

**ПЕРСПЕКТИВНІ МАТЕРІАЛИ
ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ:
БІОТЕХНОЛОГІЯ, ПРИКЛАДНА
ХІМІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ**

Колективна монографія

Київ
«Світ Успіху»
2020

УДК 60+54+675.6.01](02)

П27

*Рекомендовано до видання
Вченою радою Київського національного університету
технологій та дизайну МОН України
Протокол № 7 від 29.05.2020 р.*

Рецензенти:

Чумак Віталій Лукич — доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри хімії і хімічної технології Національного авіаційного університету.

Кузьмінський Євген Васильович — доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри екобіотехнології та біоенергетики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігора Сікорського».

П27 Перспективні матеріали та інноваційні технології: біотехнологія, прикладна хімія та екологія : колективна монографія / за заг. ред. О. Р. Мокроусової. Київ : Світ Успіху, 2020. 492 с.

ISBN 978-617-7324-38-5

Колективна монографія відображає результати актуальних наукових досліджень, розроблень, апробацій та практичного застосування у галузі біотехнології, хімічної технології шкіри та хутра, екології та товарознавства шкіряно-хутрової продукції.

Розглянуто питання розроблення та створення нових речовин та матеріалів для хімічних і біотехнологій, удосконалення процесів перероблення сировини біогенного походження, започаткування принципів раціонального природокористування та ресурсозбереження у технологіях виробництва шкіри та хутра, екологічних аспектів виробництва різнофункціональних матеріалів, удосконалення методів очищення промислових стоків, розширення асортименту та підвищення якості натуральних і синтетичних шкір.

Колективна монографія рекомендується для студентів, аспірантів, дослідників, науковців та експертів, що спеціалізуються у галузі біотехнології, хімічної технології та екології.

ISBN 978-617-7324-38-5

© КНУТД, 2020

© Світ Успіху, 2020

*Recommended for publication
by the Academic Council of Kyiv National University
of Technologies and Design of Ministry
of Education and Science of Ukraine
Protocol № 7 dated May 29 2020.*

Reviewers:

Chumak Vitaly Lukich — Doctor of Chemistry, Professor, Head of the Department of Chemistry and Chemical Technology of National Aviation University

Kuzminskiy Yevgeniy Vasylyovych — Doctor of Chemistry, Professor, Head of the Department of Ecobiotechnology and Bioenergy of National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Advanced materials and innovative technologies: Biotechnology, Applied Chemistry and Ecology : collective monograph / edited by Olena Mokrousova. Kyiv : Svit Uspichu, 2020. 492 p.

ISBN 978-617-7324-38-5

The collective monograph summarizes the results of current scientific research, development, testing and application in the fields of biotechnology, chemical technology of leather and fur, ecology and commodity science of leather and fur products. It is discussed the issues of development of new substances and materials for chemical and biotechnologies as well as improvement of biogenic raw materials processing along with the principles of rational environmental management and resource conservation in leather and fur technologies. Moreover, the ecological aspects of production of various functional materials, improvement of industrial wastewater treatment methods, expansion range and increasing the quality of natural and synthetic leathers were also considered.

Collective monograph is recommended for undergraduates and graduated students, researchers, scientists and experts in biotechnology, chemical technology and ecology.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. БІОТЕХНОЛОГІЯ.....	21
1.1 Розробка біотехнологічних продуктів на основі відходів колагенвмісної сировини.....	22
Ціла О. О., Ракша Н. Г., Галенова Т. І., Вовк Т. Б., Савчук О. М., Мокроусова О. Р., Остапченко Л. І.	
1.2 Alkaline and enzymatic keratin hydrolysates obtained from sheep wool.....	37
Mariana Daniela Berechet, Carmen Gaidau, Maria Stanca, Demetra Simion, Cosmin Alexe, Dana Gurau, Maria Râpă, Marius Becheritu	
1.3 The influence of surfactants in the context of novel biotechnologies, for elastin membrane preparation	54
Demetra Simion, Carmen Gaidau, Gabriela Paun, Daniela Berechet, Olga Niculescu, Maria Stanca	
1.4 К вопросу о возможности использования краевой обрезки лап северного оленя для получения белкового гидролизата...63	
Шалбуев Дм. В., Раднаева В. Д., Советкин Н. В.	
1.5 Отримання продуцента рекомбінантного фактора росту ендотелію судин.....	74
Окунев О. В., Горбатюк О. Б., Похолоenko Я. О., Іродов Д. М., Кордюм В. А.	
1.6 Біоактивні пептиди молозива як складові компоненти потенційного поліфункціонального парафармацевтика	80
Лич І. В., Моцар А., Волошина І. М.	
1.7 Регуляція клітинного циклу GC-1 spg I GC-2 spd	105
Шемедюк Н. П.	

