

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО  
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

*Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису*

БАНДУРА ІРИНА ІВАНІВНА

УДК 001:[631.5+635.8+ 579.6+582.28+ 664.8/.9


НАУКОВІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ПЛОДОВИХ ТІЛ ЇСТІВНИХ  
ГРИБІВ РОДІВ *PLEUROTUS*, *CYCLOCYBE*, *FLAMMULINA* ТА *CALOCYBE*

06.01.06 – овочівництво

20 Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

  
\_\_\_\_\_. І.І. Бандура

Умань – 2023

## АНОТАЦІЯ

**Бандура І.І.** Наукові засади формування якості плодових тіл їстівних грибів родів *Pleurotus*, *Cyclocybe*, *Flammulina* та *Calocybe*. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук зі спеціальності 06.01.06 - овочівництво (20 Аграрні науки та продовольство). Уманський національний університет садівництва, Умань, 2023 р.

Кваліфікаційна наукова праця присвячена обґрунтуванню наукових засад формування якості врожаю ксилотрофних видів грибів з доведеною харчовою та лікарською цінністю: гливи звичайної, гливи легеневої, гливи степової, гливи лимонношапінкової або золотої, опенька зимового, опенька тополевого та тропічного виду - калоцибе індійського. У роботі досліджено технологічні складові процесу культивування означених видів, які дозволяють отримувати плодові тіла з прогнозованими квалітативними характеристиками відповідно до вимог післязбиральних процедур. Було проведено комплексний скринінг 24 культиварів *P. ostreatus* (5 штамів), *P. pulmonarius* (1), *P. eryngii* (3), *P. citrinopileatus* (1), *F. velutipes* (10), *C. aegerita* (3), *C. indica* (1) в умовах промислових виробництв, за результатами якого визначено технічні характеристики продуктивності, параметри фенотипічних ознак, біохімічний склад плодових тіл, коефіцієнти виходу напівфабрикатів у післязбиральних операціях і первинної переробки, що дає змогу відібрати найбільш перспективні для промислового впровадження штамми.

Доведено необхідність досягнення елективності субстратів за рахунок збалансування складу органогенних та есенціальних елементів, елімінації патогенних мікроорганізмів та створення певної структури субстратів, як найважливішого фактору формування якості врожаю ксилотрофних видів. Визначено індивідуальні потреби досліджених культиварів до ступеня елективності субстратів, їх біологічну ефективність та характер змін біохімічного складу отриманого врожаю відповідно до складу субстратних композицій.

Виявлено можливість прогнозування якісних фенотипічних та біохімічних характеристик культиварів через проведення необхідних технічних операцій: виготовлення субстратних одиниць необхідної маси, формування зони плодоношення за рахунок перфорацій заданого розміру чи площі відкриття, просторового положення на полицях, нанесення оптимальної висоти покривного ґрунту та проведення скретчингу.

У першому розділі наведено результати аналізу теоретичних засад формування споживчої якості ксилотрофних грибів за досвідом світового та вітчизняного грибівництва. Сформульовано головні питання створення системи ефективного виробництва грибів через використання нових культур з цікавими фенотипічними ознаками та харчовими характеристиками, забезпечення якості посівного матеріалу та субстратів. Розглянуто роль мікрокліматичних умов та мікробіологічного фактору і формування якості врожаю. Проаналізовано сучасні вимоги щодо зберігання та особливостей переробки грибної сировини. Окремо проведено оцінку дослідних культур як основи для розширення асортименту грибної сировини з функціональною придатністю.

Другий розділ розкриває методологію проведених досліджень, умови та особливості експериментальної роботи з грибними культурами. Роботу виконано впродовж 2012-2021 років в умовах лабораторій технології первинної обробки і зберігання продуктів рослинництва, практичної мікології та мікробіології НДІ Агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного м. Мелітополя, результати апробовано в промислових умовах ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (с. Садове Мелітопольського р-ну), ТОВ «ЕСМАШ -3» та ТОВ «ФУНГІТЕРРА» (м. Київ), ТОВ НВП ЕКО-ГРИБ (смт Добровеличківка Кіровоградської обл.), ТОВ «Друїди» (м. Кривий Ріг Дніпропетровської обл.), КФГ Жовтневе (м. Дніпро) та ФОП Гончаров (м. Дніпрорудний Запорізької обл.).

У третьому розділі проведено аналізування елементів адаптивних технологій вирощування 4х видів роду *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm, за якими змодельовані технологічні регламенти вирощування та оцінки якості врожаю

інших, малопоширених в Україні та Європі ксилотрофних видів грибів. Так, за оцінкою впливу субстратів, виготовлених методом аеробної ферментації у високому шарі (АФВШ), на ефективність вирощування *Pleurotus ostreatus* та *P. pulmonarius* визначено переваги цього методу для промислових обсягів отримання врожаю гливи. Доведено позитивний вплив застосування природніх джерел води з вмістом хлориду натрію 0,5% для зволоження субстраті на основі соломи ячменю. Визначено оптимальну концентрацію жирів (0,5%) у складі субстратів з соломи ячменю для підвищення біологічної ефективності культивування гливи. Виявлено переваги застосування багатокомпонентних субстратних композицій (солома ячменю, лущиння соняшнику, ріпак, кукурудза) у технології вирощування *P. citrinopileatus*, що дозволило скоротити вегетаційний період цього культивару на 9 діб, підвищити біологічну ефективність у 4 рази, досягти збільшення маси окремих плодових тіл в 1,7 раза та підвищення вмісту ендополісахаридів в 1,9 раза. Було визначено, що під час морфогенезу відбуваються зміни біохімічного складу плодових тіл. Виявлено загальну тенденцію зниження протеїнів до 8,6 % та збільшення кількості зольних елементів до 4,9 % по сухій речовині також значне (від 6 до 10 % по сухій речовині) збільшення кількості біоактивних ендополісахаридів за досягнення плодовими тілами біологічної стиглості. Зафіксовано факт підвищення коефіцієнта виходу напівфабрикату після бланшування плодових тіл біологічної стиглості на 3-6 % як порівнювати з переробкою сировини зібраною на рівні технічної стиглості.

Проведено кількісний та якісний аналіз мікробіологічних сукцесій у повітрі приміщень, де тривалий час культивуються *P. ostreatus* та розраховано динаміку збільшення титру КУО на поверхні плодових тіл *P. ostreatus* залежно від стану мікробіологічної забрудненості культиваційних приміщень ( $y=4148071+299 \times x$ ). Виявлено антагоністичний вплив виявлених видів *Cladobotryum mycophilum*, *Trichoderma pleuroticola*, *Tr. harzianum*, *Tr. atroviride* на розвиток штаму *P. ostreatus* 2301.

Обґрунтовано доцільність впровадження штаму *P. pulmonarius* 2314 як об'єкта цілорічного культивування. Штам відрізняється коротким вегетативним

періодом та сталістю технічних та морфологічних характеристик за вирощування у широких температурних межах, зокрема, біологічна ефективність складала 80,6 % при  $16 \pm 2$  °C та 79,5 % при  $26 \pm 2$  °C.

Визначено перспективність впровадження природних ізолятів *P. eryngii* 2032 та 2033 у промислову культуру, урожай яких отримували швидше ніж комерційного штаму 2600 на 19 та 15 діб відповідно, а біологічна ефективність була вищою на 22,4 % та 7,6 % відповідно.

У четвертому розділі наведено результати наукового обґрунтування адаптаційної технології промислового виробництва опенька зимового *Flammulina velutipes*. Після скринінгу 10 штамів було визначено перспективні штами 2038 (біла раса) та 2039 (жовта раса) з найкоротшими вегетаційними періодами, які склали 45 та 38 діб відповідно, та мали найвищу біологічну ефективність:  $45,4 \pm 1,8$  та  $51,3 \pm 3,2$  % відповідно. Доведено ефективність збагачення субстратів для вирощування опенька додаванням ріпаку та кукурудзяної крупи, яке сприяло підвищенню біологічної ефективності штаму 2039 до 81,2 %. Визначено обмеження маси субстратної одиниці для культивування *F. velutipes* на рівні 1,5 кг, яке сприяє збільшенню продуктивності.

П'ятий розділ містить результати досліджень стосовно перспектив впровадження в промислову культуру трьох штамів *Cyclocybe aegerita* 2229, 2230 та 2231 за порівнянням їх технічних, морфологічних та хімічних характеристик. Так, штам *C. aegerita* 2231, що мав найкоротший вегетаційний період ( $42,9 \pm 0,4$  доби) та БЕ -  $59,4 \pm 3,1$  % та найнижчий у досліджах вміст сухих речовин (8,5 %) рекомендовано вирощувати для реалізації у свіжому вигляді. Тоді як для подальшої переробки переваги мав штам *C. aegerita* 2230 з найвищим коефіцієнтом виходу сировини після очищення ( $0,971 \pm 0,001$ ) та виходу напівфабрикату після бланшування ( $1,020 \pm 0,013$ ).

Дослідженню процесів формування якості нового для європейського ринку тропічного виду *Calocybe indica* присвячено шостий розділ роботи. За результатами попередніх експериментів було перевірено можливі алгоритми застосування субстратів та доведено переваги методу стерилізації за рахунок

можливості суттєвого підвищення вмісту нітрогену. Таке рішення дозволило скоротити термін вегетації культивуру до 29 діб та підвищити біологічну ефективність на 38 %. Було виявлено ефект техніки скретчингу на біохімічний склад плодових тіл *C. indica*, зокрема, збільшення вмісту сухих речовин, та зниження вмісту ліпідів та золи. Доведено, що збільшення висоти покривного ґрунту сприяє збільшенню товщини шапинки та висоти ніжок плодових тіл, але негативно впливає на діаметр ніжок, що дозволяє регулювати морфологічні показники якості врожаю.

У цьому розділі роботи наведено результати аналітичної оцінки економічних переваг розроблених адаптаційних технологій та впроваджених технічних операцій. Запропоновано варіанти визначення прибутків у грибовництві з використанням технічних карт та вирішення задачі оптимізації виготовлення багатокомпонентних субстратів зі збалансованою формулою та мінімальною вартістю

*Ключові слова: промислове культивування грибів, якість грибів, біологічна ефективність, морфологія плодових тіл, моделювання субстратних композицій, глива звичайна, глива легенева, глива степова, глива золота або лимонно-шапинкова, опеньок зимовий, опеньок тополевий, калоцибе індійський*

**Bandura I.I. Scientific principles of formation culinary mushrooms *Pleurotus*, *Cyclocybe*, *Flammulina* and *Calocybe* genres quality - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.**

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of agricultural sciences on a specialty 06.01.06 – vegetable growing (20 Agrarian sciences and food). Uman National University of Horticulture, Uman, 2023.

The qualitative scientific work is substantiated scientific bases for formation the quality of xylotrophic mushroom species with proved food and medicinal value: oyster mushroom, lung mushroom, king oyster mushroom, lemon or gold oyster mushroom, winter needle mushroom, poplar mushroom or “piopinno” and tropical exotic species

“milky mushroom”. In this work, the technological components of the cultivation process of the above species were investigated to obtain fruiting bodies with predictable qualitative characteristics by the requirements of post-harvest procedures. A comprehensive screening of 24 strains: *P. ostreatus* (5 strains), *P. pulmonarius* (1), *P. eryngii* (3), *P. citrinopileatus* (1), *F. velutipes* (10), *C. aegerita* (3), *C. indica* (1) under industrial production conditions, based on the results of which technical characteristics of productivity, parameters of phenotypic traits, biochemical contents of fruiting bodies, yield ratios of semi products in postharvest operations and primary processing were determined, allowing selection of the most promising strains for industrial implementation.

The necessity of achieving substrate selectivity by balancing the composition of organogenic, and essential elements, elimination of pathogenic microorganisms and creating a certain structure of substrates as the most crucial factor in the formation of yield quality of xylotrophic species is proven. The individual requirements of the studied cultivars for the degree of substrate electivity, their biological efficacy, and the nature of changes in the biochemical composition of the yield obtained in accordance with the composition of substrate compositions were determined.

The possibility of predicting the quality phenotypic and biochemical characteristics of cultivars through the necessary technical operations has been revealed: making substrate units of the required mass, forming the fruiting zone through the perforations of a given size, or opening area, spatial position on the shelves, applying the best height of the cover soil, and conducting scratching technic.

The results of the analysis of the theoretical basis for the formation of consumer quality xylotrophic mushrooms under the experience of world and local mushroom production are presented in the first chapter. The key issues of creating an effective mushroom production system using new crops with interesting phenotypic traits and nutritional characteristics, the quality of spawn and substrates are formulated. The role of microclimatic conditions and microbiological factor and the formation of crop quality is considered. Modern requirements on for storage and features of processing of mushroom raw materials were analysed. Separately, the assessment of the studied crops

as a possible basis for expanding the assortment of mushroom raw materials with functional suitability.

The second chapter reveals the method of the research, conditions, and features of experimental work with fungal crops. The work was performed during 2012-2021 in the laboratories of the technology of primary processing and storage of crop products, practical mycology, and microbiology of the Research Institute of Agrotechnologies and Ecology of the Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University (Melitopol, Zaporozhye region), the results were evaluated in industrial conditions LTD SIC "GRIBNOY DOCTOR" (Sadovoe village, Melitopol district), LTD "ESMASH-3" and LTD "FUNGITERA" (Kiyv), LTD SIC "ECO-GRIB" (Dobrovolichkovka village, Kirovograd oblast), SIC "Druides" (Krivoy Rog, Dnepropetrovsk region), CFC Govtneve (Dnepr city) and PPC Goncharov S.N. (Dneprorudny, Zaporozhye region).

The elements of adaptive cultivation technologies for 4 species of the genus *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm are analysed as a model for technological regulations in the cultivation process of other, less common in Ukraine and Europe xylotrophic fungi species in the third chapter. Thus, by evaluating the effect of substrates produced by aerobic fermentation in a higher layer (AFHL) on the cultivation efficiency of *Pleurotus ostreatus* and *P. pulmonarius*, the advantages of this method for industrial production of oyster mushroom yields were decided. The positive effect on the application of natural water sources with sodium chloride content of 0,5 % for substratum moistening based on barley straw was proved. The best concentration of fat (0,5 %) in barley straw substrates for increasing biological efficiency of oyster mushroom cultivation is found. Advantages of multi-part substrate compositions (barley straw, sunflower husk, rape, maize) in growing technology of *P. citrinopileatus* were found. This helped to reduce the vegetation period of this cultivar with 9 days, to increase biological efficiency in 4 times, evaluated the fruiting body mass in 1,7 times and the endopolysaccharide content in 1,9 times. It was found that during morphogenesis changes in biochemical composition of fruiting bodies occur. A general trend of protein decreases to 8,6 % and increase of ash elements amount to 4,9 % of dry matter was revealed as well as the significant increase of the bioactive endopolysaccharides amount (from 6 to 10 % in dry



matter) at the achievement of biological ripeness by fruiting bodies. The fact of increase in a factor of a half-finished product yield after blanching of fruiting bodies of biological ripeness by 3-6 % in comparison with the processing of raw materials collected at a level of technical ripeness is fixed.

The quantitative and qualitative analysis of microbiological successions in the air of premises where *P. ostreatus* was cultivated for a long time was conducted and the dynamics of the increase of CFU titre on the surface of *P. ostreatus* fruiting bodies depending on the state of microbiological contamination of cultivation premises ( $y=4148071+299\times x$ ) were calculated. The antagonistic effect of the identified species *Cladobotryum mycophilum*, *Trichoderma pleuroticola*, *Tr. harzianum*, *Tr. atroviride* on the development of *P. ostreatus* strain 2301 was revealed.

The feasibility of introducing *P. pulmonarius* strain 2314 as a subject for year-round cultivation has been substantiated. The strain has a short vegetative period and stable technical and morphological characteristics when cultivated within a wide temperature range its biological efficiency was 80,6 % at  $16 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , and 79,5 % at  $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

The prospects of introduction of natural isolates of *P. eryngii* 2032 and 2033 into commercial cultivation were determined. The yield was obtained more quickly than the commercial strain 2600 by 19 and 15 days, respectively, and the biological efficiency was higher at 22,4 % and 7,6 %, respectively.

The fourth chapter presents the results of the scientific justification of the adaptive technology for the commercial production of winter sturgeon *Flammulina velutipes*. After screening of 10 strains, the promising strains 2038 (white race) and 2039 (yellow race) with the shortest vegetative periods, which were 45 and 38 days, respectively, and had the highest biological efficiency,  $45,4 \pm 1,8$  and  $51, 3,2$  %, respectively. The effectiveness of enriching substrates for growing honeydew with the addition of rapeseed and corn grits was proved to increase the biological efficiency of strain 2039 to 81,2 %. A substrate unit weight limit for cultivation of *F. velutipes* at 1,5 kg, contributing an increase in its productivity.

The fifth section has the results of studies on the prospects of introducing three strains of *Cyclocybe aegerita* 2229, 2230 and 2231 into commercial culture by comparing their technical, morphological, and chemical characteristics. Thus strain *C. aegerita* 2231, which had the shortest vegetative period ( $42,9 \pm 0.4$  days) and BE of  $59,4 \pm 3,1$  % and the lowest dry matter content (8,5 %) in the experiments, was recommended for cultivation for sale in fresh form. While for further processing, strain *C. aegerita* 2230 had an advantage with a high yield of raw material after purification ( $0,971 \pm 0,001$ ) and yield of semi-finished product after blanching ( $1,020 \pm 0,013$ ).

The sixth chapter of the paper deals with the quality formation processes of the tropical species *Calocybe indica*, which is new to the European market. Based on earlier experiments, possible algorithms for substrate application were assessed and the advantages of the sterilisation method were proven through a significant increase in nitrogen content. This solution reduced the growing period of the cultivar to 29 days and increased the biological efficiency by 38 %. The impact of the "scratching" technique on biochemistry contents of *C. indica* fruiting bodies were found, an increase in dry matter content and a decrease in lipid and ash content. Increasing the height of the cover soil has been shown to increase the cap thickness and stalk height of fruiting bodies, but has a negative effect on stalk diameter, which allows the morphological quality parameters of the crop to be regulated.

The seventh section of the work presents the results of the analytical evaluation of the economic benefits of the developing adaptation technologies and implemented technical operations. The variants of definition of profit in mushroom growing using technical cards and the solution of a problem of optimization of manufacture of multicomponent substrates with the balanced formula and the minimum cost are offered.

**Keywords:** *mushroom industrial cultivation, quality of mushrooms, biological efficiency, morphology of fruiting bodies, modelling of substrate compositions, oyster mushroom, lung oyster mushroom, king oyster mushroom, gold oyster mushroom, winter mushroom, poplar mushroom, milky mushroom*

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

### Статті у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних

#### *Web of Science Core Collection, Scopus*

1. Myronycheva O., **Bandura I.**, Bisko N., Gryganskyi A., Karlsson O. Assessment of the growth and fruiting of 19 oyster mushroom strains for indoor cultivation on lignocellulosic wastes. *BioResources*. 2017. Vol.2, №3. С.4606–4626. Retrieved from <https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/10469> (40 % авторства: розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів, підготовка до публікації).
2. **Bandura I.**, Isikhuemhen O.S., Kulik A., Serduk M., Sucharenko O., Jukova V., Koliadenko V., Gaprindashvili N. Effect of perforation size and substrate bag fruiting position on the morphology of fruiting bodies and clusters in *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. *J App Biol Biotech.* 2021. Vol.9, №3. С.35–40. doi:<https://doi.org/10.7324/JABB.2021.9305> (70 % авторства: розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів, підготовка до публікації).
3. **Bandura I.**, Isikhuemhen O.S., Kulik A., Bisko N.A., Serdyuk M., Khareba V., Khareba O., Ivanova I., Priss O., Tsyz O., Makohon S., Chausov S. Biology and nutritional contents in the culinary-medicinal Milky white mushroom, *Calocybe indica* (*Agaricomycetes*), during cultivation involving casing and scratching treatments. *Int J Med Mushrooms*. 2021. Vol. 23, №12. С.53–63. <https://doi.org/10.1615/intjmedmushrooms.2021040535>. (60 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів, підготовка до публікації).
4. **Bandura I.**, Isikhuemhen O.S., Kulik A., Bisko N., Serduik M., Khareba V., Khareba O., Ivanova I., Tsyz O., Makohon S., Chausov S. Mushroom fruiting body yield

and morphological characteristics from different strains of *Pleurotus eryngii*. *J Appl Biol Biotech*. 2022. Vol.10, №01. С.1–8. <https://doi.org/10.7324/JABB.2021.100101> (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів, підготовка до публікації).

5. **Bandura I.**, Isikhuemhen O., Kulyk A., Bisko N., Serdyuk M., Khareba V., Khareba O., Ivanova I., Tsyz O., Makohon S., Chausov S. Effect of different grain spawn materials on *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. mushroom cultivation under unregulated and regulated fruiting conditions. *Acta Agriculturae Slovenica*. 2022. Vol.118, №1. С.1–13. <http://dx.doi.org/10.14720/aas.2022.118.1.1862>. (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів, підготовка до публікації).

**Статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України**

6. **Bandura I.**, Kulyk A., Baibierova S., Zhukova V., Sukharenko, O. Оцінка впливу технік культивування на зміну морфологічних ознак зростків плодових тіл *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. *Науковий журнал «Рослинництво та ґрунтознавство»*. 2019. №0 (286), С.283–293. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/article/view/10872/9516> (80 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

7. **Бандура І.І.** Кулик А.С., Макогон С.В., Синяговський С.С. Дослідження особливостей інтродукції продуктивних штамів екзотичних грибів *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini та *Pleurotus eryngii* (DC.) Quéл *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. №8(2). С.1–11. <http://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/116/113> (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

8. Кулик А.С., **Бандура І.І.**, Сердюк М.Є., Севастьянович О.С., Булгаков І.В., Гапріндашвілі Н.А. Розробка рецептури м'ясних консервів з грибами. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. №9(1) С.1–9. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2019-1-60> (25 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень).

9. **Бандура І.І.**, Кулик А.С., Гапріндашвілі Н.А., Макогон С.В. Аналіз морфологічних характеристик гливи легеневої штаму *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quéf. 2314 ІВК як складових якості грибною сировини. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. №19 (3), С.241–250 (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

10. Кулик А.С., **Бандура І.І.**, Булгаков І.В., Макогон С.В., Загорко Н. П. Розробка рецептури пресервів на основі бичка азовського та гливи звичайної. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Технічні науки. 2019. №19(3). С.251–261. (30 % авторства: загальний задум, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

11. **Бандура І.І.**, Кулик А.С., Коляденко В.В. Ксилотрофні гриби як джерело біоактивних речовин для функціонального харчування. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету ім. Д. Моторного*. ТДАТУ. Мелітополь. 2020. № 20 (2). С.132–140. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-20-2-132-141> (80 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

12. Бандура І.І. Перспективы интродукции тропического гриба *Calocybe indica* Purkau. & A. Chandra в украинское грибопроизводство. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. №96 (1). С. 319–342, <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2020-96-1-319-342>.

13. **Бандура И.И.,** Кулик А.С., Чаусов С.В., Цизь А.М. Влияние состава растительных субстратов на эффективность культивирования съедобных грибов *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.), *Pleurotus eryngii* (DC.) Quel., *Pleurotus citrinopileatus* Singer и *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. №3(107). С. 62–70. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3\(107\)-8](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3(107)-8) (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

14. **Бандура І.І.,** Бісько Н.А., Кулик А.С. Цизь О.М., Чаусов С.В., Василенко О.Ю., Гончаров С.М. Технологічні засади впровадження опенька зимового *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer у промислову культуру. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. №05(87). С.1–17. <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.05.004>. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

15. **Бандура И.И.,** Кулик А.С., Хареба Е.В., Хареба В.В., Ковтунюк З.И. Факторы повышения эффективности технологии выращивания и переработки грибов рода вешенка *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. *Овочівництво і багтанництво*. 2021. №69. С.63–78. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2021-69-63-78> (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

16. **Bandura I.I.,** Kulyk A.S., Makohon, S.V., Khareba O.V., Khareba V.V. Influence of the substrate composition on the yield and nutritional value of the fruiting bodies of the edible mushrooms *Pleurotus citrinopileatus* and *Cyclocybe aegerita*. *Plant Varieties Studying and Protection*, 2021. №17(2), С.130–138. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236519> (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

17. **Bandura I.I., Kulyk A.S., Bisko N.A., Khareba O.V., Tsyz O.M., Khareba V.V.** Analysis of the biological efficiency and quality factors of mushrooms of the genus *Pleurotus* (Fr.) P.Kumm as a model of effective cultivation of lignicolous fungi with high functional value. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. №16(4) С.334–342. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.4.2020.224047> (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

18. **Бандура І.І., Кулик А.С., Хареба О.В., Хареба В.В., Цизь О.М., Чаусов С.В., Макогон С.В.** Вплив складу субстратів на морфологічні та біохімічні показники *Pleurotus citrinopileatus* Singer. *Вісник аграрної науки*. 2021. №99(2). С.11–18. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202102-02> (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

19. **Бандура І.І., Кулик А.С., Хареба О.В., Хареба В.В., Ковтунюк З.І., Макогон С.В.** Якісні характеристики гриба *Cyclocybe aegerita* штамів 2229, 2230, 2231 ІВК за умов промислового культивування. *Науковий журнал «Рослинництво та ґрунтознавство»*. 2021. №12(3). С.85–99. <http://dx.doi.org/10.31548/agr2021.03.085> (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

20. **Бандура І.І., Кулик А.С., Хареба О.В., Хареба В.В., Цизь О.М.** Оцінка мікробіоти приміщень під час культивування гливи як фактор впливу на формування якості урожаю. *Овочівництво і багтанництво*. 2021. №70. С. 6–15. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2021-70-6-15> (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

**Статті у наукових періодичних виданнях інших держав з напрямку, з якого підготовлено дисертацію**

21. **Bandura I.**, Myronycheva E., Kyurcheva L Selection of the *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quel strains which are resistant to high temperatures of cultivation. *Sci Agric.* 2014. №2. С.56–59. (30 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів).

22. **Bandura I.**, Myronycheva O., Karlsson O. Assessment of raw plant material and substrate for efficient production of Oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.). *Ochrana Drevín a Dreva 2016 : Zborník Recenzovaných Vedeckých Prác a Abstraktov*, 2016. С.27–33. Retrieved from <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-63206> (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

#### ***Статті в інших виданнях, які додатково відображають наукові результати дисертації***

23. Пріс О.П., Жукова В.Ф. Бандура І.І. Мікробіологічні хвороби плодових овочів під час зберігання. *Продовольча індустрія АПК*. 2015. №5. С.35–38 (30% авторства: проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

24. Бандура І.І. Грибоводство заменит тихую охоту. *Агроіндустрія*. 2018. №4. С.12–16.

25. Бандура І.І. Экзотические грибы в Украине. Анализ рынка. *Каталог Дні українського грибівництва*. IV Міжнародна виставка-конференція, Київ, Україна, 20-21 жовтня 2021 р. С.17–20.

#### ***Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації Монографії, книги, навчальні посібники***

26. Хареба О.В., Улянич О.І., Хареба В.В., Ковтунюк З.І., **Бандура І.І.**, Воробйова Н.В., Цизь О.М., Яценко В.В. Малопоширені овочеві рослини та гриби: навчальний посібник. 2-е вид. допов. і перероб., Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2021. 256 с. (20 % авторства: систематизація наукової інформації, узагальнення та статистичний аналіз власних результатів, підготовка до публікації).



27. **Бандура І.І.**, Бісько Н.А., Хареба В.В., Куц О.В., Хареба О.В., Цизь О.М., Кулик А.С. Методика наукових досліджень у грибівництві. За ред. докт. с.-г. наук, проф., академіка НААН України Хареби В.В. Інститут овочівництва і баштанництва НААН. Київ, 2022. 128 с. (50 % авторства: аналіз та систематизація наукової та методичної інформації, візуальний супровід, підготовка до публікації).

**Отримання українських охоронних документів на об'єкти  
інтелектуальної власності:**

28. Пат. 160350 на сорт рослин ІВК 2314 *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. «Глива легенева». Бісько Н.А., Мироничева О.С., **Бандура І.І.** Заявка № 13627001 Назва сорту: ІВК 2314 Заявник і власник Таврійський державний агротехнологічний університет. заявл.: 17.10.2013, опубл. 17.06.2016. Патент № 160350. (40 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

29. Свідоцтво №160829 про державну реєстрацію сорту рослин ІВК 2314 *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. «Глива легенева». Бісько Н.А., Мироничева О. С., **Бандура І.І.** Дата державної реєстрації майнового права інтелектуальної власності на поширення: 25.04.2016. (40 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

30. Пат № UA 127654 U. Україна, МПК51, A23B 7/16, A01F 25/14, B65B 25/02. Спосіб підготовки грибів роду Глива - *Pleurotus* (Fr.)P.Kumm до зберігання. **Бандура І.І.**, Кулік А.С., Чаусов С.В., Прісс О.П.. Заявник і власник Таврійський державний агротехнологічний університет: №u201803761, заявл.: 06.04.2018, опубл.10.08.2018; Бюл. №15. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

31. Свідоцтво №171270 про реєстрацію сорту рослин ІВК 2301 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm «Глива звичайна». Бісько Н.А., Мироничева О.С., **Бандура І.І.** Дата державної реєстрації майнового права інтелектуальної власності

на поширення: 12.10.17р. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

32. Пат № UA 149075 U МПК51 А01G 18/20 (2018.01) Спосіб отримання зернового міцелію грибів. **Бандура І.І.**, Севастьянович В.М., Кулік А.С., Макогон С.В., Чаусов С.В., Єременко О.А.: Заявник і власник Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного: № у 2021 02929: заявл. 01.06.2021, опубл.13.10.2021; Бюл. №41. (40 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

33. Пат № 149076 U МПК51, А23В 7/14 (2006.01). Спосіб вирощування дереворуйнівних грибів. **Бандура І.І.**, Кулік А.С., Чаусов С.В., Макогон С.В. Заявник і власник Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного: № у 2021 02930, заявл. 01.06.2021, опубл.13.10.2021; Бюл. №41 (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

#### ***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації***

34. Бандура И.И. Анализ технологических показателей зерновых смесей для изготовления посевного зернового мицелия. *«Инновационные подходы и технологии для повышения эффективности производств в условиях глобальной конкуренции»* международная научно-практическая конф-я, посв. памяти член-корр-а КазАСХН, д.т.н., профессора Тулеуова Елемеса Тулеуовича. 01 марта 2016 г., Семей: Государственный университет имени Шакарима. 2016. №2. С.339–341

35. Шаховський П. **Бандура І.І.** Зміни якісних показників плодових тіл гливи легеневої *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Qué1. в процесі переробки за різних термінів температурного впливу. III Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція студентів та магістрантів за підсумками наукових досліджень 2015 *«Інноваційні агротехнології»*. Мелітополь, ТДАТУ. 2016. С.25–27. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

36. Бісько Н.А., Бандура І.І. Вплив добрива Аватар (комплекс наночитратів мікроелементів) на продуктивність та якість печериць та гливи. *Modern methodologies, innovations, and operational experience in the field of biological sciences*, Lublin, Republic of Poland, Dec 27-28, 2017. С.92–94 (50 % авторства: узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).

37. **Bandura I.**, Isikhuemhen O.S. Pretreatment of the wheat straw and solid state fermentation improves yield and biological efficiency in *Pleurotus ostreatus* (Jucq.) P. Kumm mushroom production *The 9th International medicinal mushroom conference*, Book of abstract, Palermo, Italy Sep 24-28. 2017. тези доповіді. С. 41–43. (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

38. **Бандура І.І.**, Кулик А.С., Байберова С.С. Сучасні способи зберігання грибів. *Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва*, 24-25 травня 2017 р., м. Умань, Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції, Умань, Видавець «Сочінський М. М.», 2017. С 134–135. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

39. **Бандура І.І.**, Кулик А.С., Каліцинський С.С, Сербова І.О. Особливості зберігання грибів родини глива. *Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: друга міжнародна науково-практична конференція*, 5–7 вересня 2017 р.. Харків, ХДУХТ. 2017. С.213–214. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів)

40. Кулик А.С., **Бандура І.І.**, Кльонова А.О. Новий спосіб підготовки грибів роду глива *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. до зберігання. Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Сучасні тенденції розвитку харчових технологій в умовах європейської інтеграції», 16 травня 2018 року, м. Київ. 2018. С.38–39. (30 % авторства: загальний задум,

*розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).*

41. **Бандура І.І.,** Кулик А.С., Байберова С.С. Економічна ефективність зберігання грибів гливи звичайної. *Сучасні підходи до післязбиральних технологій та маркетингу плодоовочевої продукції:* матеріали Міжнародної студентської науково-практичної конференції, м. Мелітополь, 2018 р. 2018. С.30 (40 % авторства: *загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів, підготовка до публікації).*

42. **Бандура І.І.,** Кулик А.С., Макогон С.В., Сокот О.Є. Перспективи використання грибної сировини для підвищення біологічної цінності продуктів харчування. *Інноваційні технології та актуальні питання післязбиральної доробки плодоовочевої продукції як важіль підвищення економічної ефективності,* 14-15 березня 2019 р., м. Херсон, Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції, Херсон: Видавничий дім «Гельветика».2019. С.14–17 (70 % авторства: *загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).*

43. **Бандура І.І.,** Сокот О.Є., Кулик А.С. Використання грибних полісахаридів у технології страв функціонального призначення. *Сучасні підходи до післязбиральних технологій та маркетингу плодоовочевої продукції,* 28-29 травня 2019 року, м. Мелітополь, Міжвузівська студентська науково-практична конференція, Видавничополіграфічний центр «Lux». 2019. С.57–59 (80 % авторства: *загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).*

44. **Бандура І.І.,** Кулик А.С., Макогон С.В., Орлова Т.Ю., Севастьянович О.С. Перспективи використання грибної сировини для підвищення біологічної цінності продуктів харчування. *Сучасні підходи до післязбиральних технологій та маркетингу плодоовочевої продукції.* 28–29 травня 2019 року, м. Мелітополь, Міжвузівська студентська науково-практична конференція, Видавничо-поліграфічний центр «Lux». 2019. С.51–56. (60 % авторства:

загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).

45. Кулик А.С., Загорко Н.П., **Бандура І.І.**, Булгаков І.В. Сучасні продукти функціонального призначення з додаванням рослинної сировини. *Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності*: третя Міжнародна науково-практична конференція, Харків, Мелітополь, Кирилівка, 4–6 вересня 2019 р., тези доповідей, 2019. С.207–209. (20 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів,).

46. **Bandura I.**, Isikhuemhen O.S., Kuli A.S. 2019. Fruiting position and length of incisions on substrate bags affect fruit body yield and cluster characteristics in *Pleurotus ostreatus*. *Abstract of the 10th International medicinal mushroom conference :IMMC-10* (Nantong, China, September 19–22, 2019., тези доповіді С.97–98 (80 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).

47. **Бандура І.І.**, Кулик А.С., Макогон С.В. Особливості інтродукції лікарських ксилотрофних грибів в промислову культуру. Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій: матеріали восьмої Міжнародної науково–практичної конференції. 29–30 червня 2020 р., м. Полтава. РВВ ПДАА. 2020. С.262 <http://doi.org/10.5281/zenodo.4054586> С.15-17 (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).

48. **Бандура І.І.**, Кулик А.С., Isikhuemhen O.S. Оцінка мікробіоти рослинних субстратів для промислового культивування їстівних грибів. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*: міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 24 листопада 2020 р., матеріали конференції під заг. ред. В.М. Кюрчева, Мелітополь: ТДАТУ. 2020. С.188–191. (80 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).

49. **Бандура І.І.**, Кулик А.С., Вакасова К.А, Сокот О.Е. Основи ефективної технології вирощування та зберігання поживної цінності грибів родів *Pleurotus*, *Cyclocybe* та *Calocybe*. Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання плодоовочевої продукції: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 18 листопада 2020 р.. Миколаїв: МНАУ, 2020. С.121–123. (30 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів).

50. Сокот О.Є., **Бандура І.І.**, Кулик А.С. Зміна вмісту ендополісахаридів в плодових тілах грибів роду глива під час зберігання та після термічної обробки. Матеріали I Міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С.83–84. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів, підготовка до публікації).

51. Бандура І.І. Аналіз особливостей ринка екзотических грибів в Україні. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*, Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 24 листопада 2020 р., матеріали конференції під заг. ред. В.М. Кюрчева., Мелітополь, ТДАТУ. 2020. С.206–208.

52. **Бандура І.І.**, Кулик А.С.. Особливості виготовлення напівфабрикатів з плодових тіл гливи золотої та опенька тополевого. Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, 22 квітня 2021 р. *Актуальні питання виробництва плодоовочевої продукції та винограду*. ТДАТУ. 2021. С.136–139 (80 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).

53. **Бандура І.І.**, Кулик А.С. Органолептичний аналіз грибів роду Глива (*Pleurotus* (Fr.) P. Kumm) як моделі ефективного культивування ксилотрофів з високою функціональною цінністю. *Проблеми виробництва і переробки*

*продовольчої сировини та якість і безпеку харчових продуктів, збірник наукових праць міжнар. наук.-практ. конф., 13-14 травня 2021 р., м. Житомир, Поліський національний університет. 2021. С.30–33. (60 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).*

54. **Bandura I., Kulik A.** Effect of casing and scratching treatments on nutritional contents in cultivated *Calocybe indica*. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв: друга міжнародна науково-практична інтернетконференція, 23 листопада 2021 р., матеріали конференції під заг. ред. В.М. Кюрчева, Мелітополь, ТДАТУ. 2021. С.152–154 (80 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).*

55. **Бандура І.І., Кулик А.С.** Особливості застосування рослинної олії як фактору ефективності вирощування *Pleurotus (Fr.) P. Kumm.* *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв: друга міжнародна науково-практична інтернетконференція, 23 листопада 2021 р., матеріали конференції під заг. ред. В.М. Кюрчева, Мелітополь, ТДАТУ. 2021. С.79–81 (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).*

56. **Бандура І.І.** Мікроскопія поверхні плодових тіл у системі формування якості грибів роду глива. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв: друга міжнародна науково-практична інтернетконференція, 23 листопада 2021 р., матеріали конференції під заг. ред. В.М. Кюрчева, Мелітополь, ТДАТУ. 2021. С.139–141.*

57. **Бандура І.І., Кулик А.С.** Аналіз мікробіоти камер вирощування гливи як фактора формування якості плодових тіл. *Інноваційні розробки молоді в сучасному овочівництві: Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції, 06 жовтня 2021 р., сел. Селекційне Харківської обл., Інститут*

овочівництва і баштанництва НААН, Вінниця, ТОВ «ТВОРИ». 2021. С.6–7 (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).

58. **Бандура І.І.,** Кулик А.С. Використання нетрадиційної сировини у складі м'ясних тефтелей у закладах ресторанного господарства. *Сучасні тенденції розвитку індустрії гостинності*. II Міжнародна. науково-практична конференція. 7–8 жовтня 2021 року. Львів. 2021. С.120–122. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів).

59. **Bandura I.,** Isikhuemhen O.S., Kulyk A., Bisko N., Makohon S. Microbiota in mushroom fruiting houses and the effect of isolated organisms on *P. ostreatus* mycelia growth and development in vitro *Abstract of the 11th International medicinal mushroom conference: IMMC-11*. Belgrad, Serbia.2022. тези доповіді С.69. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів, підготовка до публікації).



