.Р.	118	Терещенко Ю.О.	65
Охмакевич А.М.	94	У	
П		Угляр Б.Ю.	154
Павлюк С.К.	141	Удимович В.М.	205,213
Пархомова О.О.	96	Ф	
Пахольук О.В.	82	Федько М.М.	92
Передрій О.І.	82	Філінська А.О.	68,182
Пересипкіна Є.С.	167	Філінська Т.Г.	141,182
Петренко О.В.	120	Філінський Д.Г.	68
Петрух А.О.	92	Філіппова О.Ю.	164,167,170,172
Пилипчук Л.Л.	216	Х	
Пирог Т.П.	94	Хвалько І.В.	185
Подобій О.В.	101,123	Хижан А.О.	200,207
Пономарьов М.Є.	20,42,57, 60,120	Хижан О.І.	200,207
Попович Т.А.	216	Хоботова Е.Б.	210
Постол К.О.	176	Хрокало Л. А.	116,132
Прасол С.В.	188	Ц	
Приходько К.В.	182	Цівко А.О.	170
Пугачова М.Ю.	170	Цюприк О.І.	213
Р		Ч	
Радзімінська О.В.	123	Черваков О.В.	68
Ралько С.О.	125,128	Черненко В.Ю.	11,32
Рацук М.Є.	113,136,143,150, 157,159,161	Чигиринець О.Е.	11,32
Рожко З.П.	180	Чуприна В.О.	28
Романюк Ю.Р.	125,128	Ш	
Рябов О.О.	172	Шабликін О.В.	18
С		Шарков О.Е.	155
Салєба Л.В.	63,108,111	Шевченко А.О.	188
Семенченко О.О.	148,152,193	Шевчук В.Е.	210
Семешко О.Я.	115,131,138,140, 146,154,155,161	Шепель В.І.	157
Синюк О.І.	77	Шимчук М.М.	159
Скиба М.І.	22	Шинкарук Р.В.	161
Смаглюк А.О.	22	Школа К.В.	172
		Ю	
		Юрова Т.А.	118,136,138, 143,148

ХІІ Всеукраїнська
науково-практична конференція
молодих учених і здобувачів освіти

*«Науково-практичні розробки молодих учених в хімічній, харчовій та
парфумерно-косметичній галузях промисловості»*

21 листопада 2025 року

м. Хмельницький