1.8 Тіосульфонати: шляхи їх синтезу та перспективи застосування.....	116
Монька Н. Я., Василюк С. В., Баранович Д. Б., Стадницька Н. Є., Паращин Ж. Д., Хоміцька Г. М., Шиян Г. Б., Комаровська-Порохнявець О. З., Гавриляк В. В., Швед О. В., Мартирисян І. А., Бочарова О. В., Новіков В. П., Лубенець В. І.	
1.9 Біотехнологія калусної біомаси як метод збереження біорізноманіття лікарських рослин.....	137
Петріна Р. О., Загородня Д. С., Ільків Б.-В. В., Суберляк С. А., Князева К. С., Гавриляк В. В.	
1.10 Нанокосметика: плюси та мінуси	146
Гавриляк В. В., Федорова О. В., Петріна Р. О.	
1.11 Бактериоцини, синтезируемые <i>Lactobacillus</i>	158
Волошина І. Н., Красинько В. О., Бойко Т. О., Льч І. В., Шкотова Л. В.	
1.12 Основні ресурси хітину і хітозану грибного походження...178	
Нікітіна О. О., Нікіфорова Д. О.	
1.13 Біолюмінесцентне тестування та особливості тест-систем на основі люмінесцентних бактерій	188
Кондратюк О. О., Сидоренко Д. В., Грецький І. О.	
1.14 Сучасні біотехнологічні методи отримання колагену... 198	
Шидловська О. А.	
1.15 Особливості виділення колагену біомедичного призначення зі шкір ссавців	212
Майстренко Л. А.	
1.16 Особливості функціонування колагену в процесі загоєння ран	224
Юнгін О. С.	
1.17 Біотехнологічні аспекти розробки вірусних вакцинних препаратів	232
Жолобак Н. М.	

РОЗДІЛ 2. ПРИКЛАДНА ХІМІЯ	243
2.1 Articles made of sheep fur with therapeutic properties	244
Olga Niculescu, Carmen Gaidau, Demetra Simion, Mariana Daniela Berechet, Dana Gurau	
2.2 Бесхромовое дубление в присутствии солей цинка	254
Чурсин В. И.	
2.3 О возможности укрепления кожаной ткани пушно-мехового сырья соединениями олигомерного характера	264
Островская А. В., Латфуллин И. И., Шагивалиева Р. Р., Щелокова В. С.	
2.4 Исследование влияния анионного ПАВ на подготовительные процессы обработки шкур кролика	275
Лутфуллина Г. Г., Петрова С. А., Хайрутдинова Р. И.	
2.5 Обработка меха высокочастотной плазмой пониженного давления	282
Баллыев С. Б., Шарифуллин Ф. С., Вознесенский Э. Ф.	
2.6 Оценка смачивающей способности композиций ПАВ	289
Лутфуллина Г. Г., Хайрутдинова Р. И., Петрова С. А.	
2.7 Исследование влияния плазменной модификации на гигиенические свойства кожи из шкур камбалы	296
Шорохов А. А., Тихонова В. П., Рахматуллина Г. Р., Туканова С. Х., Осетрова И. А.	
2.8 Підвищення ефективності рідинного оздоблення велюру шляхом застосування модифікованих дисперсій монтмориленіту	305
Охмат О. А., Бондарева А. О., Мокроусова О. Р.	
2.9 Застосування модифікованих дисперсій монтмориленіту у хромзбережному дубленні шкір	314
Жалдак М. П., Мокроусова О. Р.	