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

АФВШ	аеробна ферментація у високому шарі, метод термічної підготовки субстратів для вирощування грибів
Вегетаційний цикл (ВЦ)	для культури грибів розраховується від дати інокуляції субстрату культурою гриба до дати збору врожаю
БЕ	біологічна ефективність, яка визначається відношенням маси свіжозібраних плодових тіл до абсолютно сухої ваги субстрату
БП	біологічна продуктивність або врожайність культури, яка визначається відношенням маси свіжозібраних плодових тіл до ваги виготовленого субстрату
ВШ	висота шапинки - показник розміру шапинки, який для коректного морфологічного опису карпофорів з оглядом на асиметричність плодових тіл гливи визначали з точки переходу ніжки в шапинку до краю шапинки по прямому вектору від місця кріплення у зростку
Габітус	сукупність морфологічних ознак плодового тіла
Гіменофор	спеціалізовані тканини шапинки, звично пластинчастої або трубчастої форми. покритої шаром гіменію, який складається з циліндричних трохи розширених доверху базидій та розташованих між ними парафіз
ГРБ	поживне середовище на основі агару та гідролізату рибного борошна для культивування мікроорганізмів
Елективність	показник якості штучного середовища (субстрату), в якому складові підібрані таким чином, що забезпечують перевагу у розвитку певного виду або групи близьких видів організмів, та несприятливі для інших видів

Живильне середовище	штучно створена субстанція з речовини або суміші речовин, що застосовується для культивування макро- і мікроорганізмів.
Інкубація	процес підтримки стабільних мікрокліматичних умов для вегетативного розвитку грибною культури в субстраті
Інокуляція	введення чистої грибною культури до субстрату
Ксилотрофні гриби	види, які здатні в тій чи іншій мірі переробляти целюлозні та лігніноцелюлозні залишки, звичайно у природі зустрічаються на деревині (живій або відмерлій)
Карпофор	плодове тіло гриба
Культивар	штам, культура гриба, що вирощується в штучних умовах
КУО	колонієутворююча одиниця, що визначається за пророслою одиничною колонією на щільних живильних середовищах
Мікроклімат	штучно створені у приміщенні умови оточуючого середовища, де підтримуються на необхідному рівні температура, відносна вологість повітря, рівень освітлення, вміст вуглекислого газу.
Морфогенез	сукупність процесів диференціації вегетативних клітин гриба та розвитку плодових тіл до ступеня збиральної стиглості
ОС	одиниця субстрату, яка обмежена розмірами ємності (пакування) з субстратом та має певний об'єм, вагу.
ПГ	покривний ґрунт (торф, торф'яні суміші, тощо), який наноситься на поверхню субстрату для стимуляції плодоутворення.
Примордій	зародок плодового тіла, ткани якого ще не почали диференціацію
Продуктивність культури	визначається за двома показниками: тривалість технологічного циклу та біологічна ефективність.
ПТ	плодове тіло

Рафлінг	від англ. <i>ruffling</i> – брижіння або гофрування, техніка розпушування компосту або покривного ґрунту на глибину від 10 до 70 мм.
СК	субстратна композиція, що може складатися з декількох варіантів рослинної сировини, зернових та мінеральних добавок
Скретчинг	англ. ( <i>scratching</i> ) механічне видалення поверхневого шару повітряного міцелію на поверхні субстрату для стимуляції плодоутворення
Субстрат	поживне середовище для культивування грибів. Елективними називають субстрати, збалансовані відповідно до фізіологічних особливостей культури за складом поживних та мінеральних речовин, в яких знищено сторонні мікроорганізми (стерильні) або присутній один домінуючий вид бактерій (ферментовані)
ТМ	тривалість морфогенезу визначали за кількістю діб, що були необхідними для розвитку примордіїв до технічного розміру, який визначено оптимальним для збирання плодових тіл.
Технологічний цикл	загальна тривалість виробничого процесу; визначається з дати інокуляції субстрату культурою гриба до дати закінчення збирання врожаю свіжих плодових тіл, звичайно після 2-3 хвилині плодоношення.
Ш	шапинка
ШШ	ширина шапинки; з оглядом на асиметричність шапинки, поняття діаметру шапинки не може задовольнити точному морфологічному опису плодових тіл гливи. За ширину мали показник розміру шапинки за перпендикуляром до вектору ніжки
ШВР	швидкість вегетативного росту, визначається як щоденний приріст міцелія культури у міліметрах на добу (мм/доба)

Хвиля тривалість збору врожаю плодівих тіл, є різною для різних  
плодоношення культур грибів

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ.....	25
ВСТУП.....	33
РОЗДІЛ I ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ СПОЖИВЧОЇ ЯКОСТІ КСИЛОТРОФНИХ ГРИБІВ (огляд літератури).....	43
1.1 Особливості розвитку світового та вітчизняного виробництва ксилотрофів. .....	44
1.2 Загальні складові системи ефективного виробництва грибів.....	50
1.2.1 Створення колекцій та оцінка якості промислових культур. ....	51
1.2.2 Шляхи забезпечення якості посівного матеріалу. ....	54
1.2.3 Особливості формування якості субстратів. ....	57
1.2.4 Роль мікрокліматичних умов у формуванні якості врожаю грибів .....	64
1.2.5 Профілактика хвороб грибів як елемент формування якості врожаю....	74
1.2.6 Умови зберігання та особливості переробки грибної сировини. ....	77
1.3 Головні напрями розширення промислового асортименту ксилотрофних видів грибів .....	80
1.3.1 Гливи звичайна ( <i>P. ostreatus</i> ) та глива легенева ( <i>P. pulmonarius</i> ) як модельні види вивчення особливостей штучного вирощування ксилотрофів .....	80
1.3.2 Глива степова ( <i>P. eryngii</i> ). ....	85
1.3.3 Глива золота ( <i>P. citrinopileatus</i> ). ....	89
1.3.4 Опеньок тополевий ( <i>C. aegerita</i> ).....	92
1.3.5 Опеньок зимовий ( <i>F. velutipes</i> ). ....	95
1.3.6 Молочний гриб ( <i>C. indica</i> ) або калоцибе індійський.....	98
1.4 Сучасні тенденції зберігання та переробки грибної сировини.....	102
Висновки до РОЗДІЛУ I .....	108
Список використаної літератури до розділу I.....	110
РОЗДІЛ II.....	161
ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	161
2.1 Наукова гіпотеза та програма досліджень .....	161

2.2	Матеріали досліджень.....	162
2.3	Елементи загального аналізу даних.....	168
2.4	Особливі умови та методи проведення досліджень за програмою.....	174
2.5	Методи статистичного аналізу результатів.....	204
	Висновки до розділу II.....	204
	Список використаної літератури до розділу II.....	206
<b>РОЗДІЛ III АНАЛІЗ ЕЛЕМЕНТІВ АДАПТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ</b>		
<b>ВИРОЩУВАННЯ ГРИБІВ РОДУ <i>PLEUROTUS</i> (FR.) P. KUMM. ЯК МОДЕЛІ</b>		
<b>КУЛЬТИВУВАННЯ КСИЛОТРОФІВ.....</b>		
	3.1	Визначення особливостей промислового культивування штамів <i>Pleurotus ostreatus</i> .....
		212
	3.1.1	Оцінка впливу субстратів, виготовлених методом аеробної ферментації у високому шарі (АФВШ), на ефективність вирощування <i>Pleurotus ostreatus</i> .....
		213
	3.1.2	Аналіз елементів технологічної якості плодових тіл штамів <i>Pleurotus ostreatus</i> та <i>Pleurotus pulmonarius</i> .....
		221
	3.1.3	Оптимізація термінів збирання для формування якості грибною сировини.....
		228
	3.2	Дослідження впливу субстратів адаптованого складу на характеристики культиварів роду <i>Pleurotus</i> .....
		232
	3.2.1	Аналіз ефективності застосування води з підвищеною концентрацією солі у технології вирощування культиварів роду <i>Pleurotus</i> .....
		232
	3.2.2.	Оцінка впливу субстратів, збагачених рослинною олією на культуральні характеристики та технічні показники вирощування штамів <i>Pleurotus ostreatus</i> 2301 та <i>Pleurotus pulmonarius</i> 2314.....
		238
	3.3	Аналіз кількісних та якісних характеристик мікробіоти приміщень тривалого культивування штамів видів роду <i>Pleurotus</i> .....
		244
	3.4	Визначення впливу розташування субстрату та розміру перфорацій на морфологію зростків та плодових тіл <i>P. ostreatus</i> 2301.....
		258
	3.5	Оцінка технічних характеристик <i>Pleurotus pulmonarius</i> 2314 як об'єкту безперервного культивування.....
		270
	3.6	Варіативний аналіз морфологічних особливостей штамів <i>Pleurotus eryngii</i> .....
		280
	3.7	Вплив складу стерильних субстратів на ефективність культивування та якість плодових тіл <i>Pleurotus citrinopileatus</i> 2161.....
		290

Висновки до розділу III.....	300
Список використаної літератури до розділу III.....	308
<b>РОЗДІЛ IV ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАСАД ФОРМУВАННЯ</b>	
<b>ЯКОСТІ ВРОЖАЮ ОПЕНЬКА ЗИМОВОГО <i>FLAMMULINA VELUTIPES</i></b>	
<b>(CURTIS) SINGER.....</b>	<b>322</b>
4.1 Скринінг штамів <i>Flammulina velutipes</i> щодо перспектив впровадження у промислове виробництво.....	322
4.2 Визначення впливу складу субстратних композицій на технічні показники штамів <i>Flammulina velutipes</i> 2038, 2039, 2337.....	329
4.3 Оцінка впливу складу субстратних композицій на вихід напівфабрикатів <i>Flammulina velutipes</i> 2039 у післязбиральних процесах.....	333
4.4 Визначення впливу маси субстратного блоку на технічні показники штаму <i>Flammulina velutipes</i> 2039.....	335
Висновки до Розділу IV .....	337
Список використаної літератури до розділу IV .....	339
<b>РОЗДІЛ V ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАСАД ПРОМИСЛОВОГО</b>	
<b>КУЛЬТИВУВАННЯ ОПЕНЬКА ТОПОЛЕВОГО <i>CYCLOCYBE AEGERITA</i> .....</b>	
<b>5.1 Порівняльна характеристика штамів <i>Cyclocybe aegerita</i> 2229, 2230, 2231</b>	
<b>щодо перспективи впровадження у промислове виробництво.....</b>	<b>342</b>
5.2 Аналіз впливу складу субстратних композицій на загальні показники культивування штаму <i>Cyclocybe aegerita</i> 2231.....	356
5.3 Оцінка впливу техніки відкриття пакетів на показники вирощування штаму <i>Cyclocybe aegerita</i> 2231.....	364
Висновки до розділу V:.....	367
Список використаної літератури до розділу V .....	370
<b>РОЗДІЛ VI ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ІНТРОДУКЦІЇ ТРОПІЧНОГО ГРИБА</b>	
<b><i>CALOCYBE INDICA</i> PURKAY. &amp; A. CHANDRA У ПРОМИСЛОВЕ</b>	
<b>ВИРОБНИЦТВО.....</b>	<b>376</b>
6.1 Дослідження впливу складу субстратних композицій та методу термічної обробки рослинної сировини на технічні показники культивування <i>Calocybe indica</i> .....	376
6.2 Аналіз впливу мікрокліматичних умов на формування якості плодкових тіл <i>Calocybe indica</i> .....	381

6.3 Оцінка впливу висоти покривного ґрунту та техніки «скретчингу» на технічні характеристики <i>Calocybe indica</i> .	386
Висновки до розділу VI:	400
Список використаної літератури до розділу VI.	402
<b>РОЗДІЛ VII АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНОГО ЕФЕКТУ РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ ГРИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ</b>	
7.1. Аналіз особливостей розвитку українського ринку ксилотрофних грибів.	407
7.2 Практична реалізація отриманих результатів.	412
7.3 Організація системи контролю якості процесу виробництва грибів.	415
7.4 Розв’язання задачі оптимізації виготовлення багатокomпонентних субстратів.	423
7.5 Оцінка економічних особливостей розширення асортименту ксилотрофних видів грибів в Україні.	426
Висновки до розділу VII:	432
Список використаної літератури до розділу VII	435
<b>ВИСНОВКИ</b>	438
<b>РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ</b>	441
<b>ДОДАТКИ</b>	445



## ВСТУП

**Актуальність теми.** Можливість швидкої біодеградації грибними культурами залишків рослинництва, деревопереробки та тваринництва з отриманням високоякісної харчової продукції з високим вмістом білків обумовила сталий розвиток світового грибівництва. Гриби цінуються споживачами за унікальний смак та аромат і, у повсякденному меню, використовуються як альтернатива м'ясних страв. Втім, в останні десятиліття гриби стали розглядати як продукт функціонального призначення, споживання якого є профілактикою серцево-судинних та онкологічних захворювань, порушень ендокринної та нервової системи людини [1–3]. Визначено, що кожен з видів грибів має свій унікальний біохімічний склад, відрізняється власним комплексом біоактивних сполук, містить есенціальні елементи та вітаміни, компоненти з активними медичними функціями [4–6]. Розширення асортименту грибів стало необхідним елементом піклування про здоров'я нації у Японії, Китайській народній республіці та Південної Кореї. З грибів роблять хліб, снеки, йогурти, десерти та навіть алкогольні напої.

Однак, на сьогодні 90% ринку України та більше 80% ринку Європи належить лише печериці (*Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach), а інші види у більшості представлені імпортованою сировиною та консервами. Цей факт, насамперед, пов'язаний з відсутністю адаптованих технологій вирощування інших видів та шляхів переробки їхніх тендітних плодових тіл, що швидко псуються. Втім, цікавість споживачів до нових видів грибів підтверджується їхньою ціною, яка на сьогодні у 3-10 разів перевищує вартість печериці. Отже, впровадження нових видів у промислове грибівництво України має високий економічний потенціал та перспективу забезпечення актуальних потреб населення щодо збільшення функціональності харчування.

Науковий інтерес до розширення асортименту їстівних та лікарських грибів підтверджується численними публікаціями результатів досліджень світових шкіл

практичної мікології, лідером з яких є китайська – під керівництвом всесвітньо відомого професора С.-Т. Чанга (Shu-Ting Chang), наслідком діяльності якої є впровадження у Китаї промислових технологій культивування 60 видів їстівних та лікарських грибів.

Великий внесок у вивчення особливостей вирощування окремих видів, шляхів підвищення їхньої продуктивності, застосування у медичній практиці та ветеринарії, напрямів збереження їх харчової цінності у процесі переробки внесли також школи під керівництвом видатних вчених Ф. Задражила (F. Zdražil), Д. Ройза (Royse D.), Ж. Зервакіса (Zervakis G.), Дж. Вентурело (Venturella G.) та багатьох інших. Українська школа практичної мікології стала відомою в світі за рахунок вивчення змін мікробіотичних сукцесій впродовж компостування (виготовлення субстратів) та їх впливу на ефективність вирощування таких відомих культур як печериця двоспорова та глива звичайна. Роботи Дудки І.О., Бухало А.С., Соломко Е.Ф., Бісько Н.А., Білай В.Т., Митропольської Н.Ю. та цілої когорти сучасних вітчизняних мікологів започаткували сталий розвиток практичного грибовництва в Україні.

Стрімкий розвиток штучного вирощування грибів, який вже революційно змінив в країнах Азії ставлення до них як до делікатесу на повсякденне споживання та введення у споживчий кошик як елементу оздоровчого харчування, в Європі та країнах Американського континенту лише починає своє становлення [7, 8]. За рахунок труднощів збереження грибної сировини і, відповідно, низької ефективності експорту виникає нагальна необхідність адаптації технологій культивування видів, що мають високий комерційний інтерес та лікарську цінність, до локальних умов. Питання розширення асортименту грибів потребують сучасного наукового обґрунтування, яке має враховувати високий соціальний ефект введення цінних продуктів на ринок країн Європи, економічну доцільність вирощування певної культури та особливості формування необхідної якості врожаю: органолептичних, фізико-хімічних показників та відповідної харчової безпеки. Складність технології вирощування грибів полягає в об'єднанні елементів інженерії, агрономічних заходів та, навіть, технік тваринництва.

Регламенти сталого вирощування грибів мають враховувати застосування локальних джерел агровідходів, чинники оточуючого середовища, морфологічні та фізіологічні особливості нових видів і штамів, а також показники ефективності їхнього виробництва, особливості переробки, тощо.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана впродовж 2014 - 2020 рр. згідно з планами науково-дослідних програм Науково-дослідного інституту агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного м. Мелітополя: «Розробка технологій вирощування та первинної обробки продукції рослинництва в степовій зоні України за умов глобального потепління» 2011–2015 рр. (ДР №0111U002553), «Обґрунтування та розробка нових і вдосконалення існуючих технологій охолоджених та консервованих рослинних продуктів» 2016-2020 рр. (ДР №0116U002734).

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи була розробка та обґрунтування наукових засад енергоефективних технологій промислового культивування ксилотрофних видів їстівних грибів, які дозволяють керувати процесами формування харчової та споживчої якості плодових тіл.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- визначити загальні та індивідуальні агротехнологічні чинники, що впливають на біологічну ефективність, особливості морфогенезу та біохімічний склад плодових тіл штамів *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, *P. pulmonarius* (Fr.) Quél., *P. eryngii* (DC.) Quél, *P. citrinopileatus* Singer, *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer, *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini та *Calocybe indica* Purkay. & A. Chandra;

- провести скринінг високопродуктивних штамів *P. ostreatus*, *F. velutipes*, *P. eryngii*, *C. aegerita* щодо перспектив впровадження у промислове виробництво;

- визначити вплив складу субстратних композицій на біологічну ефективність, технологічні характеристики та біохімічний склад плодових тіл досліджених штамів;

- дослідити особливості складу мікробіоти культиваційних приміщень тривалого використання як елементу забезпечення якості отриманого врожаю плодових тіл;

–адаптувати технологію культивування нового для грибівництва нашої країни штаму тропічного виду *C. indica* до кліматичних умов України;

- розрахувати коефіцієнти виходу напівфабрикатів під час післязбиральних операцій плодових тіл ксилотрофних видів їстівних грибів різного ступеня стиглості;

- здійснити промислову апробацію розроблених регламентів культивування відібраних високоврожайних штамів досліджених видів грибів, оцінити економічну та соціальну ефективність їх впровадження у грибівництво України.

**Об’єкт досліджень** – процес формування складових якості урожаю ксилотрофних їстівних грибів родів *Pleurotus*, *Flammulina*, *Cyclocybe* та *Calocybe* в умовах адаптованих технологій штучного вирощування.

**Предмет досліджень** – закономірності змін морфологічних, біохімічних та квалітативних показників промислових культур ксилотрофних базидіоміцетів за впровадження сучасних методів вирощування в штучних умовах.

**Методи досліджень.** Методи дослідження: загальнонаукові – аналіз існуючих даних та синтез методичних настанов, узагальнень та спостережень за процесами зміни якості предметів досліджень; експериментальні – складання схем та здійснення лабораторних дослідів: фізичних, мікробіологічних, біохімічних, мікроскопічних, тощо; спеціальні–математично статистичні – для визначення варіативності морфологічних показників зростків та плодових тіл, точності та вірогідності досліджень; порівняльно-розрахункові – для визначення економічної ефективності впровадження розроблених регламентів вирощування ксилотрофних видів.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

Розроблено наукові засади високоефективних методів регуляції формування якості субстрату та технологічних режимів культивування, які дозволяють

отримувати плодові тіла ксилотрофних видів грибів з високою харчовою цінністю та лікарськими властивостями.

*Уперше:*

- оптимізовано склад елективних субстратів та проведено скринінг вітчизняних штамів для отримання високих показників біологічної ефективності в умовах промислового культивування плодових тіл *P. ostreatus*, *P. pulmonarius*, *P. eryngii*, *P. citrinopileatus*, *F. velutipes*, *C. aegerita*, *C. indica*.

- проведено комплексну оцінку ефективності культивування та післязбиральних операцій відібраних високоврожайних штамів видів роду *Pleurotus* за умов застосування енергоефективної технології зі сезонною зміною штамів;

- визначено коефіцієнти втрати сировини в післязбиральних операціях та виходу напівфабрикатів досліджених видів ксилотрофних грибів, що залежать від складу субстрату та біологічних особливостей об'єкту культивування. Обґрунтовано строки збирання врожаю відповідно до подальшого використання плодових тіл.

- доведено ефективність цілорічного культивування штаму *P. pulmonarius* 2314 як складової промислового процесу, що враховує сезонні коливання попиту на гриби;

- проаналізовано кількісний та якісний склад мікробіологічних сукцесій у повітрі приміщень, де тривалий час вирощуються гриби, та класифіковано типи взаємодії домінантних плісневих форм та міцелію штамів *P. ostreatus*;

- розраховано динаміку збільшення титру колонієутворюючих одиниць плісневих грибів на поверхні плодових тіл *P. ostreatus* залежно від стану мікробіологічної забрудненості культиваційних приміщень;

- доказано вплив комплексу агротехнологічних прийомів розташування субстратних одиниць та розміру перфорацій блоків на біотехнологічні показники культивування та морфологію зростків і плодових тіл *P. ostreatus*. Визначено заходи, що дозволяють формувати зростки певного розміру з прогнозованою кількістю плодових тіл та визначають форму шапинок;

- розраховано показники виходу субстрату після інкубації та виявлено вплив складу субстрату на цей показник, що обґрунтовує розрахунки собівартості субстратів для різних варіантів реалізації досліджених видів ксилотрофних грибів;

- проведено успішну апробацію технології промислового вирощування тропічного виду *C. indica* в умовах помірного клімату з використанням субстратів, виготовлених з локальних агровідходів та рослинних компонентів, методами аеробної ферментації у високому шарі та стерилізації. Визначено ефективність застосування техніки скретчингу як операції, що впливає на збільшення врожайності, покращення хімічного складу плодових тіл та показники культивування *C. indica*.

*Удосконалено:*

- методи збалансування агрохімічних властивостей субстратів та агротехнологічні прийоми для підвищення біологічної ефективності плодоношення залежно від біологічних особливостей об'єкта культивування;

- наукові основи вибору методу підготовки субстратів для промислового вирощування їстівних грибів та розрахунку формул субстратних композицій;

- елементи технології вирощування 7 видів грибів з доведеною їстівною та лікарською цінністю.

*Набули подальшого розвитку:*

- наукові засади адаптивних технологій штучного вирощування ксилотрофних видів;

- методичні аспекти формування якості плодових тіл вищих базидіоміцетів шляхом удосконалення формул субстратних композицій.

Наукова новизна результатів досліджень підтверджена 2 свідоцтвами про державну реєстрацію сорту рослин та 4 патентами України (Додаток. А.2-А.4, рис. А.2-А.4).

За результатами проведених досліджень сформульовано наступні наукові положення, що висуваються до захисту:

*1) формування якості врожаю промислових культур нових для грибовництва України ксилотрофних видів вищих базидіоміцетів базується на прогнозованих*

змінах фенотипічних та біохімічних характеристик продуктивних штамів шляхом застосування технічних елементів адаптаційних технологій.

2) елективність субстратних композицій є основним фактором, який визначає продуктивність та біохімічний склад отриманої врожаю, вона може прогнозуватися за рахунок регулювання складу основних органічних та мінеральних речовин рослинної сировини та методів термічної підготовки субстрату.

3) впродовж морфогенезу відбуваються зміни біохімічного складу плодових тіл, які є суто індивідуальними для кожного штаму, тому терміни збирання врожаю мають визначатися індивідуально відповідно до подальших шляхів переробки врожаю.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

Розроблено промислові регламенти адаптованих енергоефективних технологій вирощування плодових тіл високопродуктивних штамів ксилотрофних грибів родів *Pleurotus*, *Flammulina*, *Cyclocybe* та *Calocybe*, які передбачають формування необхідних параметрів якості за рахунок збалансування формул субстратних композицій та виготовлення одиниць субстрату певної маси, застосування відповідних технік формування розмірів плодових тіл, визначення термінів збирання врожаю відповідно до способу подальшої переробки зібраного врожаю .

Матеріали досліджень використано при написанні методичних вказівок для підготовки здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр» за спеціальністю 201 «Агрономія» (2020) та 181 «Харчові технології»; навчального посібника «Малопоширені овочеві рослини та гриби» (2021), Методики наукових досліджень у грибівництві (2022).

**Особистий внесок здобувача.** Наведені результати отримані автором самостійно: теоретично обґрунтовано напрями досліджень, визначено наукову проблему та сформульовано основні робочі гіпотези, розроблено програму досліджень і методи вирішення завдань. Під керівництвом та за безпосередньої участі автора проведено експериментальні дослідження в лабораторних та

виробничих умовах, проаналізовано одержані дані, розроблено регламенти та настанови, розраховано економічну ефективність запропонованих технологій та підготовлено практичні рекомендації. За результатами роботи підготовлені відповідні статті, доповіді та презентації на наукові конференції, оформлені патенти. Автором особисто здійснено апробацію результатів роботи на промислових підприємствах України.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертації та отримані результати обговорено на щорічних наукових конференціях професорсько-викладацького складу Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного (2014–2021 рр.) та інших конференціях: Другій міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв», 23 листопада 2021 р., Мелітополь; II Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні розробки молоді в сучасному овочівництві» (06 жовтня 2021 р., сел. Селекційне Харківської обл.); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якість і безпечність харчових продуктів», 13-14 травня 2021 р., м. Житомир; Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Актуальні питання виробництва плодоовочевої продукції та винограду», 22 квітня 2021 р., м. Мелітополь; Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв», 24 листопада 2020 р., м. Мелітополь; III Міжнародній науково-практичній конференції «Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва», 24-25 травня 2017 р., м. Умань; Другій міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності» 5–7 вересня 2017 р., м. Харків; 9-й Міжнародній конференції медичних грибів («The 9th International medicinal mushroom conference»), яка відбулася в м. Палермо, Італія (Palermo, Italy) 24-28 вересня 2017 р.; на Міжнародній конференції «Modern methodologies, innovations, and operational experience in the



field of biological sciences», 27-28 грудня 2017 р. м. Люблін, Польща (Lublin, Republic of Poland); VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини» 19-20 квітня 2018 року, м. Кривий Ріг; Международной научно-практической конференции, посвященной памяти член-корр. КазАСХН, д.т.н., профессора Тулеуова Елемеса Тулеуовича, 1 марта 2016 г., г. Семей, Казахстан; III міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології та актуальні питання післязбиральної доробки плодоовочевої продукції як важіль підвищення економічної ефективності», 14-15 березня 2019 р., м. Херсон; III Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності», 4–6 вересня 2019 р. м. Кирилівка; 10-й Міжнародній конференції медичних грибів (The 10th International medicinal mushroom conference :IMMC-10), 19-22 вересня 2019 р. Нантонг, Китай (*Nantong, China*) ; 8-й Міжнародній науково–практичній конференції «Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій», 29–30 червня 2020 р., м. Полтава; 11 Міжнародній конференції медичних грибів( *11th International medicinal mushroom conference: IMMC-11*), 28-30 вересня, 2022. Белград, Сербія (Belgrad, Serbia).

Результати роботи обговорювались на практичних конференціях «Сучасне грибівництво 2017-2019», які організовано і проведено за підтримки Українського проекту бізнес-розвитку плодоовочівництва (UHBDP) (Кирилівка–Мелітополь) та Днях українського грибівництва (міжнародних виставках- конференціях) 2017-2021 років, які організовувала агенція УМДІС за підтримки Асоціації грибовиробників України (Одеса–Київ).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 59 наукових праць, зз них 5 статей у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection, Scopus, 15 статей у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, 2 статті у наукових періодичних виданнях інших держав з напряду, з якого підготовлено дисертацію, 3 статті в інших виданнях, які додатково відображають наукові результати дисертації,

4 патенти та 2 свідоцтва про державну реєстрацію сорту рослин, 2 навчальних посібника, 26 тез доповідей на міжнародних та вітчизняних наукових конференціях.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційну роботу виконано на 444 сторінках основного тексту, вона містить 56 таблиць, 109 рисунків, 95 сторінок додатків. Дисертаційна робота складається зі вступу, 7 розділів, висновків, рекомендацій виробництву та додатків. Список використаних джерел налічує 679 найменувань, у тому числі 559 іноземних.

## РОЗДІЛ І

### ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ СПОЖИВЧОЇ ЯКОСТІ КСИЛОТРОФНИХ ГРИБІВ (огляд літератури)

Прогресивність абсолютної діджиталізації суспільства та економіки, яка визначає стрімкий перехід сучасної цивілізації до епохи знань і творчості, має, з іншої сторони, суттєві негативні наслідки для здоров'я людства. Цифрові трансформації життя зумовлюють поступове витіснення фізичної праці, а тотальне зменшення м'язової активності призводить до необхідності перегляду щоденного раціону в сторону зменшення калорійності та насичення споживчого кошика біоактивними, функціональними речовинами. Саме тому стрімко зростає попит на ксилотрофні гриби, які мають збалансований склад органічних речовин та доведені лікарські властивості. Висока ціна на оздоровчі та «екопродукти» є рушійною силою процесів виробництва грибів, бо дають змогу отримати врожай з відходів сільського господарства. Відомо, що грибовиробники, які позиціонують свій товар як елемент оздоровчого харчування та дієт з імунопротекторним, протипухлинним, гіпоглікемічним ефектом, мають більші шанси для реалізації товару за підвищеною ціною [9]. Тому головною проблемою сучасного грибівництва є постійний пошук шляхів покращення технічних показників якості виробленої грибної сировини, зокрема органолептичних та біохімічних, а також забезпечення належної харчової безпеки.

За аналізом останніх наукових публікацій та аналітичних оглядів стану ринку штучно вирощених грибів визначено три основні напрями сталого розвитку світової грибної галузі:

- 1) пошук продуктивних видів та штамів з цікавими морфологічними ознаками [10–12];
- 2) підвищення смакових характеристик та поживної цінності за рахунок використання удосконалених формул субстратних композицій [13–16];

3) дослідження ефективних методів зберігання та переробки грибної сировини [17–23].

### **1.1 Особливості розвитку світового та вітчизняного виробництва ксилотрофів**

Видатний китайський вчений С.-Т. Чанг (Shu-Ting Chang), якого світова спільнота мікологів з великою повагою називає Містер Гриб (Mr. Mushroom), вважає, що сучасний стан грибної промисловості можна розділити на три основні категорії: вирощування їстівних грибів; отримання продуктів з грибів, що мають лікарські властивості; та роботи, пов'язані з дикорослими (лісовими) грибами [24].

У кожному з цих сегментів грибної галузі активно працюють відповідні міжнародні органи:

1) Міжнародне товариство науковців з вивчення їстівних грибів (International Society of Mushroom Science, for edible mushrooms);

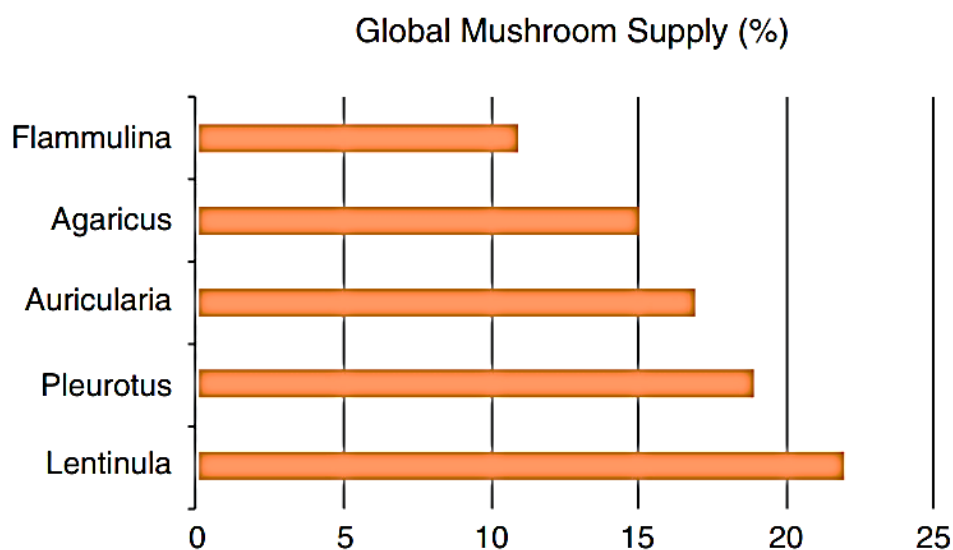
2) Всесвітнє товариство з біології грибів та лікарських грибних продуктів (World Society for Mushroom Biology and Mushroom Products);

3) Міжнародне практичне об'єднання з їстівних мікоризних дикорослих грибів (International Workshop on Edible Mycorrhizal Mushrooms).

Вони вже зробили багато для просування відповідних напрямів через об'єднання вчених на міжнародних форумах для корисних дискусій, заохочення досліджень, поширення цінної інформації та продовжують цю важливу роботу.

Виробництво грибів у всьому світі неухильно зростає, головним чином за рахунок внесків країн, що стрімко розвиваються, таких як Китай, Індія та В'єтнам [25]. Значно розширюється видове різноманіття штучно вирощених грибів. Так, ще у 1986 році 56 % світового виробництва грибів складала печериця двоспорова *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach, а вже в 2010 році цей показник знизився до 30% на користь видів *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. (глива–37%), *Lentinula* Earle (шіїтаке–17%) та інших, так званих, «екзотичних» грибів (26%), включаючи аурікулярію *Auricularia auricula-judae* (Bull.) Qué! (6%) та опеньок зимовий *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer (5%) [26].

Валовий дохід від продажу їстівних, штучно вирощених грибів у 2017 році складав приблизно 34 мільярдів доларів США, тоді як лікарських грибів—24 млрд. дол., а дикорослих грибів лише 5 млрд. дол., або 8% від загальної суми [34]. За іншими даними, глобальне виробництво грибів станом на 2018 рік мало декілька інший розподіл: найбільшу долю відведено шіїтаке—23% та гливі—18%, а на «екзотичні» гриби – опеньок зимовий та аурікулярію, по 11 та 17% відповідно. На долю печериці припадало лише 15% (рис. 1.1).



**Рис. 1.1. Світове виробництво п'ятьох основних видів грибної продукції станом на 2018 р. [27].**

У будь якому разі, стає зрозумілим, що застосування загальноновживаного, але не наукового терміну «екзотичні гриби», до яких відносили всі їстівні культивовані гриби, за виключенням печериці, найближчим часом буде значно звуженим [28,29].

Світова тенденція стрімкого розширення асортименту грибів, що вирощуються штучно, базується на наукових доказах функціональної спрямованості споживання вищих базидієвих грибів, їх доведених харчовій та лікарській цінності. Ще кілька десятиліть тому, культивування грибів розглядали лише як можливість забезпечення населення дешевим джерелом протеїнів [30,31]. Сьогодні відношення до грибів кардинально змінюється. Рудольф Мулдерій (Rudolf Mulderij), редактор міжнародного видання «Fresh Plaza» заявляє: «Покупці

хочуть нових кольорів і смаків на грибному ринку». Сучасний споживач згоден платити 4 долари за кілограм гливи та 12 доларів за кілограм «піопіно» – опенька тополевого, тоді як середня світова ціна на яловичину складає 4,7 долари (за статистичними даними на 2020 рік) [32]. За результатами аналізу споживання грибів в США, американські дослідники доводять зростання попиту в основній віковій категорії покупців–людей у віці від 20 до 39 років, а чинниками цього вважають активне фізичне життя та піклування про своє здоров'я [33].

Відомий міколог, професор державного університету Пенсильванії–штату, який займає перше місце в США за об'ємами виробництва грибів, Д. Ройз стверджує, що споживання грибів за останні 15 років збільшилося учетверо і продовжує зростати [34]. Аналітики пов'язують таке підвищення інтересу до грибною продукції з розвитком ідей здорового харчування, низькою калорійністю грибів, що дозволяє використовувати їх в дієтах, контролюючих вагу [35].

Головні причини світового буму грибовиробництва розкривають автори чудової книги під редакцією Петера Чеунга (Peter C.K. Cheung) «Гриби як функціональні продукти» (Mushrooms as functional foods). У книзі наведено вичерпну інформацію щодо сучасних досліджень практичної мікології, від агротехнологічних аспектів промислового виробництва до використання молекулярно-біологічних методів вивчення грибів. Книга містить безліч доказів харчової цінності нових культиварів, корисну інформацію про використання нетрадиційних морфологічних форм грибів (склероцій), а також результати наукових пошуків щодо фізіологічного впливу та фармакологічних властивостей біоактивних компонентів грибів, стосовно норм їх застосування [1].

Отже, сучасний революційний розвиток світової грибною галузі має стійке матеріальне та достатнє наукове обґрунтування. За даними Інституту інвестиційної політики, виробництво грибів є одним з найперспективніших і високотехнологічних сегментів світового АПК, річний обсяг якого складає близько 40 мільярдів доларів США при темпах зростання більше 9% на рік [36].

На сьогоднішній день, лідером світового виробництва грибів є Китайська народна республіка. Так, у 2010 році в країні було вироблено 5 391 тисяч тон

грибів, що складало 85,7% від загального виробництва у світі. В інших країнах Азії, з урахуванням Японії, вирощено 872 тис. тон грибів (13,1%), тоді як в країнах Європейського Союзу—лише 32 тис. тон або 0,5% від загальної цифри [34]. У той же час, в Китаї кількість спожитих грибів на душу населення виросла з 6 кг на рік у 2003 до 10 кг у 2008 (за п'ять років більше ніж на 66%). Спостерігають ріст споживання дереворуйнівних грибів: гливи—в 1,4 рази, шиїтаке—в 1,7 рази, а опенька зимового в 2,2 рази [30]. В іншій азіатській країні – Малайзії, вчені прогнозують збільшення використання гливи з 1 кг в 2008 до 2,4 кг в 2020 році [26]. А прогноз світового ринку грибів передбачає зростання виробництва грибів з 12,74 млн т в 2018 р. до 20,84 млн т в 2026 р. [35].

Міжнародний незалежний інститут аналізу інвестиційної політики (МНІАП) визначає такі ключові напрямки в розвитку сучасного ринку грибів:

1) мікоризні гриби: трюфель, білий гриб і т.п., що представлені на ринку дикорослими видами, а технології культивування яких знаходяться в стадії наукових розробок, або відсутні;

2) дереворуйнівні гриби (глива, шиїтаке, опеньки), технологічні засади вирощування яких досить прості, а тому можуть бути реалізовані в умовах малооб'ємних фермерських виробництв;

3) печериці, що вимагають індустріального підходу до організації виробництва.

Аналітики підкреслюють тенденцію до поділу робочих напрямків у грибному бізнесі: виробництвом компосту і субстратів займаються великі спеціалізовані компанії, які об'єднують навколо себе фермерські господарства по вирощуванню грибів, приймають у них вже готову продукцію на реалізацію, акумулюють її в достатній кількості, щоб забезпечити своєчасні стабільні поставки свіжих грибів у торгові мережі [36].

У країнах світу цей принцип вже давно реалізований на прикладі таких відомих компаній як CNC Grondstoffen B.V. (Genper (NL)), яка є основним постачальником компостів та субстратів для вирощування екзотичних грибів у Європі. Компанія по розвитку сільського господарства ТОВ Фуцзянь Цзятянь

(Чжанчжоу, Фуцзянь, Китай), яка кожен день поставляє грибівникам більше 160 тис. ємностей для вирощування *P. eryngii* (King Oyster), є лідером з виробництва грибів роду *Pleurotus* на Сході. Створений групою фермерів з Пенсильванії ще у 1950-х роках Американський Грибний Інститут (АГІ), який у наш час є національною асоціацією добровільної торгівлі та представляє виробників, переробників та продавців штучно вирощених грибів у Сполучених Штатах, об'єднує також постачальників необхідного для цього обладнання у всьому світі (<http://surl.li/aujksk>, <http://surl.li/aujssp>, <http://surl.li/aujsr>).

В Україні цей принцип реалізовується такими компаніями як ТОВ "АГАРІС МІКО УКРАЇНА" (у минулому Мікоген, GREENYARD) (<http://surl.li/aujss>), ТОВ НВП «ЕКО-ГРІБ» (м Добровеличківка, Кіровоградської області), ТОВ «Друїди» (м. Кривий Ріг Дніпропетровської обл.), ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (м Мелітополь Запорізької обл.) <https://www.facebook.com/GribnojDoktor/>, які в загальному еквіваленті визначали роботу 80% виробників печериці, гливи та екзотичних грибів у 2019 р.

Особливу увагу викликає зміна вектору розвитку українського грибівництва до вирощування нових видів грибів. За даними звітності від керівництва компанії «ГРИБНИЙ ЛІКАР», за рік було вироблено понад 5 млн кг субстрату, який при усередненої врожайності в 20% забезпечив отримання біля 1 млн кг свіжих грибів гливи. Але за розрахунком споживання на душу населення у віці від 16 до 59 років це складає лише 50 г на людину (<http://www.ukrstat.gov.ua/>). За іншими даними, отриманими від інформаційної агенції УМДІС, Україна посідає 11-те місце у світі за обсягами виробництва печериць: на її території діють близько 300 ферм з культивування печериць і близько 100 господарств займаються вирощуванням гливи. У 2019 р. загальне виробництво грибів становило майже 57 тис. т/рік, з яких лєвова частка припадає саме на печериці — 51,3 тис. т/рік. Річне виробництво гливи було на рівні 4,8 тис. тон, і в дуже невеликих кількостях (120–130 т/рік) вирощувалися гриби «екзотичної» групи: шіїтаке, агроцибе, ерінги та деякі інші (<http://surl.li/aujtg>).



Міжнародна Маркетингова Група (ММГ), аналізуючи стан українського ринку грибів, підкреслює, що попит на грибну продукцію в нашій країні обумовлений її смаковими характеристиками і високими функціональними якостями, зокрема, високим вмістом білка. Втім, ціна на гриби не є обмежуючим фактором: гриби найчастіше купують люди, чий дохід вище середнього. За результатами аналізу продажів, загальне споживання грибів в Україні на одну людину в 2020 році склало 1,5 кг/рік, тоді як у Франції – 3,1 кг, в Англії – 2,7 кг, а в США і Канаді – 2,2 кг на рік [37].

Ситуація з пандемією COVID-19 кардинально змінила відношення до екзотичних грибів в Україні: відомі лікарські властивості шіїтаке та опеньків обумовили підвищення їхнього споживання, а ціни на свіжі гриби цих видів вирости в 1,5–2 рази, порівняно з 2018 р. У той же час, ціни на гливу, що має доведену протизапальну та протипухлинну дію, залишаються на низькому рівні навіть за зростаючого попиту, що з однієї сторони робить ці гриби більш доступними для пересічного споживача, але з іншої – зменшує зацікавленість грибівників до їх виробництва. Наведені факти обумовлюють необхідність удосконалення існуючих технологій вирощування класичних видів (печериці та гливи) та розробки ефективних методів культивування нових для українського ринку видів грибів з оглядом на місцеві умови та можливості, з загальною метою отримання конкурентоспроможної продукції з високими показниками якості та безпечності.

Отже, підсумовуючи загальний стан сучасного розвитку грибівництва у світі та, зокрема, в Україні, визначаються наступні тенденції:

1) загальне споживання грибів активно зростає за рахунок використання грибів у дієтах для зниження ваги, в геронтологічній практиці, для регуляції фізіологічних процесів в організмі та в лікуванні певних хвороб [38–42];

2) ринок потребує негайного розширення асортименту як свіжих грибів, так і продуктів їхньої переробки з певною функціональною спрямованістю [2,43–47];

3) зростає кількість наукових досліджень щодо пошуку ефективних технологічних рішень проблем штучного вирощування нових видів, поглибленого

вивчення харчової якості свіжих грибів, шляхів збереження та підвищення вмісту есенціальних речовин в плодових тілах, тощо [12,22,23,48].

4) підвищується ефективність культивування грибів за рахунок обґрунтованої адаптації та покращення сучасних технологій [25,49,50];

5) організація світової грибної галузі змінюється від об'єднань приватних господарств до високоспеціалізованих компаній з функціями навчання, забезпечення необхідним обладнанням та загальними підприємствами для швидкої переробки грибної сировини, які забезпечують відповідну якість та доступність [39,51].

## 1.2 Загальні складові системи ефективного виробництва грибів

За результатами аналізу сучасних наукометричних баз визначено ключові напрями розвитку практичної мікології, які присвячені дослідженням загальних факторів ефективного культивування ксилотрофів. Так, тільки за 10 останніх років за ключовими словами «виробництво грибів» (*mushroom production*) опубліковано біля 92 600 статей, «промислове (комерційне) виробництво грибів» (*commercial mushroom production*) – 33 000, «виробництво субстратів для вирощування грибів» (*mushroom production substrate*)–24 100, «культури грибів» (*mushroom cultures*)–29 900, зокрема статей, присвячених роду Глива (*Pleurotus*)–41 200, опенькам роду *Flammulina* -12 400, опенькам роду *Agrocybe*–7 860, тропічному молочному грибу–*Calocybe indica* – 1 720, а стосовно біоактивних компонентів грибів (*mushroom bioactive compounds*) – 16 500 результатів наукових досліджень та оглядів. Зростає цікавість до грибної теми у вітчизняних науковців. Тільки українською мовою з 2011 по 2021 рік опубліковано близько 5 010 статей з ключовими словами «гриби, культивування». Цей рівень значно перевищує кількість публікацій стосовно вирощування таких популярних овочевих культур як томати (2 490), перець (2 080) та огірки (3 090) (<https://scholar.google.com/>).

Основні напрями актуальних мікологічних досліджень націлені на впровадження у промислову культуру та вивчення особливостей вирощування нових видів, що мають доведену харчову та лікарську цінність, на удосконалення

процесів виготовлення субстратів, на дослідження можливостей контролю кількості біоактивних речовин грибів за рахунок спеціальних технологічних засад. Так, визначено можливість збагачення плодових тіл печериці есенціальними елементами (цинк, молібден, селен, ін.). Для цього застосовують поливи покривного ґрунту 0,5 % розчином цитратних нанокмплексів цих металів. Відомо також про суттєве підвищення врожаю гливи після використання такого мікродобрива [52,53].

Звичайно, що індивідуальні особливості кожного виду потребують спеціалізованої технологічної практики, втім, за аналізом результатів сучасних наукових експериментів, було визначено загальні питання вирощування ксилотрофів, вирішення яких спрямовано на забезпечення якості отриманого продукту та максимального збереження їстівної та лікарської цінності грибів під час переробки.

### **1.2.1 Створення колекцій та оцінка якості промислових культур.**

Науковцями Китаю було проаналізовано близько 1500-2000 видів їстівних грибів, виділених з природніх об'єктів, з яких 981 було ідентифіковано. До 2002 року було введено в культуру 92 види, з яких 60 впроваджено в промислові масштаби та зараз вирощують з комерційною метою [54]. Глобальні кліматичні зміни та постійно зростаючі ціни на енергоносії обумовлюють необхідність пошуку термотолерантних видів та штамів, які б мали високу ефективність за умов вирощування за підвищених температур. Тому пошук таких культур є актуальним напрямом сучасного грибівництва. Підтвердженням цього є аналіз локалітетів, з яких останні 10 років виділяли, описували нові види грибів та каталогізували в *Index Fungorum* (<http://surl.li/aujug>). За його результатами визначено, що близько 60% всіх цих грибів є тропічними видами [55]. З іншої сторони, вивчення можливості впровадження в культуру штамів, виділених з природніх об'єктів, що є адаптованими до автохтонних джерел рослинної сировини та кліматичних умов, також сприяє підвищенню ефективності локальних виробництв.

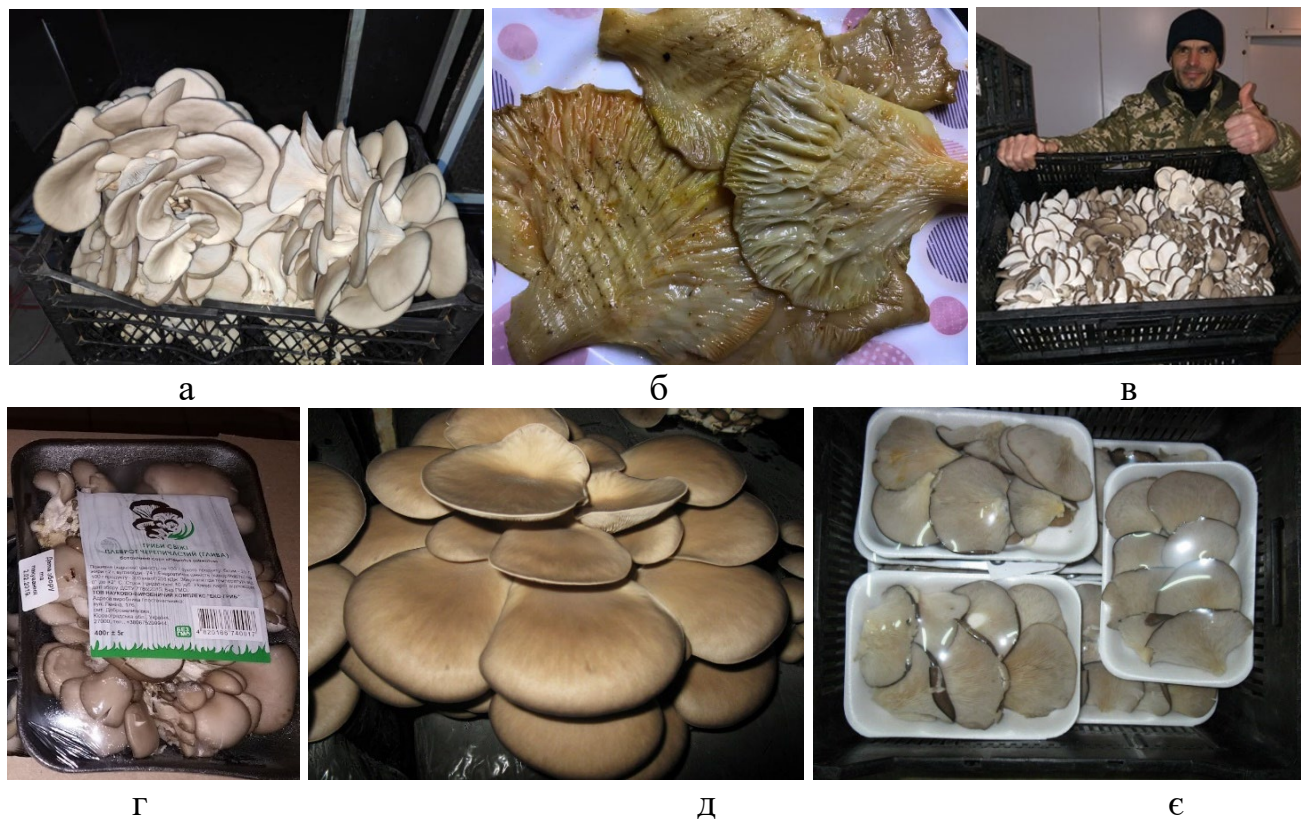
Отже, якість культури є однією з складових ефективного вирощування як класичних видів, що міцно закріпилися у системі сільськогосподарських технологій, так і нових культиварів.

Промислова якість культури, по-перше, визначається за фізіологічною активністю засвоєння рослинних субстратів: за тривалістю колонізації субстратної маси та загальною тривалістю вегетативного розвитку до появи зачатків плодових тіл–примордіїв [16]. По-друге, за продуктивністю, що оцінюється за масою грибів, зібраних з одиниці субстрату. Це може бути показник урожаю, виражений в грамах плодових тіл зібраних з кілограму маси виготовленого субстрату, або у відсотках – за відношенням маси грибів до сирої маси субстрату помноженому на 100 [56]. Важливою характеристикою культури, також, є біологічна ефективність (БЕ) засвоєння субстратів, яка визначається у відсотках за відношенням маси отриманих плодових тіл до абсолютно сухої маси субстрату. Ця характеристика дає змогу прогнозувати врожай за теоретично розрахованим складом субстратних композицій [57].

Відомо, що скринінг штамів дозволяє виявити їхні особливості та визначити найбільш перспективні для промислового впровадження. Так, за результатами скринінгу чотирьох комерційних і восьми дикорослих штамів *A. cylindracea*, що вирощували на пшеничній соломі було визначено п'ять культиварів які відрізнялися значно більшими показниками БЕ, які від 0,8 до 2,4 раза ( $p < 0,05$ ) перевищували результати інших, при цьому середні значення їхньої БЕ становили від 54,5 до 72,4 %. Цікаво, що три з цих найбільш високопродуктивних штамів було виділено з дикорослих плодових тіл, два з Азії (ICFC 621/04 і 622/04) і один штам з Південної Америки (ICFC 9/98). Два інших були комерційними штамами з Європи (ICFC 571/03 і 587/03) [58].

Особливі вимоги щодо якості культури висуває споживач, задоволення потреб якого є рушійною силою розвитку промислового виробництва грибів. Так, морфологічні особливості культури мають відповідати вподобанням щодо форми та розмірів плодових тіл та їхніх зростків, кольору, аромату, смаку та консистенції, та лише у другу чергу споживачі цінують гриби за унікальні їстівні та лікарські

властивості [59–61]. Потрібно додати, що у різних країнах вимоги до зовнішніх показників грибів є різними. Наприклад у Туреччині віддають перевагу культурам гливи, що мають великі плодові тіла (рис.1.а,б).



**Рис. 1.2. Особливі вимоги до зовнішнього вигляду плодових тіл гливи у різних країнах: а, б) у Туреччині гливу вирощують до максимальних розмірів, бо більшість споживачів готує її на грилі; в, г) в Україні гливу збирають у стані технічної стиглості, бо більшість споживачів їх маринують або додають у юшку; д, е) в Іспанії віддають перевагу штамам з круглою шапінкою, бо вони є найбільш привабливими у пакуваннях.**

В Іспанії вирощують штами округлої форми та з маленькою ніжкою, бо реалізують гливу окремими шапінками, а видалення ніжки значно зменшує масу отриманого врожаю (рис.1.2–д, е). У країнах Азії люблять світлі, переважно білі гриби, тоді як в Німеччині та в Україні віддають перевагу шапінкам насиченого темного кольору (рис.1.2-в). Тобто, пошук та інтродукція штамів, які за морфологічними ознаками здатні максимально задовольнити

візуальні вподобання потенціальних споживачів, є одним з важливих елементів формування їх якості, тому завжди залишається актуальним напрямом наукових досліджень.

В Україні найбільша колекція промислових штамів та природних ізолятів (1110 штамів, що належать до 186 видів), зосереджена в Колекції культур шапинкових грибів (ІВК) Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного Національної Академії наук України [62]. Колекція постійно поповнюється новими видами цінних їстівних та лікарських видів за рахунок постійної взаємодії з колегами з інших країн, кураторами офіційних та приватних колекцій, а також шляхом виділення природних ізолятів під час наукових експедицій. Отже, українське грибовництво має суттєву наукову базу для апробації та впровадження у промислову культуру видів, які б могли стати цікавими вітчизняним споживачам. За результатами багаторічних досліджень відділу мікології вже визначені біологічні та фізіологічні особливості багатьох культур, їх біоактивні речовини та умови, які сприяють їх накопиченню, а також шляхи впровадження цих культур у промислове грибовиробництво нашої країни (<https://www.botany.kiev.ua/ibk.htm>). У співпраці з науковцями провідних агротехнологічних вищих навчальних закладів, зокрема Національного університету біоресурсів та природокористування та Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного перевірено більше 100 штамів 14 видів промислових грибів, як класичних (*A. bisporus*, *P. ostreatus*), так і абсолютно нових, які не культивувались раніше в Україні та, навіть, у Європі, наприклад тропічний гриб *Calocybe indica* Purkay. & A. Chandra [63–68]. Така кількість розробок та публікацій дає впевненість у тому, що в Україні на сьогодні уже створено науково обґрунтовані умови для розвитку «екзотичного» грибовництва, а вітчизняний ринок функціональних продуктів у найближчий час буде розширено культурами грибів з доведеною харчовою та лікарською цінністю (Додаток А.5-А.6, рис. А.5-А.6).

**1.2.2 Шляхи забезпечення якості посівного матеріалу.** Якість посівного матеріалу—один з вирішальних факторів, що впливає на загальну ефективність

виробництва та якість отриманого врожаю. Промислове вирощування грибів передбачає лише вегетативне розмноження культури, тому для інокуляції субстратів здавна використовують посівний міцелій, попередньо вирощений на відповідному живильному середовищі. Відомо про різні технології виробництва посівного матеріалу та різні види матеріалів, які використовуються для цього: живильні рідини з певним вмістом органічних та мінеральних речовин, зерно злакових та технічних культур, мінеральні компоненти (перліт, вермикуліт), які насичують попередньо живильним розчином, агротехнічні залишки, тощо [69]. Але однією з найпоширеніших у світі технологій залишається запатентований ще у 1932 році Джеймсом В. Сінденом метод використання зернових культур [70]. Головними факторами, які необхідно враховувати та оптимізувати для забезпечення якості посівного матеріалу є:

а) *мікробіологічна чистота культури*, тобто відсутність сторонньої мікробіоти (бактерій, дріжджів, плісняви) у культурі грибів [71,72];

б) *придатність основного носія* (зерна, тирси, щепи, тощо) для швидкої колонізації грибною культурою [73,74];

в) *живильний потенціал*, тобто *кількість і якість живильних речовин* у зерні чи рідині, які забезпечують активний розвиток гіф грибів під час адаптації до субстрату або їхню життєздатність впродовж тривалого зберігання [75,76];

г) *кількість інокуляційних одиниць* (окремих зернин) в межах заданого об'єму чи маси готового до використання посівного міцелію (штук на мл чи грам). Вважається, що кількість зернин на одиницю кількості міцелію визначає кількість точок інокуляції та швидкість колонізації субстрату; отже, чим більше зернин, тим краще і швидше відбувається колонізація [77–79].

Дуггар Б. ще у 1905 році, в одній із перших книг з промислового вирощування грибів «Принципи вирощування грибів і вирощування міцелію» ("The principles of mushroom growing and mushroom spawn making") підкреслював надзвичайну важливість якості посівного матеріалу для успішного вирощування грибів [80]. Наразі, актуальність цього питання для грибовиробників не зменшується, що підтверджено численними науковими публікаціями,

присвяченими покращенню якості та методів виробництва посівного матеріалу, а також його ефективного застосування [56,81–83].

Пошуки оптимальних зернових культур для виробництва посівного міцелію ускладнюються місцевими факторами, пов'язаними з асортиментом та біохімічними характеристиками наявного місцевого зерна. З оглядом на кліматичні умови та локальні агротехнологічні засади вирощування, поживний склад, вологість зерна, а також, вміст мінеральних речовин є величинами змінними, що обумовлює ускладнення операцій по їх термічній обробці та впливає на показники отриманого посівного матеріалу [84–87]. У країнах, де спостерігається дефіцит зернових, використання пшениці призводить до значного підвищення вартості міцелію, тому у його виробництві використовують зерно сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), відходи бавовни (*Gossypium hirsutum* L.), а в деяких випадках і листяну частину водних рослин [88].

Промислове виробництво посівного зернового міцелію на зерні злакових культур у розвинених країнах є високотехнологічним процесом, який з роками продовжує вдосконалюватися. Якісний міцелій для промислового виробництва грибів коштує дорого. Тому дослідження з пошуку доступних та ефективних інгредієнтів, а також недорогих технологій для зниження вартості комерційного міцелію мають постійну актуальність [89]. Відомо, що змішування різних інгредієнтів для підвищення вмісту нітрогену в готовому міцелії та балансування інших живильних складових, покращує швидкість адаптації до культивацийних субстратів [83,84,90].

Кананен і Макданіел (2000) запатентували формулу зернового міцелію з додаванням мінеральних компонентів (перліту і вермикуліту), що збільшило кількість точок інокуляції в 100 грамах зернового міцелію до 20 тис. штук [91]. Результати наших попередніх експериментів цілком узгоджуються з висновками інших дослідників, які запевняють що оптимізація якості посівного зернового міцелію має вирішальний вплив на тривалість інкубаційного періоду, біологічну ефективність (БЕ), та, навіть, на морфологічні особливості культиварів [92].



У наші часи найдоступнішою зерною сировиною для виробництва міцелію в Україні та більшій частині Європи, є пшениця, а такі, найбільш цікаві за технологічними властивостями культури, як овес та просо стають дефіцитними. Наприклад, вітчизняне виробництво проса скоротилося більш ніж у 3 рази, а вівса у 5-6 разів як порівнювати з 2014-15 рр. [93]. Крім того, хвилеподібний експортний та внутрішній попит на ту чи іншу зернову культуру викликає значні коливання ціни. Отже, виробники посівного матеріалу змушені вирішувати проблему забезпечення необхідних елементів його якості за умов постійного зростання вартості сировини та енергоносіїв. Тому, за результатами досліджень нашої лабораторії було розроблено та запатентовано «Спосіб отримання зернового міцелію грибів», який дозволяє виготовляти зернові суміші зі збалансованими показниками поживності та визначеною кількістю інокуляційних точок, та забезпечує найшвидшу адаптацію вегетативної культури до рослинних субстратів (Додаток А1, рис. А1).

**1.2.3 Особливості формування якості субстратів.** Якісні показники субстратів залежать від збалансованості їхнього складу за вмістом: води, основних органогенних елементів, мінеральних речовин та біоактивних речовин (вітамінів, ферментів, тощо), а також, від природи складових субстрату, відсутності конкурентних мікроорганізмів і отриманої структури (щільності). У 1995 році Н.А. Бісько та В.Т. Білай запропонували назву для таких субстратів – елективні [94]. Автори зазначають, що елементи елективності для кожного окремого виду грибів, що вирощуються штучно, складаються як із загальних характеристик, так і мають індивідуальні особливості. Цей висновок підтверджують роботи інших дослідників, які вивчали вплив методів термічної підготовки та складу монокультурних субстратів і композицій з різних рослинних залишків на технічні показники культур (табл. 1.1). В останні роки суттєво збільшилась кількість досліджень, присвячених методам знезараження та температурної підготовки субстратів, а мікробіологічна «чистота» субстратів вважається головним фактором, який забезпечує стабільні врожаї грибів відповідної якості. Доведено,

що метод стерилізації субстратних композицій за температури 105 – 120 °С дозволяє видалити сторонні мікроорганізми та їхні спори з поверхні рослинних залишків та інших компонентів субстратів, що робить їх придатними для вирощування будь-яких видів [119,120]. Втім, висока вартість обладнання для стерилізації субстратів, високі вимоги до організації асептичної інокуляції, постійне зростання цін на енергоносії спонукають дослідників до пошуку енергоефективних технологій термічної та ферментативної обробки субстратів.

Таблиця 1.1

**Показники якості субстратів для вирощування ксилотрофних видів грибів  
(за даними літератури)**

Вид	Вміст вологи, %	Співвідно шення С/Н	pH	Щільність, кг/м <sup>3</sup>	Джерела літератури
<i>P. ostreatus</i>	65–75	50-80/1	7,5-8,1	350–500	[74,82,95]
<i>P. pulmonarius</i>	65–75	70/1	7,5	400–450	[96,97]
<i>P. eryngii</i>	65–70	25–30/1	6,5	450–600	[98–101]
<i>P. citrinopileatus</i>	65–75	50–80/1	7–7,5	350–500	[102–104]
<i>Pleurotus djamor</i> (Rumph. ex Fr.)	65–75	50–80/1	7,5	350–500	[105]
<i>Lentinula edodes</i> Berk.) Pegler	55–60	50–70/1	5,6	-	[106–108]
<i>C.aegerita</i>	63–70	30–50/1	6,5–7,0	-	[109–111]
<i>F. velutipes</i>	63–70	30–50/1	6,5–7,5	500–600	[112,113]
<i>Hericium</i> <i>erinaceus</i> (Bull.) Pers.)	60–67	70–90/1	5,0–6,5	-	[114–116]
<i>C. indica</i>	68–75	50–80/1	6,7–7,8	-	[117,118]

У попередніх дослідженнях доведено економічну доцільність використання субстратів, виготовлених методом аеробної ферментації у високому шарі (АФВШ) для вирощування культиварів *P. ostreatus* (гливи звичайної) та *P. pulmonarius* (гливи легеневої) [90]. Втім, методи пастеризації парою чи водою, використання хімічних речовин для знезараження рослинних залишків, є доволі популярними на підприємствах, які характеризуються, як малооб'ємні та виробляють до 3 тон субстратів на добу. З оглядом на низьку вартість організації таких підприємств, подібний підхід інколи застосовується для вирощування шіітаке, опенька

тополевого, гливи степової, тощо [121–123]. Зокрема, дослідження науковців з країн, де промислове грибівництво є відсутнім, або тільки починає свій розвиток, свідчать про можливість застосування таких методів, хоча показники ефективності вирощування є значно нижчими як порівняти зі стерилізацією чи методом АФВШ [117,124]. Наприклад, за результатами моніторингу підприємств України впродовж 5 років (2006 -2009) середній показник біологічної ефективності (БЕ) штаму *P. ostreatus* 2301 за першої хвили плодоношення був найменшим при застосуванні техніки пастеризації паром (15,14 ± 0,46%), а найбільший—за умови виготовлення субстрату методом АФВШ (20,60 ± 0,51%). Техніка пастеризації гарячою водою давала кращі показники БЕ (18,08 ± 0,63%) ніж обробка паром, але була суттєво нижчою як порівняти з АФВШ, що цілком узгоджується з результатами інших дослідників [125–127]. Втім, дані стосовно використання хімічних методів пастеризації або стерилізації для виготовлення субстратів в Україні є відсутніми, хоча ці методи широко застосовуються як на малооб'ємних, так і на промислових виробництвах грибів у різних країнах [123,128,129].

Потрібно додати, що стерилізація рослинних залишків обумовлює стабільність та передбачуваність процесів виготовлення якісного субстрату, тоді як успіх використання хімічних методів напряду залежить від якості рослинної сировини, зокрема її забрудненості спорами конкурентних мікроорганізмів [130]. Зокрема, Джон Холідей (2017) зазначив, що хоча організація хімічної дезінфекції сировини є простим і доступним методом, який потребує найменших фінансових інвестицій, він підходить лише для культур *P. ostreatus* та інших видів грибів з потужним ферментним комплексом [131].

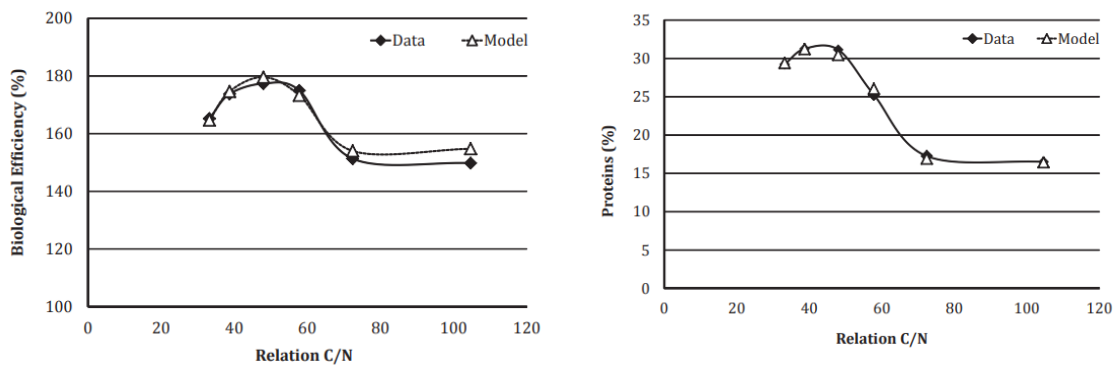
Дослідники підкреслюють важливість природи та балансу поживних і мінеральних речовин у субстратах. Якщо дискусії щодо вмісту вологи у субстратах відсутні (табл. 1.1), то вимоги до мікробіологічної чистоти водних джерел та визначення впливу вмісту мінеральних розчинних солей привертають увагу експериментаторів, метою яких є зменшення витрат на водопідготовку та можливість використання природних джерел водопостачання [132–134]. Відомо,

що додавання у воду для зволоження рослинних залишків різних есенціальних елементів, зокрема цинку, дає змогу збільшити їхній вміст у плодових тілах грибів, вирощених на таких субстратах [52,135]. Отже, за рахунок використання відповідних розчинів на етапі зволоження сировини, або впродовж поливів, у разі застосування техніки покриття субстратів ґрунтом, можливо суттєво підвищити функціональні властивості отриманих грибів.

Сучасні методи мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-MS) дозволяють визначати вплив окремих елементів на ефективність вирощування грибів та на їх якісні показники. Зокрема, дослідникам з Греції вдалось виявити та визначити кореляцію між вмістом 14 металів та 2 металоїдів у семи різновидах субстратних композицій та їх кількістю у плодових тілах *P. ostreatus* і *Cyclocybe cylindracea* (DC.) Vizzini & Angelini. Високі коефіцієнти біоконцентрації (BCF) були визначені для Cd, Cu, Mg та Zn у обох видів грибів незалежно від формули субстратів. Було виявлено значну позитивну кореляцію між збільшенням концентрації Cu, Fe, Mn і Li і зменшенням целюлози та геміцелюлози в субстратах для культивування *P. ostreatus*, а також зі зменшенням їх біологічної ефективності. У варіанті вирощування *C. cylindracea* концентрації Be, Mg і Mn позитивно корелювали лише зі зменшенням геміцелюлози в субстратах та продуктивністю виду. Було доведено, що плодові тіла вирощених грибів містили есенціальні метали Mg, Se і Zn в кількості, що складала від 15% до 35% добової харчової потреби дорослої людини [136].

Формули субстратних композицій та можливість удосконалення їх за рахунок додавання тих чи інших джерел нітрогену або есенціальних елементів є постійними об'єктами та предметами наукових експериментів. Особлива увага приділяється вмісту нітрогену та співвідношенню карбону до нітрогену (C/N). Кореляції показників продуктивності ксилотрофних видів грибів з балансом основних органогенних елементів у субстратних композиціях присвячено велику кількість дослідів, втім, результати суттєво різняться. Так, Марія Куєва та ін. запевняють, що показники БЕ *P. ostreatus* мали 99% кореляцію зі співвідношенням C/N, а його збільшення від 38/1 до 48/1 підвищувало показник БЕ від 47,99 до

177,37% [137]. Втім співвідношення біля 60/1 та вище обумовлювало суттєве зниження ефективності використання поживних елементів субстрату. На додаток, вчені спостерігали подібну залежність також за вмістом протеїнів в отриманих плодових тілах. Підвищення співвідношення карбону до нітрогену у субстратах значно зменшувало вміст протеїнів у плодових тілах. Втім, у грибах, отриманих з субстратів, де показник співвідношення C/N був між 70/1 та 110/1, суттєвих змін за вмістом протеїнів не визначали.



**Рис. 1.3. Вплив співвідношення органічних елементів карбону та нітрогену (C/N) на біологічну ефективність та вміст протеїнів у плодових тілах *P.ostreatus* (за Sueva M. та ін., 2017)**

Бразильські науковці Беллетіні М. (Bellettini M.) та ін. визначили діапазон співвідношення C/N від 10/1 до 30/1, як характеристику придатності рослинних субстратів для вирощування *P. ostreatus*, але підкреслили, що підвищення вмісту нітрогену у субстраті знижує рівень утворення лігнолітичних ензимів гливи, та, відповідно, уповільнює вегетативний розвиток культури у субстраті [138]. Філіпоузіс А. (Philippoussis A.) та ін. довели, що існує високопозитивна кореляція росту культур грибів зі співвідношеннями карбон/нітроген та целюлоза/лігнін. Вони виявили, що цей функціональний зв'язок є більш значущим для *P. eryngii* та *P. pulmonarius*, ніж для *P. ostreatus*. Було також визначено, що швидкість росту позитивно корелює зі співвідношенням целюлоза/лігнін у штамів *A. aegerita* та *V. volvacea*. Крім того, доведено, що показники врожаю *P. eryngii* та *A. aegerita* позитивно корелюють зі співвідношенням C/N, тоді як у *P. ostreatus*, *P. pulmonarius* та *A. aegerita* фіксували позитивну кореляцію зі співвідношенням

целюлоза/лігнін. Виявилося, що вміст целюлози позитивно корелює з продуктивністю культивару лише для *V. volvacea*, а швидкість росту всіх штамів грибів і показники їхньої ВЕ мали більшу позитивну кореляцію із вмістом лігніну у субстраті, ніж із вмістом нітрогену [139].

Де Ейра А.Ф. (de Eira A.F.) та ін. поділили всі субстрати, які можливо застосовувати для вирощування грибів на три групи:

- Природні матеріали зі співвідношенням С/Н більше 100/1, наприклад, дерев'яні колоди без попередньої підготовки;
- агропромислові відходи із співвідношенням С/Н від 50 до 100/1, наприклад, попередньо термічно оброблена солома методом короткочасного компостування, інтенсивної або жорсткої пастеризації;
- солома та сільськогосподарські відходи зі співвідношенням С/Н від 25 до 50/1, підготовлені методом компостування, а за використання стерилізації можливо збільшити вміст нітрогену, а С/Н знизити до 16–17/1.

Остання група субстратів, за рахунок своєї високої живильності обумовлює високу продуктивність культиварів. Втім, ефективність виготовлення таких композицій потребує глибокого аналізу з оглядом на вартість процесів стерилізації, створення асептичних умов та, звичайно, ринковий попит [140].

Одним з напрямів наукових пошуків щодо підвищення живильності субстратних композицій є введення залишків переробки зернових та технічних культур: шроту, висівок, тощо. Ці відходи є концентратом органогенних елементів та біоактивних речовин: карбону, нітрогену, вітамінів, ростових гормонів, тощо, тому з успіхом застосовуються у виробництві кормів для домашньої худоби, птиці чи риборозведення [141, 142]. Ефективність використання такої сировини у грибівництві також багаторазово доведено, втім її доступність чітко пов'язується з зонами промислового вирощування та переробки рослинних культур [109, 143–147].

Наприклад, дослідження іспанських науковців щодо можливості вирощування 7 культиварів *P. pulmonarius* та *P. ostreatus* на субстратах з додаванням від 0 до 90% твердих відходів, отриманих з двофазної системи

виробництва оливкової олії (OMW), довели, що можливо вводити у формулу до 40% цього матеріалу. Більші концентрації зумовлювали зниження біологічної ефективності, уповільнення вегетативного росту грибів, та, навіть, втрати якості плодових тіл. Було визначено штамові відмінності щодо їх пристосованості до вирощування на субстратах, доповнених OMW [148]. У досліджах Джорджа Зервакіса (Zervakis G.) та ін. виявлено позитивний вплив попереднього компостування відходів виробництва оливкової олії, що суттєво збільшувало BE% вирощування гливи [149].

Бразильські вчені рекомендували субстрат з суміші: 57–69% соломи, 25–30% лушпиння, 5–10% рисових висівок та 1% оливкової олії, за використання якої загальна продуктивність культур збільшувалась від 13 до 20% [150]. Втім, дослідження з визначення оптимальної концентрації олієвмісних добавок до субстратів, на яких вирощували *Lentinula edodes*, *Grifola frondosa* та *Ganoderma lucidum* в Словенії, продемонстрували погіршення продуктивності видів у варіантах навіть з 20% вмістом шроту (*olive oil press cakes*), яким замінювали тирсу з берези у субстратній формулі. Дослідники стверджують, що такі порушення балансу органічних речовин призводили до деформації плодових тіл [151]. Пошукам оптимального складу субстратних композицій з доступних місцевих ресурсів рослинної сировини присвячені численні дослідження, але більшість науковців підкреслюють необхідність додаткового збалансування формули субстрату за рахунок введення есенціальних елементів [142].

Доведено позитивний вплив додавання до живильних середовищ (щільних та сипучих) вітамінів B1, B6 та B12 на вегетативний ріст гливи звичайної [152]. Експериментально визначено молекулярну структуру мікроелементних сполук, яка добре акумулюється грибним міцелієм. Це є розчинні форми елементів–їхні хелатні комплекси з харчовими кислотами (карбоксилатами), зокрема, цитрати, які дозволені до застосування у харчовій промисловості [153, 154]. Наші попередні дослідження доводять ефективність застосування низько концентрованих розчинів мікроелементів для підвищення ефективності вирощування культур. Так при поливі печериці 0,02% розчином комплексу «Аватар-1» загальна

продуктивність збільшувалась на 36% порівняно з контролем, а при використанні 0,05% розчину мікродобрива для зволоження сировини у процесі виготовлення субстратів для гливи, біологічна ефективність цієї культури збільшувалась на 26,3% [53]. Відомо про позитивний ефект застосування іонів марганцю (Mn) для підвищення активності посівного зернового міцелію [155].

Вчені пов'язують цей ефект з покращенням роботи ферментних комплексів грибів. Наприклад, додавання 100 ppm Cu (II) до субстратної формули збільшувало активність ферментів грибної культури від 150 до 267 од/кг субстрату [150]. Але головною перевагою такого підходу до покращення якості субстратів науковці вважають можливість насичення плодових тіл грибів необхідними, життєво важливими мікроелементами, таких як цинк, молібден, селен та ін. [52]. Отже, контроль якості субстратів, яка визначається комплексом показників їхньої елективності, дає змогу впливати на якість отриманого врожаю та, навіть, прогнозувати його властивості.

#### **1.2.4 Роль мікрокліматичних умов у формуванні якості врожаю грибів.**

Безсумнівно, що одним з головних факторів ефективності промислового вирощування грибів є відповідність мікрокліматичних умов фізіологічним потребам грибної культури [156].

Дослідники виділяють наступні складові мікроклімату, оптимальні параметри яких потрібно контролювати та підтримувати на необхідному рівні відповідно до стадії розвитку окремих культур:

- 1) температура повітря та субстратів;
- 2) відносна вологість повітря;
- 3) склад повітря у субстратах та камерах вирощування (баланс кисню та вуглекислого газу) та швидкість повітряних потоків;
- 4) інтенсивність та спектральні характеристики освітлення (табл. 1.2).

**Температура.** Лімітуючі функції факторів оточуючого середовища, насамперед, пов'язані з особливостями живлення грибів.



**Оптимальні зовнішні умови культивування найбільш поширених ксилотрофних видів грибів, що вирощуються штучно (за даними літератури)**

Вид	Етап культивування	Тривалість, доба	Відносна вологість повітря, %	Температура, °С	Вміст CO <sub>2</sub> , %	Освітлення, люкс	Джерела літератури
<i>L. edodes</i>	Інкубація	35...70	90...95	21...27	0,5...1,0	50...100	[157]
	Формування примордіїв	5...7	95...99	16...21	0,1...0,12	500...2000	
	Плодоношення (1 хвиля)	5...8	60...80	21...27	0,08...0,1	500...2000	
<i>P. ostreatus</i>	Інкубація	12...21	70...75	21...28	0,2...1,0	Не потрібне	[138,158]
	Формування примордіїв	3...5	85...90	14...18	0,05...0,1	1000...1500	
	Плодоношення (1 хвиля)	4...7	90...95	14...20	0,05...0,12	400...2000	
<i>P. pulmonarius</i>	Інкубація	10...12	70...85	26...28	0,2...0,3	Не потрібне	[96,159,160]
	Формування примордіїв	1...3	90...95	24...26	0,07...0,09	400...1000	
	Плодоношення (1 хвиля)	2...4	90...95	22...28	0,07...0,09	200...300	
<i>P. eryngii</i>	Інкубація	12...20	90...95	22...24	0,5...2,0	Не потрібне	[161-163]
	Формування примордіїв	4...6	95...99	10...15	0,05...0,1	500...1000	
	Плодоношення (1 хвиля)	5...8	80...90	15...21	0,1...0,15	500...1000	
<i>P. citrinopileatus</i>	Інкубація	10...14	90...95	24...29	0,5...2,0	Не потрібне	[102,104,164]
	Формування примордіїв	3...5	98...99	21...27	0,05...0,08	500...1000	
	Плодоношення (1 хвиля)	3...5	90...95	21...29	0,05...0,1	500...1000	
<i>C. aegerita</i>	Інкубація	20...28	90...95	21...27	0,5...2,0	Не потрібне	[165-167]
	Формування примордіїв	7...14	95...99	10...16	0,1...0,15	500...1000	
	Плодоношення (1 хвиля)	4...6	90...95	13...18	0,1...0,12	500...1000	
<i>F. velutipes</i>	Інкубація	14...18	90...95	21...24	0,5...1,0	Не потрібне	[112,168,169]
	Формування примордіїв	3...5	95...99	4...10	0,2...0,4	20...50	
	Плодоношення (1 хвиля)	5...8	90...95	10...16	0,1...0,12	50...300	
<i>C. indica</i>	Інкубація	14...18	90...95	32...37	0,5...2,0	Не потрібне	[118,170]
	Формування примордіїв	7...10	95...99	27...30	0,1...0,15	1000...2000	
	Плодоношення (1 хвиля)	4...5	90...95	25...30	0,1...0,15	300...700	

Відомо, що вищі базидіальні гриби за допомогою власних екзоферментних комплексів розкладають у природних умовах величезну кількість рослинних залишків, що містять складні біополімери – пектинові речовини, целюлозу, лігнін та геміцелюлозу. Від активності та ефективності екзоферментів безпосередньо залежать усі інші метаболічні процеси розвитку культури, втім, їх функції обмежені як хімічним складом субстратів, так і температурними умовами [171].

У попередніх дослідженнях визначено, що 26...28 °С є оптимальним діапазоном температури ферментного гідролізу вищеназваних біополімерів, які є основним джерелом живлення більшості ксилотрофів [172]. Виключенням є тропічна культура *S. indica*, оптимум вегетативного розвитку міцелію якої знаходиться на рівні 32-35 °С [173]. Більшість промислових культур грибів здатні розвиватися за низьких температур (3 °С) та навіть вище 30 °С, але швидкість колонізації субстратів за таких умов значно уповільнюється, що може зумовити розвиток конкурентних мікроорганізмів [112]. Ще у 1968 р. П. Флег (P. Flegg) довів важливість підтримання стабільних оптимальних показників температури у період інкубації для отримання максимального врожаю, втім ця проблема залишається актуальною до наших часів, що підтверджується численними публікаціями [174–176].