2.10 Екологічно орієнтована технологія виготовлення гідрофобізованого хутрового велюру	334
Данилкович А. Г., Романюк О. О., Ліщук В. І.	
2.11 Вплив старіння на властивості шкір, виготовлених із використанням полімерних матеріалів на основі ненасичених карбонових кислот під час рідинного оздоблення	352
Майстренко Л. А., Андреева О. А., Мережко Н. В.	
РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЯ ТА ТОВАРОЗНАВСТВО ШКІРИ І ХУТРА ..	371
3.1 Технологія очищення стічних вод фармацевтичних підприємств від антибіотиків.....	372
Саблій Л. А., Жукова В. С.	
3.2 Біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод шкіряного виробництва	384
Ребрикова П. А., Мокроусова О. Р.	
3.3 Вдосконалення методів очищення стічних вод від іонів хрому	393
Сакалова Г. В., Василінич Т. М., Петрук Г. Д.	
3.4 Товарознавча експертиза півпальто з хутряного велюру, що перебувало в експлуатації.....	407
Омельченко Н. В., Браїлко А. С., Лисенко Н. В.	
3.5 Модифіковані волокнисто-сітчасті матеріали типу «шкіркартон» на основі колагену та целюлози.....	422
Фордзюн Ю. І., Андреева О. А.	
3.6 Дослідження пластичності та формостійкості шкір, виготовлених за різних умов рідинного оздоблення.....	432
Первая Н. В., Андреева О. А.	
3.7 Стан ринку дитячого взуття та натуральних шкір для його виготовлення.....	441
Жалдак М. П., Мокроусова О. Р.	
3.8 Екошкіра: фейки та реальність	459
Касьян Е. Є.	

1.12 ОСНОВНІ РЕСУРСИ ХІТИНУ І ХІТОЗАНУ ГРИБНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Нікітіна О. О., Нікіфорова Д. О.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
nikitinap1046@gmail.com

*При виробництві грибів утворюється велика кількість побічних продуктів, включно з відходами та несортними грибами. Грибні та грибні субпродукти є швидкопсувними продуктами, що зазнають швидких та шкідливих перетворень, створюючи екологічні проблеми для їх утилізації. У статті досліджуються можливості комплексного використання культивованих грибів як джерел біологічно активних речовин при отриманні хітину у порівнянні з дикорослими. Досліджено чотири види базидіальних грибів: дикорослі *Boletus edulis*, *Polyporus quamosus*, і культивовані *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*. Встановлено найбільші амілазні властивості плодових тіл *Pleurotus ostreatus*. Кількісний вміст полісахаридів культивованих грибів виявився більшим за дикорослі. Вихід хітину з плодових тіл культивованих грибів досягав рівня промислових джерел хітину з ракоподібних.*

Ключові слова: несортні гриби, культивовані гриби, амілазні властивості, полісахариди, хітин

Розроблення технологій використання хітину і хітозану останнім часом привертає увагу вчених і виробників. Найбільша кількість публікацій — 1600, з цього напряму за даними бази Web of Science припадає на 2015 р. Досліджують хітозан у 15 країнах і на сьогодні відомо більше 70 галузей практичного застосування хітину та хітозану, а також їх модифікацій [1]. Хімічний синтез хітину і хітозану є трудомістким і коштовним, тому основними ресурсами цих матеріалів виявляються природні об'єкти. Хітин є основним джерелом біополімерів, з річним виробництвом у природі більш ніж 1011 тонн, він посідає друге місце після целюлози. Найбільш опрацьованою сировиною для отримання хітину та хітозану є панцири ракоподібних. Однак відомо, що головним недоліком цих ресурсів є забрудненість хімічними отрутами, важкими металами та

іншими відходами виробництв. Тому подальший пошук джерел хітину є актуальним, особливо це стосується грибних ресурсів. Ще один аспект актуалізує отримання хітину з грибів, це надлишки грибівництва, які складно попередити, особливо для великих господарств.