Наступною технічною складністю грибовництва є необхідність зміни температури для індукції плодоутворення. Деякі види та штами, зокрема більшість природніх ізолятів *Flammulina* spp., потребують різкого зниження температури до 0...4°C для початку утворення примордіїв [49]. Тому науковці поділяють культури грибів, що вирощуються штучно на «шокові» та «безшокові», або, відповідно, на «зимові» та «літні» [158,177].

Наприклад, перевірка 22 природніх ізолятів *P. ostreatus* виявила необхідність такого шоку у 30% вибірки, тоді як у 60 % етап генеративного розвитку починався за температури 16-18 °С, і тільки у 2-х штамів плодоутворення відбувалось за температури 22-24 °С [178]. Зрозуміло, що для регуляції температурних режимів у камерах вирощування потрібні додаткові витрати на підігрівання повітря у зимовий період, чи охолодження – у літній, а також на

проведення постійного моніторингу показників мікроклімату у камерах вирощування. Отже, актуальність пошуку продуктивних штамів з прийнятними морфологічними ознаками та термотолерантними фізіологічними характеристиками залишається незмінною.

**Відносна вологість повітря у культиваційних приміщеннях** є невід’ємним фактором забезпечення ефективності вирощування грибів, має суттєвий вплив на формування споживчої якості плодових тіл та її збереження у післязбиральний період [19]. Оптимальні показники відносної вологості повітря напряду пов’язані з температурою оточуючого середовища, бо від величини абсолютного вмісту води у повітрі залежить швидкість транспірації (випаровування), а отже – можливості активного живлення плодового тіла [176]. Рекомендації дослідників щодо параметрів відносної вологості (RH) у процесі вирощування грибів повністю збігаються та знаходяться у межах 65...85 % в період інкубації субстратів та 85...99 %—у період плодоношення [95, 179, 180].

Наприклад, інкубацію 6 видів їстівних та лікарських грибів проводили за температури 25 °C та відносній вологості повітря 80-85%, тоді як за зниження температури інкубації до 11-14 °C у дослідженій енергозберігаючій технології вирощування *P. ostreatus* оптимальний показник RH дорівнював 75 % [181]. Дослідники вважають, що під час морфогенезу плодових тіл потрібно забезпечувати активну транспірацію та уникати як низьких відсотків вмісту вологи у повітрі, які приводять до підсушування поверхні та утворення лусочок, так і високих, які навіть за незначних коливань температури можуть зумовити утворення конденсату на поверхні плодових тіл. Так, маса загального врожаю гливи, яку культивували за RH = 73 % була значно меншою як порівняти з масою врожаю, зібраного після вирощування з RH = 85 %: 4,59 кг та 2,77 кг відповідно [182].

Надмірне зволоження поверхні плодових тіл сприяє розвитку бактеріальних інфекцій, які є серйозною проблемою для виробників гливи степової або опенька зимового, для яких оптимальним показником RH вважають 98...99 % за температури 14...16 °C [98,138]. Для розуміння процесів, що відбуваються під час

розвитку плодового тіла науковці розробили установку для моніторингу втрати маси грибів за різних температур навколишнього середовища (4, 10, 16 °C) та відповідній відносній вологості повітря (76 %, 86 %, 96 %). Швидкість транспірації коливалася від 0,14 мг/(см<sup>2</sup>×год) до 2,5 мг/(см<sup>2</sup>×год), але для всіх досліджених комбінацій температури було визначено тенденцію зменшення випаровування плодовим тілом за збільшення RH [183].

Важливим фактором ефективної транспірації дослідники вважають різницю температур між субстратом та оточуючим середовищем. Наприклад, було перевірено вплив зміни температури від 14 °C до 29 °C з інтервалом у 3 °C, щоб визначити допустимий діапазон температур культивування *L. edodes* в спекотну літню пору року. Було доведено що отримання плодових тіл є можливим навіть за температури 23 °C, але різниця температур між поверхнею субстрату та оточуючим повітрям має бути не нижчою ніж 1 °C [184]. Отже, забезпечення оптимальної температури та відносної вологості повітря на кожному з етапів розвитку культури є необхідною умовою отримання врожаю відповідної якості, а пошук термотолерантних штамів їстівних та лікарських грибів є важливим елементом удосконалення адаптаційних технологій у сучасному грибівництві.

**Склад повітря у субстратах та камерах вирощування.** Необхідною умовою метаболічних перетворень під час розвитку культури гриба є відповідна ступінь аерації середовища, яка забезпечується наявністю фільтрів для газообмінних процесів, отворів (перфорацій) різного розміру та оптимальною щільністю субстратів [107,185,186] . Відомо, що навіть за високої концентрації вуглекислого газу інтенсивність процесів аеробного дихання у субстратах не зменшується, а гриби використовують не тільки повітряний кисень, а й той, який утворюється під час хімічних перетворень. Такий феномен В. Мухін та ін. спостерігали у *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst. та назвали «аеробним диханням кооперативного типу». Автори стверджують, що таке пристосування є адаптацією грибів до їх розвитку в щільній деревині в умовах гіпоксії, коли метаболічне споживання кисню не компенсується його пасивною дифузиею у товщу тканин, що здерев'яніли [187]. Вчені доводять, що аналогічні процеси відбуваються під час

вегетативного розвитку культури *P. ostreatus* у відносно рихлих субстратах, що дає можливість не проводити активну вентиляцію приміщень, призначених для інкубації [188].

Втім, більшість дослідників стверджують, що активний газообмін є запорукою успішної колонізації субстратів культурою гриба, тому необхідно забезпечувати його здійснення за рахунок отворів, повітряних фільтрів, примусової вентиляції, тощо. Наприклад, для вирощування *P. eryngii* на субстраті з пшеничної соломи та додаванням відходів переробки цукрових буряків використовували 2 типи поліетиленових пакетів: традиційні та нові, в яких газообмін відбувався легше. Такий підхід забезпечив повну колонізацію субстратів впродовж 45 діб у пакетах з перфораціями, що забезпечували газообмін, тоді як у традиційних пакетах на повне заростання субстрату знадобилось 90 діб. Крім того, за використання «повітропроникних» пакетів продуктивність грибів збільшилась [189].

Дослідники підкреслюють, що саме оптимальний баланс між щільністю субстратів та їх достатньою аерацією є запорукою отримання високих урожаїв дереворуйнівних грибів. При використанні різних рослинних залишків потрібно враховувати їх структурні особливості та можливі зміни після термообробки. Наприклад, Терновий К.Г. визначив, що оптимальна щільність для субстратів з костри льону складала 600...650 кг/м<sup>3</sup>, за якої колонізація субстратів культурою *P. ostreatus* прискорювалась на 12-13 діб, а врожайність збільшувалась у 2 рази порівняно з субстратами з показниками щільності 500...550 кг/м<sup>3</sup>. Втім, дослідник зазначив, що підвищення щільності до 650...700 кг/м<sup>3</sup> негативно впливає на розвиток культури, відсоток ураження таких субстратів контамінантними організмами виріс у 2 рази (від 8 до 18%), а врожайність знизилась від 21 до 8 % [190]. Подібних висновків прийшли також інші дослідники за культивування *P. eryngii* та солом'яного гриба *Volvariella volvacea* (Bull.) Singer [191, 192].

Яскравим візуальним підтвердженням цих фактів є плодоношення в блоках циліндричної форми, які формувались в частково механізованих умовах (з використанням вібраційного столу). За такого способу складно досягти

рівномірної щільності, тому у більш щільній нижній частині зростки формувались раніше як порівняти з верхньою (рис. 1.4 -а).



**Рис. 1.4. Вплив щільності субстрату на характер плодоношення:**

- а) нерівномірність плодоношення у блоках, з різною щільністю по висоті;
- б) одночасний розвиток зростків за механізації ущільнення субстрату (фото автора).

Переваги механізації процесу формування блоків субстрату з оглядом на досягнення рівномірної щільності, легко спостерігати за характерною картиною одночасного плодоношення (рис. 1.4 -б). Вважають, що для вегетативного розвитку культури грибів достатньо відповідної аерації субстратної маси, тоді як для успішного морфогенезу плодових тіл та зростків необхідно організувати штучно керовану вентиляцію.

Встановлено, що проблеми дисбалансу температури, вологості та складу повітря в приміщеннях для вирощування грибів пов'язані з різною висотою полиць або рівнів для субстрату [193]. Тому обов'язковою умовою успішного бізнесу є встановлення вентиляторів для забезпечення циркуляції повітря з метою вирівнювання необхідних показників повітряної суміші. За результатами багатьох дослідів та спостережень стосовно впливу факторів оточуючого середовища на продуктивність культур грибів визначено, що за оптимальних температурних умов для конкретного виду та внутрішньої відносної вологості повітря у межах від

82 до 96 %, допускаються коливання температури від 0,2 °С до 1,3 °С, незалежно від змін зовнішньої температури повітря. Це є складною справою, тому що оптимальний рівень CO<sub>2</sub> на стадії плодоношення потрібно підтримувати від 575 до 1200 ppm відповідно до індивідуальних вимог культури [194, 195].

Різні види культивованих грибів потребують різних мікрокліматичних умов і, відповідно, різних підходів до організації вентиляційних систем і пристроїв. Відомо, що для отримання плодкових тіл *P. ostreatus* з задовільною споживчою якістю потрібно підтримувати рівень CO<sub>2</sub> від 800 до 1200 ppm залежно від температури, з тенденцією зменшення рівня CO<sub>2</sub> за підвищення температури, а для вирощування *C. indica* достатньо вентиляції, яка забезпечуватиме вміст CO<sub>2</sub> на рівні 2000 ppm, що значно спрощує вимоги до потужності вентиляційної системи [67,196]. Отже, успіх впровадження технології вирощування нових видів напряду залежить від наукового обґрунтування та забезпечення відповідних мікрокліматичних параметрів у камерах вирощування.

**Освітлення.** Відомо, що гриби, одні з найдавніших організмів нашої планети, які мають фоторегуляторну систему мікохром, оптичні властивості якої відображають наявність найбільшого стрибка у спектрі Сонця в області 400 нм. Світловими сенсорами у грибів є хром–протеїни — низькомолекулярні сполуки, які поглинають світло у певних ділянках спектру [197]. Тому інтенсивність та спектральні характеристики освітлення є важливою складовою регулювання фізіологічних процесів грибів для індукції плодоутворення разом з вищеназваними змінами температурного режиму та складу повітря. Але стосовно оптимальних режимів освітлення для різних видів штучно вирощуваних грибів висновки дослідників різняться.

Д. Кумла (J. Kumla) та ін. рекомендували освітлювати приміщення з інтенсивністю 1500 люкс впродовж 12 годин для оптимізації формування примордіїв *P.ostreatus*, тоді як Д. Коутроціос (G. Koutrotsios) та ін. наводили значно менший показник освітлення – 1000 люкс [198, 199].

Необхідними умовами ефективного культивування *C. cylindracea* науковці вважали застосування світлонепроникної чорної плівки для формування брикетів

субстрату та чергування світла та темряви у режимі: освітлення інтенсивністю 137 люкс впродовж 12 годин та підтримання 12 годинної темряви [200].

Джордж Філіппоузіс (G. Philippoussis) та ін. зазначали, що для індукції плодоношення *L. edodes* достатньо освітлення інтенсивністю 200–300 люкс, тоді як за рекомендаціями Паула Стейметса (P. Stamets) та інших для формування примордіїв та морфогенезу плодових тіл потрібно від 500 до 2000 люкс [105,201]. Втім, науковці, що вивчали вплив світла на виробництво біомаси, морфологію та утворення пігменту у плодових тілах *L. edodes*, виявили, що інтенсивність світла понад 1,8 Вт/м<sup>2</sup> або освітленість більше 30 хв/добу не впливали на виробництво біомаси та вміст каротиноїдів. Хоча, дослідники погоджуються з іншими авторами стосовно ствердження, що *L. edodes* характеризується наявністю світлових рецепторів для регулювання метаболізму та диференціювання. У публікації зазначено, що вплив зеленого світла з інтервалом 1 хв/добу при 0,4 Вт/м<sup>2</sup> стимулював збільшення біомаси на 50–100 % залежно від джерела світла [202].

Результати численних досліджень українських та іноземних науковців доводять важливість світлового фактору як стимулятора біологічної активності культур базидіоміцетів. Наприклад, опромінення посівного міцелію *P. ostreatus* червоним світлом дозволило знизити дозу його внесення в субстрат як мінімум у 2 рази. При використанні опроміненого посівного матеріалу скоротився час обростання субстрату; утворення примордіїв відбувалося значно раніше; спостерігалось дружне плодоношення та збільшення врожайності на 10 % [203]. Вдовенко С.А. виявив, що застосування денного освітлення сприяє збільшенню загальної врожайності *P.ostreatus* на 5%. А режим освітлення приміщень для культивування гливи звичайної впродовж 12 годин при загальній інтенсивності 4800 -12000 люкс, а також впродовж 16 годин при загальній інтенсивності 9600 люкс підвищує врожайність гливи до 4,0 кг/м<sup>2</sup> [204].

Дослідження впливу освітлення на ініціацію плодоутворення культурою *H. marmoreus* за допомогою чотирьох видів світлодіодів (LED): синього (довжина хвилі: 460 нм); зеленого (520 нм); жовтого (592 нм) та червоного (630 нм) спектру виявили цікаві факти. За освітлення жовтим і червоним спектром примордії не



утворювалися, але на поверхні субстрату активно розвивався повітряний міцелій. Синій спектр був найефективнішим для індукування зачатків, а зелений в меншій мірі активізував початок плодоношення з супутньою появою повітряного міцелію. Також синє світло гальмувало подовження ніжки та сприяло розширенню шапинки. І навпаки, жовте та червоне світло не впливало на морфогенез плодових тіл [205].

Дослідники підкреслюють важливість спектральних характеристик освітлення не тільки для ефективного морфогенезу, а також для накопичення біоактивних речовин, зокрема ендо- та екзополісахаридів (EPS). Наприклад, найвищу питому продуктивність EPS у 455 мг/л або 79,8 мг/г сухої речовини було отримано при використанні синього спектру світла [206]. Ультрафіолетове випромінювання застосовується для підвищення вмісту ергостерину–провітаміну D<sub>2</sub> у плодових тілах *P. ostreatus*. Зокрема, після 60 хвилинного опромінення вміст вітаміну D<sub>2</sub> становив  $141,32 \pm 0,93$  мг/г сухої речовини (СР), а за результатами інших дослідників досягав 181,0 мг/г СР [207, 208].

Вивчення впливу окремих елементів мікрокліматичних умов на ефективність вирощування ксилотрофних грибів допомагає визначити необхідні складові технологічних режимів, але складність полягає у тому, що параметри оточуючого середовища мають як індивідуальну, так і кумулятивну дію, яка за зміни одного параметру може підсилюватись або слабшати. Ефект цієї дії може проявлятися як у зміні морфологічних показників, так і у зміні біохімічного складу плодових тіл. Наприклад, спостерігали зростання насиченості забарвлення шапинки за низьких температур та збільшення інтенсивності освітлення, або витягування ніжки за підвищення вологості та температури, чи вмісту CO<sub>2</sub> [209–211].

Складно визначати відсоток впливу саме певного елементу мікроклімату. Тому більшість останніх публікацій присвячено визначенню комплексної дії мікрокліматичних умов на продуктивність культури та формування споживчої якості плодових тіл. Зокрема, при вирощуванні *P. citrinopileatus* регулювали концентрацію вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) в повітрі та використовували світлодіодну

панель для освітлення з різною довжиною хвиль. Визначили, що біологічна ефективність та врожайність були кращими при рівнях CO<sub>2</sub> від 0,05 до 0,1 %, ніж за підвищених рівнів CO<sub>2</sub>, а інтенсивність жовтого забарвлення у зрілих плодкових тілах була найбільшою за вмісту CO<sub>2</sub>–0,1 % (1000 *ppm*). Найвищу біологічну ефективність отримували за освітлення з довжиною хвилі 720 нм. На додаток, за означених умов визначено найбільший вміст ергостеролу в шапинці плодового тіла [164].

Отже, удосконалення існуючих та розробка нових технологій вирощування ксилотрофних грибів з високими органолептичними показниками та підвищеним вмістом біоактивних речовин потребують глибокого вивчення факторів оточуючого середовища. Науковці стверджують, що пошук можливостей створення та автоматичного підтримання необхідних параметрів мікроклімату за рахунок використання інтелектуальних систем для автоматизації сучасного грибівництва є запорукою стабілізації виробництва та якості вирощеного врожаю [212–216].

**1.2.5 Профілактика хвороб грибів як елемент формування якості врожаю.** Важливою складовою ефективного виробництва грибів та забезпечення їх споживчої якості є мікробіологічний контроль та профілактика розповсюдження бактеріальних та плісневих інфекцій, а також забезпечення очистки повітря приміщень від спор культиварів. Відомо, що мікробіота камер вирощування, може суттєво впливати на ефективність виробництва грибів: мікробіологічні ураження субстратів зумовлюють значні втрати врожаю, а забруднення повітря камер спорами плісневих грибів призводить до скорочення строків зберігання сировини та значно знижує її безпечність за рахунок можливості накопичення мікотоксинів на поверхні плодкових тіл [217].

З іншої сторони, інтенсифікація грибної галузі обумовлює збільшення кількості працівників, які можуть потерпати від «професійних захворювань», пов'язаних з наявністю на грибному виробництві різних типів алергенів, зокрема

спор грибів, що культивуються, та конкурентних плісневих видів (табл. 1.3) [217, 218].

Таблиця 1.3

**Мікроорганізми та токсини, що містяться в біоаерозолі ксилотрофних грибів, вирощуваних у закритих приміщеннях**

(за Ficociello В. та ін., 2019; Bellettini М. та ін, 2018)

Грам-негативні бактерії	<i>Pseudomonas spp., Acinetobacter spp., Pedobacter, Herbaspirillum, Flavobacterium, Chryseobacterium, Enterobacteriaceae</i>
Грам-позитивні бактерії	<i>Bacillus spp., Staphylococcus spp., Enterococcus spp., Arthrobacter, Microbacterium, Rhodococcus, Actinomyces spp., Streptomyces spp.</i>
Гриби	<i>Penicillium spp., Cladosporium spp., Aspergillus spp., Trichoderma spp., Alternaria spp., Rhizopus spp., Epicoccum spp., Fusarium spp., Geotricum spp., Botrytis spp., Mucor spp.</i>
Віруси	<i>Oyster Mushroom Spherical Virus (OMSV) Oyster Mushroom Isometric Virus (OMIV) Pleurotus ostreatus-Infecting Spherical (PoVI) P. eryngii Spherical Virus (PeSV), P. pulmonarius virus (Ppv)</i>
Ендотоксини	В більшості отримані від грамнегативних бактерій
Мікотоксини	Афлатоксини, фумонізени, охратоксини

Науковці виділяють основні шляхи контамінації приміщень грибовиробних підприємств сторонніми мікроорганізмами: субстрати та покривні матеріали, вентиляційні системи, комахи та гризуни, працівники та оборотна тара [219, 220]. Вони підкреслюють, що тільки постійний мікробіологічний моніторинг технологічного процесу виробництва дає змогу забезпечити зменшення кількості або відсутності патогенів [221, 222]. Застосування традиційних та сучасних молекулярно-біологічних методів дозволяє вчасно проводити діагностику бактерій, вірусів і мікроскопічних грибів, як на поверхні плодівих тіл, так і у приміщеннях для вирощування грибів, які часто, за різних умов, знижують урожай базидіоміцетів на 55 – 100 %.

Для боротьби з плісневими захворюваннями застосовують інтенсивні методи дезінфекції під час інокуляції субстратів та впродовж процесу

вирощування із застосуванням селективних діючих речовин з доведеною фунгіцидною дією. Але надлишкове застосування одних і тих самих препаратів призвело до появи резистентних штамів. Отже, необхідно переглядати традиційні та вводити нетрадиційні методи лікування, які дозволять виробити загальні програми комплексної профілактики розповсюдження інфекційних хвороб грибів [223–225].

Втім, Д. Рінкер (D. Rinker) вважає, що виробництво грибів є одним із найкращих прикладів у сільському господарстві, де розповсюдження шкідників може контролюватися без використання хімікатів. Основними принципами такої боротьби є визнання проблем через вивчення симптомів та ознак хвороб, повного розуміння шляхів розвитку організмів, що є фактичними розповсюджувачами, їх життєвих циклів і поширення [226]. Наприклад, літаючих комах–шкідників їстівних грибів, що вирощуються в штучних умовах, дослідники поділяють на три групи: Сциариди (*Sciarid*), Форида (*Phorid*) та Цециди (*Cecid*) [227]. Мухи прилітають на аромат урожаю грибів, але їх личинки живляться безпосередньо міцелієм. Тканини, які фізично пошкоджені личинками мух, часто уражаються бактеріями, зокрема *Pseudomonas spp*, що зумовлюють м'яку гниль та значно погіршують якість урожаю (рис.1.5).



**Рис. 1.5. Погіршення якості вирощених грибів, спричинене наявністю комах: а) комаха поряд з осередком бактеріального ураження; б) плодове тіло гливи з осередками бактеріальних та плісєневих інфекцій (фото автора).**

Вважають, що присутність лише однієї личинки в компості спричиняє 0,5 % втрат загального врожаю, а наявність личинок або дорослих мух у пакуванні з грибами, можуть стати причиною відхилення продавцем всієї партії грибів [19]. Зрозуміло, що перераховані чинники значно знижують ефективність виробництва грибів, але питання їх небезпечності для організму людини потребує доказів. Якщо морфологічним описам та визначенню особливостей розвитку патогенів присвячена велика кількість дослідів, то вплив біотичних факторів на якість грибної сировини та накопичення токсинів, спричинених розвитком вірусних, бактеріальних та плісневих інфекцій на сьогоднішній день вивчені недостатньо.

### **1.2.6 Умови зберігання та особливості переробки грибної сировини.**

Збереження отриманого врожаю є невід'ємною складовою системи управління якістю на підприємствах з виробництва грибів, і, відповідно, запорукою загальної ефективності культивування певного виду. Плодові тіла грибів, за рахунок морфологічних особливостей та унікального біохімічного складу є продуктом короткотривалого збереження. Науковці обґрунтовують швидкі процеси старіння грибної сировини окислювальними процесами, які включають ферментну деградацію клітинних і субклітинних структур і макромолекул, а також мобілізацію продуктів розпаду у біомасі [228]. Тому, головним завданням на шляху збільшення тривалості зберігання грибів є зниження активності їхніх ферментів, зокрема поліфенолоксидази. Для цього використовують шокове та вакуумне охолодження свіжезібраної продукції до 0...2 °С, системи пакування у газомодифікованих середовищах (MAP–Modified atmosphere packaging) зі спеціальними плівковими покриттями [229].

Наприклад, застосування 12-годинної обробки газом з високим вмістом CO<sub>2</sub> знижувало індекс потемніння печериці, сприяло збереженню смаку та аромату грибів під час зберігання. Дослідники вважають, що такого ефекту досягнуто за рахунок пригнічення виробництва малональдегіду [210]. Післязбиральна обробка плодових тіл *L. edodes* покриттям з альгінат/нано-Ag комплексу підвищувала якість збереження за температури 4 ± 1 °С та значно подовжувала термін

зберігання. Автори стверджують, що навіть після 16-денного зберігання втрата маси грибів, розм'якшення та потемніння плодових тіл у дослідних варіантах було відсутнім, крім того виявлено суттєве зниження кількості КУО мезофільних та психрофільних бактерій, псевдомонад, дріжджів і плісняви. На додаток, біохімічний склад плодових тіл змінювався не суттєво [230].

Застосування сучасних пакувальних матеріалів, зокрема полівінілхлоридних стрейчових харчових плівок, безпечних при контакті з продуктами, дозволяє швидко створити необхідні умови у пакуванні з грибами [20]. Але навіть за низьких температур метаболічні процеси у плодових тілах не припиняються, що обумовлює значне випаровування. Застосування водопоглинаючих вкладишів запобігало утворенню конденсату всередині пакування і дало змогу подовжити термін зберігання плодових тіл гливи до 20 діб [231–233].

Українські науковці розробили методи, що зберігають якість грибної продукції впродовж 6 діб, але зазначають, що гриби втрачають за цей час від 5,3 до 18,1 % сухої речовини та від 4,1 до 25,9 % вітаміну С. Кількість білкового нітрогену майже не змінювалась при охолодженні до температури мінус 1 °С, хоча за температури 5 °С втрати нітрогену складали 6,7–7,1 % [18]. Втім, такі зміни не погіршували органолептичні характеристики консервів, які було виготовлено з цієї сировини [234].

Відомо, що гриби є джерелом природних біоактивних речовин, зокрема: поліфенолів, міцеліальних та екстрацелюлярних каротиноїдів, ферментів, полісахаридів та унікальних органічних кислот [235–238]. Збереження подібних сполук у активній формі за необхідності термічної обробки грибної сировини є надзвичайно складною справою. Тому актуальним напрямом сучасних досліджень прикладної мікології є оптимізація існуючих та розробка нових методів переробки грибів з метою максимального збереження їх функціональності. На додаток, на хвилі боротьби з всесвітньою пандемією COVID-19, широко запроваджена техніка післязбирального опромінення плодових тіл грибів ультрафіолетовими

променями, за якого суттєво зростає рівень вмісту вітаміну Д, одного з необхідних елементів протівірусної терапії [239, 240].

Відварювання з наступним заморожуванням, консервація, ферментація, отримання екстрактів та сушіння є неповним переліком сучасних методів збереження якості грибною сировини, які мають певні особливості з оглядом на унікальність морфології та хімічного складу грибів [241, 242]. Наприклад, було визначено ефективність методу сушіння грибів інфрачервоними випромінювачами за оптимальної потужності темних ТЕНів 1,5 кВт і світлих 2 кВт при питомому навантаженні 4,4 кг / м<sup>2</sup>, який дозволяв зберегти найбільший вміст білка і нітрогену [243].

Було встановлено, що додавання грибів у більшості випадків підвищує поживну цінність продукту за рахунок зростання рівня протеїнів, ендополісахаридів, зольних речовин та фенолів, позитивно впливає на реологічні та органолептичні властивості, а також допомагає запобігти окисленню ліпідів та протеїнів основних інгредієнтів за тривалого зберігання [64]. Аналіз публікацій останніх років дав змогу визначити оптимальні рівні концентрації грибного борошна у продуктах з його застосуванням. Більшість дослідників рекомендують додавати від 2 до 10 % порошку з грибів за масою до основних складових продуктів, втім деякі зазначають про можливість заміни 20 % пшеничного борошна грибним [244].

Результати дослідників стосовно збагачення поживності продукції з додаванням грибів відрізняються. Так, при виготовленні хлібних виробів «парата», що є дуже популярними в Індії та сусідніх країнах, визначено зростання білків та вуглеводів та зниження рівня жирів, тоді як у складі рисової каші з додаванням борошна гливи зафіксовано зниження вмісту простих вуглеводів та підвищення рівню жирів і протеїнів [245, 246]. Також, потрібно враховувати негативні наслідки додавання грибів у рецептуру деяких продуктів. Наприклад, при виготовленні пасти додавання грибного борошна підвищило рівень втрат твердої сировини під час відварювання та негативно сказалося на щільності продукту [247].

Отже, дослідження інноваційних шляхів переробки грибної сировини мають надзвичайну актуальність. Прогнозоване розширення асортименту грибної продукції вимагає від науковців пошуку та глибокого обґрунтування таких методів, які дозволять максимально зберегти унікальні природні біоактивні сполуки грибів для подальшого їх використання в оздоровчих продуктах функціональної спрямованості.

### **1.3 Головні напрями розширення промислового асортименту ксилотрофних видів грибів**

Розширення асортименту видів, що культивуються штучно, є необхідною складовою розвитку світового грибівництва, як на вимогу ринку щодо різноманіття продукції, так і для зменшення витрат на виробництво за рахунок адаптованих технологій з використанням доступної сировинної бази та збереженням енергоресурсів на підтримання мікрокліматичних умов вирощування.

#### **1.3.1 Глива звичайна (*P. ostreatus*) та глива легенева (*P. pulmonarius*) як модельні види вивчення особливостей штучного вирощування ксилотрофів.**

Глива звичайна та глива легенева – два види ксилотрофів, що є подібними один до одного за морфологічними ознаками, екологічними та фізіологічними особливостями, часто називають просто глинами, а у світі об'єднують під назвою устрична глива (*Oyster mushrooms*). Гриби роду Глива є космополітами. Зустрічаються на всіх континентах за виключенням Антарктиди [71]. Більш екологічно універсальним вважають *P. ostreatus*, а *P. pulmonarius* -, яка ще відома під назвами «індійська» або «італійська», з'являється у природі за підвищення зовнішньої температури, влітку. *P. pulmonarius* широко поширений у помірних та субтропічних лісах у всьому світі; як правило, зустрічається на листяних породах, але знаходили плодові тіла також на хвойних деревах [248].

Природнім субстратом для розвитку грибів роду Глива є деревина, у штучних умовах для їхнього культивування використовується лігнін-целюлозна



сировина, отримана як відходи вирощування сільськогосподарських культур. Види роду *Pleurotus* відрізняються високою інвазивністю: у природі можуть пошкоджувати навіть молоді дерева [97, 103, 178, 190, 249, 250]. Оптимальні температурні режими для вегетативного розвитку міцелію мають досить вузький діапазон – 26–27 °С, але за рахунок високої толерантності до зовнішніх умов *P. ostreatus* може розвиватися як за низьких, так і достатньо високих температур (від 12 до 35 °С). Для більшості штамів *P. ostreatus* оптимальні температурні режими початку плодоутворення становлять 16–18 °С, але для *P. pulmonarius* формування примордіїв може відбуватися навіть за температури 28 °С [158].

Постійне удосконалення та зростаюча доступність генетичних експертиз обумовила сплеск наукових експериментів стосовно філогенетичних зв'язків між видами, що відносяться до роду *Pleurotus*, які здатні обґрунтувати застосування загальних засад та методів культивування до окремих груп з подібним генотипом. Було визначено, що найбільш близькими за наслідковими кластерами генів є види *P. ostreatus*, *P. pulmonarius* та *P. eryngii*, тоді як види *P. djamor*, *Pleurotus agaves* Dennis та *Pleurotus calyptratus* (Lindblad ex Fr.) Sacc. не дивлячись на єдине походження з перерахованими вище, мають суттєві історично нові кластерні відмінності та повинні бути відокремлені в іншу групу [251]. Біологічна гнучкість та постійний еволюційний розвиток роду *Pleurotus* підтверджується численними публікаціями [252–255]. Опубліковані дані говорять про широкі перспективи у визначенні високопродуктивних штамів та елементів їхньої адаптації в умовах локальних виробництв у різних куточках світу, де, за рахунок доступної рослинної сировини та мінімальних витрат на підтримання мікрокліматичних умов, можливо організувати енергоефективні процеси вирощування та насичувати місцеві ринки продуктом функціонального призначення [113, 156, 256].

Гливи займають перше місце у світі за обсягом вирощування свіжих грибів та друге у Європі після *A. bisporus*, але мають доволі недовгий вік у якості промислових культур [57]. За результатами аналізу історії розвитку світового грибівництва, та, зокрема, на пряму культивування видів роду *Pleurotus*, стає зрозумілим, що коріння промислової технології знаходиться в Китаї та Кореї, де

перші згадування про спроби вирощування гливи звичайної на штучно виготовлених субстратах датовані 1916 роком [257].

Серйозною сучасною проблемою на шляху пошуку високопродуктивних штамів є плутанина серед їхніх назв та генетичного походження, яку вчені Китаю пов'язують з відсутністю детальної історії введення видів та штамів гливи у промислове виробництво [251, 255]. Недостатність задокументованої інформації щодо обміну колекційними екземплярами між лабораторіями та проведеної селекції привела до певного хаосу в сучасних колекціях, де штами одного виду з подібними морфологічними ознаками носять різні назви. Так, дослідниками Biological Research Centre, Hungarian Academy of Sciences (Угорщина) було перевірено 97 штамів та визначено, що більшість світових колекцій мають три джерела походження *P. ostreatus*: пряма інтродукція з Європи, одомашнення дикорослих штамів з Китаю та гібридизація європейських і китайських штамів. За результатами проведеного генетичного аналізу було створено базову колекцію *P. ostreatus* з 34 штамами, включаючи 13 дикорослих (природні ізоляти з доведеним місцем походження) і 21 культивованій штам (місце походження культур яких є невідомим) [258]. Отже, групування існуючих штамів та природних ізолятів за подібними генетичними картами, послідовне виявлення загальних морфологічних ознак та фізіологічних особливостей культур під час вирощування, дозволить скоротити шлях визначення продуктивних штамів та систематизувати методи їхньої адаптації до конкретних умов виробництва.

Колекція культур шапинкових грибів (ІВК) налічує більше 170 штамів *P. ostreatus* та 17 штамів *P. pulmonarius*, отриманих як з офіційних, так і приватних колекцій, та виділених з природних популяцій у ході експедицій у різні куточки нашої країни. Колекція постійно поповнюється, але, на жаль, вивчення біології, екологічних та фізіологічних особливостей цих штамів, визначення їх придатності для впровадження у промислове виробництво проводиться дуже повільно. На жаль, в Україні відсутні шляхи грантової підтримки таких досліджень, бо промислове виробництво гливи знаходиться лише на початку свого становлення і виробники не мають достатньо коштів для оплати експериментів. Втім, реалізацію

цього важливого для розвитку вітчизняного грибівництва напряду уже розпочато в Лабораторії культивування їстівних грибів Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного, де за десять років було досліджено більше 30 штамів (26 гливи звичайної та 6 – легеневої), 2 з яких – *P. ostreatus* 2301 ІВК та *P. pulmonarius* 2314 ІВК, внесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні та впроваджені в промислову культуру (Додатки А.2-А.6, рис. А.2-А.6).

Основною перевагою грибів роду *Pleurotus* вважається їхня здатність колонізувати та руйнувати велику кількість лігноцелюлозних субстратів та інших відходів, які є продуктами діяльності сільського господарства, лісопереробної галузі, текстильної та харчової промисловості. Відомо про використання для вирощування гливи соломи різних зернових культур (пшениці, ячменю, проса, вівса) та відходів переробки зерна, сіна бобових (гороху, сої, бобів), відходів виробництва цукру, бавовни, олії, листя пальм, відходів деревини плодкових дерев та листвяних дерев, обрізків виноградної лози, тощо [39, 139, 146, 151, 249, 259–264].

Втім, дослідники зауважують, що велике різноманіття природних матеріалів для виготовлення субстратів не забезпечує достатньої ефективності вирощування. Формули субстратів потребують постійного корегування за балансом карбону та нітрогену (співвідношення C/N), за вмістом мінеральних компонентів, показником рН, в також вмістом вологи, щільністю, тощо. За результатами численних дослідів доведено, що саме збалансована формула субстратної композиції є базовим фактором отримання високого врожаю грибів, забезпечує необхідні біохімічні характеристики плодкових тіл, та, навіть, обумовлює кількість біоактивних речовин [138]. Зокрема, за результатами вирощування *P. ostreatus* на субстратах, виготовлених з тирси різних тропічних дерев, кількість сухих речовин у плодкових тілах коливалась від  $2,22 \pm 0,02\%$  до  $10,72 \pm 0,03\%$ , кількість зольних елементів від  $4,75 \pm 0,05$  до  $8,19 \pm 0,01\%$ , а кальцію від  $5,37 \pm 0,01$  до  $8,87 \pm 0,01$  (mg/100g сухої речовини). Значні відмінності було визначено за вмістом жирів: від

2.31 ± 0,02 до 3,09 ± 0,02 %. Втім, за загальною кількістю протеїнів (20,03 – 20,11 %) та вуглеводів (41,8–45,74 %) плодови тіла суттєво не відрізнялись [265].

Відомо, що вміст органічних, мінеральних і біоактивних речовин в плодових тілах гливи залежить від складу деревини або субстратних композицій, на яких вони вирощуються, а також від мікрокліматичних умов культивування [266]. Вважають, що змінюється хімічний склад плодових тіл також за хвилями плодоношення. Так, середній показник загального вмісту сухих речовин змінюється від 8 до 15%. Середні показники вмісту сирого протеїну складають від 14 до 32 %, простих цукрів та полісахаридів від 46 до 63 %, ліпідів від 2,5 до 4,5 % (по сухій речовині) [50, 267, 268].

Стосовно плодових тіл гливи легеневої відомо, що вони містять велику кількість біоактивних ендополісахаридів (до 7%), що у 2 рази вище порівняно з гливою звичайною. Доведено, що у плодових тілах гливи легеневої присутній весь спектр незамінних амінокислот; наявні есенціальні елементи (цинк, фосфор, сірка) у кількості, що задовольняє добову потребу у цих речовинах [269, 270]. У джерелах літератури зазначається, що плодови тіла гливи мають високий вміст ніацину (вітамін B5 або нікотинова кислота), яка попереджує розвиток пелагри. Кількість ніацину в 12...20 разів перевищує цей показник у картоплі [236]. Відомо, що вміст вітаміну D2 в ПТ гливи звичайної можна порівняти з його вмістом у м'ясі тріски [271].

Науковими дослідженнями доведено, що плодови тіла *P. pulmonarius* та водні й спиртові екстракти з них можуть мати лікарське застосування при широкому діапазоні захворювань. Наприклад, β-D-глюкан, виділений із цих грибів, знижував чутливість гризунів до болю, тому може стати натуральною основою для нових знеболюючих препаратів. Цей полісахарид має більш потужну протизапальну та протипухлинну активність, у порівнянні зі стандартними референтними препаратами «диклофенаком» та «цисплатином» [97, 238]. *P. pulmonarius* може бути ефективним при лікуванні сінної лихоманки, пригнічуючи вивільнення гістаміну. Порошок з грибів *P. pulmonarius* при постійному вживанні впродовж двох тижнів обумовлював значне зменшення

чання та розтирання носа у тварин. Відомо, що екстракти *P. pulmonarius* послаблювали розвиток гострого коліту у мишей та мали інгібуєчий ефект на розвиток пухлин у товстій кишці [272]. Застосування теплих водних екстрактів *P. pulmonarius* мало значний антигіперглікемічний ефект, зупиняло прогресування діабету та знижувало смертність мишей від діабету [273]. Також відомо, що екстракти *P. pulmonarius* мають антимікробні властивості та виявляють високу антиоксидантну активність за рахунок вмісту речовин поліфенольної природи [50].

Перелічені факти дають можливість стверджувати про значні перспективи означених видів на ринку грибів та продуктів їхньої переробки. Унікальна толерантність до складу лігніно- та целюлозовмісних субстратів та широкий діапазон мікрокліматичних умов, придатних для отримання плодкових тіл високої споживчої якості, забезпечують постійне збільшення виробництва продукції та кількості підприємств, що культивують гливу. Результати власних пошуків вирішення питання оптимізації субстратів для вирощування їстівних грибів знайшли реалізацію в розробці Патенту на корисну модель № 149076 «Спосіб вирощування дереворуйнівних грибів» (Додаток А.7, рис. А.7).

**1.3.2 Глива степова (*P. eryngii*).** Цей вид у всьому світі частіше називають «королівською» гливою (*King oyster*), він заслужив таку назву завдяки особливим морфологічним ознакам, високій їстівній та лікарській цінності. Крупні (від 50 до 350 г масою) плодові тіла з надзвичайно ніжною текстурою привертають увагу поціновувачів з Європи, Азії, Північної Америки, де цей гриб має високу ціну та сприятливі умови для ефективного вирощування [274]. Комерційно цей вид почали культивувати в Італії, приблизно в середині 70-х років минулого століття, а в наш час *P. eryngii* виробляють задля експорту більше 12 країн світу, але список країн, де її вирощують лише для внутрішнього споживання є значно ширшим [275].