Різноманітні речовини, що містяться в грибах, виявляють корисні біологічні ефекти, з них полісахариди, що містять β -D-глюкани та гетероглюкани, є найвідомішими та найпотужнішими грибними речовинами з протипухлинними та імуномодулюючими властивостями [1]. Стінки грибних клітин складаються з нерозчинного в лузі структурного скелета з β - (1 \rightarrow 3) -глюканів ковалентно пов'язаних з хітином [2], утворюючи хітино-глюкановий комплекс (ХГК). Показано, що хітин та ХГК мають різноманітну біологічну дію [3]. Крім того, кілька досліджень показали, що полісахариди з різних грибів, успішно використовуються як пребіотики [4, 5].

Однак при виробництві грибів утворюється велика кількість побічних продуктів, зокрема відходи та несортні гриби, без відповідного комерційного використання, що становить від 5 % до 20 % від обсягу виробництва [6]. Гриби та грибні субпродукти, особливо з *Agaricus bisporus*, є швидкопсувними продуктами. Вони зазнають шкідливих перетворень, що призводять до отримання більш темних продуктів через активність тирозинази та синтез меланінів, які мають неприємний запах, створюючи екологічні проблеми для їх утилізації. Європейське регулювання поводження з відходами, Директива 2008/98/ЕС («Обмежувальна директива щодо відходів»), орієнтоване на зменшення їх утворення на 30 % до 2025 р., і вимагає, щоб відходи не погрожували здоров'ю людини та не шкодили навколишньому середовищу [7]. Для зменшення впливу агропродовольчої промисловості на навколишнє середовище та залежності від сировини стимулюють впровадження процедур валоризації відходів [8].

Мета роботи — дослідження можливості комплексного використання культивованих грибів як джерел біологічно активних речовин при отриманні хітину у порівнянні з дикорослими.

Матеріали та методи. Для дослідження використані плодові тіла чотирьох видів базидіальних грибів дикорослих: *Boletus edulis* Bull.: Fr, *Polyporus squamosus* Huds.: Fr і культивованих *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. і *Agaricus bisporus* (J. Lge) Imbach, що придбали у супермаркеті.

Методика визначення амілолітичної дії. Амілолітичну дію визначали за здатністю препарату гідролізувати крохмаль.

Принцип методу ґрунтується на дії амілазного комплексу на субстрат крохмаль (1,0 % -го буферний розчин), відбувається розрив ковалентних глікозидних зв'язків у молекулі гомополимера. Кінець реакції контролюють візуально за йодною пробою. За часом, упродовж якого проходить розщеплення крохмалю до продуктів, що не забарвлюються йодом, визначають амілолітичну дію препарату.

Для технічного ферментного препарату з ретельно подрібнених плодових тіл грибів брали у колбу на 200–300 мл наважку 1 г, додавали 50–100 мл дистильованої води і настоювали упродовж 1 год за кімнатної температури, перемішуючи через кожні 10 хв. Після закінчення 1 год розчин фільтрували. У кінчну колбу на 50–100 мл вносили піпеткою 20 мл 1,0 % -го розчину крохмалю. 10 мл технічного ферментного препарату додавали точно за секундоміром і вимірювали час. За початок реакції брали час, коли з піпетки відливали половину вмісту. Через кожні 2 хв після початку реакції скляною паличкою відбирали краплину суміші і проводили реакцію з йодом. Реакція розщеплення крохмалю вважається закінченою, коли йод перестає змінювати забарвлення на синє при об'єднанні з краплиною дослідної рідини (упродовж перших 10 с).

Методика визначення вмісту цукрів. Оцінювання кількості редукуючих цукрів проводили у водній витяжці плодових тіл, після осадження білків, до (редуючі цукри) і після (полісахариди) гідролізу. Метод визначення цукрів за методом Швецової і Лук'яненко ґрунтується на відновленні фероціаніда калію редукуючими цукрами в лужному середовищі до фероціаніда. Останній у присутності желатину утворює з сірчаноокислим окисним залізом стійке синє з'єднання. Інтенсивність забарв-

лення вимірювали на ФЕК. Концентрація цукрів у розчинах може перебувати в межах від 0,01 до 0,1 мг/мл.

Методика виділення хітину. Після виділення цукрів плоді тіла висушували до постійної маси і обробляли (приблизно 40 г) 200 мл 2 М гідроксиду натрію зі зворотним холодильником протягом 1 год для видалення іншого органічного матеріалу. Потім зразки відмивали центрифугуванням з дистильованою водою до нейтральної реакції (приблизно 10 разів). Після нейтральності вологі зразки змішували з 200 мл 2М азотної кислоти при кімнатній температурі для видалення будь-яких неорганічних компонентів протягом 2 год. Знову зразки центрифугували з дистильованою водою до нейтральної реакції. Отриману масу висушували до постійної ваги при 60 °С.

Результати дослідження. Встановлено здатність водного витягу з плодових тіл *Boletus edulis* Bull. : Fr, далі відповідно *Pleurotus ostreatus* (Jacq. : Fr.) Kumm., *Polyporus squamosus* Huds. : Fr., *Agaricus bisporus* (J. Lge) Imbach до амілолітичної дії. Технічний препарат гливи гідролізував крохмаль до мальтодекстрину за 16 хв, спостерігали зміну ступеню гідролізу: амілодекстрини (4–6 хв), еритродекстрини (6–12 хв), ахродекстрини (12–16 хв) і мальтодекстрини (>16 хв), цей препарат виявив найбільшу амілолітичну здатність. У препараті трутовика лускатого спостерігали лише гідроліз крохмалю до амілодекстринів за 4 хв, надалі ступінь гідролізу не змінювався протягом 40 хв. У технічних препаратах білого гриба і печериць амілолітичної дії не виявлено. Амілолітичні властивості грибів і мікроорганізмів використовуються у бродильному, крохмалево-паточному, текстильному та паперовому виробництвах, у виробництві глюкози та органічних кислот як біодобавки для миючих засобів [9]. В останні роки спостерігається зростання використання амілаз для виробництва ферментативно-модифікованого крохмалю, що використовують у продуктах харчування як замітник жиру і покращувач консистенції [10], що збільшує попит на низькотемпературні амілази, притаманні саме грибним організмам [11].

Таблиця 1 — Амілолітична дія препаратів вивчених грибів

t, хв	Забарвлення після додавання йоду			
	<i>Pleurotus ostreatus</i>	<i>Polyporus squamosus</i>	<i>Boletus edulis</i>	<i>Agaricus bisporus</i>
2–4	темно-синє	темно-синє	темно-синє	темно-синє
4–6	фіолетове (амілодекстрин)	фіолетове	– « –	– « –
6–12	червоно-брунатне (еритродекстрин)	– « –	– « –	– « –
12–16	жовто-коричневе (ахродекстрин)	– « –	– « –	– « –
>16	відсутнє (мальтодекстрин)	– « –	– « –	– « –
>40	відсутнє	– « –	– « –	– « –

У 1969 р. із водних екстрактів плодових тіл *Lentinus edodes* шляхом фракціонування та очищення вперше був ізольований онкостатичний препарат полісахаридної природи, названий лентінаном. Результати подальших досліджень, спрямованих на виділення і розшифрування хімічного складу і структури високомолекулярних полісахаридних комплексів із вищих грибів, огляд патентів на способи отримання різних онкостатичних препаратів, результати дослідження їх активності в модельних системах в міру узагальнювались і коментувалися у багатьох оглядових публікаціях [12, 13, 14]. Вже у 1980-х роках були відомі десятки патентів на способи отримання протипухлинних полісахаридів. До перших полісахаридних препаратів онкостатичної дії, які почали виробляти в Японії, відносять хрестин з міцелію *Trametes versicolor*, який являє собою β -D-глюкан-протеїновий комплекс; лентінан, що отримують із плодових тіл *Lentinus edodes*, який являє собою β -глюкан з високою молекулярною масою; шізофіллан, який отримують з культуральної рідини *Schizophyllum commune* при культивуванні міцелію на рідких середовищах. Це теж високомолекулярний β -глюкан. Із гетерополісахаридів добре відомий препарат тремеластин —

високомолекулярний кислий глюкуронооксіломанан, що отримують шляхом культивування *Tremella fuciformis* Berk.

Нами досліджено вміст полісахаридів у дикорослих і культивованих грибів шляхом встановлення кількості редуруючих цукрів до і після гідролізу витягів з плодових тіл (табл. 2).