*P. eryngii* у природі є слабким паразитом живих рослин родини *Ariaceae* (зонтичні або селерові). Має широке географічне поширення, що впливає на

морфологічні, біохімічні і навіть генетичні зміни таксону. Тому, класифікація цього виду та взаємозв'язки у родині *Pleurotaceae* є дискусійними серед наукової спільноти [276–278]. Гриби *P. eryngii* ростуть у природних умовах там, де відносно тепло: у південній частині Росії, Північній Америці, Центральній Азії та Європі. Зустрічаються на пасовищах, у пустелях на рослинних рештках, стеблах, коренях зонтичних видів рослин: ферула, синьоголовник, гладиш та інші. Плодоносить лише навесні, у південних регіонах з'являється вже у березні та квітні [279].

Технології промислового культивування *P. eryngii* базуються на використанні широкого спектру рослинних залишків, але з підвищеним рівнем нітрогену, порівняно з формулами субстратів для вирощування *P. ostreatus* та *P. pulmonarius*. Зокрема, у рекомендаціях щодо підвищення ефективності виробництв згадуються: тирса листвяних дерев (вільхи, дубу, берези, тощо) збагачена висівками зернових, подрібнена солома зернових, лушпиння соняшнику, відходи виробництва цукру та оливкової олії, тощо [192, 280–284].

Особливою технікою вирощування *P. eryngii* є проведення «масажу» - скретчингу (англійською «scratching») поверхні для видалення плівки повітряного міцелію [285–287]. Деякі науковці рекомендують вирощувати гливи степову з застосуванням покривного ґрунту, бо на їхню думку, цей технічний прийом дозволяє підвищити ефективність культури на 30–50 % [100, 288, 289]. Часто, для формування привабливої форми плодових тіл *P. eryngii* проводять видалення значної кількості примордіїв, залишаючи 1–2 плодових тіла (рис. 1. 7).

Загальна продуктивність *P. eryngii* складає від 250 до 500 г із 1000 г субстрату за одну хвилю плодоношення, але напряму залежить від характеристик субстратів та підтримання відповідного мікроклімату [161, 290, 291]. Біологічна ефективність досягає 130–180 %, що, з оглядом на високу ціну свіжих грибів та тривалий строк їхнього зберігання, робить цю культуру найпривабливішою для промисловців [76, 101, 292].

Плодові тіла *P. eryngii* мають високу харчову цінність. Вміст сухих речовин коливається від 8 до 25 % і напряму залежить від складу субстратів та умов вирощування. Відомо, що загальна кількість вуглеводів становить до 10% від

сирої маси, з них: 4,6 % харчових волокон, 4,1 % нерозчинних, 0,8 % розчинних полісахаридів та лише 0,5 % хітину [293, 294]. Плодові тіла містять у 2 рази більше сирого протеїну та ліпідів, але менше вуглеводів, зокрема хітину, як порівняти з всесвітньо відомим штамом *P. ostreatus* НК-35 [295].



а

б

в

**Рис.1.7. Різні техніки промислового вирощування *P. eryngii* (фото автора):**

а) вирощування на вертикальних стелажах (Китай), б) баночна технологія з видаленням більшості примордіїв (ТОВ НІКА, Україна); в) формування врожаю без видалення примордіїв – вирощування в поліпропіленових пакетах (ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР», Україна).

Вміст протеїнів за різними даними складає від 25 до 45 % (по сухій речовині), а найпоширенішими амінокислотами є аспарагінова кислота, глутамінова кислота і аргінін. Плодові тіла містять вітаміни: С, В2, В1, В5, А та D. Особливу увагу привертає склад мінеральних елементів, у плодових тілах наявні К, Mg, Na та Ca. *P. eryngii* має здатність поглинати деякі мікроелементи із середовища та включити їх в органічні метаболічні сполуки. Отже, плодові тіла можна фортифікувати есенціальними елементами, наприклад, селеном та цинком, додаючи їх у необхідній кількості у субстрати, завдяки чому підвищити харчову цінність грибів [162]. Але потрібно зауважити, що існує високий ризик потрапляння у плодові тіла іонів важких металів (наприклад, Pb<sup>2+</sup>) з неякісної

сировини [291]. Тому необхідно приділяти особливу увагу екологічній чистоті рослинних залишків, які використовуються для виготовлення субстратів .

Плодові тіла *P. eryngii* містять численні біологічно активні сполуки, деякі з них мають особливий аромат [296]. Ловастатин (*lovastatin*) виявився ефективною природною сполукою, яка запобігає нагромадженню ліпопротеїнів низької щільності в крові і є натуральним засобом для профілактики атеросклерозу, позитивно впливає на діяльність печінки та нирок [297]. Плеурин (*pleureryn*) – полісахаридна сполука з молекулярною масою 11,5 кДа має доведену ефективність у зниженні тиску, рівню холестерину та цукру в крові, має імуномодулюючі, протипухлинні, антибактеріальні, противірусні, протигрибкові, протизапальні, властивості [298]. Виявлено, що етанолові екстракти з плодових тіл гливи степової запобігають вимиванню кальцію з кісток та можуть бути профілактичним засобом проти остеопорозу [279]. У плодових тілах *P. eryngii* було встановлено наявність ерготіонеїну (*ergothioneine*) – речовини з потужним антиоксидантним ефектом, та ерінголізину (*eryngeolysin*), який проявляє цитотоксичність щодо атипових клітин крові при лейкемії [299]. Відомі антибактеріальні властивості екстрактів з плодових тіл та сухого порошку *P. eryngii*, за допомогою яких можливо боротися з інфекціями, спричиненими наявністю *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* та *Candida albicans* [293, 300].

Отже, плодові тіла гливи степової є природним джерелом біоактивних речовин, тому вважаються невід’ємною складовою функціонального харчування. Дослідники з Японії пропонують щоденне споживання супів з додаванням свіжої чи сушеної *P. eryngii* навіть для дітей у дитсадках [301]. Китайські науковці пропонують додавати 15% грибного борошна з *P. eryngii* для покращення смакових якостей хлібобулочних виробів щоденного споживання [22, 302]. Європейські споживачі платять за цей грибі у 3 рази дорожче, ніж за печерицю чи гливу. За результатами споживчої оцінки в Португалії саме цей гриб покупці радо купують і ніколи не сумніваються з вибором, якщо він є на полицях [59, 303].



Звичайно, що перераховані особливості привертають надзвичайну увагу українських споживачів та грибовиробників. Втім, відсутність штамів, що є адаптованими до місцевих умов, та науково-обґрунтованих технологій з використанням доступної місцевої сировини дуже лімітують впровадження культури *P. eryngii* у вітчизняному грибовництві. За даними інформаційної агенції загальний об'єм виробництва цього цінного їстівного та лікарського гриба складає лише 0,3...0,5% від обсягу грибної продукції України [304].

**1.3.3 Глива золота (*P. citrinopileatus*).** Цей вид відрізняється яскраво жовтими шапинками округлої форми. Зростки плодових тіл мають особливу будову, вони розгалужуються і кожне плодове тіло виглядає як окрема гілка. Морфологічні показники зростків мають широку варіативність залежно від природи субстратів та технології вирощування [305, 306]. Шапинки *P. citrinopileatus* округлі, при вирощуванні за температури нижче 16 °С – без наявної асиметрії, яка є звичайною для цього роду. Край шапинки з настанням біологічної стиглості набуває хвилеподібної форми та виразно світлішає порівняно з центральною частиною. Структура шапинки ніжна, стає крихкою з віком, тому збирання врожаю проводять на початку технічної стиглості. Гіменіальні пластинки світлі, з легким бежевим відтінком. Переходять глибоко на ніжку, а ніжка має специфічну ребристість [104].

*P. citrinopileatus* – типовий ксилотроф. Може рости як на загиблих, так і живих деревах. У природі ці гриби зустрічаються на Далекому Сході Росії, півдні Японії та Китаю. Ростуть на деревах з твердою деревиною: дубах, березах, тополях та ільмі (в'язі), тому навіть побутове світове ім'я виду «*elm mushroom*». У природі їх збирають з кінця травня до жовтня, інколи до грудня [307, 308]. За даними дослідників впродовж сезону можна зібрати до 20 хвиль грибів на одному дереві [309]. Міцелій грибів зберігає життєздатність навіть після заморожування, але оптимальною температурою розвитку є 24–26 °С. На штучних агарових живильних середовищах має ватоподібну структуру, інколи жовтуватого відтінку, утворює нитчасті ризоморфні тяжі [310].

Плодові тіла *P. citrinopileatus* містять від 8 до 12 % сухої речовини. Мінеральних речовин більше, порівняно з іншими видами гливи – від 7 до 11 %: калію 2,28 мг, натрію 0,33 мг, фосфору 0,1 мг, магнію 0,07 мг, кальцію 0,02 мг у 100 г сухої речовини (СР) [268, 303]. Як і для інших видів гливи, кількість мінеральних та органічних сполук у плодових тілах *P. citrinopileatus* має високу варіативність відповідно до складу субстратів, на яких вирощується гриб. За науковими даними вміст протеїнів становить 22–35%; загальний вміст цукрів досягає 60%, з яких понад 20% становлять харчові волокна; кількість жирів коливається від 1 до 4%. Особливістю цього виду є високий вміст речовин фенольної природи (понад 1 г на 100 г СР) [311–313].

У плодових тілах гливи золотої визначено широкий спектр вітамінів. Так, вітаміни групи В складають 41 мг/100 г СР, зокрема В3, або нікотинової кислоти міститься 22,2 мг; а вітаміну В5 (пантотенової кислоти) – 17,3 мг. Кількість фолієвої кислоти досягає 97 мг. Також з плодових тіл було виділено вітамін А (ретінол), кількість якого становила до 10 мг на 100 г СР. Також у плодових тілах виявлено 17 амінокислот, присутні всі незамінні амінокислоти: валін, лізин, лейцин та інші. Кількість глютамінової кислоти, солі якої відомі як підсилювачі смаку, перевищує 3% від загальної кількості амінокислот [314–316].

Наукові дослідження останніх років багаторазово підтверджують присутність в плодових тілах *P. citrinopileatus* натуральних речовин з протипухлинними, противірусними, антибактеріальними, імуномодулюючими та протизапальними властивостями [317–320]. За даними Кенічіро Минато (Kenichiro Minato), який вивчав особливості водних екстрактів, отриманих з плодових тіл *P. citrinopileatus*, їхні полісахаридні фракції індукували високу експресію мРНК фактора, що сприяв некрозу пухлини (TNF) - $\alpha$  у досліджених мишей. Китайські дослідники пов'язують антиоксидантні та імуномодельючі функції з наявністю особливого нелектінового глікопротеїну (РСР-3А), який міститься в плодових тілах *P. citrinopileatus*, а також, зберігає свої властивості після висушування, тому висловлюють впевненість в можливості успішного використання препаратів на основі *P. citrinopileatus* для боротьби з лейкемією

[321]. За іншими даними відомо, що введення водного екстракту *P. citrinopileatus* в кількості від 400 до 800 мг на кг маси тіла на додаток до дієти з високим вмістом жирів впродовж 12 тижнів значно знижує набір ваги, рівень тригліцеридів, холестерину та ліпопротеїнів низької щільності, аспартаттрансамінази, неестерифіцированих жирних кислот і креатиніну в сироватці крові, і, на додаток, підвищує рівень ліпопротеїнів високої щільності. Крім того, така дієта надала змогу поліпшити толерантність до глюкози у мишей, які отримували їжу з високим вмістом жиру, що, на думку вчених, є профілактикою виникнення діабету [313]. Водні та спиртові екстракти з плодових тіл мають доведену антиоксидантну активність, тому можуть використовуватися у геронтологічній практиці [40, 322].

У плодових тілах *P. citrinopileatus* було виявлено більш високий вміст моно- і поліненасичених жирних кислот у порівнянні з насиченими, зокрема високу концентрацію лінолевої кислоти—більше 30 % від загального вмісту ліпідів. Крім того, досліджені гриби містили цінні макроелементи: К, Mg, P. Зокрема, вміст калію складав 262,7-373,6 мг на 100 г сухої речовини. На додаток, в плодових тілах грибів було визначено високий вміст мікроелементів: Zn, Cu і Fe, кількість яких перевищувала 15% від рекомендованого добового споживання [323]. Гриби *P. citrinopileatus* привертають особливу увагу споживачів через насичений «крабовий» аромат, який з'являється тільки після температурної обробки і пов'язаний, на думку Митсо Миязави (Mitsuo Miyazawa) з виділенням сірки та азотовмісних компонентів, кетона C8 і альдегіду C8 при частковому розкладанні органічних речовин [324, 325].

Цікаві знахідки зарубіжних дослідників щодо використання водних екстрактів *P. citrinopileatus* для виготовлення кисломолочних продуктів щоденного вживання. Вчені повідомляють про ефективність збагачення йогурту полісахаридами «золотого гриба» в кількості 0,8 % з додаванням 5,0 % сахарози [326].

Дослідники підкреслюють, що склад субстратних композицій має суттєвий вплив на біохімічний склад плодових тіл грибів. Було вивчено формування антиоксидантної активності і визначено загальний антиоксидантний статус (TAS),

загальний оксидантний статус (TOS) і окислювальний індекс стресу (OSI) в екстрактах, отриманих з плодових тіл *P. citrinopileatus*, вирощених на п'яти різних субстратах. Виявилось, що найвищі показники TAC ( $3,125 \pm 0,038$  ммоль/л), TOS ( $10,786 \pm 0,313$  мкмоль/л) і OSI ( $0,345 \pm 0,014$ ) були визначені в грибах, вирощених на субстратах, що складаються з 90 % тирси буку та 10 % пшеничних висівок. Найнижчі значення TAC ( $2,316 \pm 0,042$ ), TOS ( $1,246 \pm 0,044$ ) і OSI ( $0,054 \pm 0,001$ ) виявлені в плодових тілах, отриманих на субстраті з 100 % тирси тополі [327].

Сучасні покупці потребують постійного споживання цих привабливих зовні, схожих на натуральні «лисички» та не менше смачних грибів, що, в свою чергу, стимулює підйом індустріального вирощування *P. citrinopileatus* в різних країнах [328]. Тому питання адаптації сучасних світових технологій до можливостей та умов українського грибовництва є надзвичайно актуальним. Водночас, треба визнати, що кількість вітчизняних наукових даних щодо ефективності використання місцевої сировини та її впливу на якісні показники плодових тіл *P. citrinopileatus* є недостатньою для успішного впровадження промислових технологій вирощування цього цінного виду.

**1.3.4 Опеньок тополевий (*C. aegerita*).** *Cyclocybe aegerita* (син. *Agrocybe aegerita*) – опеньок тополевий або англійською: «black poplar», «pioppino mushroom», широко культивується в усьому світі як їстівний гриб та продуцент біоактивних речовин на субстратах, що є відходами рослинництва та переробки технічних культур [111, 165, 174, 329]. Природне різноманіття екотипів опенька тополевого викликає палкі дискусії щодо ідентифікаційних ознак цього виду, що вносить суттєві незручності щодо впровадження його в промислову культуру. У наукових базах вже об'єднано результати досліджень, щодо *Cyclocybe aegerita* та *Agrocybe aegerita*, ці назви є синонімічними, але після аналізу генетичних доменів ДНК плодових тіл роду *Cyclocybe* вчені об'єднують цей вид в одну групу з *C. cylindracea* та запевняють в однорідності їх геномів, отже, в схожості певних фенотипічних ознак [330–333]. На сьогоднішній день, в Каталозі колекції культур шапинкових культур ІВК Інституту ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України останнього видання (2016) нараховується 14 штамів *Cyclocybe aegerita* (V.Br.)

Vizzini та 1 штам *Cyclocybe cylindracea* (DC.) Vizzini & Angelini, з яких у вітчизняному промисловому культивуванні не використовували жодного, хоча результати дослідження з біології та фізіології цієї культури присутні в науковій літературі [62, 235, 334].

У природі *C. aegerita*, як типових сапрофітів, знаходять у траві, трісці, гної, садовій мульчі або в листяних лісах з теплим і м'яким кліматом: на мертвій деревині тополі тригранної, вербі, клені. У Китаї вони зустрічаються на чайному дереві, тому китайці звать його «cha shu gu», що в перекладі означає «гриб чайного дерева» [335, 336]. В Європі *C. aegerita* росте на березах, в'язах, бузині, іноді на деревині фруктових дерев, часто утворює великі зростки, але інколи зустрічаються поодинокі плодові тіла. Плодоношення може продовжуватися 6–7 років, до повного руйнування деревини. Утворює зростки по 5–25 окремих плодових тіл, які легко розділяються. Звичайно, плодові тіла з'являються у квітні-травні, але в літературі описані випадки збору *C. aegerita* восени, до жовтня [308].

Шапинка діаметром 8–100 мм, спочатку напівсферична, опукла, з віком опукло-розпростерта та плоска; у молодих плодових тіл край шапинки підвернутий, але з віком вирівнюється та навіть вигинається догори. Поверхня шапинки оксамитова, від світло-бежевого кольору до темно-коричневого, з рудуватим відтінком, відповідно до характерних ознак штамів [337]. Гіменофор пластинчастий, пластинки прирослі, блідо-коричневі, у молодих плодових тіл закриті покривалом. З настанням біологічної стиглості покривало розривається, кільце на ніжці залишається у вигляді тонкого обідка на відстані 5–10 мм від гіменофору. Споровий порошок темно-коричневий [165]. Ніжка висотою 35–120 мм, циліндрична, білувата або сірувата, гола, покрита маленькими лусочками, які надають вигляду шорсткості. Діаметр ніжки від 3 до 20 мм [331]. Науковці відзначають наявність негативної кореляції цього показника з кількістю плодових тіл у зростках (чим більше плодових тіл, тим ніжки стають тоншими [338]). М'якоть м'ясиста, бліда, з приємним грибним ароматом.

Культивується переважно у південних регіонах, але в останні роки набуває широкого світового поширення. Звичайні споживачі цінують цей гриб за

особливий насичений аромат, обумовлений наявністю 11 ароматичних сполук та специфічних терпенів, зокрема віридифлоролу та віридифлорену [339]. Ці речовини відносяться до групи натуральних смакових та ароматичних продуктів, що мають широке застосування у фармацевтичній та харчовій промисловості [337, 340]. Лікарські властивості цього виду привертають увагу поціновувачів здорового харчування та професійних виробників функціональних продуктів і біоактивних добавок. Відомо, що екстраговані за низьких температур (4 °C) лектини AAD, AAL та AAL-2 мають доведену антипроліферативну активність та рекомендовані для використання в протипухлинних програмах [341]. Апоптичний ефект природнього риботоксину–агеретину (*ageritin ribotoxin*) на атипів клітини є багаторазово доведеним в численних наукових публікаціях [40, 329, 342, 343]. Використовують кулінарно підготовлені плоді тіла, відвари, екстракти та порошки з *C. aegerita* як профілактичний засіб для боротьби із віковими захворюваннями: розвитком злоякісних пухлин, розвитком цукрового діабету, запальних процесів у суглобах тощо. Корейські дослідники пов'язують антиангіогенний ефект екстрактів опенька з наявністю високого вмісту фенолу ( $13,67 \pm 0,21$  GAE ( $\mu\text{M}$ )/mg екстракту) та 5 домінуючих фенольних кислот, включаючи галову, ферулову та синапінову кислоти, загальний вміст яких складає до 2,5 % сухої маси екстракту [344, 345].

Антимікробні властивості *C. aegerita* проявляє завдяки наявності «агерітину», специфічної рибонуклеази (риботоксину), яка блокує виробництво певних білків мікроорганізмів. Наукові дослідження свідчать про високий потенціал цієї речовини для профілактики інфекційних захворювань, пов'язаних з діяльністю бактерій та плісневих грибів [346]. Один із біоактивних компонентів *C. aegerita* – це протеїн «галектин», що має антиметастатичну активність [347]. Ферменти протеази, що входять до ферментного комплексу опенька тополевого, мають доведені антикоагулянтну та антитромболітичну функції [348, 349].

Втім, вміст нутрієнтів та мінеральних речовин в плодівих тілах опенька тополевого, отже, його смакові властивості, лікарська та харчова цінність, залежать від складу субстратних композицій та від мікрокліматичних умов

культивування. Так, кількість розчинних речовин в плодових тілах опенька тополевого змінювалася від 2 до 7 %, а вміст ліпідів коливався від 0,1 до 3 % за умови культивування на різних субстратах [65, 109, 110]. Встановлено, що вміст протеїнів в плодових тілах при вирощуванні на 9 різних субстратних композиціях варіював від  $1,1 \pm 0,3$  % (тирса берези) до  $15,2 \pm 0,4$  % (суміш виноградних залишків та бавовни–(ВБ)), а вміст лігніну–від  $6,9 \pm 0,1$  % до  $38,4 \pm 2,4$  % за умов культивування на подрібнених качанах кукурудзи та ВБ – відповідно [136].

Промислове впровадження цього виду в Україні обмежується відсутністю наукового обґрунтування як технологічних аспектів вирощування з використанням місцевих агровідходів, так і особливостей формування якості плодових тіл в мікрокліматичних умовах вітчизняних господарств. Втім, апробацію технології вирощування цього цінного їстівного виду розпочато з 2015 року в умовах малооб'ємних виробництв Запорізької області та Києва з використанням штамів іноземного походження, які люб'язно надали нам науковці зі США та Словенії.

**1.3.5 Опеньок зимовий (*F. velutipes*).** Є одним з п'яти найбільш поширених у світі їстівних грибів, що культивуються штучно. У країнах Азії його називають «єнокітаке» (скорочено «єнокі») або «золотий гольчатий гриб» (Golden Needle Mushroom) не тільки за відповідну форму плодових тіл та золотавий відтінок шапинок, а й за високі смакові та поживні властивості [350]. У природі вид зустрічається у помірному кліматичному поясі на листяній деревині, зрідка на хвойних породах. Гриб є достатньо поширеними в лісах України з місцевими назвами — лубинка зимова, фламуліна [351]. Паразит, але може бути сапротрофом. Розвивається на ослаблених та мертвих деревах, часто на вербах чи тополях. Утворює великі колонії, росте зростками навесні та до глибокої осені. Стійкий до низьких температур. Під час відлиги його можна побачити на деревах впродовж цілої зими. Під корою дерев утворює ризоморфні тяжі, які звичайно знаходяться на висоті, але можуть спускатися до коренів і таким чином діставатися до дерев поблизу [171].

Окремі плодові тіла мають незначну масу від 0,1 до 5 грамів. Шапинка діаметром 5–50 мм, спочатку опукла, з віком опукло-розпростерта та плоска за рахунок стоншення краю, який стає злегка хвилястим. Поверхня шапинки оксамитова, зрідка зволожена, від білого до яскраво-коричневого кольору, край шапинки здебільшого на декілька тонів світліший у порівнянні з центром. Штамові відмінності дуже характерні, але варіюють залежно від умов культивування [168]. Гіменофор пластинчастий, відкритий, пластинки прирослі, але утворюють характерне заглиблення, яке виглядає як вільне кільце навколо ніжки. Частина пластинок є укороченими. Білі або від блідо-бежевого до рудого кольору відповідно до кольору шапинки. Споривий порошок світлий.

Ніжка у культури висотою 100–230 мм, витягнута, спочатку цільна, з віком виглядає, як закручені у канат окремі волокна. З набуттям стиглості стає щільною біля кріплення з субстратом, покривається злегка видимими волокнами, які надають їй оксамитового вигляду. У темних рас значно темніша за інші частини плодового тіла. Діаметр ніжки від 2 до 5 мм. За відсутності спеціальних заходів, що спрямовані на витягування ніжок, вони значно скорочуються (у 2–4 рази) та потовщуються. Кільце на ніжці відсутнє. М'якоть тонка, світла з приємним смаком та ароматом [352, 353].

Морфологічні ознаки штамів, що вирощуються штучно, кардинально відрізняються від дикорослих. У штучно вирощеного опенька ніжку витягують до 200 мм за рахунок спеціальних «комірців», оскільки відомо, що в основі ніжки опенька міститься висока кількість біологічно-активних полісахаридів, які мають протипухлинну дію [354]. За кольором культивари розділяють на дві раси: темну або золоту (від бежевого до темно-коричневого відтінку) та білу (молочно-білого, навіть білувато-прозорого кольору). В Колекцію культур шапинкових грибів ІВК депоновано 42 штами *F. velutipes*, виділених з природніх зразків та отриманих від дослідників інших країн [62].

З розвитком напряму функціонального харчування науковий інтерес до цих грибів значно зріс: у плодових тілах фламуліни знайшли унікальний білок FIP-fve (*fungal immunomodulatory protein*), який стимулює активність периферійних



лімфоцитів та пригнічує систему анафілактичних реакцій організму [355, 356]. Вчені з Китаю запевняють, що екстракти та порошки з плодкових тіл опенька містять дієтичні харчові волокна, полісахариди та мікостерол, які здатні до зменшення рівня цукру, холестеролу та кров'яного тиску [9, 357]. Японські дослідники виділили з екстрактів міцелію опенька та його культуральної рідини антиоксидантну амінокислоту – ерготионеїн, яка перешкоджає автоокисненню оксміоглобіну та ліпідів, протидіє вільним радикалам [358].

Приємний смак, висока поживна цінність та достатньо проста технологія культивування забезпечили активне впровадження опенька зимового у промислову штучну культуру. Хоча перші роботи, присвячені вирощуванню фламуліни відносяться до початку минулого століття, пік наукового інтересу припадає на 60-90 роки [57, 359]. Опеньок зимовий став першим грибом, ріст якого вивчали у космосі в багаторазовій космічній лабораторії «Спейслеб» [360]. Виявилося, що невагомість загалом не впливає на морфогенез і ріст плодкових тіл цього гриба, що розкриває перспективи його використання для функціонального харчування дослідників космічних просторів.

Найбільша кількість опенька зимового вирощується в Китаї. Згідно досліджень І. Занга (Y. Zhang), їстівні гриби там вирощують біля 25 мільйонів фермерів, а енокі посідає третє місце після гливи та шіітаке за кількістю виробленої грибної сировини. Споживання і, відповідно, виробництво дереворуйнівних грибів постійно зростає: кількість гливи на місцевих ринках виросла в 1,36, шіітаке в 1,71, а фламуліни в 2,12 раза з 2007 по 2015 рік [361]. Вирощуванням опенька звичайно займаються невеликі господарства, наприклад, в провінції Шандунь фермери виробляють 3666 кг цих грибів на добу [362].

Цінні властивості фламуліни вже зробили її відомою на ринках Європи і США, але в Україні промислове виробництво цього гриба ще не започатковано. Втім, вітчизняні вчені давно проаналізували таку можливість та запропонували основні шляхи отримання плодкових тіл *F. velutipes* з використання субстратних композицій на основі доступних рослинних матеріалів: лушпинні соняшнику, подробеній соломі злакових культур, тощо [305, 363–365]. В Україні цей гриб з

успіхом вирощується в умовах малооб'ємних виробництв, а піонерами цього перспективного напрямку вітчизняного грибівництва стали Василенко О.Ю., голова селянського фермерського господарства "Жовтневе" з Дніпра та фізична особа-підприємець Гончаров С.М. з м. Дніпрорудне Запорізької області. Втім, збільшення обсягів виробництва *F. velutipes* можливо лише за умов наукового обґрунтування сучасних промислових технологій, адаптованих до локальних умов українського грибівництва [366].

**1.3.6 Молочний гриб (*C. indica*) або калоцибе індійський.** Проблеми розширення асортименту грибної продукції промислові виробники пов'язують з постійним зростанням вартості енергоносіїв, які, в першу чергу, потрібні для створення відповідних мікрокліматичних умов [214, 367, 368]. Тому завжди актуальним є пошук термотолерантних видів чи культиварів, при вирощуванні яких можливо мінімізувати витрати на електропостачання або інші енергоресурси, задіяні в охолодженні чи нагріванні камер вирощування. Саме тому нашу увагу привернули результати науковців та практиків з Індії, Китаю та інших азіатських країн щодо успішного культивування тропічного гриба *C. indica*. Гриб, що має привабливий зовнішній вигляд та унікальний смак, зараз впевнено займає позицію лідера на індійському ринку за обсягами продажу [369]. Адаптація технології культивування *C. indica* до кліматичних умов Європи у зв'язку з проблемою глобального потепління є надзвичайно актуальною темою, яка потребує глибокого наукового обґрунтування.

*C. indica* або «Дхат-чата» (“Dhuth chatta”), що у дословному перекладі означає «молочний гриб» (англ.–milky mushroom), отримав свою назву через насичений молочний колір та матову консистенцію шапинки, що виглядає як збиті вершки (рис. 1.8). У природі *C. indica* індійський росте на луках, полях та узліссях у штатах Тамілнад та Раджастан, від півдня до північного заходу Індії [370]. Зустрічається, як правило, на субстратах, багатих органічним матеріалом. Гриби з'являються у період з травня по серпень після періодів дощів.



**Рис. 1.8. Зовнішній вигляд плодових тіл *C. indica*, вирощених в Україні (ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР»), фото автора.**

Гриб є сапрофітним, хоча, як повідомляється, він утворює ектомікоризні зв'язки з корінням кокосового дерева (*Cocos nucifera*), пальми (*Borassus flabellifer*), тамаринда (*Tamarindus indicus*) та жовтої соги (*Peltophorum pterocarpum*). Утворює невеликі зростки по 5–6 плодових тіл, але може рости поодинокі [371]. Тропічне походження робить культуру нестійкою до низьких температур. Оптимальна температура розвитку вегетативного міцелію становить 32–35 °С, а підтримувати життєдіяльність культури впродовж зберігання потрібно за температури не нижче 15 °С. Культура швидко колонізує субстрати за оптимальних температурних умов, стійка до захворювань. Головною особливістю є здатність до плодоношення за температури 25...30 °С, що дозволяє вирощувати цю культуру в умовах спекотного та вологого клімату [173].

У якості комерційного об'єкту *C. indica* з'явився лише у 1997 році, але впевнено випереджає інші види, що культивуються в Індії, за наступними перевагами:

- висока біологічна ефективність, що досягає 140-180 %,
- короткий технологічний цикл (7-8 тижнів);
- резистентність до бактеріальних та плісневих інфекцій;
- низька собівартість субстратів, що готуються з доступної сировини: соломи рису та пшениці;

- привабливий зовнішній вигляд плодових тіл, добру збереженість за кімнатної температури та відсутності потемніння;

- специфічний насичений смак, обумовлений наявністю терпенових сполук.

Перераховані вище факти визначили глибокий науковий інтерес до вивчення особливостей культивування *C. indica* та використання отриманого врожаю, який підтверджується численними публікаціями. Наприклад, техніка пастеризації субстрату впродовж 10 годин дозволила збільшити біологічну ефективність культивару до 150 % БЕ. А застосуванням покривних матеріалів на основі вермікомпосту вдалося підвищити цей показник до 180,32 % [372–374].

Ряд досліджень доводять високу поживну та лікарську цінність *C. indica*. Визначено, що «грубих» полісахаридів у плодових тілах цього виду в 2 рази менше, як порівнювати з гливою звичайною, а мінеральних елементів – в 1,4 раза більше. Втім, за кількістю ліпідів та протеїнів *C. indica* істотно не відрізняється від інших грибів, що вирощуються штучно [375, 376]. Вчені стверджують, що наявність таніну та специфічних алкалоїдів визначають особливий неповторний смак цього гриба, але було виявлено значні коливання кількості ароматичних сполук у плодових тілах різних за походженням штамів [377–381]. Роботи Мандал Ешита Кара (Mandal Eshita Kar) та його колег присвячені вивченню унікального водорозчинного гетероглюкану, виділеного з ПТ *C. indica*, який має доведений імунномодуляторний ефект [382, 383].

Дослідження екстрактів молочного гриба довело наявність речовин з антиоксидантним та протизапальним ефектом, які стабілізують клітинні мембрани та інгібують денатурацію білків при деяких системних захворюваннях. Група дослідників розробила методику синтезу молекул наночастинок срібла розміром до 20 мкм у клітинах культури *C. indica*, що, на їхню думку, дозволяє використовувати молочний гриб у виробництві протипухлинних препаратів [384–386].

Важливою особливістю грибів є високий вміст доступної форми вітаміну D<sub>2</sub>. Вчені стверджують, що рівень ергостеролу в плодових тілах можна значно підвищити в процесах післязбиральних операцій за рахунок впливу на ПТ

ультрафіолетом [271]. Відомо, що плодове тіла *C. indica* містять 34,55  $\mu\text{g}/\text{г}$  вітаміну D2 по сухій речовині і ця кількість збільшується до 140,58  $\mu\text{g}$ , при опроміненні впродовж 90 хвилин ультрафіолетовими променями з довжиною хвилі 280-320  $\mu\text{m}$  [387]. Отже, всього 2 г сухого порошку або, приблизно, 16 г свіжих ПТ (з вмістом вологи 87 %) *C. indica* забезпечує терапевтичну дозу ергостеролу, яка для дорослої людини становить 175-250  $\mu\text{g}/\text{добу}$  [388]. Ці факти стають особливо актуальними у зв'язку з виявленою кореляцією між нестачею вітаміну D2 у раціоні населення та збільшенням показника смертності від COVID-19 [389].

Технологія вирощування молочного гриба досить проста та ефективна. *C. indica* добре росте за температури 25...35  $^{\circ}\text{C}$  та відносній вологості повітря у приміщенні більше 80%. Процес нагадує технологічні засади культивування печериці, бо потребує нанесення покривного ґрунту. Вегетативний цикл триває від 20 до 24, тому плодове тіла можливо отримати на 24...28 добу після інокуляції, а загальний цикл з 2-3 хвилями врожаю становить лише 45...50 діб [370].

За даними різних дослідників біологічна ефективність коливається від 90 до 180 % та залежить від складу субстратів, виготовлених з соломи зернових, бавовняних відходів і різних рослинних рештків, що підвищують вміст нітрогену [117]. На думку зарубіжних авторів, сировина не потребує тривалого компостування або спеціальної термічної обробки. Проте наші попередні дослідження дають змогу говорити, що використання стерильних субстратів збільшує врожайність в 1,6 рази. Такий метод дає можливість вводити в рецептурну формулу легкодоступні цукри та олію. Наприклад, за додавання насіння ріпаку та кукурудзяного борошна до субстрату на основі соломи ячменю було отримано 134% біологічної ефективності культури *C. indica* [390].

Науковці стверджують, що особливу увагу в технології вирощування цього виду слід приділяти якості та висоті нанесення покривного ґрунту, зокрема нанесення ґрунту, обробленого парою, шаром у 2–2,5 см є найефективнішим [391, 392]. Інші дослідники погоджуються, що природа покривного ґрунту є одним із важливих факторів успішної технології, здатних збільшити ефективність культури і навіть вплинути на морфологію плодкових тіл *C. indica* [117, 196, 373,

393]. У якості покривного ґрунту використовують доступні місцеві матеріали, проте в європейських країнах та Україні найчастіше використовують торф, як матеріал, що має необхідну структуру і добре утримує вологу [226]. Викладена вище інформація обґрунтовує перспективність інтродукції *C. indica* в умови вітчизняного промислового виробництва. Ця культура може стати цікавою для споживачів як з естетичної точки зору, так і як ресурс унікальних нутрієнтів.

#### **1.4 Сучасні тенденції зберігання та переробки грибною сировини.**

Питання оздоровчого харчування має глибоке коріння. Гіппократу, одній з найвизначніших персон медицини, приписують вислів: «Нехай їжа стане вашими ліками, інакше ліки стануть вашою їжею» [394]. З метою покращення здоров'я майбутніх поколінь, з 1991 року Міністерство охорони здоров'я, праці та соціального забезпечення Японії запровадило функціональне регулювання харчування, яке називається «Харчові продукти специфічного використання для здоров'я» (FOSHU) [395]. А вже у 2015 році була створена нова функціональна регуляторна система з назвою «Продукти з функціональними претензіями», яка базується на системі охорони здоров'я та освіти Dietary Supplement, створеній у США. Основні вимоги щодо оздоровлення населення згідно з нею – це регулювання виготовлення харчових продуктів для осіб, які страждають від фізичної втоми, порушення зору і пам'яті, постійних стресів, недостатнього сну, захворювань суглобів, кровотоку, м'язів та зростаючого індексу маси тіла. Сучасна медицина вважає, що пошкодження клітин організму людини, спричинені вільними радикалами, можливо, є одним з основних факторів старіння і дегенеративних захворювань. А саме біоактивні сполуки грибів містять ряд антиоксидантних компонентів, здатних до нейтралізації та виведення вільних радикалів і токсичних речовин з організму людини [396].

Гриби мають унікальний біохімічний склад, який об'єднує переваги харчової сировини тваринного та рослинного походження. Соломко Е.Ф. розділяє три складові цінності грибів як продукту харчування: поживну, біологічну та енергетичну, підкреслюючи, що ці показники напряду залежать від складу

субстратів, умов культивування, тривалості зберігання та багатьох інших факторів. Зокрема, автор зазначає, що у молодих плодових тілах *P. ostreatus*, вирощених на тирсі, кількість білків не перевищувала 22 %, тоді як на оптимізованих за складом субстратах цей показник зростав до 35 %, що узгоджувалося з вмістом білків у квасолі чи зеленому горошку, та, за іншими даними—було вищим ніж у морепродуктах (м'ясі горбуші та креветках) та у більшості видів м'яса тваринного походження [235]. Ці висновки підтверджуються численними публікаціями вітчизняних та іноземних дослідників (табл. 1.4.). Також відомо про різницю між вмістом основних органічних речовин та речовин поліфенольної природи, специфічних алкалоїдів, терпенів, тощо у різних частинах плодових тіл (шапинках та ніжках) [266]. Науковці пояснюють це особливостями клітинної будови грибів, яка залежить від джерел живлення та оточуючих умов, а також функціональної диференціації на певних етапах розвитку культури. Ці чинники впливають на баланс ліпідів, протеїнів та вуглеводів, які утворюють відповідні глікопротеїнові, гліколіпідні комплекси, задіяні у фізіологічних та структурних процесах формування плодових тіл [397].

Відомо, що біоактивні сполуки грибів містять ряд антиоксидантних компонентів, здатних до нейтралізації та виведення вільних радикалів і токсичних речовин з організму людини [55]. Ці речовини містяться як у плодових тілах, так і в міцелії та культуральній рідині [235, 334]. До їхнього складу входять: полісахариди, токофероли, фенольні сполуки, каротиноїди, ергостерол, аскорбінова кислота, тощо (табл.1.4). Але особливу функціональну роль відіграють унікальні полісахариди грибів, а саме  $\beta$ -глюкани. Вони привертають велику увагу дослідників завдяки значному позитивному впливу на здоров'я людини, який виявляється в імуномодулюючій, протипухлинній, кардіопротекторній, гепатопротекторній, антиоксидантній та антимікробній дії [5, 238]. За результатами порівняння загального вмісту біоактивних глюканів у плодових тілах штучно вирощуваних видів найбільшу кількість визначено у ніжках *L. edodes*, а найнижчу у шапинках печериці білої раси (26,75 г/100 г сухої речовини та 10,05 г/100 г відповідно).