Таблиця 2 — Вміст цукрів під час аналізування плодових тіл досліджуваних грибів

Вид гриба	Кількість редуруючих цукрів (до гідролізу), мг/мл	Кількість редуруючих цукрів (після гідролізу), мг/мл	Кількість полісахаридів, мг/мл
<i>Boletus edulis</i>	0,25±0,05	0,52±0,022	0,27±0,036
<i>Polyporus squamosus</i>	0,19±0,018	0,26±0,013	0,07±0,015
<i>Pleurotus ostreatus</i>	1,92±0,071	2,54±0,127	0,62±0,084
<i>Agaricus bisporus</i>	1,45±0,056	2,1±0,086	0,65±0,068

Найбільшу кількість редуруючих цукрів виявлено у плодових тілах *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. та *Agaricus bisporus* (J. Lge) Imbach, далі відповідно *Boletus edulis* Bull.: Fr і *Polyporus squamosus* Huds.: Fr.,. Сумарна кількість цукрів також була високою у гливи і печериць. Співвідношення полісахаридів до загальної кількості цукрів було найвищим у *Polyporus squamosus* Huds.: Fr, проте абсолютна кількість полісахаридів була у культивованих грибів. Полісахаридні комплекси цих грибів можна рекомендувати для подальшого вивчення, спираючись на достатню ресурсну базу і малу затратність у порівнянні з міцеліальними технологіями.

Ще в 1896 р. Гільсоном було показано значний вміст хітину в клітинних стінках грибів. Хітин є характерним компонентом грибів відділів *Zygo*-, *Asco*-, *Basidio*- і *Deuteromycetes*, проте відсутній в інших групах (наприклад, *Oomycetes*). Більшість класифікаційних систем відносять до грибів тільки організми з хітиновмісною клітинною стінкою. Інші грибоподібні організми відносять до

таксонів *Protista* или *Chromista*. Частка хітину в грибах коливається залежно від умов культивування і систематичної належності організму. Для нижчих грибів — становить 0,2 %–26 % від сухої ваги. Наприклад, кількість хітину на грам сухої сировини у *Aspergillaceae* відповідає 20–22 %, у *Penicillium* — 4–5,5 %. У 1915 р. хітин знайдено у дріжджах, у кількісному відношенні він становить 0,7–4,25 %. Встановлено, що цей полісахарид присутній у 29 видах дріжджів, крім *Schizosaccharomyces* [15]. Значний промисловий інтерес викликає група вищих грибів (*Higher Basidiomycetes*). Вміст хітину в них досягає 65 % від абсолютно сухої ваги, вони можуть культивуватися на відходах лісопереробної, целюлозно-паперової і харчової промисловості [16]. У найбільш відомих видах дикорослих грибів хітин становить від 2 % до 8,5 % [17]. Перспективним вважають і використання дереворуйнівних грибів *Phanerochaete sanguinea* (Fr.) Pouzar і *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. Вміст хітину в цих грибах становить 10–15 % [18]. Серед культивованих грибів поруч з безперечними лідерами грибівництва *Agaricus bisporus* та *Pleurotus ostreatus* до найбільш перспективних можна віднести лікарські види базидіоміцетів *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler, *Flammulina velutipes* (Curt.: Fr.) Sing. і *Grifola frondosa* (Dicks: Fr.) Gray, світове виробництво цих грибів становить 700, 300 і 125 тис. т на рік відповідно. За літературними даними високий вміст хітину (до 20 %) у плодових тілах грибу *Armillaria mellea* (Vahl: Fr.) P. Kumm, який активно вивчають задля промислового культивування [19]. Багато вчених звертають увагу на той факт, що вміст хітину в одних і тих же грибах значно коливається і залежить від штаму і умов культивування грибів, які за потреб можна оптимізувати. Хітин клітинної стінки грибів утворює міцний комплекс з β -1,3-глюканами через ковалентні зв'язки, які називають хітин-глюкановим комплексом (ХГК). Відокремлення хітину з ХГК є важким і недоцільним, тому краще використовувати цілісні ХГК.

У наших досліджах хітин одержували з різних екологічних груп грибів: дикорослий гриб *Boletus edulis*, що утворює микоризму, дикорослий дереворуйнівний гриб *Polyporus squamosus* і культивовані гриби *Agaricus bisporus* та *Pleurotus ostreatus*.