**Загальний хімічний склад плодових тіл їстівних грибів, що вирощуються штучно (% на суху речовину), за даними літератури**

Вид	Білки	Жири	Вуглеводи	Зола	Біоактивні речовини	Джерела
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<i>P. ostreatus</i>	7,02 - 30,4	0,62–2,2	56,6–85,87	3,66–9,8	$\beta$ -glucans, $\alpha$ -glucan, pleuran, chrysin, Lovastatin	[57, 226, 296, 398]
<i>P. pulmonarius</i>	24	1,56	60,5	6,25	$\beta$ -glucans	[1, 57, 296]
<i>P. eryngii</i>	2,09–11	1,45–4,36	64,9–81,36	6,18–14,95	Ergothioneine, <i>P. eryngii</i> protein (PEP) 1b, Diterpenoids	[47, 226, 296, 322, 399, 400]
<i>P. citrinopileatus</i>	23,8–27	1,52 -3,5	54,7	7,29–7,89	Lectins, Sesquiterpenoids	[1, 296, 322, 400]
<i>P. djamor</i>	26,6–31	1,46–2,63	52,7	7,27–9,43	$\beta$ -glucans, Folic acid	[296, 303, 398, 401, 402]
<i>L. edodes</i>	4,4–24,68	1,42 - 1,73	62–87,1	4,74–6,72	Eritadenine, Lentinan	[226, 398, 403]
<i>C. aegerita</i>	6,68–25,2	2,13–2,97	84,5	8,47	Lectin AAL-2- N- acetylglucosamine ceramide, methyl b-D-glucopyranoside and $\alpha$ -D-glucopyranoside	[1, 403–405]
<i>F. velutipes</i>	3,87–27,95	1,84–6,45	70,9–87,1	7,25–9,42	Polysaccharide Flammulin, FVP (Flammulina polysaccharide protein), peptide glycans, Prolamin (active sugar protein), Proflamin (glycoprotein), Sesquiterpenoids	[226, 400, 403]



1	2	3	4	5	6	7
<i>H. erinaceus</i>	15,4–18,8	1,75–2,01	61,3–79,36	3,49–4,58	β-Glucans (polysaccharides) (e.g. β-1,3-branched-beta-1,6-glucan with laminarin-like triple helix conformation) Hericenone B (phenolic compound) HEP1 -heteropolysaccharide, (1>6) bounded with α-D- galactopyranosyl backbone; HEPF3 (a hetero-polysaccharide, with a branched penta-saccharide repeating unit); Endo-polysaccharides	[1, 226, 322, 406]
<i>C. indica</i>	3,22 – 4,0	1,05	62 ± 1,6	2,3	β-glucans, α-glucan CIP (C.indica polysaccharide)–ergosterol, octen-3-ol, n-octanol 3-octanone n-hexanal, 2,4-decadienol, 2,4-nonadienole, 2-octen-1-ol, 1-hexanol, decanol, linalool oxide	[173, 378, 385, 401, 407]

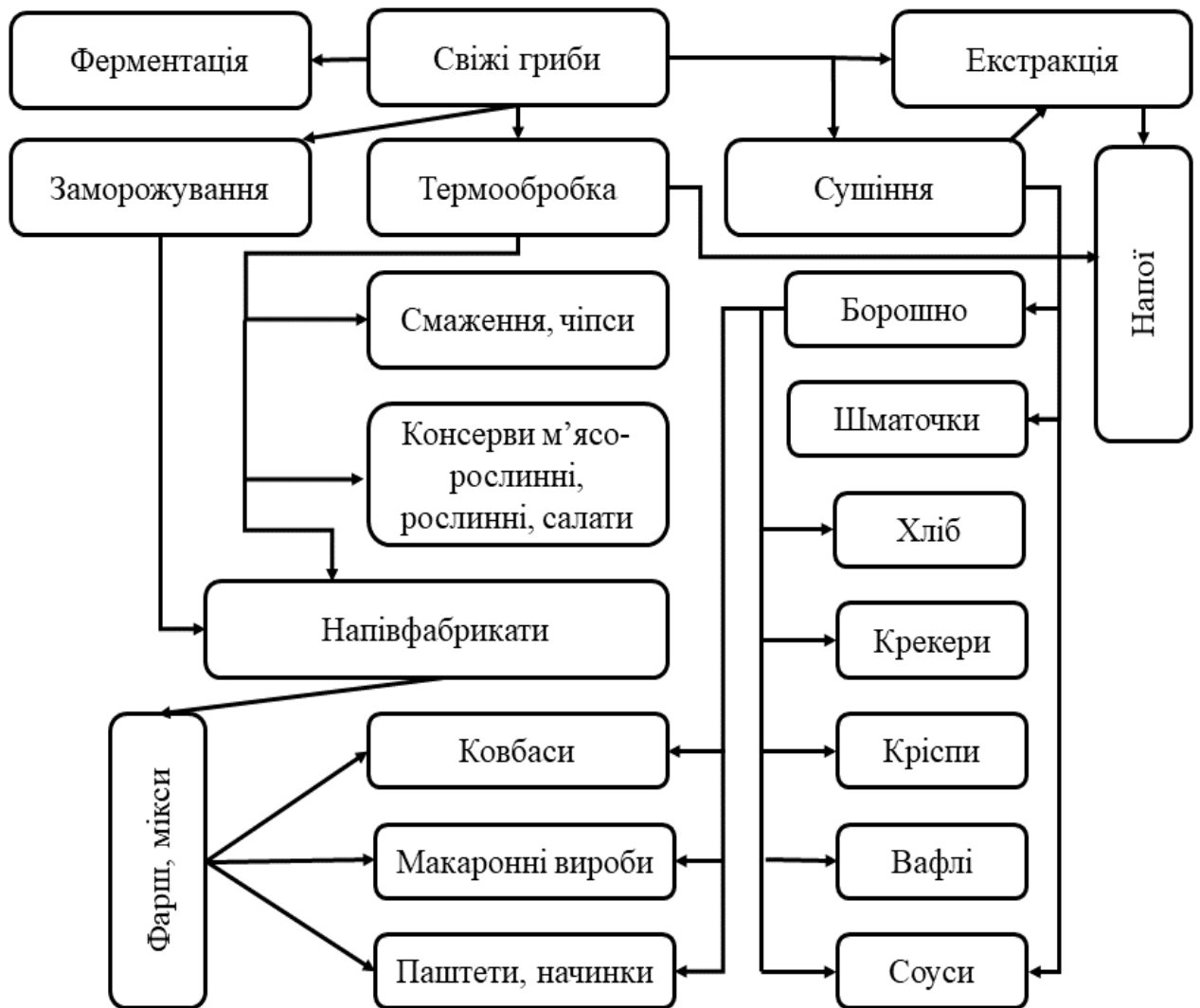
Плодові тіла *P. djamor* серед 4 видів *Pleurotus* мали найвищу концентрацію  $\beta$ -глюканів (21,7 %), тоді як у грибах *P. eryngii* виявлено найбільшу серед відомих видів роду *Pleurotus* концентрацію  $\alpha$ -глюканів (3,9 %) [401].

Їстівні гриби посідають четверте місце в списку основної овочевої продукції, що рекомендується для щоденного споживання у європейських країнах та друге – у країнах Азії [46, 60, 408]. Споживання грибів на душу населення в Китаї має найвищий у світі рівень – до 10 кг на рік, а в Японії гриби є невід’ємною складовою шкільного харчування [409–411]. На жаль, для українців ксилотрофні гриби, що культивуються штучно, є екзотичним продуктом. Більше того, серед населення існує тверде переконання, що вживання грибів не рекомендується дітям, літнім людям та особам, які мають захворювання шлункового тракту [412].

Зрозуміло, що підвищена кількість «грубих» полісахаридів (*crude polysaccharides*), які зумовлюють складність пережовування шматочків цільних плодових тіл та низька перетравлюваність комплексних сполук, про які згадано вище, є причиною такого відношення до грибів. Втім, відвари грибів, грибне борошно, механічно подрібнений грибний фарш є основою дієтичних страв, які нутриціологи всього світу наполегливо рекомендують у системі профілактики онкозахворювань, для антивікової терапії та для імуннорегуляторного напрямку дитячого харчування [245, 347, 357, 385, 413]. Актуальність збагачення продуктів щоденного харчування: хліба, пасти, йогуртів, кукурудзяних пластівців, тощо, корисними біоактивними речовинами грибів підтверджується численними розробками, патентами та науковими публікаціями [244, 247, 414–418, 418–421].

За результатами всебічного аналізу світових тенденцій щодо використання грибів і продуктів їх переробки у напівфабрикати та готові страви функціонального призначення було розроблено перспективну схему збереження та переробки грибної сировини у продукти функціонального призначення (рис. 1.9). Пошук шляхів підвищення поживної цінності, вмісту біоактивних сполук, есенціальних елементів та визначення основних засад збереження цих речовин під час зберігання грибів та переробки у напівфабрикати та готові продукти є нерозривними напрямками наукових експериментів. Звичайно, що

дослідження мають певні національні та історично сформовані особливості. Наприклад, роботи науковців африканських країн та Індії у більшості присвячені використанню грибного борошна, бо зберегти грибну сировину необхідної якості в умовах підвищеної температури довкілля дуже складно. У США, Італії та Франції розробляються шляхи опосередкованого впливу грибної дієти домашніх тварин на якість м'яса, молока та сирів [422, 423].



**Рис.1.9. Головні тенденції використання грибів, що вирощуються штучно, у продуктах функціонального призначення (схема автора).**

Сучасне повсякденне харчування мешканців країн Азії передбачає використання грибів у перших стравах, напоях та навіть десертах [41, 424–427]. В Україні спостерігаємо обмежену кількість публікацій щодо використання грибів у харчовій промисловості, які присвячені переробці лише печериці та гливи у

маринади та консерви, дуже мало публікацій, де розглядаються інші напрями переробки грибів [234, 428]. На жаль, повністю відсутні роботи щодо переробки зимового чи тополиного опеньків, опубліковано одиничні дослідження щодо використання шіітаке та гливи золотої. Можливо, проведення дослідів обмежено відсутністю сировини, але ж отримання біомаси чи, навіть, плодових тіл у сучасних університетських лабораторіях є доступною справою, що підтверджується численними роботами співробітників відділу мікології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України та Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного [63, 412, 429, 430].

Втім, дослідники зауважують, що однією з головних проблем сучасної «мікотерапії» є відсутність сертифікації та сумнівне походження продуктів з грибів, зокрема екстрактів. Тому такі товари з заявленою функціональною цінністю часто не відповідають необхідним критеріям якості. Багатопартнерське співробітництво, метою якого є розробка нутрицевтичних продуктів із грибів у відповідності до вимог маркетингу «наука-бізнес» (S2B) є однією з можливостей вирішення питання підрбок і неякісних товарів, вважають вчені. З цієї точки зору університети, які вже займаються дослідженнями лікарських грибів та їх потенційного застосування в промисловому секторі, є науковою базою для співпраці з великими приватними компаніями з відомою репутацією [431].

Отже, з урахуванням високого потенціалу отримання високоякісної сировини з широким асортиментом видів з відомою харчовою та лікарською цінністю, ігнорування «грибного» напряму розвитку харчових технологій відсуває нашу країну від унікальних можливостей мати конкурентоздатні експортні товари, які, з оглядом на відносно низьку собівартість та високу функціональну якість можуть бути цікавими як європейському споживачеві, так і більш віддаленим країнам.

## **Висновки до розділу I**

1. Сучасне світове виробництво грибів має сталу тенденцію до розширення асортименту за рахунок видів, які мають цікаві морфологічні, органолептичні

особливості та цінні лікарські властивості зокрема *P. ostreatus*, *P. pulmonarius*, *P. eryngii*, *P. citrinopileatus*, *P. djamor*, *L. edodes*, *C. aegerita*, *F. velutipes*, *H. erinaceus* *C. indica* та ін.

2. Головними елементами адаптивних технологій культивування означених видів є забезпечення якості посівного матеріалу, елективності субстратів, відповідності мікрокліматичних умов фізіологічним потребам культури, ефективності санітарно-гігієнічних заходів та післязбиральних операцій збереження врожаю.

3. Необхідними умовами впровадження нових видів грибів у промислове виробництво є визначення технічних характеристик культури: тривалості вегетативного циклу, продуктивності та біологічної ефективності, а також морфологічних параметрів та їх залежності від факторів оточуючого середовища і застосованих технік культивування.

4. Для підвищення ефективності вирощування та якості цінних їстівних та лікарських видів необхідно обґрунтувати принципи формування складу субстратних композицій за рахунок збалансування органічних та есенціальних елементів, а також визначити вплив мінерального складу води, що використовується для зволоження рослинних компонентів.

5. Для з'ясування впливу мікробіологічного чинника на ефективність вирощування культури, споживчу якість та безпечність плодівих тіл необхідно розкрити механізми накопичення сторонньої мікробіоти та визначити якісний склад мікроорганізмів у культиваційних приміщеннях.

6. З метою максимального збереження якості та для забезпечення ефективності післязбиральних процедур необхідно визначити коефіцієнти втрати маси на етапах первинної переробки для плодівих тіл різного ступеня стиглості, дослідити зміни їх фізичних та хімічних показників.

7. Пошук шляхів покращення технічних показників якості виробленої грибної сировини, зокрема органолептичних та біохімічних, а також забезпечення належної харчової безпеки є нагальною потребою розвитку сучасного грибівництва.

## Список використаної літератури до розділу I

1. Cheung P.C. Mushrooms as Functional Foods. John Wiley & Sons, 2008. 293 p.
2. Chang S.-T. Overview of mushroom cultivation and utilization as functional foods. Mushrooms as functional foods. *Wiley: Hoboken, NJ*, 2008. P. 260
3. Wasser S. Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2002. Vol. 60, № 3. P. 258–274.
4. Nicolcioiu M.B., Popa G., Matei F. Biochemical investigations of different mushroom species for their biotechnological potential. “*Agriculture for Life, Life for Agriculture*” Conference Proceedings. Sciendo, 2018. Vol. 1, № 1. P. 562–567.
5. Giavasis I. Bioactive fungal polysaccharides as potential functional ingredients in food and nutraceuticals. *Current Opinion in Biotechnology*. 2014. Vol. 26. P. 162–173.
6. Srikrum A., Supapvanich S. Proximate compositions and bioactive compounds of edible wild and cultivated mushrooms from Northeast Thailand. *Agriculture and Natural Resources*. 2016. Vol. 50, № 6. P. 432–436.
7. Shu Ting C. Global impact of edible and medicinal mushrooms on human welfare in the 21st century: nongreen revolution. *International Journal of Medicinal Mushrooms*. 1999. Vol. 1, № 1. P. 1–7.
8. Das A.K. Nanda P.K., Dandapat P., Bandyopadhyay S., Gullón P. Edible mushrooms as functional ingredients for development of healthier and more sustainable muscle foods: a flexitarian approach: 9 molecules. *International Journal of Molecular Sciences*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2021. Vol. 26, № 9. P. 2463.
9. Jayachandran M., Xiao J., Xu B. A critical review on health promoting benefits of edible mushrooms through gut microbiota. *International Journal of Molecular Sciences*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2017. Vol. 18, № 9. P. 1934.

10. Biodiversity of Fungi : Inventory and Monitoring Methods. Ed. Gregory M. MuellerGerald F. BillsMercedes S. Academic Press. 2004. 777 p.
11. Buswell J., Chang S.T. Edible mushrooms: attributes and applications. 2018. P. 297–324.
12. Grimm D., Wösten H.A.B. Mushroom cultivation in the circular economy. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2018. Vol. 102, № 18. P. 7795–7803.
13. Barros L., Baptista P., Correia D. M., Casal S., Oliveira B., Ferreira, I. C. Fatty acid and sugar compositions, and nutritional value of five wild edible mushrooms from Northeast Portugal. *Food Chemistry*. Elsevier, 2007. Vol. 105, № 1. P. 140–145.
14. Bonatti M., Karnopp P., Soares H. M., Furlan, S. A. Evaluation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. *Food Chemistry*. 2004. Vol. 88, № 3. P. 425–428.
15. Chauhan G., Prasad S., Rathore H., Sharma S. Nutritional profiling and value addition of products from *Hypsizygus tessellatus*. *Food Biology*. 2017. P. 1–6.
16. Miles P.G., Chang S.-T. Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. *CRC Press*, 2004. 482 p.
17. Аксьонова Н. О. Оптимізація технології холодильного зберігання свіжих культивованих грибів. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2013. № 30. С. 222-273.
18. Гунько С.М., Тринчук О.О. Вплив умов зберігання на біохімічні показники грибів печериця двоспорова та глива звичайна. *Овочівництво і баштанництво*. Національна академія аграрних наук України, Інститут овочівництва і баштанництва, 2013. № 59. С. 80–85.
19. Diamantopoulou P., Philippoussis A. Cultivated mushrooms: preservation and processing. *Handbook of vegetable preservation and processing*. CRC press Boca Raton, FL, 2015. P. 495–525.
20. Donglu F., Wenjian Y., Kimatu B. M., Xinxin A., Qiuhui H., Liyan Z. Effect of nanocomposite packaging on postharvest quality and reactive oxygen species metabolism of mushrooms (*Flammulina velutipes*). *Postharvest Biology and Technology*. 2016. Vol. 119. P. 49–57.

21. Handbook of vegetable preservation and processing, Second edition / ed. Hui Y., Evranuz E. *CRC Press*, 2015. P. 495–525.
22. Moon B., Lo Y.M. Conventional and novel applications of edible mushrooms in today's food industry. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2014. Vol. 38, № 5. P. 2146–2153.
23. Xue Z., Hao J., Yu W., Kou X. Effects of processing and storage preservation technologies on nutritional quality and biological activities of edible fungi: a review. *Journal of Food Process Engineering*. 2017. Vol. 40, № 3. P. e12437.
24. Li C. Shu-Ting Chang Mr Mushroom: travelling five continents teaching mushroom biology. 2019.
25. Chang S.-T. The world mushroom industry: trends and technological development. *IJM*. Begel House Inc., 2006. Vol. 8, № 4. P. 297-314 <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v8.i4.10>).
26. Firdaus S.M., Bahri A. R. S., Rahijan M., Wahab A., Rahman A., Rohana M. Z., Ibrahim R. Growth performance and postharvest quality of grey oyster mushroom (*Pleurotus sajor caju*) subjected to different sound intensity treatments prior to fruiting body formation. *Advances in Life Science and Technology*. 2015. Vol.28. P. 51–59.
27. Kapahi M. Recent advances in cultivation of edible mushrooms. *Biology of Macrofungi*. Ed. Singh B.P., Lallawmsanga, Passari A.K. Cham: Springer International Publishing, 2018. P. 275–286.
28. Adey S. Cultivation of exotic and local mushroom species for commercial production.: Thesis. 1995. [Electronic resource] URL: <https://researchspace.ukzn.ac.za/handle/10413/11784> (accessed: 21.04.2020).
29. Philippoussis A., Diamantopoulou P., Zervakis G., Ioannidou S. Potential for the cultivation of exotic mushroom species by exploitation of Mediterranean agricultural wastes. *Science and cultivation of edible fungi*. Rotterdam: Griensven, L. J. L. D. Van, 2000. P. 523–530.
30. Edible Mushroom cultivation for food security and rural development in China: bio-innovation, technological dissemination and marketing [Electronic resource]. URL:[https://www.researchgate.net/publication/277673773\\_Edible\\_Mushroom\\_Cultiva](https://www.researchgate.net/publication/277673773_Edible_Mushroom_Cultiva)



tion\_for\_Food\_Security\_and\_Rural\_Development\_in\_China\_BioInnovation\_Technological\_Dissemination\_and\_Marketing (accessed: 10.03.2020).

31. Chitamba J., Dube F., Chiota W. M., Handiseni M. Evaluation of substrate productivity and market quality of Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) grown on different substrates. *International Journal of Agricultural Research*. Academic Journals Inc., 2012. Vol. 7, № 2. P. 100–106.

32. Mulderij Rudolf. Overview Global market mushrooms [Electronic resource]. 2016. URL: <https://www.freshplaza.com/article/2165878/overview-global-market-mushrooms/> (accessed: 21.04.2020).

33. Lucier G., Allshouse J., Lin B.-H. Factors affecting U.S. mushroom consumption. P. 11. <http://purl.access.gpo.gov/GPO/LPS44716>.

34. Royse D.J. A Global perspective on the high five: *Agaricus*, *Pleurotus*, *Lentinula*, *Auricularia* & *Flammulina*. In Proceedings of the 8th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (*ICMBMP8*). 2014. Vol. 1. P. 1-6.

35. Mushroom Market Size, Share, Growth–Industry Analysis 2026 [Electronic resource]. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/mushroom-market-100197> (accessed: 10.03.2020).

36. Высокие технологии АПК: мировой рынок грибов – МНИАП [Electronic resource]. URL: <http://xn--80aplem.xn--p1ai/analytics/Vysokie-tehnologii-APK-mirovoj-rynok-gribov/> (accessed: 19.07.2021).

37. Обзор украинского рынка грибов | Международная Маркетинговая Группа [Electronic resource]. URL: <https://www.marketing-ua.com/article/obzor-ukrainskogo-rynka-gribov/> (accessed: 10.03.2020).

38. Ganeshpurkar A., Rai G., Jain A.P. Medicinal mushrooms: Towards a new horizon. *Pharmacognosy reviews*. Wolters Kluwer–Medknow Publications, 2010. Vol. 4, № 8. P. 127.

39. Hyde K.D., Xu J., Rapior S., Jeewon R., Lumyong S., Niego A. G. T., Abeywickrama P. D., Aluthmuhandiram J. V. S., Brahamanage R. S., Brooks, S., Chaiyasen A., Chethana K. W. T., Chomnunti P., Chepkirui C., Chuankid B. de Silva N.

- I., Doilom M., Faulds C., Gentekaki, E., Stadler M. The amazing potential of fungi: 50 ways we can exploit fungi industrially. *Fungal Diversity*. 2019. Vol. 97, № 1. P. 1–136.
40. Jing H. Li J., Zhang J., Wang W., Li S., Ren Z., Gao Z., Song X., Wang X., Jia L. The antioxidative and anti-aging effects of acidic- and alkalic-extractable mycelium polysaccharides by *Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing. *Journal of Biological Macromolecules*. 2018. Vol. 106. P. 1270–1278.
41. Mizuno T., Sakai T., Chihara G. Health foods and medicinal usages of mushrooms. *Food Reviews International*. Taylor & Francis, 1995. Vol. 11, № 1. P. 69–81.
42. Голуб Г.А. Ефективність виробництва їстівних грибів. *Економіка АПК*. 1999. Vol. № 9. P. С. 63-65.
43. Бандура І.І., Кулик А.С., Коляденко В.В. Ксилотрофні гриби як джерело біоактивних речовин для функціонального харчування. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету ім. Д. Моторного. *Технічні науки*. 2020. Vol. 20(2). С. 132–141.
44. Yadav D., Negi P.S. Bioactive components of mushrooms: Processing effects and health benefits. *Food Research International*. 2021. Vol. 148. 110599. P. 1–23
45. Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О. Технологія отримання функціональних рослинних порошків. *Харчова промисловість*. 2011. № 10. С. 133–138.
46. Ba D., Ssentongo P., Beelman R., Gao X., Richie J. (Mushroom consumption is associated with low risk of cancer: a systematic review and meta-analysis of observation studies. *Current Developments in Nutrition*. 2020. Vol. 4, № Supplement\_2. P. 307.
47. Chang R. Functional properties of edible mushrooms. *Nutrition Reviews*. 1996. Vol. 54, № 11 Pt 2. P. S91-3.
48. Baldrian P., Gabriel J. Copper and cadmium increase laccase activity in *Pleurotus ostreatus*. *FEMS Microbiology Letters*. 2002. Vol. 206, № 1. P. 69–74.

49. Attaran D. S., Rezaeian S., Pourianfar H.R. Agronomic and environmental factors affecting cultivation of the winter mushroom or Enokitake: achievements and prospects. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2019. Vol. 103, № 6. P. 2469–2481.
50. Oyetayo V.O., Ogidi C. O., Bayode S. O., Enikanselu F. F. Evaluation of biological efficiency, nutrient contents and antioxidant activity of *Pleurotus pulmonarius* enriched with Zinc and Iron. *Indian Phytopathology*. 2021. <https://doi.org/10.1007/s42360-021-00410-7>.
51. Multinational Company Sylvan [Electronic resource] // <http://www.sylvaninc.com/exoticSpawn.html>. 2014.
52. Гулич М.П, Бисько Н. А., Каплуненко В. Г., Єрмоленко В. П. Цитрати біогенних металів—перспективне джерело збагачення їстівних та лікарських грибів мінеральними речовинами. *Environment & Health*. 2012, №1.С. 75–80.
53. Бисько, Н.А., Бандура, І.І. Вплив добрива Аватар (комплекс наноцитратів мікроелементів) на продуктивність та якість печериць та гливи. *Modern methodologies, innovations, and operational experience in the field of biological sciences*, Lublin, Republic of Poland, Dec 27-28, 2017. С. 92–94
54. Chang S.T., Buswell J.A. Medicinal mushrooms—a prominent source of nutraceuticals for the 21st Century. *Current Topics in Nutraceutical Research*. 2003. Vol. 1, № 4. P. 257–280.
55. Cheng P.-G., Wasser S., Boiko S., Kah Hui W., Sabaratnam V., Moldavan M., Grodzynska G. A., Syrchin S., Fomina M., Lomberg M. Macromycetes: medicinal properties and biological peculiarities. T.2. Ed. by Prof. J.Gabriel. Kyiv: Nash format. 2016. 261 p.
56. Royse D.J., Chalupa W. Effects of spawn, supplement and phase II compost additions and time of re-casing second break compost on mushroom (*Agaricus bisporus*) yield and biological efficiency. *Bioresource Technology*. 2009. Vol. 100, № 21. P. 5277–5282.
57. Chang S.T., Hayes W.A. The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms. Academic Press, 2013. 841 p.

58. Uhart M., Piscera J.M., Albertó E. Utilization of new naturally occurring strains and supplementation to improve the biological efficiency of the edible mushroom *Agrocybe cylindracea*. *J Ind Microbiol Biotechnol*. 2008. Vol. 35, № 6. P. 595–602.
59. Bringye B., Maria F.F., Vinogradov S. An analysis of mushroom consumption in Hungary in the international context. *Agriculture*. 2021. Vol. 11. P. 677.
60. Dai X., Stanilka J. M., Rowe C. A., Esteves E. A., Nieves C., Spaiser S. J., Christman M. C., Langkamp-Henken B., Percival S. S, Consuming *Lentinula edodes* (Shiitake) mushrooms daily improves human immunity: a randomized dietary intervention in healthy young adults. *Journal of the American College of Nutrition*. 2015. Vol. 34, № 6. P. 478–487. <https://doi.org/10.1080/07315724.2014.950391>.
61. Feng L. Cheah I. K.-M., Ng M. M.-X., Li J., Chan S. M., Lim S. L., Mahendran R., Kua E.-H., Halliwell B. The Association between mushroom consumption and mild cognitive impairment: a community-based cross-sectional study in Singapore. *Journal of Alzheimer's Disease*. 2019. Vol. 68, № 1. P. 197–203.
62. Бісько Н.А., Ломберг М.Л., Митропольська Н.Ю., Михайлова О.Б. Колекція культур шапинкових грибів (ІВК). Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного Національна академія наук України. Київ: *Альтерпрес*, 2016. 120 с.
63. Бандура І., Кулик А., Хареба О., Хареба В., Цизь О., Чаусов С., Макогон С. Вплив складу субстратів на морфологічні та біохімічні показники *Pleurotus citrinopileatus* Singer. *Вісник аграрної науки*. 2021. Vol. 99, № 2. P. 11–18. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202102-02>.
64. Бандура І.І., Кулик А. С., Бісько Н. А., Хареба О. В., Цизь О. М., Хареба В. В. Аналіз біологічної ефективності та чинників якості грибів роду глива (*Pleurotus* (Fr.) P.Kumm) як моделі ефективного культивування ксилотрофів з високою функціональною цінністю. *Plant varieties studying and protection*. 2020. Vol. 16, № 4. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.4.2020.224047>.
65. Бандура І.І., Кулик А.С., Чаусов С.В., Цизь О.М. Влияние состава растительных субстратов на эффективность куль-тивирования съедобных грибов *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.), *Pleurotus eryngii* (DC.) Quel., *Pleurotus citrinopileatus*

Singer и *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. №107. С. 62–70.

66. Хареба О.В., Улянич О.І., Хареба В.В., Ковтунюк З.І., Бандура І.І., Воробйова Н.В., Цизь О.М., Яценко В.В. Малопоширені овочеві рослини та гриби: навчальний посібник. 2-е вид. допов. і перероб. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2021. 256 с.

67. Bandura I., Isikhuemhen O.S., Kulik A., Bisko N., Serdyuk M., Khareba V., Khareba O., Ivanova I., Priss O., Tsyz O., Makohon S., Chausov S. Biology and nutritional contents in the culinary-medicinal Milky white mushroom, *Calocybe indica* (*Agaricomycetes*), during cultivation involving casing and scratching treatments. *Int J Med Mushrooms*. 2021. 23 (12). P. 53–63. doi:<https://doi.org/10.1615/intjmedmushrooms.2021040535>.

68. Myronycheva O., Bandura I., Bisko N., Gryganskyi A., Karlsson O. Assessment of the growth and fruiting of 19 oyster mushroom strains for indoor cultivation on lignocellulosic wastes. *BioResources*. 2017. Vol. 12, № 3. P. 4606–4626.

69. Green J. Production of mushroom spawn: pat. US4063383A USA. 1977.

70. Sinden J.W. Mushroom spawn and method of making same: pat. US1869517A USA. 1932.

71. Дудка И. О. Промышленное культивирование съедобных грибов. Киев: Наук. думка, 1978. 262 с.

72. Sharma V.P., Kumar S. Spawn production technology. *Mushrooms Cultivation, Marketing and Consumption, Directorate of Mushroom Research (ICAR), Chambaghat, Solan*. 2011. P. 35–42.

73. Jhune C.-S., Kim G.-P., Shin C.-W. Effect of rice bran added at spawn-making on the cultivation of Oyster mushroom, *Pleurotus spp.* *The Korean Journal of Mycology*. The Korean Society of Mycology, 2000. Vol. 28, № 1. P. 1–5.

74. Sainos E., Díaz-Godínez G., Loera O., Montiel-González A., Sánchez C. Growth of *Pleurotus ostreatus* on wheat straw and wheat-grain-based media: biochemical aspects and preparation of mushroom inoculum. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2006. Vol. 72, № 4. P. 812–815.

75. Mamiro D.P., Royse D.J. The influence of spawn type and strain on yield, size and mushroom solids content of *Agaricus bisporus* produced on non-composted and spent mushroom compost. *Bioresource Technology*. 2008. Vol. 99, № 8. P. 3205–3212.
76. Zhang R.Y., Hu D. D., Ma X. T., Li S. G., Gu J. G., Hu Q. X. Adopting stick spawn reduced the spawn running time and improved mushroom yield and biological efficiency of *Pleurotus eryngii*. *Scientia Horticulturae*. 2014. Vol. 175. P. 156–159.
77. Bilal S., Mushtaq A., Moinuddin K. Effect of different grains and alternate substrates on oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) production. *Afr. J. Microbiol. Res.* 2014. Vol. 8, № 14. P. 1474–1479.
78. Khare K.B., Khonga E.B.J.M., Jongman M.K.K. and K.E. Effect of different grain spawns and substrate sterilization methods on yield of Oyster Mushroom in Botswana. *IJB*. 2013. Vol. 2, № 10. P. 1308–1311.
79. Subramanian K., Shanmugasundaram K., Muthu N. Spawn production and cultivation strategies for *Pleurotus eous* (pink oyster mushroom). *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences (WJPPS)*. 2014. Vol. 3, № 10. P. 915–924.
80. Duggar B.M. The principles of mushroom growing and mushroom spawn making. Washington, : Gov't print. off., 1905.
81. Алексеенко Е.Н., Полишко Т.М., Винников А.И. Пищевая, лечебная и экологическая ценность грибов *Pleurotus ostreatus*. Вісник дніпропетровського університету. *Біологія. Екологія*. №1 (18). С. 2010.
82. Bhatti M.I., Jiskani M. M., Wagan K. H., Pathan M. A., Magsi M. R. Growth, development and yield of oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex. Fr.) Kummer as affected by different spawn rates. *Pak. J. Bot.* 2007. Vol. 39, №7. P. 2685-2692.
83. Hoa H.T., Wang C.-L. The effects of temperature and nutritional conditions on mycelium growth of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). *Mycobiology*. Taylor & Francis, 2015. Vol. 43, № 1. P. 14–23.

84. Іванова Т.В., Ковалишина Г.М. Біотехнології отримання міцелію гливи звичайної на зерні пшениці різних сортів. *Миронівський вісник*. 2018. Т. 6. С. 61-76.
85. Rosado F. R., Kimmelmeier C., Gomes Da Costa S. M. Alternative method of inoculum and spawn production for the cultivation of the edible Brazilian mushroom *Pleurotus ostreatoroseus* Sing. *J. Basic Microbiol.* 2002. Vol. 1, № 42. P. 37–44.
86. Jiskani M. M., Bhatti M. I., Wagan K. H., Pathan M. A., Bhatti A. G. Determination of sorghum grains for spawn growth of oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex. Fr) Kummer. *Pak. J. Bot.* 2007. № 39(7). P. 2681–2684.
87. Stanley H.O., Awi-Waadu G.D. Effect of substrates of spawn production on mycelial growth of oyster mushroom species. *Agriculture and biology journal of North America*. Science Hub, LLC, 2010. Vol. 1, № 5. P. 817–820.
88. Mahmoud Y. A. G. Biodegradation of water hyacinth by growing *Pleurotus ostreatus* and *P. sajor-caju* and trial for using in production of mushroom spawn. *Acta alimentaria*. 2006. Vol. 35, № 1. P. 63–72.
89. Gregori A., Švagelj M., Pahor B., Berovič M., Pohleven F. The use of spent brewery grains for *Pleurotus ostreatus* cultivation and enzyme production. *New Biotechnology*. 2008. Vol. 25, № 2. P. 157–161.
90. Бандура І.І. Удосконалення елементів технології промислового виробництва їстівних грибів роду *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. Київ: НУБіП, А.: дис. к. с.–г. н.: спец, 6(06). 2014. 227 с.
91. Kananen D.L., McDaniel J.A. Speciality mushroom spawn: pat. US6041544A USA. 2000.
92. Soko D.F. Dally T., Kotchi V., N'guessan F.F., Boye M.A.D., Ayolie K., Ake S. Influence of spawn age (seed) on the carpophore production and nutritional quality of the edible mushroom *Pleurotus eous* in Allokoua (Côte D'ivoire). *Asian Journal of Science and Technology*. 2019. Vol. 01, № 10. P. 9239–9244.
93. Petrenko O. Financial and economic analysis of the grain market as a precondition for Ukraine's food security. *Modern Economics*. 2019. Vol. 13, № 1. P. 207–212.

94. Bisko N.A., Bilay V.T. Effects of *Bacillus macerans* Fr. on grown of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. *Science and Cultivation of Edible Fungi*. Rotterdam: Balkema. 1995. P. 843–846.
95. Tesfaw A., Tadesse A., Kiros G. Optimization of oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushroom cultivation using locally available substrates and materials in Debre Berhan, Ethiopia. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*. Vol. 3 №1, P. 0-2.
96. Islam T., Zakaria Z., Hamidin N. Characteristics of indoor mushroom cultivation of grey oyster (*Pleurotus pulmonarius*) by different stages of humidifying treatment. *World Applied Sciences Journal*. 2016. Vol. 34, №8.P. 1066–1075.
97. Silva S.O., Costa S.M.G. da, Clemente E. Chemical composition of *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél., substrates and residue after cultivation. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2002. Vol. 45, № 4. P. 531–535.
98. Estrada A. R., Royse D. J. Yield, size and bacterial blotch resistance of *Pleurotus eryngii* grown on cottonseed hulls/oak sawdust supplemented with manganese, copper and whole ground soybean. *Bioresource technology*. 2007. Vol. 98, № 10. P. 1898–1906
99. Cai A., Zhang H., Ke Y., Ren A., Li H., Luo Z., Yang X. Experiment on cultivation of *Pleurotus eryngii* with mulberry wood sawdust and bagasse. *Journal of Changjiang Vegetables*. 2010. Vol. 6. P.
100. Estrada A.E.R., del Mar Jimenez-Gasco M., Royse D.J. Improvement of yield of *Pleurotus eryngii* var. *eryngii* by substrate supplementation and use of a casing overlay. *Bioresource Technology*. Elsevier, 2009. Vol. 100, № 21. P. 5270–5276.
101. Janpoor J., Farsi M., Gholi Zade F., Pourianfar H. reza, Rezaeian S. Optimization of King oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) substrate using lignocellulosic affordable wastes. *Journal of Horticulture Science*. Ferdowsi University of Mashhad, 2018. Vol. 31, № 4. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v31i4.61538>.
102. Srivastava D.K., Vikash B., Goyal V. Evaluation of locally available substrate for the production of *Pleurotus citrinopileatus* (FR.) Singer. *Annals of Horticulture*. 2012. Vol. 5(1). P. 133–136.



103. Liang Z.C., Wu C.Y., Shieh Z.L., Cheng S.L. Utilization of grass plants for cultivation of *Pleurotus citrinopileatus*. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2009. Vol. 63(4). P. 509–514.
104. Rosnina A. G., Tan Y. S., Abdullah N., Vikineswary S. Morphological and molecular characterization of yellow oyster mushroom, *Pleurotus citrinopileatus*, hybrids obtained by interspecies mating. *World J Microbiol Biotechnol*. 2016. Vol. 32, № 2. P. 18.
105. Stamets P. Growing gourmet and medicinal mushrooms. Third edition. Berkeley, California: Ten Speed Press, 2000. 574 p.
106. Xueqian W., Guangquan Z., Qingliang S., Xiangdong Y., Weiping W. Study on the optimal grouping of sawdust-saving cultivation substrates for *Lentinula edodes*. *Shi Yong jun xue bao* (Online). 2002. Vol. 9(2). P. 35–40.
107. Lee H.-Y., Ham E. J., Yoo Y. J., Kim E. S., Shim K. K., Kim, M. K., Koo C. D. Effects of aeration of sawdust cultivation bags on hyphal growth of *Lentinula edodes*. *Mycobiology*. 2012. Vol. 40, № 3. P. 164–167.
108. Özçelik E., Pekşen A. Hazelnut husk as a substrate for the cultivation of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*). *Bioresource Technology*. 2007. Vol. 98, № 14. P. 2652–2658.
109. Isikhuemhen O.S., Mikiashvili N.A., Kelkar V. Application of solid waste from anaerobic digestion of poultry litter in *Agrocybe aegerita* cultivation: mushroom production, lignocellulolytic enzymes activity and substrate utilization. *Biodegradation*. 2009. Vol. 20, № 3. P. 351–361.
110. Jasińska A., Siwulski M., Sobieralski K. Mycelium growth and yielding of *Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing. on different substrates. *Mushroom biology and mushroom products*. Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products, Arcachon, France, 4-7 October, 2011. Volume 2. Poster session. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), 2011. P. 168–175.
111. Muthu N., Shanmugasundaram K., Subramanian K. Comparative study of various substrate supplements in the growth and yield of *Agrocybe aegerita*, Black

poplar mushroom. *World Journal of Pharmaceutical Research*. University of Maroua, 2014. Vol. 3, № 8. P. 487–496.

112. Harith N.B. Cultivation of *Flammulina velutipes* (golden needle mushroom/enokitake) on various agroresidues. Nooraishah binti Harith. PhD diss., University of Malaya, 2014. 131 p.

113. Rezaeian S., Pourianfar H.R. A Comparative study on bioconversion of different agro wastes by wild and cultivated strains of *Flammulina velutipes*. *Waste Biomass Valor*. 2017. Vol. 8, № 8. P. 2631–2642.

114. Figlas D., Matute R.G., Curvetto N.R. Cultivation of culinary-medicinal lion's mane mushroom *Hericium erinaceus* (Bull.: Fr.) Pers.(*Aphyllorphoromycetidae*) on substrate containing sunflower seed hulls. *International Journal of Medicinal Mushrooms*. Begel House Inc., 2007. Vol. 9, № 1. P. 67-73 <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v9.i1.80>.

115. Gerbec B., Tavčar E., Gregori A., Kreft S., Berovic M. Solid state cultivation of *Hericium erinaceus* biomass and erinacine: A production. *J. Bioprocess. Biotech*. 2015. Vol. 5. P. 1–5.

116. Hassan F.R.H. Cultivation of the monkey head mushroom (*Hericium erinaceus*) in Egypt. *Journal of Applied Sciences Research*. 2007. Vol. 3, № 10. P. 1229–1233.

117. Navathe S., Borkar P. G., Kadam J. J. Cultivation of *Calocybe indica* (P & C) in Konkan Region of Maharashtra, India. *World J Agric Res*. 2014. Vol. 2, №4. P. 187–191.

118. Shukla C.S. Role of agronomical and biochemical parameters on growth and yield of *Calocybe indica* (P&C): PhD Thesis. Indira Gandhi Krishi Vishwavidyalaya, Raipur, 2004. 148 p.

119. Anderson N.M., Walker P.N. Quality Comparison of continuous steam sterilization segmented-flow aseptic processing versus conventional canning of whole and sliced mushrooms. *Journal of Food Science*. 2011. Vol. 76, № 6. P. E429–E437.

120. Kalita M.K. Impact of various sterilization methods on growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus florida*). *IJAS*. 2015. Vol. 11, № 1. P. 104–107.

121. Félix G. de Siqueira, William P. M., Emerson T. M., Gilvan C. D., Robert N. G. M., Romildo da Silva, Eustáquio S. D. Cultivation of *Pleurotus* mushrooms in substrates obtained by short composting and steam pasteurization. *African Journal of Biotechnology*. 2012. № Vol. 11(53). P. 11630–11635.
122. Morales V., Sánchez J.E. Self-heating pasteurization of substrates for culinary-medicinal mushrooms cultivation in Mexico. *International journal of medicinal mushrooms*. Begel House Inc., 2017. Vol. 19, № 5. P. 477-484
123. Kurtzman R.H. Jr. Pasteurization of mushroom substrate and other solids. *African Journal of Environmental Science and Technology*. 2010. № Vol. 4(13),. P. 936–941.
124. Hosseini S.M., Aziz H.A. Evaluation of thermochemical pretreatment and continuous thermophilic condition in rice straw composting process enhancement. *Bioresource Technology*. 2013. Vol. 133. P. 240–247.
125. Бандура І.І., Мироничева О.С. Порівняльна оцінка способів термічної обробки субстратів при виробництві ксилотрофних грибів. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2011. № 1 (23).
126. Вдовенко С.А. Особливості формування врожаю гливи звичайної за інтенсивного вирощування. *Агробіологія*. Білоцерківський національний аграрний університет, 2011. № 6. P. 87–90.
127. Дорошкевич Н. В., Сичов П. А., Шевкопляс В. М. Економічна ефективність вирощування нових культур гливи звичайної в умовах інтенсивного культивування. *Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону*. Донецьк: ДонНУ. 2009. № 1 (9). С. 183–186.
128. Balasubramanya R.H., Kathe A.A. An inexpensive pretreatment of cellulosic materials for growing edible oyster mushrooms. *Bioresource Technology*. 1996. Vol. 57, № 3. P. 303–305.
129. Contreras E.P., Sokolov M., Mejía G., Sánchez J. E. Soaking of substrate in alkaline water as a pretreatment for the cultivation of *Pleurotus ostreatus*. *The Journal*

of *Horticultural Science and Biotechnology*. Taylor & Francis, 2004. Vol. 79, № 2. P. 234–240.

130. Colavolpe M.B., Mejía S.J., Albertó E. Efficiency of treatments for controlling *Trichoderma* spp during spawning in cultivation of lignicolous mushrooms. *Braz J Microbiol*. 2015. Vol. 45, № 4. P. 1263–1270.

131. Book of abstract. The 9th International medicinal mushrooms Conference / ed. Gargano M.L., Venturella G. Palermo: *Arti Grafiche Palermitane*, 2017. P.31.

132. Chang Sung J., Sul H. J., Kong W. S., Yoo Y. B., Cheong J. C., Chun S. C. Effects of NaCl concentrations on production and yields of fruiting body of Oyster mushrooms, *Pleurotus* spp. *The Korean Journal of Mycology*. 2006. Vol. 34. P. 39–53.

133. Loss E., Royer A. R., Barreto-Rodrigues M., Barana A. C. Use of maize wastewater for the cultivation of the *Pleurotus* spp. mushroom and optimization of its biological efficiency. *Journal of Hazardous Materials*. 2009. Vol. 166. P. 1522–1525.

134. Fan Y., Wang C., Fang S., Wu X. Effect of water content of matrix on growth of *Pleurotus eryngii*. *Journal of Northwest Agriculture and Forestry University*. 2012. Vol. 40, №5. P.113–122.

135. Jasinska A., Siwulski M. Impact of substrate supplemented with CaCO<sub>3</sub> on mycelial growth, yield, morphological features and storability of fruiting bodies of black poplar mushroom *Agrocybe cylindracea* (DC.) Marie. *International Journal of Horticultural Science*. 2021. Vol. 27. P. 76-86.

136. Koutrotsios G., Danezis G., Georgiou C., Zervakis G. I. Elemental content in *Pleurotus ostreatus* and *Cyclocybe cylindracea* mushrooms: correlations with concentrations in cultivation substrates and effects on the production process. *Molecules*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2020. Vol. 25, № 9. P. 2179.

137. Cueva M.B.R., Hernández A., Niño-Ruiz Z. Influence of C/N ratio on productivity and the protein contents of *Pleurotus ostreatus* grown in different residue mixtures. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo, 2017. Vol. 49, № 2. P. 331–344.

138. Bellettini M.B., Fiorda F.A., Maieves H.A., Teixeira G.L., Ávila S., Hornung P.S., Júnior A.M., Ribani R.H. Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp.

*Saudi Journal of Biological Sciences*. 2016. Vol. 26, № 4, P. 633–646.  
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.005>.

139. Philippoussis A., Zervakis G., Diamantopoulou P. Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms *Agrocybe aegerita*, *Volvariella volvacea* and *Pleurotus* spp. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2001. Vol. 17., №2. P. 191–200.  
<https://doi.org/10.1023/A:1016685530312>

140. da Eira A.F., Do Nascimento J.S., Colauto N.B., Celso P.G. Tecnologia de cultivo do cogumelo medicinal *Agaricus blazei* (*Agaricus brasiliensis*). *Agropecuária Catarinense*. 2005. Vol.18, №3. P. 47–49.

141. Curvetto N., Figlas D., Delmastro S. Sunflower seed hulls as substrate for the cultivation of shiitake mushrooms. *HortTechnology*. 2002. Vol. 12(4). P. 652–655.

142. Ковтунюк З.І., Кецкало В. В. Використання рослинних відходів сільськогосподарського виробництва та олійної промисловості для вирощування грибів *Pleurotus ostreatus*. Наукові, методологічні та практичні підходи до проблем сучасної агрономії: монографія. За ред. О.І. Улянич. 2021.  
<http://lib.udau.edu.ua/handle/123456789/8484>.

143. Banik S., Nandi R. Effect of supplementation of rice straw with biogas residual slurry manure on the yield, protein and mineral contents of oyster mushroom. *Industrial crops and products*. 2004. Vol. 0(3). P. 311–319.

144. Baysal E., Peker H., Yalinkiliç M.K., Temiz A. Cultivation of oyster mushroom on waste paper with some added supplementary materials. *Bioresource Technology*. 2003. Vol. 89, № 1. P. 95–97.

145. Jeznabadi E.K., Jafarpour M., Eghbalsaied S., Pessarakli M., Effects of various substrates and supplements on King Oyster (*Pleurotus eryngii*). *Compost Science & Utilization*. 2017. Vol. 25, № sup1. P. S1–S10.

146. Yang W., Guo F., Wan Z. Yield and size of oyster mushroom grown on rice/wheat straw basal substrate supplemented with cotton seed hull. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2013. Vol. 20, № 4. P. 333–338.

147. Zadrazil F. Influence of ammonium nitrate and organic supplements on the Yield of *Pleurotis sajor caju* (Fr.) Sing. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 1980. Vol. 9. P. 31–35.

148. Ruiz-Rodriguez A., Soler-Rivas C., Polonia I., Wichers H.J. Effect of olive mill waste (OMW) supplementation to Oyster mushrooms substrates on the cultivation parameters and fruiting bodies quality. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2010. Vol. 64, № 7. P. 638–645.

149. Zervakis G.I., Koutrotsios G., Katsaris P. Composted versus raw olive mill waste as substrates for the production of medicinal mushrooms: an assessment of selected cultivation and quality parameters. *BioMed Research International*. Hindawi, 2013. Vol. 2013. P. e546830.

150. Postemsky P.D., Delmastro S.E., Curvetto N.R. Effect of edible oils and Cu (II) on the biodegradation of rice by-products by *Ganoderma lucidum* mushroom. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2014. Vol. 93. P. 25–32.

151. Gregori A., Pohleven F. Cultivation of three medicinal mushroom species on olive oil press cakes containing substrates. *Acta agriculturae Slovenica*. 2015. Vol. 103, № 1. P. 49–54.

152. Hasanov V.T., Vaimukano A.E.B., Nurysheva A.K. Результаты оптимизации интенсивной технологии культивирования *Pleurotus ostreatus*. *Herald Of Science Of S Seifullin Kazakh Agro Technical University*. 2019. № 3 (102).

153. Гулич М.П., Ємченко Н.Л., Томашевська Л.А., Каплуненко В.Г., Єрмоленко В.П., Косінов М.В., Харченко О.О., Моїсеєнко І.Є., Ященко О.В. Цитрат цинку, отриманий за аквананотехнологією: хімічна та біологічна характеристика (оцінка хімічної чистоти та біологічної доступності). Інститут гігієни та медичної екології ім. О. М. Марзєєва АМН України. *Довкілля та здоров'я*. № 2 (57). С.44–49.

154. Сердюк А.М. Нанотехнології мікронутрієнтів: питання безпеки та біотичності наноматеріалів при виробництві харчових продуктів. *Журнал Академії медичних наук України*. 2010. №16 (3). С. 467–471.

155. Elhami B., Alemzadeh-Ansari N., Sedighie-Dehcordie F. Effect of substrate type, different levels of nitrogen and manganese on growth and development of oyster mushroom (*Pleurotus florida*). *Dyn. Biochem. Process Biotech. Mol. Biol.* 2008. Vol. 2(1). P. 34–37.
156. Higgins C., Margot H., Warnquist S., Obeysekare E., Mehta K. Mushroom cultivation in the developing world: a comparison of cultivation technologies. 2017 *IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*. San Jose, CA: IEEE, 2017. P. 1–7.
157. Shiomi H.F., Minhoni M.T.D.A., Machado J.O., Cargnelutti F. Thermal and mechanical shocks affecting the first flush of production of *Lentinula edodes* on *Eucalyptus saligna* logs. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2007. Vol. 38, № 2. P. 200–203.
158. Бисько Н.А., Дудка И.А. Биология и культивирование съедобных грибов рода вешенка. Киев: Издательство “Наукова думка,” 1987. 148 с.
159. Bandura I., Mironycheva E., Kyurcheva L. The selection of *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quel strains resistant to high temperatures of cultivation. *Stiinta agricola* (Republic of Moldova). 2014.
160. Okwulehie I.C., Nwoko M. C., Achufusi J.N., Onyeizu U.R., Ezera V.N. Yield and some macro-morphological characters of *Pleurotus pulmonarius* (Fries) Quel. fruit bodies cultivated on HCl-optimized oil palm bunch substrate. *J Environ Anal Toxicol*. 2018. Vol. 7. 538. <https://doi.org/10.4172/2161-0525.1000538>.
161. Castronuovo D., Mang S.M., Becce A., Candido V., Cardone L., Camele I. Morphological and productivity comparison between commercial and wild isolates of *Pleurotus eryngii* (DC: Fr.) Quél. *Italian Journal of Agronomy*. PAGEPress Publications, Pavia, Italy, 2019. Vol. 14, № 3. P. 1458.
162. Iqbal W., Jahangir M.M., Ayyub C.M., Khan N.A., Samin G., Khatana M.A. Optimization of King oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) production against cotton waste and fenugreek straw. *Pakistan Journal of Phytopathology*. 2018. Vol. 30, № 2. P. 149–154.

163. Kim D.-H., Choi H. J., Jo W. S., Moon K. D. Quality characteristics of *Pleurotus eryngii* cultivated with different wavelength of LED Lights. *Korean Journal of Food Preservation*. The Korean Society of Food Preservation, 2012. Vol. 19, № 3. P. 354–360.
164. Hu S.-H., Wu C.Y., Chen Y.K., Wang J.C., Chang S.J. Effect of light and atmosphere on the cultivation of the Golden oyster culinary-medicinal mushroom, *Pleurotus citrinopileatus* (Higher Basidiomycetes). *IJM*. Begel House Inc., 2013. Vol. 15, № 1. P.101–111. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v15.i1.110>.
165. Huaqi H., Gang W., Changru C., Guoshi L. Test on the cultivation of *Agrocybe aegerita* with corncobs. *Quarterly of Forest By-product and Speciality In China*. 2004.
166. Jasińska A., Siwulski M., Sobieralski K. Mycelium growth and yielding of black poplar mushroom-*Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing. on different substrates. *Journal of Agricultural Science and Technology A*. David Publishing Company, 2012. Vol. 2, № 9. P. 1040–1047.
167. Lee H.-D., Kim Y. G., Kim H. G., Han G. H., Moon C. S., Hur I. B. Bottle cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Agrocybe aegerita* using agricultural by-product. *The Korean Journal of Mycology*. The Korean Society of Mycology, 1998. Vol. 26, № 1. P. 47–50.
168. Chen Y. *Flammulina velutipes* variety, and cultivation method thereof: pat. CN105248285 USA. application date: 2015-09-24. 2015.
169. Zhao G.J. Directive cultivation of *Flammulina velutipes*. *Zhongguo Shiyongjun = Edible Fungi of China*. 1990. Vol. 9, № 3. P. 23–24.
170. Bokaria K., Balsundram S. K., Bhattarai I., Kaphle K. Commercial production of Milky Mushroom (*Calocybe indica*). *Merit Research Journal of Agricultural Science and Soil Sciences*. 2014. Vol. 2(2) P. 032–037.
171. Rypacek V. The biology of wood-destroying fungi. *The biology of wood-destroying fungi*. 1966.



172. Bobelyn E., Hertog M.L., Nicolai B.M. Applicability of an enzymatic time temperature integrator as a quality indicator for mushrooms in the distribution chain. *Postharvest Biology and Technology*. 2006. Vol. 42(1). P. 104–114.
173. Subbiah K.A., Balan V. A comprehensive review of tropical milky white mushroom (*Calocybe indica* P&C). *Mycobiology*. 2015. Vol. 43, № 3. P. 184–194.
174. Chang S.T., Wasser S.P. The Cultivation and Environmental Impact of Mushrooms. Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science. 2017. 39 p. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.231>.
175. Flegg P.B., Gandy D.G. Controlled environment cabinets for experiments with the cultivated mushroom. *Journal of Horticultural Science*. 1962. Vol. 37, № 2. P. 124–133.
176. Sher H., Al-Yemeni M., Bahkali A. H., Sher H. Effect of environmental factors on the yield of selected mushroom species growing in two different agro ecological zones of Pakistan. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2010. Vol. 17, № 4. P. 321–326.
177. Вдовенко С.А. Вирощування їстівних грибів: Навч. посібник. Вінниця: Вінницький національний аграрний університет, 2010. 120 с.
178. Швиндіна К.С., Демченко С.І., Дерев'янка А.Є. Дослідження індивідуальної мінливості природних штамів *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. *Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону*. 2011. № 1 (11). С.221–229
179. Girmay Z., Gorems W., Birhanu G., Zewdie S. Growth and yield performance of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kumm (oyster mushroom) on different substrates. *AMB Express*. 2016. Vol. 6, №1. P. 1-7.
180. Son J.-E., Choi W.-S. Effect of environmental conditions on growth and quality of log-cultured oak mushroom (*Lentinus edodes* (Berk) Sing) under protected cultivation. *Protected Horticulture and Plant Factory*. The Korean Society for Bio-Environment Control. 2005. Vol. 14, № 3. P. 160–165.
181. Siwulski M., Rzymiski P., Budka A., Kalač P., Budzyńska S., Dawidowicz L., Hajduk E., Kozak L., Budzulak J., Sobieralski K., Niedzielski P. The effect of

different substrates on the growth of six cultivated mushroom species and composition of macro and trace elements in their fruiting bodies. *Eur Food Res Technol*. 2019. Vol. 245, № 2. P. 419–431.

182. Popovych V., Les M., Shuplat T., Bosak P., Fitak M., Popovych N. The effects of temperature and moisture stress content on the extensive cultivation of the oyster mushroom. *Bulletin of the Iraq Natural History Museum*. 2019. Vol.15, №4. P. 473–489.

183. Mahajan P. V., Oliveira F. A. R., Macedo I. Effect of temperature and humidity on the transpiration rate of the whole mushrooms. *Journal of Food Engineering*. 2008. Vol.84, №2. P. 281–288.

184. Jhune C. S., Kong W. S., Park H. S., Cho J. H., Lee K. H. Mushroom growth and cultivation environment at cultivation house of vinyl bag cultivation Shiitake mushroom on high-temperature period. *Journal of mushroom*. 2014. Vol.12, №4. P. 263–269.

185. Burla G., Garzillo A. M., Luna M., Cardelli L. E., Schiesser A. Effects of different growth conditions on enzyme production by *Pleurotus ostreatus* in submerged culture. *Bioresource Technology*. 1992. Vol. 42, № 2. P. 89–94.

186. Okwulehie I. C., Okwujiako I. A. Effect of hole size and number on the fruit-body yield of *P.ostreatus* var.florida Eger. *Dynamic Biochemistry, Process Biotechnology and Molecular Biology*. 2008. Vol. 2, №1. P. 45–46.

187. Wachowicz E. Methodical aspects of modeling technological processes in selected agricultural facilities. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 2018. Vol. 63(4). P. 234–239.

188. Elisashvili V.I., Wasser S.P., Kvesitadze G.I. Physiology of biologically active metabolite production by medicinal mushrooms. *Annals of Agrarian Science*. 2012. Vol. 10(2). P. 63–67.

189. Maddau L., Franceschini A., Serra S., Marras F. Influence of aeration on development and productivity of edible and medicinal mushroom *Pleurotus eryngii* (DC.: Fr.) Quel. (First Contribution). *IJM*. Begel House Inc., 2002. Vol. 4, № 1. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v4.i1.70>.

190. Rhodes C.J. Mycoremediation (bioremediation with fungi) – growing mushrooms to clean the earth. *Chemical Speciation & Bioavailability*. 2014. Vol. 26 (3). P. 196–198.

191. Triyono S., Haryanto A., Telaumbanua M., Lumbanraja J., To F. Cultivation of straw mushroom (*Volvariella volvacea*) on oil palm empty fruit bunch growth medium. *Int J Recycl Org Waste Agricult*. 2019. Vol. 8, № 4. P. 381–392.

192. Wanzenböck E., Apprich S., Tirpanalan Ö., Zitz U., Kracher D., Schedle K., Kneifel W. Wheat bran biodegradation by edible *Pleurotus* fungi – A sustainable perspective for food and feed. *LWT*. 2017. Vol. 86. P. 123–131.

193. Kurtzman R.H. Ventilation for mushroom cultivation: the importance of the needs of mushrooms and of the gas laws. *Micologia Aplicada International*. 2010. Vol. 22, №2. P. 63–78.

194. Lee C.-J., Lee S.H., Lee E.J., Park H.S., Kong W.S., Analysis of growth environment for precision cultivation management of the oyster mushroom “Suhan”. *Journal of Mushroom*. The Korean Society of Mushroom Science, 2018. Vol. 16, № 3. P. 155–161.

195. Lee S., Yu B., Kim H., Yun N., Jung J. Technology for improving the uniformity of the environment in the Oyster mushroom cultivation house by using multi-layered shelves. *Journal of Bio-Environment Control*. The Korean Society for Bio-Environment Control, 2015. Vol. 24, № 2. P. 128–133.

196. Senthilnambi D., Eswaran A., Balabaskar P. Cultivation of *Calocybe indica* (P & C) during different months and influence of temperature and relative humidity on the yield of summer mushroom. *African Journal of Agricultural Research*. Academic Journals, 2011. Vol. 6, № 3. P. 771–773.

197. Поединок Н.Л. Использование искусственного света при культивировании грибов. *Biotechnologia Acta*. 2013. Vol. 6, № 6. С. 058-070.

198. Koutrotsios G., Mountzouris K.C., Chatzipavlidis I., Zervakis G.I. Bioconversion of lignocellulosic residues by *Agrocybe cylindracea* and *Pleurotus ostreatus* mushroom fungi – Assessment of their effect on the final product and spent substrate properties. *Food chemistry*. Elsevier, 2014. Vol. 161. P. 127–135.

199. Kumla J., Suwannarach N., Jaiyasen A., Bussaban B., Lumyong S. Development of an edible wild strain of thai oyster mushroom for economic mushroom production. *Chiang Mai Journal of Science*. 2013. Vol. 40, №2. P. 161–172.
200. Landingin H.R.R., Francisco B.E., Dulay R.M.R., Kalaw S., Reyes R. Optimization of culture conditio optimization of culture conditions for mycelial growth and basidiocarp production of *Agrocybe cylindracea* (Maire). *CLSU International Journal of Science & Technology*. 2020. Vol. 4, № 1. P. 1–17.
201. Philippoussis A., Diamantopoulou P., Israilides C. Productivity of agricultural residues used for the cultivation of the medicinal fungus *Lentinula edodes*. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2007. Vol. 59, № 3. P. 216–219.
202. Glukhova L.B., Sokolyanskaya L.O., Plotnikov E.V., Gerasimchuk A.L., Karnachuk O.V., Solioz M., Karnachuk R.A. Increased mycelial biomass production by *Lentinula edodes* intermittently illuminated by green light emitting diodes. *Biotechnol Lett*. 2014. Vol. 36, № 11. P. 2283–2289.
203. Поєдинок Н.Л., Негрійко А.М., Бісько Н.А., Михайлова О.Б., Ходаковський В.М., Потьомкіна Ж.В. Енергоефективні системи штучного освітлення у технологіях вирощування їстівних та лікарських грибів. *Наука та інновації*. 2013. Vol. 9. P. 46–59.
204. Вдовенко С.А. Формування врожаю гливи звичайної залежно від інтенсивності освітлення. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2012. № 1 (57). С. 11–17.
205. Namba K., Inatomi S., Mori K., Shimosaka M., Okazaki M. Effects of LED lights on fruit-body production in *Hypsizygus marmoreus*. *Mushroom science and biotechnology*. Japanese Society of Mushroom Science and Biotechnology, 2002. Vol. 10, № 3. P. 141–146.
206. Wu J.Y., Chen H.B., Chen M.J., Kan S.C., Shieh C.J., Liu Y.C. Quantitative analysis of LED effects on edible mushroom *Pleurotus eryngii* in solid and submerged cultures. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*. 2013. Vol.88, №10. P. 1841–1846.
207. Sapaev J., Sapaev B., Erkinov, Z., Baymuratova G., Eshbabaev T. Growing of *Pleurotus ostreatus* mushrooms under the artificial light and its influence on D-

vitamin content. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* IOP Publishing, 2020. Vol. 883. P. 012127.

208. Wittig M., Krings U., Berger R.G. Single-run analysis of vitamin D photoproducts in oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) after UV-B treatment. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2013. Vol. 31, № 2. P. 266–274.

209. Бандура І.І., Кулик А.С., Гапріндашвілі Н.А., Макогон С.В. Аналіз морфологічних характеристик гливи легеневої штаму *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quéf. 2314 ІВК як складових якості грибною сировини. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2019. №19 (3). С. 241–250.

210. Lin Q., Lu Y., Zhang J., Liu W., Guan W., Wang Z. Effects of high CO<sub>2</sub> in-package treatment on flavor, quality and antioxidant activity of button mushroom (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*. 2017. Vol. 123. P. 112–118.

211. Zhao J., Yu H., Wang Y., Wang R., Tang L. Mathematical study of the effects of temperature and humidity on the morphological development of *Pleurotus eryngii* fruit body. *Computer and Computing Technologies in Agriculture VI*. ed. Li D., Chen Y. Berlin, Heidelberg: Springer, 2013. P. 312–323.

212. Ardabili S., Mosavi A., Mahmoudi A., Gundoshmian T. M., Nosratabadi S., Várkonyi-Kóczy A. R. Modelling temperature variation of mushroom growing hall using artificial neural networks. *Engineering for Sustainable Future*. ed. Várkonyi-Kóczy A.R. Cham: Springer International Publishing, 2020. P. 33–45.

213. Awtoniuk M., Daniun M., Komarchuk D., Syrotyuk S. Predictive modelling for air temperature and humidity in a mushroom production process. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* IOP Publishing, 2019. Vol. 710. P. 012011.

214. Barney D.L. Growing Mushrooms Commercially — Risks and Opportunities [Electronic resource]. URL: <http://www.cals.uidaho.edu/edcomm/pdf/cis/cis1077.pdf> (accessed: 17.07.2016).

215. Kaewwiset T., Yodkhad P. Automatic temperature and humidity control system by using Fuzzy Logic algorithm for mushroom nursery. 2017 International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT). 2017. P. 396–399.

216. Mat I., Kassim M. R. M., Harun A. N., Yusoff I. M. Environment control for smart mushroom house. 2017 IEEE Conference on Open Systems (ICOS). Miri: IEEE, 2017. P. 38–42.
217. Bellettini M.B., Bellettini S., Fiorda F. A., Pedro A. C., Bach F., Fabela-Morón M. F., Hoffmann-Ribani R. Diseases and pests noxious to *Pleurotus* spp. mushroom crops. *Revista Argentina de Microbiología*. 2018. Vol. 50, № 2. P. 216–226.
218. Ficociello B., Masciarelli E., Casorri L., Cichelli A., Pacioni G. The onset of occupational diseases in mushroom cultivation and handling operators: a review. *Italian Journal of Mycology*. 2019. Vol. 48. P. 26–38.
219. Решетило Л.І. Мікробіологічна безпека харчових продуктів: плісеневі гриби та ризики отруєння їх токсинами. *Вісник ЛТТЕУ. Технічні науки*. 2020. № 24. С. 58–65.
220. Hatvani L., Antal Z., Manczinger L., Szekeres A., Druzhinina I. S., Kubicek C. P., Nagy A., Nagy E., Vágvölgyi C., Kredics L. Green mold diseases of *Agaricus* and *Pleurotus* spp. are caused by related but phylogenetically different *Trichoderma* species. *Phytopathology*. 2007. Vol. 97, № 4. P. 532–537.
221. Бойко О.А., Шевченко Г.Л., Бойко А.А. Морфологія та структурні особливості патогенів *Basidiomycetes*. *Мікробіологічний журнал*. Національна академія наук України, Інститут мікробіології і вірусології, 2013. № 75, № 3. С. 56–61.
222. Fletcher J.T., Gaze R.H. Mushroom pest and disease control: a colour handbook. CRC Press, 2007.
223. Войтенко Т.Л., Литвін Л.О. Вплив фунгіцидів на пригнічення паразитизму збудників плісняви на гливі звичайній при обробці інокульованого міцелієм субстрату. *Овочівництво і баштанництво*. Національна академія аграрних наук України, Інститут овочівництва і баштанництва, 2009. № 55. С. 47–53.
224. Медведєв Д.Г., Кернер А. О., Бондарук С. В., Аль-Маалі Г. А. Дослідження культуральних особливостей та фунгіцидної резистентності штамів *Cladobotryum musophilum* (*Hypocreales, Ascomycota*)—вперше виявленого на

промислових культурах печериці в Україні збудника павутинної цвілі. *Український ботанічний журнал*. Національна академія наук України, Інститут ботаніки імені НГ Холодного, 2019. № 76, № 2. С. 121–131.

225. Gea F.J., Navarro M. J., Santos M., Diánez F., Carrasco J. Control of fungal diseases in mushroom crops while dealing with fungicide resistance: a review. *Microorganisms*. 2021. Vol. 9, № 3. P. 585. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030585>.

226. Zied D.C., Pardo-Giménez A. Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications. John Wiley & Sons, 2017. 600 p.

227. Shikano I., Woolcott J., Cloonan K., Andreadis S., Jenkins N. E. Biology of mushroom Phorid Flies, *Megaselia halterata* (Diptera: Phoridae): Effects of temperature, humidity, crowding, and compost stage // *Environmental Entomology*. 2021. Vol. 50, № 1. P. 149–153. <https://doi.org/10.1093/ee/nvaa142>.

228. del Río L.A., Pastori G. M., Palma J. M., Sandalio L. M., Sevilla F., Corpas F. J., López-Huertas E., Hernández J. A. The activated oxygen role of peroxisomes in senescence. *Plant Physiology*. American Society of Plant Biologists, 1998. Vol. 116, № 4. P. 1195–1200. <https://doi.org/10.1104/pp.116.4.1195>.

229. Tao F., Zhang M., Yu H. Effect of vacuum cooling on physiological changes in the antioxidant system of mushroom under different storage conditions. *Journal of Food Engineering*. Elsevier, 2007. Vol. 79, № 4. P. 1302–1309.

230. Jiang T., Feng L., Wang Y. Effect of alginate/nano-Ag coating on microbial and physicochemical characteristics of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) during cold storage. *Food Chemistry*. 2013. Vol. 141, № 2. P. 954–960.

231. Бандура І.І., Кулик А.С. Особливості зберігання грибів роду глива. Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: друга міжнародна науково-практична конференція, 5–7 вересня 2017 р., матеріали конференції, під заг. ред. Г. В. Дейниченка, Харків: ХДУХТ, С. 213–214.

232. Бандура, І.І., Кулик А.С., Байбєрова С.С. Сучасні способи зберігання грибів. Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції

садівництва та рослинництва, 24-25 травня 2017 р., м. Умань, Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції, Умань, Видавець «Сочінський М. М.». 2018. С.134–135.

233. Кулик А. С., Бандура І. І., Чаусов С. В., Прісс О. П. Опис до патенту на корисну модель № 127654 "Спосіб підготовки грибів роду Глива - *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. до зберігання". Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2018.

234. Тринчук О.О., Гунько С.М., Тринчук С.В. Спосіб переробки культивованих грибів після зберігання. *Сборник Научных Трудов Sworld*. 2011. Vol. 4, № 3. С. 76–77.

235. Бухало А.С., Бабицкая В. Г., Бисько Н. А., Вассер С. П., Дудка И. А., Митропольская Н. Ю., Поєдінок Н.Л., Михайлова О.Б., Соломко Э. Ф. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре: Сборник научных трудов в двух томах. Под ред. чл.-кор. НАН Украины С.П. Вассера. Киев: Альтерпрес, 2011. 212 p.

236. Kumar K., Mehra R., Guiné R.P., Lima M.J., Kumar N., Kaushik R., Ahmed N., Yadav A.N., Kumar H. Edible Mushrooms: A comprehensive review on bioactive compounds with health benefits and processing aspects. *Foods*. 2021. Vol. 10 (12). P. 2996 (1–22).

237. Федотов О.В. Біотехнологічні засади регулювання і використання прооксидантно-антиоксидантної активності базидієвих грибів. Дисертація доктора біол.наук за спец.03.00.20 – біотехнологія. Київ. 2017. 325 с.

238. Khan A.A., Gani A., Khanday F. A., Masoodi F. A. Biological and pharmaceutical activities of mushroom  $\beta$ -glucan discussed as a potential functional food ingredient. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 2018. Vol. 16. P. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2017.12.002>.

239. Kalaras M.D., Beelman R.B., Elias R.J. Effects of postharvest pulsed UV light treatment of white button mushrooms (*Agaricus bisporus*) on vitamin D2 content and quality attributes. *Journal of agricultural and food chemistry*. ACS Publications, 2012. Vol. 60, № 1. P. 220–225. <https://doi.org/10.1021/jf203825e>.



240. Kristensen H., Rosenqvist E., Jakobsen J. Increase of vitamin D2 by UV-B exposure during the growth phase of white button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Food & nutrition research*. Taylor & Francis, 2012. Vol. 56, № 1. P. 7114.

241. Гніцевич В.А., Чехова Н.С. Наукове обґрунтування використання грибного порошку у технології кулінарних виробів. *Обладнання та технології харчових виробництв*. Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган ..., 2017. № 1 (34). С. 5–12.

242. Сімахіна Г.О., Гойко І.Ю., Стеценко Н.О. Переробка їстівних грибів для отримання білоквмісних напівфабрикатів. *Товари і ринки*. 2014. №2. С. 70–85.

243. Бурлака Т.В., Дубковецький І.В., Малежик І.Ф. Дослідження сушіння культивованих грибів різними інфрачервоними випромінювачами. *Інноваційні енерготехнології: збірник тез доповідей*. Одеська національна академія харчових технологій. 2015. С. 91–96.

244. Павлишин М.Л. Дослідження борошняних виробів з нетрадиційної сировини. *Вісник ЛТЕУ*. Технічні науки. 2013. № 13. С. 38–40.

245. Aishah M.S., Wan Ishak W.R. The effect of addition of oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) on nutrient composition and sensory acceptation of selected wheat- and rice-based products. *International Food Research Journal*. 2013. Vol. 20. P. 183–188.

246. Wan-Mohtar W.A.Q.I., Mahmud N., Supramani S., Ahmad R., Zain N.A.M., Hassan N.A., Peryasamy J., Halim-Lim S.A. Fruiting-body-base flour from an oyster mushroom—a waste source of antioxidative flour for developing potential functional cookies and steamed-bun. *AIMS Agriculture and Food*. 2018. Vol. 3, № 4. P. 481–492. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2018.4.481>.

247. Nordiana A.B., Wan Rosli W.I., Wan Amir Nizam W.A. The effect of oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) flour incorporation on the physicochemical quality and sensorial acceptability of pasta. *International Food Research Journal*. 2019. Vol. 26, № 4. P. 1249–1257.

248. Shnyreva A.V., Belokon Y.S., Belokon M.M., Altukhov Y.P. Interspecific genetic variability of the oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* as revealed by allozyme gene analysis. *Journal of Genetics*. 2004. Vol. 40. P. 871–881.
249. Єжов В.М. Біотехнологічні основи виробництва білка і пектину з відходів переробки плодів та винограду. Київ: Урожай, 1993. 120 р.
250. Doroški A., Klaus A., Režek Jambrak A., Djekic I. Food waste originated material as an alternative substrate used for the cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*): A Review. *Sustainability*. 2022. Vol.14 (19). 12509. P. 1–12.
251. Huerta G., Martínez-Carrera D., Sánchez J.E., Leal-Lara H., Vilgalys R. Genetic relationships between Mexican species of *Pleurotus* analyzing the ITS-region from rDNA. *Micologia Aplicada International*. Colegio de Postgraduados, 2010. Vol. 22, № 1. P. 15–25.
252. Badalyan S.M. Higher basidiomycetes as prospective objects for mycopharmacological research. *International Journal of Medicinal Mushrooms*. 2001. Vol. 3 (2-3). P. 108. DOI: 10.1615/IntJMedMushr.v3.i2-3.270.
253. Bao D., Kinugasa S., Kitamoto Y. The biological species of oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) from Asia based on mating compatibility tests. *Journal of Wood Science*. Springer, 2004. Vol. 50, № 2. P. 162–168.
254. Li J., He X., Liu X. B., Yang Z. L., Zhao Z. W. Species clarification of oyster mushrooms in China and their DNA barcoding. *Mycological Progress*. Springer, 2017. Vol. 16, № 3. P. 191–203.
255. Stajic M., Sikorski J., Wasser S. P., Nevo E. Genetic similarity and taxonomic relationships within the genus *Pleurotus* (higher *Basidiomycetes*) determined by RAPD analysis. *Mycotaxon*. Ithaca, NY, Mycotaxon., 2005. Vol. 93. P. 247–256.
256. Kirbag S., Akyuz M. Effect of various agro-residues on growing periods, yield and biological efficiency of *Pleurotus eryngii*. *J. Food Agric. Environ*. 2008. Vol. 6. P. 402–405.
257. Jang G.-Y., Jeon C. S., Gong W. S., Yu Y. B., Kim G. H., Seong J. M. The beginning and history of *Pleurotus* spp. cultivation. *Journal of Mushroom*. The Korean Society of Mushroom Science, 2008. Vol. 6, № 3\_4. P. 103–110.

258. Li J., Liu X. B., Zhao Z. W., Yang Z. L. Genetic diversity, core collection and breeding history of *Pleurotus ostreatus* in China. *Mycoscience*. 2019. Vol. 60, № 1. P. 14–24. <https://doi.org/10.1016/j.myc.2018.07.002>.
259. Соломко Э.Ф., Билай В. Т., Бисько Н. А. Съедобный гриб вешенка: мицелий, субстрат, выращивание. К. Урожай. 2000. С. 33–35.
260. Alananbeh K.M., Bouqellah N.A., Al Kaff N.S. Cultivation of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* on date-palm. leaves mixed with other agro-wastes in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2014. Vol. 21, № 6. P. 616–625.
261. Amirta R., Herawati E., Suwinarti W., Watanabe T. Two-steps utilization of shorea wood waste biomass for the production of Oyster mushroom and biogas – a zero waste approach. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2016. Vol. 9. P. 202–208. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.127>.
262. Klibansky M.M., Mansur M., Gutierrez I., González L. Production of *Pleurotus ostreatus* mushrooms on sugar cane agrowastes. *Acta Biotechnol.* 1993. Vol. 13, № 1. P. 71–78.
263. Oh S.J., Park J. S., Shin P. G., Yoo Y. B., Jhune C. S. An improved compost using cotton waste and fermented sawdust substrate for cultivation of Oyster mushroom. *Mycobiology*. Taylor & Francis, 2004. Vol. 32, № 3. P. 115–118.
264. Silanikove N., Danai O., Levanon D. Composted cotton straw silage as a substrate for *Pleurotus* sp. cultivation. *Biological Wastes*. 1988. Vol. 25, № 3. P. 219–226.
265. Oyetayo O. Micro and macronutrient properties of *Pleurotus ostreatus* (Jacq: Fries) cultivated on different wood substrates. *Jordan Journal of Biological Sciences*. 2013. Vol. 6. P. 223–226.
266. Abdelshafy A.M., Luo Z., Belwal T., Ban Z., Li L. A comprehensive review on preservation of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*): techniques, research advances and influence on quality traits. *Food Reviews International*. 2021. P. 1–34.
267. Bano Z., Rajarathnam S., Steinkraus K.H. *Pleurotus* mushrooms. Part II. Chemical composition, nutritional value, post-harvest physiology, preservation, and role

as human food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Taylor & Francis, 1988. Vol. 27, № 2. P. 87–158.

268. Deepalakshmi K., Sankaran M. *Pleurotus ostreatus*: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. *Journal of Biochemical Technology*. 2014. Vol. 5, № 2. P. 718–726.

269. Adebayo E., Oloke J. Oyster mushroom (*Pleurotus* species); A natural functional food. *JMicrobiol Biotech Food Sci*. 2018. Vol. 3, № 017/18: 7(3). P. 254–264.

270. Islam T., Zakaria Z., Hamidin N., Ishak M. A. B. M. Analysis of major nutritional components of *Pleurotus pulmonarius* during the cultivation in different indoor environmental conditions on sawdust. *Turkish Journal of Agriculture -Food Science and Technology*. 2017. Vol. 5(3). P. 239–246.

271. Roberts J.S., Teichert A., McHugh T.H. Vitamin D2 formation from post-harvest UV-B treatment of mushrooms (*Agaricus bisporus*) and retention during storage. *J. Agric. Food Chem*. American Chemical Society, 2008. Vol. 56, № 12. P. 4541–4544.

272. Contato A.G., Inácio F.D., de Araújo C.A.V., Brugnari T., Maciel G.M., Haminiuk C.W.I., Bracht A., Peralta R.M., de Souza C.G.M. Comparison between the aqueous extracts of mycelium and basidioma of the edible mushroom *Pleurotus pulmonarius*: chemical composition and antioxidant analysis. *Food Measure*. 2020. Vol. 14, № 2. P. 830–837. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00331-0>.

273. Lavi I., Levinson D., Peri I., Tekoah Y., Hadar Y., Schwartz B. Chemical characterization, antiproliferative and antiadhesive properties of polysaccharides extracted from *Pleurotus pulmonarius* mycelium and fruiting bodies. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2010. Vol. 85, № 6. P. 1977–1990. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2296-x>.

274. Zhou Y., Hu C., Zhu X. The data analysis and the database construction for *Pleurotus eryngii* product traceability system. 2017 4th International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE). IEEE, 2017. P. 712–716.

275. Boin E.A.S.F., Azevedo C.M.A.M., Nunes J.M.S.A., Guerra M.M. Consumer acceptability and descriptive characterization of fresh and dried king oyster

(*Pleurotus eryngii*) and hedgehog (*Hydnum repandum*) mushrooms. *Journal of Food Research*. Canadian Center of Science and Education, 2016. Vol. 5, № 4. P. 55–64. <https://doi.org/10.5539/jfr.v5n4p55>.

276. He X.L., Wu B., Li Q., Peng W.H., Huang Z.Q., Gan B.C. Phylogenetic relationship of two popular edible *Pleurotus* in China, Bailinggu (*P. eryngii* var. *tuoliensis*) and Xingbaogu (*P. eryngii*), determined by ITS, RPB2 and EF1 $\alpha$  sequences. *Mol Biol Rep*. 2016. Vol. 43, № 6. P. 573–582. <https://doi.org/10.1007/s11033-016-3982-2>.

277. Kawai G., Babasaki K., Neda H. Taxonomic position of a Chinese *Pleurotus* “Bai-Ling-Gu”: it belongs to *Pleurotus eryngii* (DC.: Fr.) Quél. and evolved independently in China. *Mycoscience*. Elsevier, 2008. Vol. 49, № 1. P. 75–87.

278. Venturella G., Zervakis G., Rocca S. la. *Pleurotus eryngii* var. *elaeoselini* var. nov. from Sicily. *Mycotaxon*. Mycotaxon Ltd, 2000. Vol. 76. P. 419–427.