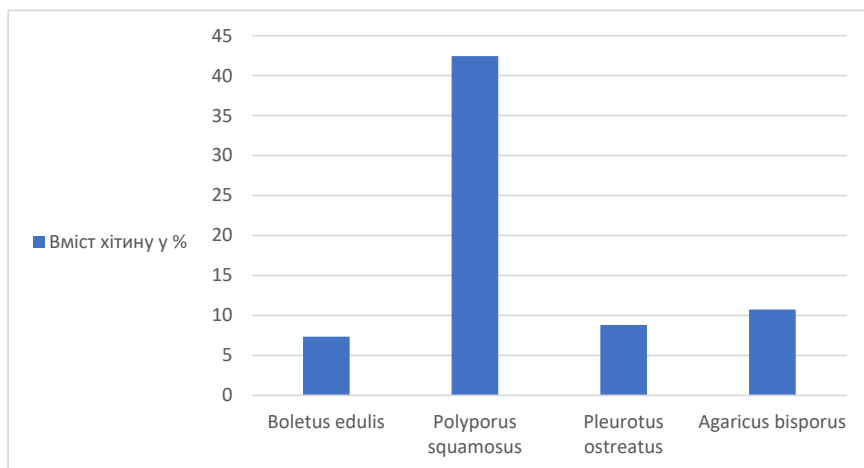


Рисунок 1 — Вихід хітину у досліджуваних грибах

На рис. 1 надано відсотковий вміст хітину у плодових тілах грибів у перерахунок на суху сировину.

Таблиця 3 — Хімічний склад панцирів ракоподібних [20]

Вид сировини	Вміст у перерахунку на суху сировину, %			
	Загальний азот	Ліпіди	Мінеральні речовини	Хітин
Панцир крабів	5,9	0,9	33,8	32,4
Панцир креветок	6,7	13,9	24,8	9,7
Панцир раків	5,8	9,0	42,0	35,0
Гамарус висушений	8,7	7,7	26,1	6,6
Антарктичний кріль	–	2,0–3,2	2,6–3,0	2,8–4,5
Гладіус кальмара	–	2–5	0,5–0,2	28–35

Найбільша кількість хітину — 42,44 %, встановлена у плодових тілах трутовика лускатого, що порівняно з панцирами ракоподібних навіть перевищує найбільшу його кількість з панцирів

раків (табл. 3). Найменша кількість хітину міститься у плодових тілах білого гриба — 7,34 %, але вона близька до кількості хітину панцирів креветок і гамарусу висушеного. Показники вмісту хітину культивованих грибів близькі між собою і незначно перевищують попередні показники, але нижчі за панцири раків і крабів.

Висновки. Найбільші амілазні властивості показали препарати плодових тіл *Pleurotus ostreatus*. Кількісний вміст полісахаридів культивованих грибів виявився більшим за дикорослі, що було використано в експерименті. Вихід хітину з плодових тіл культивованих грибів досягав рівня промислових джерел хітину з ракоподібних. Отже, надлишки, відходи та несортні гриби, що утворюються при виробництві плодових тіл *Agaricus bisporus* та *Pleurotus ostreatus*, можна використовувати для комплексної переробки з метою отримання ферментів, полісахаридних комплексів і, після їх вилучення, хітину. Враховуючи досягнення вітчизняної школи наукового і практичного грибовництва та біосинтезу на основі грибів, необхідна подальша розробка економічно вигідних технологій отримання хітину з грибів різних таксономічних груп, що можуть стати основними ресурсами для отримання хітину в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Majeti, N.V. A review of chitin and chitosan applications. / N.V. Majeti., R. Kumar // *Reactive & Functional Polymers*, 2000. — Vol.46, N.1. — P. 1–27.
2. Reshetnikov S. V. Higher Basidiomycota as a source of antitumor and immunostimulating polysaccharides (review) / S. V. Reshetnikov, S. P. Wasser, T. K. Kheng // *Int. J. Med. Mushrooms*, 2001. — Vol. 3, No 4. — P. 361–394.
3. Wessels, G. H. Developmental regulation of fungal cell wall formation. // *Annu. Rev. Phytopathol*, 1994. — Vol. 32, — P. 413–437.
4. Synytsya A., Mičková K., Synytsya A., Jablonský I., Speřváček J., Erban V., Kovaříková E., Copíková J. Glucans from fruit bodies of cultivated mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii*: Structure and potential prebiotic activity // *Carbohydr. Polym.* 2009. — Vol. 76. — P. 548–556.
5. Giannenas I., Tsalie E., Chronis E. F., Mavridis S., Tontis D., Kyriazakis I. Consumption of *Agaricus bisporus* mushroom affects the performance, intestinal microbiota composition and morphology and antioxidant status of turkey poults. // *Anim. Feed Sci. Technol.* 2011. — Vol. 165. — P. 218–229.
6. Wani, A.M.; Hussain, P.R.; Meena, R.S.; Dar, M.A.; Mir, M. A. Effect of gamma irradiation and sulphitation treatments on keeping quality of white

button mushroom *Agaricus bisporus* (J. Lge). // *Int. J. Food Sci. Technol.* 2009. — Vol. 44. — P. 967–973.

7. European Commission. The European Regulation of Waste Management, Directive 2008/98/ EC ('Waste Framework Directive'); European Commission: Brussels, Belgium, 2008.

8. Sara M. Fraga and Fernando M. Nunes *Agaricus bisporus* By-Products as a Source of Chitin-Glucan Complex Enriched Dietary Fibre with Potential Bioactivity // *Appl. Sci.* 2020, — Vol.10, (7), — P. 2232.

9. De Souza P. M., Oliveira Magalhães P. Application of microbial α -amylase in industry — A review // *Brazilian Journal of Microbiology.* — 2010. — No 4. — P. 850–861.

10. Abbas K. A., Khalil S. K., Anis Shobirin M. H. Modified Starches and Their Usages in Selected Food Products: A Review Study // *Journal of Agricultural Science.* — 2010. — No 2 (2). — P.90–100.

11. Хижняк С. В., Пампуха В. Т. Микробные сообщества карстовых пещер как потенциальный источник продуцентов низкотемпературных амилаз. *Вестн. Омского ГАУ.* 2016. № 1 (21). С. 104–110.

12. Friedman M. Mushroom polysaccharides: chemistry and antiobesity, antidiabetes, anticancer, and antibiotic properties in cells, rodents, and humans. // *Foods*, 2016. — Vol. 5. — P. 80.

13. Meng X., Liang H., Luo L. Antitumor polysaccharides from mushrooms: a review on the structural characteristics, antitumor mechanisms and immunomodulating activities. *Carbohydr. Res.* 2016; 424: 30–41.

14. Wasser S. P. Medicinal mushrooms in human clinical studies. Part I. Anticancer, oncoimmunological, and immunomodulatory activities: a review. // *Int. J. Med. Mushrooms*, 2017. — Vol. 19 (4). — P. 279–317.

15. Унрод В. И., Солодовник Т. В. Хитин и хитозансодержащие комплексы из мицелиальных грибов: получение, свойства, применение. *Біополімери і клітина.* 2001. Т. 1. — № 6. С. 526–533.

16. Феофилова Е. П., Терешина В. М., Меморская А. С. Хитин мицелиальных грибов: методы выделения, идентификации и физико-химические свойства. *Микробиология.* 1995. Т. 64. № 1. С. 27–31.

17. Manzi, P., Aguzzi, A., & Pizzoferrato, L. Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. // *Food Chemistry*, — 2001. — Vol.71. — P. 321–325.

18. Гришин А. А., Зорина Н. В., Луцкий В. И. Хитин и хитозан: химия, биологическая активность, применение. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология.* 2014. № 1 С. 29–34.

19. Минаков Д. В., Верещагин А. Л., Мороженок Н. Г., Базарнова Н. Г. Хитозан-глюкановые комплексы высших грибов: выделение, идентификация и определение некоторых свойств. *Химия растительного сырья.* 2019. № 1. С. 251–257.

20. Cauchie H-M. Chitin production by arthropods in the hydrosphere / H-M. Cauchie // *Hydrobiologia.* — 2002. — Vol. 470, N. 1/3. — P. 63–95.