279. Stajic M., Vukojevic J., Duletic’-Laušević’ S. Biology of *Pleurotus eryngii* and role in biotechnological processes: a review. *Critical reviews in biotechnology*. Taylor & Francis, 2009. Vol. 29, № 1. P. 55–66.

280. Kirbag S., Akyüz M. Effect of various agro-residues on growing periods, yield and biological efficiency of *Pleurotus eryngii*. *J. Food Agric. Environ*. 2008. Vol. 6. 402 P. 402–405.

281. Moonmoon M., Uddin M.N., Ahmed S., Shelly N.J., Khan M.A. Cultivation of different strains of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) on saw dust and rice straw in Bangladesh. *Saudi J Biol Sci*. 2010. Vol. 17, № 4. P. 341–345.

282. Oh T.-S., Lee Y.H., Kim C. H., Cho Y.K., Jang M.J. Comparative study of the growth characteristics of *Pleurotus eryngii* by using alternative substrates to rice bran. *Journal of Mushroom*. The Korean Society of Mushroom Science, 2017. Vol. 15, № 1. P. 57–60. <http://dx.doi.org/10.14480/JM.2017.15.1.57>.

283. Estrada R.A.E., Royse D.J. Yield, size and bacterial blotch resistance of *Pleurotus eryngii* grown on cottonseed hulls/oak sawdust supplemented with manganese, copper and whole ground soybean. *Bioresource Technology*. 2007. Vol. 98, № 10. P. 1898–1906.

284. Vetvicka V., Gover O., Karpovsky M., Hayby H., Danay O., Ezov N., Hadar Y., Schwartz B. Immune-modulating activities of glucans extracted from *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii*. *Journal of functional foods*. Elsevier, 2019. Vol. 54. P. 81–91. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.12.034>.
285. Estrada A.R., Royse D.J. Yield, size and bacterial blotch resistance of *Pleurotus eryngii* grown on cottonseed hulls/oak sawdust supplemented with manganese, copper and whole ground soybean. *Bioresource Technology*. Elsevier, 2007. Vol. 98, № 10. P. 1898–1906.
286. Liu G.-Q., Qiu X.H., Cao L. Han R.C. Scratching stimuli of mycelia influence fruiting body production and ROS-scavenging gene expression of *Cordyceps militaris*. *Mycobiology*. Taylor & Francis, 2018. Vol. 46, № 4. P. 382–387.
287. Pardo-Giménez A., Pardo J.E., Dias E.S., Rinker D.L., Caitano C.E.C., Zied D.C. Optimization of cultivation techniques improves the agronomic behavior of *Agaricus subrufescens*. *Scientific Reports*. Nature Publishing Group, 2020. Vol. 10, № 1. P. 8154. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65081-2>.
288. Carrasco J., Tello M.L., Perez M., Preston G. Biotechnological requirements for the commercial cultivation of macrofungi: substrate and casing layer. *Biology of macrofungi*. Springer, Cham, 2018. P. 159–175. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02622-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02622-6_7).
289. Gy Horfi J., Hajdu C.S. Casing-material experiments with *Pleurotus eryngii*. *International Journal of Horticultural Science*. 2007. Vol. 13, № 2. P. 33–36.
290. Hassan F.R.H., Medany G.M., Abou Hussein S.D. Cultivation of the king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) in Egypt. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. INSInet Publications, 2010. Vol. 4, № 1. P. 99–105.
291. Yildirim N., Yildiz A. The effect of *Pleurotus eryngii* (DC. ex Fr.) Quel. on rice bran and wheat straw under the solid-state bioconversion for ruminant feed. *Journal of Animal & Plant Sciences*. 2009. Vol. 5, № 2. P. 475–482.
292. Jeznabadi E.K., Jafarpour M., Eghbalsaied S. King oyster mushroom production using various sources of agricultural wastes in Iran. *Int J Recycl Org Waste Agricult*. 2016. Vol. 5, № 1. P. 17–24. <https://doi.org/10.1007/s40093-015-0113-3>.

293. Acay H., Yildirim A., Erdem Güzel E., Kaya N., Baran M. F. Evaluation and characterization of *Pleurotus eryngii* extract-loaded chitosan nanoparticles as antimicrobial agents against some human pathogens. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*. Taylor & Francis, 2020. Vol. 50, № 9. P. 897–906. <https://doi.org/10.1080/10826068.2020.1765376>.
294. Alam N., Yoon K. N., Lee J. S., Cho H. J., Shim M. J., Lee T. S. Dietary effect of *Pleurotus eryngii* on biochemical function and histology in hypercholesterolemic rats. *Saudi J Biol Sci*. 2011. Vol. 18, № 4. P. 403–409. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2011.07.001>.
295. Krüzselyi D., Kovács D., Vetter J. Chemical analysis of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) fruitbodies. *Acta Alimentaria*. Akadémiai Kiadó, 2016. Vol. 45, № 1. P. 20–27. <https://doi.org/10.1556/066.2016.45.1.3>.
296. Golak-Siwulska I., Kałużewicz A., Spiżewski T., Siwulski M., Sobieralski K. Bioactive compounds and medicinal properties of Oyster mushrooms (*Pleurotus* sp.). *Folia Horticulturae*. De Gruyter Poland, 2018. Vol. 30, № 2. P. 191–201. <https://doi.org/10.2478/fhort-2018-0012>.
297. Kim Y.H., Jung E.G., Han K.I., Patnaik B.B., Kwon H.J., Lee H.S., Kim W.J., Han M.D. Immunomodulatory effects of extracellular  $\beta$ -glucan isolated from the king oyster mushroom *Pleurotus eryngii* (*Agaricomycetes*) and its sulfated form on signaling molecules involved in innate immunity. *International journal of medicinal mushrooms*. Begel House Inc., 2017. Vol. 19, № 6. P. 521–533 <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.v19.i6.40>.
298. Ma G., Kimatu B.M., Zhao L., Yang W., Pei F., Hu Q. Impacts of dietary *Pleurotus eryngii* polysaccharide on nutrient digestion, metabolism, and immune response of the small intestine and Colon—An iTRAQ-Based Proteomic Analysis. *Proteomics*. 2018. Vol. 18, № 7. P. 1700443. <https://doi.org/10.1002/pmic.201700443>.
299. Gregori A., Švagelj M., Pohleven J. Cultivation techniques and medicinal properties of *Pleurotus* spp. *Food technology and biotechnology*. Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2007. Vol. 45, № 3. P. 238–249.

300. Masri H.J.M.H.J., Maftoun P.M.P., Abd Malek R., Boumehira A.Z., Pareek A., Hanapi S.Z., Ling O.M., El Enshasy H. The Edible Mushroom *Pleurotus* spp.: II. Medicinal Values: *International Journal of Biotechnology for Wellness Industries*. 2017. Vol. 6, № 1. P. 1–11. <https://doi.org/10.6000/1927-3037.2017.06.01.1>.

301. Tan Y.-S., Baskaran A., Nallathamby N., Chua K.H., Kuppusamy U.R., Sabaratnam V. Influence of customized cooking methods on the phenolic contents and antioxidant activities of selected species of oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.). *J Food Sci Technol*. 2015. Vol. 52, № 5. P. 3058–3064. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1332-8>.

302. Lee J.-Y., Lee K., Kwak E.-J. Fermentation characteristics of bread added with *Pleurotus eryngii* powder. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. The Korean Society of Food Science and Nutrition, 2009. Vol. 38, № 6. P. 757–765.

303. Rodrigues D.M., Freitas A.C., Rocha-Santos T.A., Vasconcelos M.W., Roriz M., Rodríguez-Alcalá L.M., Gomes A.M., Duarte A.C. Chemical composition and nutritive value of *Pleurotus citrinopileatus* var *cornucopiae*, *P. eryngii*, *P. salmoneo stramineus*, *Pholiota nameko* and *Hericium erinaceus*. *Journal of Food Science and Technology*. Springer, 2015. Vol. 52, № 11. P. 6927–6939. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1826-z>.

304. Грибная отрасль Украины: основные цифры [Electronic resource] // УМДИС: рынок грибов Восточной Европы. 2018. URL: <https://www.umdis.org/gribnaya-otrasl-ukrainy-osnovnye-cifry-16829/> (accessed: 28.11.2021).

305. Дудка И.А., Бисько Н.А., Билай В.Т. Культивирование съедобных грибов. Киев: Урожай, 1992. 160 p.

306. Nyochembeng L.M., Beyl C.A., Pacumbaba R.P. Optimizing edible fungal growth and biodegradation of inedible crop residues using various cropping methods. *Bioresource Technology*. 2008. Vol. 99 (13). P. 5645–5649.



307. Adebayo E.A., Martinez-Carrera D. Oyster mushrooms (*Pleurotus*) are useful for utilizing lignocellulosic biomass. *African Journal of Biotechnology*. 2015. Vol. 14(1). P. 52–67.
308. Singh M.P., Srivastva A.K., Vishwakarma S.K., Singh V.K., Pandey V.K. Mushroom biotechnology. *Recent trends in biotechnology*. 2010. Vol. 1. P. 77–85.
309. Chang S.T. Mushroom production. *Biotechnology*. Volume VII: Fundamentals in Biotechnology. 2009. 74 p.
310. Wu N., Tian F., Moodley O., Song B., Jia C., Ye J., Lv R., Qin Z., Li C. Optimization of agro-residues as substrates for *Pleurotus pulmonarius* production. *Amb Express*. 2019. Vol. 9. P. 1–9.
311. Yamashita S., Seino T., Inobe M., Jutanom M., Matsumoto S., Kinoshita M. Polar lipid fraction from golden oyster mushrooms (*Pleurotus citrinopileatus*) suppresses colon injuries from inflammatory stresses in vivo and in vitro. *Journal of Oleo Science*. 2020. Vol. 69(7). P. 751–757.
312. Gogoi P., Chutia P., Singh P., Mahanta C.L. Effect of optimized ultrasound-assisted aqueous and ethanolic extraction of *Pleurotus citrinopileatus* mushroom on total phenol, flavonoids and antioxidant properties. *Journal of Food Process Engineering*. 2019. Vol. 42(6). P.13172 (1–12).
313. Sheng Y., Zhao C., Zheng S., Mei X., Huang K., Wang G., He X. Anti-obesity and hypolipidemic effect of water extract from *Pleurotus citrinopileatus* in C57BL/6J mice. *Food Science & Nutrition*. 2019. Vol. 7, № 4. P. 1295–1301. <https://doi.org/10.1002/fsn3.962>.
314. Van Kuijk S.J., Sonnenberg A.S., Baars J.J., Hendriks W.H., Cone J.W. Fungal treated lignocellulosic biomass as ruminant feed ingredient: a review. *Biotechnology advances*. 2015. Vol. 33 (1). P. 191–202.
315. Mishra K.K., Pal R.S., Arunkumar R., Chandrashekhara C., Jain S.K., Bhatt J.C. Antioxidant properties of different edible mushroom species and increased bioconversion efficiency of *Pleurotus eryngii* using locally available casing materials. *Food chemistry*. Elsevier, 2013. Vol. 138, № 2–3. P. 1557–1563. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.12.001>

316. Musieba F., Okoth S., Mibey R.K., Wanjiku S., Moraa K. Proximate composition, amino acids and vitamins profile of *Pleurotus citrinopileatus* singer: an indigenous mushroom in Kenya. *American Journal of Food Technology*. Academic Journals Inc., 2013. Vol. 8, № 3. P. 200–206. <https://doi.org/10.3923/ajft.2013.200.206>.
317. Chen J.-N., Ma C.Y., Tsai P.F., Wang Y.T., Wu J.S.B. In vitro antitumor and immunomodulatory effects of the protein PCP-3A from mushroom *Pleurotus citrinopileatus*. *Journal of agricultural and food chemistry*. ACS Publications, 2010. Vol. 58, № 23. P. 12117–12122. <https://doi.org/10.1021/jf103576r>.
318. Liu J., Sun Y., Y, H., Zhang C., Yue L., Yang X., Wang L., Liu J. Purification and identification of one glucan from golden oyster mushroom (*Pleurotus citrinopileatus* (Fr.) Singer). *Carbohydrate Polymers*. Elsevier, 2012. Vol. 87, № 1. P. 348–352. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.07.059>.
319. Meng T.-X., Ishikawa H., Shimizu K., Ohga S., Kondo R. A glucosylceramide with antimicrobial activity from the edible mushroom *Pleurotus citrinopileatus*. *Journal of wood science*. Springer, 2012. Vol. 58, № 1. P. 81–86. <https://doi.org/10.1007/s10086-011-1213-y>.
320. Minato K., Laan L. C., van Die I., Mizuno M. *Pleurotus citrinopileatus* polysaccharide stimulates anti-inflammatory properties during monocyte-to-macrophage differentiation. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019. Vol. 122. P. 705–712. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.157>.
321. Minato K. Immunomodulation activity of a polysaccharide fraction of a culinary-medicinal mushroom, *Pleurotus citrinopileatus* Singer (*Agaricomycetideae*), in vitro. *International Journal of Medicinal Mushrooms*. Begel House Inc., 2008. Vol. 10, № 3. P. 235–244. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v10.i3.40>.
322. Rodrigues D.M.F., Freitas A. C., Rocha-Santos T. A., Vasconcelos M. W., Roriz M., Rodríguez-Alcalá L. M., Gomes A.M., Duarte A.C. Chemical composition and nutritive value of *Pleurotus citrinopileatus* var *cornucopiae*, *P. eryngii*, *P. salmoneo stramineus*, *Pholiota nameko* and *Hericium erinaceus*. *J Food Sci Technol*. 2015. Vol. 52, № 11. P. 6927–6939. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1826-z>.

323. Deepalakshmi K., Mirunalini S. *Pleurotus ostreatus*: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. *Journal of Biochemical Technology*. 2014. Vol.5, №2. P. 718–726.

324. Miyazawa M., Dejima Y., Takahashi T., Matsuda N., Ishikawa R. Characteristic odor components of essential oil from dried fruiting bodies of golden oyster mushroom (*Pleurotus citrinopileatus*). *Journal of Essential Oil Research*. Taylor & Francis, 2011. Vol. 23, № 3. P. 58–63. <https://doi.org/10.1080/10412905.2011.9700459>.

325. Miyazawa M., Usami A. Character impact odorants from mushrooms [*Pleurotus citrinopileatus*, *Pleurotus eryngii* var. *ferulae*, *Lactarius hatsudake*, and *Hericium erinaceus* (Bull.: Fr.) Pers.] used in Japanese traditional food. *Nagoya Gaknin University*. 2014. Vol. 50, № 2. P. 1–24.

326. Jing L.I. Study on the processing technology of functional yoghurt from golden mushroom polysaccharide [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*. 2009. Vol. 3. Retrived from: [http://en.cnki.com.cn/Article\\_en/CJFDTOTAL-AHNY200903162.htm](http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-AHNY200903162.htm).

327. Gürgen A.Y., Sevindik M., Yildiz S., Akgül H. Determination of antioxidant and oxidant potentials of *Pleurotus citrinopileatus* mushroom cultivated on various substrates. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*. 2020. Vol. 23, № 3. P. 586–591. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.626803>.

328. Stamets P. *MycoMedicinals. An Information Treatise on mushrooms*. China, 2002. 96 p.

329. Diyabalanage T., Mulabagal V., Mills G., DeWitt D.L., Nair M.G.. Health-beneficial qualities of the edible mushroom, *Agrocybe aegerita*. *Food Chemistry*. 2008. Vol. 108, № 1. P. 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.049>.

330. Frings R.A., Maciá-Vicente J. G., Buße S., Čmoková A., Kellner H., Hofrichter M., Hennicke F. Multilocus phylogeny- and fruiting feature-assisted delimitation of European *Cyclocybe aegerita* from a new Asian species complex and related species. *Mycol Progress*. 2020. Vol. 19, № 10. P. 1001–1016. <https://doi.org/10.1007/s11557-020-01599-z>.

331. Libin W.N.B.D.H., Yingjie T.Q.P. A Study of optimum culture conditions and relationship for different *Agrocybe aegerita* strains. *Acta Edulis Fungi*. 1999. Vol. 6, № 03. P. 3.

332. Niveiro N., Uhart M., Albertó E. Revision of the genera *Agrocybe* and *Cyclocybe* (*Strophariaceae*, *Agaricales*, *Basidiomycota*) in Argentina. *Rodriguésia*. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Vol. 71.

333. Vizzini A., Angelini C., Ercole E., Le sezioni Velatae E. E. Aporus di *Agrocybe sottogenere* Aporus: rivalutazione del genere *Cyclocybe* Velen. ed un nuova specie. *Bollettino della associazione micologica ed ecologica*. Romana. 2022. №92. P. 21–38.

334. Бисько Н.А., Бабицкая В.Г., Бухало А.С. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре: Сборник научных трудов в двух томах. Т. 2/Под ред. чл.-кор. НАН Украины СП Вассера. Киев: Альтерпрес. 2012. 459 с .

335. Li B., Chen Z., Lin J., Qiu C., Lu C. A preliminary study on the screening of fine strains about *Agrocybe aegerita* efficient cultivation. *Edible Fungi of China*. 2012. Vol. 5. P.1-12.

336. Deng-xue L.U., Bing-feng W.A.N.G., Jian-ning S.H.A.O., Jing-mei G.A.O. A research on the cultivation technique of *Agrocybe chaxingu*. *Acta Edulis Fungi*. 2005. Vol. 12 № 01. P. 44.

337. Kleofas V., Sommer L., Fraatz M.A., Zorn H., Rühl M. Fruiting body production and aroma profile analysis of *Agrocybe aegerita* cultivated on different substrates. *Natural Resources*. Scientific Research Publishing, 2014. Vol.5 № 6. 8 p. <https://doi.org/10.4236/nr.2014.56022>.

338. Bandura I., Kulyk A., Makohon S., Tsyz O., Khareba O., Khareba V., Kovtuniuk Z. Якісні характеристики гриба *Cyclocybe aegerita* штамів 2229, 2230, 2231 ІВК за умов промислового культивування. Науковий журнал «Рослинництво та ґрунтознавство». 2021. Vol. 12, № 3. С. 85–99.

339. Surup F., Hennicke F., Sella N., Stroot M., Bernecker S., Pfütze S., Stadler M., Rühl M. New terpenoids from the fermentation broth of the edible mushroom

*Cyclocybe aegerita*. *Beilstein J. Org. Chem.* Beilstein-Institut, 2019. Vol. 15, № 1. P. 1000–1007. <https://doi.org/10.3762/bjoc.15.98>.

340. Zhang C., Chen X., Orban A., Shukal S., Birk F., Too H. P., Rühl M. *Agrocybe aegerita* serves as a gateway for identifying sesquiterpene biosynthetic enzymes in higher fungi. *ACS Chem Biol.* 2020. Vol. 15, № 5. P. 1268–1277. <https://doi.org/10.1021/acscchembio.0c00155>.

341. Zhao C., Sun H., Tong X., Qi Y. An antitumour lectin from the edible mushroom *Agrocybe aegerita*. *Biochem J.* 2003. Vol. 374, № Pt 2. P. 321–327. <https://doi.org/10.1042/bj20030300>.

342. Landi N., Pacifico S., Ragucci S., Iglesias R., Piccolella S., Amici A., M.A. Di Giuseppe A., Di Maro A.. Purification, characterization and cytotoxicity assessment of Ageritin: The first ribotoxin from the basidiomycete mushroom *Agrocybe aegerita*. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)–General Subjects.* 2017. Vol. 1861, № 5, Part A. P. 1113–1121. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2017.02.023>.

343. Stránský K., Semerdžieva M., Otmar M., Procházka Ž., Buděšínský M., Ubik K., Kohoutová J., Streinz L. Antifungal antibiotics from the mushroom *Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing. *Collection of Czechoslovak chemical communications.* 1992. Vol. 57, №3. P. 590–603. <https://doi.org/10.1135/cccc19920590>.

344. Lin S., Ching L. T., Lam K., Cheung P. C. Anti-angiogenic effect of water extract from the fruiting body of *Agrocybe aegerita*. *LWT.* 2017. Vol. 75. P. 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.044>.

345. Lo K.M., Cheung P.C.K. Antioxidant activity of extracts from the fruiting bodies of *Agrocybe aegerita* var. *alba*. *Food Chemistry.* 2005. Vol. 89, № 4. P. 533–539. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.006>.

346. Morel S., Vitou M., Masnou A., Jumas-Bilak E., Rapior S., Licznar-Fajardo P. Antibacterial activity of wild mushrooms from France. *International Journal of Medicinal Mushrooms.* Begel House Inc., 2021. Vol. 23, № 1. P. 79–89 <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2020037443>.

347. Yang Q., Yin Y., Pan Y., Ye X., Xu B., Yu W., Zeng H., Sun H. Anti-metastatic activity of *Agrocybe aegerita* galectin (AAL) in a mouse model of breast

cancer lung metastasis. *Journal of Functional Foods*. Elsevier, 2018. Vol. 41. P. 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.12.058>.

348. Citores L., Ragucci S., Ferreras J. M., Di Maro A., Iglesias R. Ageritin, a ribotoxin from poplar mushroom (*Agrocybe aegerita*) with defensive and antiproliferative activities. *ACS chemical biology*. ACS Publications, 2019. Vol. 14, № 6. P. 1319–1327. <https://doi.org/10.1021/acscchembio.9b00291>.

349. Karrer D., Rühl M. A new lipooxygenase from the agaric fungus *Agrocybe aegerita*: biochemical characterization and kinetic properties. *PLoS One*. Public Library of Science San Francisco, CA USA, 2019. Vol. 14, № 6. P. e0218625.

350. Tang C., Hoo P.C.X., Tan L.T.H., Pusparajah P., Khan T.M., Lee L.H., Bey-Hing Goh B.H., Chan K.G. Golden needle mushroom: a culinary medicine with evidenced-based biological activities and health promoting properties. *Front Pharmacol*. 2016. Vol. 7. <https://doi.org/10.3389/fphar.2016.00474>.

351. Зерова М.Я., Сосін П.Є., Роженко Г.Л. Базидіоміцети. Книга 2. Болетальні, стробіломіцетальні, трихоломатальні, ентоломатальні, русулальні, агарикальні, гастероміцети. Визначник грибів України. Київ. Наукова думка, 1979. Т. 5. 566 с.

352. Tonomura H. *Flammulina velutipes*. The biology, cultivation of edible mushrooms. 1978. P. 409–421.

353. Williams M.A.J., Beckett A., Read N.D. Differentiation in *Flammulina velutipes*. *Developmental Biology of Higher Fungi: Symposium of the British Mycological Society Held at the University of Manchester April 1984*. Cambridge University Press, 1985. № 10. P. 429.

354. Chen G.-T., Fu Y. X., Yang W. J., Hu Q. H., Zhao L. Y. Effects of polysaccharides from the base of *Flammulina velutipes* stipe on growth of murine RAW264.7, B16F10 and L929 cells. *Int. J. Biol. Macromol*. 2018. Vol. 107, № Pt B. P. 2150–2156. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.10.090>.

355. Bastiaan-Net S., Chanput W., Hertz A., Zwartink R.D., Mes J.J., Wichers H.J. Biochemical and functional characterization of recombinant fungal

immunomodulatory proteins (rFIPs). *International immunopharmacology*. Elsevier, 2013. Vol. 15, № 1. P. 167–175. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2012.11.003>.

356. Ko J.L., Hsu C.I., Lin R.H., Kao C.L., Lin J.Y. A new fungal immunomodulatory protein, FIP-fve isolated from the edible mushroom, *Flammulina velutipes* and its complete amino acid sequence. *Eur. J. Biochem.* 1995. Vol. 228, № 2. P. 244–249.

357. Yeh M.-Y., Ko W.-C., Lin L.-Y. Hypolipidemic and antioxidant activity of enoki mushrooms (*Flammulina velutipes*). *Biomed Res Int.* 2014. Vol. 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/352385>.

358. Bao H.N.D., Ochiai Y., Ohshima T. Antioxidative activities of hydrophilic extracts prepared from the fruiting body and spent culture medium of *Flammulina velutipes*. *Bioresource Technology*. 2010. Vol. 101, № 15. P. 6248–6255. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.03.026>.

359. Attaran Dowom S., Rezaeian S., Pourianfar H.R. Agronomic and environmental factors affecting cultivation of the winter mushroom or Enokitake: Achievements and prospects. *Applied microbiology and biotechnology*. 2019. T. 103. №. 6. C. 2469–2481. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09652-y>.

360. Kern V.D., Hock B. Gravimorphogenesis and ultrastructure of the fungus *Flammulina velutipes* grown in space, on clinostats and under hyper-g conditions. *Advances in Space Research*. 1996. T. 17. №. 6-7. C. 183-186. [https://doi.org/10.1016/0273-1177\(95\)00633-P](https://doi.org/10.1016/0273-1177(95)00633-P).

361. Zhang Y., Geng W., Shen Y., Wang Y., Dai Y.C. Edible Mushroom cultivation for food security and rural development in China: Bio-innovation, technological dissemination and marketing. *Sustainability*. 2014. Vol. 6, № 5. P. 2961–2973. <https://doi.org/10.3390/su6052961>.

362. Li M., Hu J. Study on survival strategies of farmers engage in small-scale household cultivation of edible mushrooms: take Shandong Province as an example. *Modern economy*. 2014. Vol.5, №12. 8 p. <https://doi.org/10.4236/me.2014.512100>.

363. Негруцкий С.Ф. Промышленное культивирование съедобных грибов: Сб. тезисов IV Совещания, 5-6 октября 1993г. Донецк: Донецкий государственный университет, 1993. 59 р.

364. Бухало А.С., Бисько Н.А., Соломко Э.Ф., Билай В.Т., Митропольская Н.Ю., Поединок, Н.Л., Гродзинская А.А., Михайлова О.Б. Культивирование съедобных и лекарственных грибов. Киев, "Чернобыльинтеринформ", 2004. 128с.

365. Попович В.П., Козіко Н.О., Буткевич Т.А. Перспективи використання лікарського гриба *Flammulina velutipes* у медичній та фармацевтичній практиці. *Фармацевтичний журнал*. 2015. №. 1. С. 70-75.

366. Bandura I.I., Bisko N.A., Kulik A.S., Tsyz O.M., Chausov S. V., Vasylenko O.Y., Goncharov S.M. Технологічні засади впровадження опенька зимового *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer у промислову культуру. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. № 5(87). 13 с. <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.05.004>.

367. Kaur K., Verma R.K. Fungal resources: Current utilization, future prospects, and challenges. *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*. 2021. P. 15–38. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821005-5.00002-8>

368. Datta S., Dubey J., Gupta S., Paul A., Gupta P., Mitra A. K. Tropical Milky White Mushroom, *Calocybe indica* (*Agaricomycetes*): an effective antimicrobial agent working in synergism with standard antibiotics. *IJM*. Begel House Inc., 2020. Vol. 22, № 4. P. 335–346. <http://dx.doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2020034230>.

370. Abou-Elftouh M.A., Eman O. H., Bekhit M. M. M., Hassan A. M. Morphological and molecular characterization of milky mushroom *Calocybe indica* mutants. *Middle East J Agric Res*. 2016. Vol. 5, № 4. P. 739–751.

371. Kumar S., Sharma V.P., Shirur M., Kamal S. Status of milky mushroom (*Calocybe indica*) in India—A review. *Mushroom Research*. 2017. Vol. 26, № 1. P. 21–39.

372. Alam N., Amin R., Khair A., Lee T. SInfluence of different supplements on the commercial cultivation of milky white mushroom. *Mycobiology*. Taylor & Francis, 2010. Vol. 38, № 3. P. 184–188.



373. Amin R., Khair A., Alam N., Lee T. S. Effect of different substrates and casing materials on the growth and yield of *Calocybe indica*. *Mycobiology*. 2010. Vol. 38, № 2. P. 97–101.

374. Kerketta A., Pandey N. K., Singh H. K., Shukla C. S. Effect of straw substrates and casing materials on yield of milky mushroom (*Calocybe indica* P&C.) Strain CI-524. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2018. Vol. 7, № 2. P. 317–322. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.702.041>.

375. Alam N., Amin R., Khan A., Ara I., Shim M.J., Lee M.W., Lee T.S. Nutritional analysis of cultivated mushrooms in Bangladesh – *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor-caju*, *Pleurotus florida* and *Calocybe indica*. *Mycobiology*. 2008. Vol. 36, № 4. P. 228–232.

376. Rathore H., Sharma A., Prasad S., Kumar A., Sharma S., Singh A. Yield, nutritional composition and antioxidant properties of *Calocybe indica* cultivated on wheat straw basal substrate supplemented with nitrogenous tree leaves. *Waste and Biomass Valorization*. Springer Netherlands, 2020. Vol. 11, № 3. P. 807–815. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0416-5>.

377. Bindvi A. Effect of cooking on antioxidant activity and phenolic content of various species of edible mushrooms of India. Proceedings of 8th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP8), New Delhi, India, 19-22 November 2014. Volume I & II. ICAR-Directorate of Mushroom Research, 2014. P. 576–581.

378. Chandravadana M.V., Vekateshwarlu G., Babu C. B., Roy T. K., Shivashankara K. S., Pandey M., Tewari R. P., Selvaraj Y. Volatile flavour components of dry milky mushrooms (*Calocybe indica*). *Flavour and Fragrance Journal*. 2005. Vol. 20, № 6. P. 715–717. <https://doi.org/10.1002/ffj.1653>.

379. Dhakad P.K., Chandra R., Yadav M.K., Patar U.R. Comparative study on nutraceuticals of five strains of milky mushroom (*Calocybe indica*). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2017. Vol. 6, № 2. P. 645–648. <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2017.602.073>.

380. Rathore H., Sehwaq S., Prasad S., Sharma S. Technological, nutritional, functional and sensorial attributes of the cookies fortified with *Calocybe indica* mushroom. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2019. Vol. 13, № 2. P. 976–987.

381. Saranya V., Madhanraj P., Panneerselvam A. Cultivation, composting, biochemical and molecular characterization of *Calocybe indica* (C and A). *Asian Journal of Pharmaceutical Research*. A and V Publication, 2011. Vol. 1, № 3. P. 55–57.

382. Mandal E.K., Maity K., Maity S., Gantait S.K., Maiti S., Maiti T.K., Sikdar S.R., Islam S.S. Structural characterization of an immunoenhancing cytotoxic heteroglycan isolated from an edible mushroom *Calocybe indica* var. APK2. *Carbohydrate Research*. 2011. Vol. 346, № 14. P. 2237–2243. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2011.07.009>.

383. Mandal E.K., Maity K., Maity S., Gantait S.K., Behera B., Maiti T.K., Sikdar S.R., Islam S.S. Chemical analysis of an immunostimulating (1→4)-, (1→6)-branched glucan from an edible mushroom, *Calocybe indica*. *Carbohydrate Research*. 2012. Vol. 347, № 1. P. 172–177. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2011.10.040>.

384. Arunkumar G., Chelladurai G., Bhanumathi K. Bioactive potential and antioxidant status of laboratory grown *Calocybe indica* (milky mushroom). *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2018. Vol. 05, № 01. P. 174–178.

385. Govindan S. Johnson E.E.R., Christopher J., Shanmugam J., Thirumalairaj V., Gopalan J. Antioxidant and anti-aging activities of polysaccharides from *Calocybe indica* var. APK2. *Experimental and Toxicologic Pathology*. 2016. Vol. 68, № 6. P. 329–334. <https://doi.org/10.1016/j.etp.2016.04.001>.

386. Gurunathan S., Park J.H., Han J.W., Kim J.H. Comparative assessment of the apoptotic potential of silver nanoparticles synthesized by *Bacillus tequilensis* and *Calocybe indica* in MDA-MB-231 human breast cancer cells: targeting p53 for anticancer therapy. *Int J Nanomedicine*. 2015. Vol. 10. P. 4203–4223. <https://doi.org/10.2147/IJN.S83953>.

387. Rathore H., Prasad S., Sehwaq S., Sharma S. Vitamin D2 fortification of *Calocybe indica* mushroom by natural and artificial UVB radiations and their potential

effects on nutraceutical properties. 3 *Biotech.* 2020. Vol. 10, № 2. P. 1-9. <https://doi.org/10.1007/s13205-019-2024-x>.

388. Płudowski P., Karczarewicz E., Bayer M., Carter G., Chlebna-Sokół D., Czech-Kowalska J., Dębski R., Decsi T., ...Żmijewski M.A. Practical guidelines for the supplementation of vitamin D and the treatment of deficits in Central Europe — recommended vitamin D intakes in the general population and groups at risk of vitamin D deficiency. *Endokrynologia Polska.* 2013. Vol. 64, № 4. P. 319–327. <https://doi.org/10.5603/EP.2013.0012>.

389. Ilie P.C., Stefanescu S., Smith L. The role of vitamin D in the prevention of coronavirus disease 2019 infection and mortality. *Aging Clin Exp Res.* 2020. Vol.32, № 7. P. 1195–1198. <https://doi.org/10.1007/s40520-020-01570-8>.

390. Бандура, И.И. Перспективы интродукции тропического гриба *Calocybe indica* Purkay. & A. Chandra в украинское грибопроизводство. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2020. № 96 (1). С. 319–342. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2020-96-1-319-342>.

391. Ashrafi R., Mian M.H., Rahman M.M., Jahiruddin M. Reuse of spent mushroom substrate as casing material for the production of milky white mushroom. *Journal of the Bangladesh Agricultural University.* 2017. Vol. 15, № 2. P. 239–247.

392. Subramanian K., Shanmugasundaram K. Optimization of casing process for enhanced bioefficiency of *Calocybe indica*, an indigenous tropical edible mushroom. *International Journal of Recent Scientific Research.* Citeseer, 2015. Vol. 6. P. 2594–2598.

393. Sardar H., Anjum M. A., Nawaz A., Naz S., Ejaz S., Ali S., Haider S. A. Effect of different agro-wastes, casing materials and supplements on the growth, yield and nutrition of milky mushroom (*Calocybe indica*). *Folia Horticulturae.* De Gruyter Poland, 2020. Vol. 32, № 1. P. 115–124. <https://doi.org/10.2478/fhort-2020-0011>.

394. Харчові тренди 2021 року. Як зміниться індустрія харчування у наступному році [Electronic resource]. LIGA. 2020. URL: <https://life.liga.net/poyasnennya/news/pischevye-trendy-2021-goda-kak-izmenitsya-industriya-pitaniya-v-sleduyuschem-godu> (accessed: 28.11.2021).

395. Tamagawa J. Health Claim and FOSHU System in Japan. 37 p.
396. Wasser S.P., Sokolov D., Reshetnikov S.V., Timor-Tismenetsky M. Dietary supplements from medicinal mushrooms: diversity of types and variety of regulations. *IJM*. 2000. Vol. 2, № 1. 19 p. <https://doi.org/110.1615/IntJMedMushr.v2.i1.10>.
397. Campbell R.A., Turner G.C. The mushroom body. *Current Biology*. 2010. Vol. 20(1). P. 11-12.
398. Cuptapun Y., Hengsawadi D., Mesomya W., Yaieiam S. Quality and quantity of protein in certain kinds of edible mushroom in Thailand. *Agriculture and Natural Resources*. 2010. Vol. 44, №4. P. 664–670.
399. Hu Q., Du H., Ma G., Pei F., Ma N., Yuan B., Nakatac P.A., Yang W. Purification, identification and functional characterization of an immunomodulatory protein from *Pleurotus eryngii*. *Food & function*. Royal Society of Chemistry, 2018. Vol. 9, № 7. P. 3764–3775. <http://dx.doi.org/10.1039/C8FO00604K>.
400. Ma G., Yang W., Zhao L., Pei F., Fang D., Hu Q. A critical review on the health promoting effects of mushrooms nutraceuticals. *Food Science and Human Wellness*. 2018. Vol. 7, № 2. P. 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.05.002>.
401. Sari M., Prange A., Lelley J.I., Hambitzer R. Screening of beta-glucan contents in commercially cultivated and wild growing mushrooms. *Food Chemistry*. 2017. Vol. 216. P. 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.010>.
402. Yujie C., Hongwei Y., Zhihui L. Cultural characters and nutrition composition of *Pleurotus djamor* isolate H1. *Journal-Northeast Forestry University-Chinese Edition-*. Northeast Forestry University, 2007. Vol. 35, № 1. P. 53.
403. Prasad S., Rathore H., Sharma S., Yadav A. S. Medicinal mushrooms as a source of novel functional food. *Int J Food Sci Nutr Diet*. 2015. Vol. 4, № 5. P. 221–225. <http://dx.doi.org/10.19070/2326-3350-1500040>.
404. Jiang S. Chen Y., Wang M., Yin Y., Pan Y., Gu B., Yu G., Li Y., Wong B. H.C., Liang Y., Sun H. A novel lectin from *Agrocybe aegerita* shows high binding selectivity for terminal N-acetylglucosamine. *Biochem. J*. 2012. Vol. 443, № 2. P. 369–378. <https://doi.org/10.1042/BJ20112061>.

405. Petrović J., Glamočlija J., Stojković D., Ćirić A., Barros L., Ferreira I.C., Soković M. Nutritional value, chemical composition, antioxidant activity and enrichment of cream cheese with chestnut mushroom *Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing. *J Food Sci Technol*. 2015. Vol. 52, № 10. P. 6711–6718. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1783-6>.
406. Khan M.A., Tania M., Liu R., Rahman M.M. *Hericium erinaceus*: an edible mushroom with medicinal values. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*. De Gruyter, 2013. Vol. 10, № 1. P. 253–258. <https://doi.org/10.1515/jcim-2013-0001>.
407. Ghosh S., Khatua S., Dasgupta A., Acharya K. Crude polysaccharide from the milky mushroom, *Calocybe indica*, modulates innate immunity of macrophage cells by triggering MyD88-dependent TLR4/NF- $\kappa$ B pathway. *J Pharm Pharmacol*. 2021. Vol. 73, № 1. P. 70–81. <https://doi.org/10.1093/jpp/rgaa020>.
408. Fruit and vegetable consumption statistics – Statistics Explained [Electronic resource]. URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Fruit\\_and\\_vegetable\\_consumption\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Fruit_and_vegetable_consumption_statistics) (accessed: 03.03.2020).
409. Iwatani S., Yamamoto N. Functional food products in Japan: A review. *Food Science and Human Wellness*. 2019. Vol. 8. №. 2. P. 96–101. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.03.011>.
410. Mori K. Cultivated Mushrooms in Japan. *Developments in Crop Science*. Elsevier, 1987. Vol. 10. P. 455–459. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-42747-2.50055-5>.
411. Zhang J.-J. Li Y., Zhou T., Xu D. P., Zhang P., Li S., Li H. B. Bioactivities and health benefits of mushrooms mainly from China. *Molecules*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2016. Vol. 21, № 7. P. 938. <https://doi.org/10.3390/molecules21070938>.
412. Бандура І. І., Прісс О.П., Кулик А.С., Макогон С.В.. Інноваційні технології переробки екзотичних грибів для отримання продуктів функціонального призначення. Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності : третя Міжнародна науково-практична

конференція, Харків, Мелітополь, Кирилівка, 4–6 вересня 2019 р., тези доповідей, ХДУХТ. 2019. С. 10–12.

413. Friedman M. Mushroom polysaccharides: chemistry and antiobesity, antidiabetes, anticancer, and antibiotic properties in cells, rodents, and humans. *Foods*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2016. Vol. 5, № 4. P. 80. <https://doi.org/10.3390/foods5040080>.

414. Кулик А.С., Бандура, І.І., Булгаков, І.В., Макогон, С.В., Загорко, Н.П. Розробка рецептури м'ясних консервів з грибами. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Vol. 9, № 1. С. 251–261.

416. Kurek M.A., Onopiuk A., Pogorzelska-Nowicka E., Szpicer A., Zalewska M., Póltorak A. Novel protein sources for applications in meat-alternative products—Insight and challenges. *Foods*. 2022. Vol.11(7). P. 957

417. Ястреба Ю.А., Пасічний В.М. Дослідження біологічної цінності порошкоподібного напівфабрикату з грибів глива звичайна. *Науковий вісник Львівської державної академії ветеринарної медицини ім. С.З. Гжицького*, 2010. Т. 12. №. 2-4 (44). С. 124–128.

418. Baltacıoğlu C., Baltacıoğlu H., Seyhan R., Uğur Ö., Avcu O. Investigation of the effect of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) powder on biscuit production and effect on quality criteria by fourier-transform infrared spectroscopy. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020. Vol. 45. P. e15174. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15174>.

419. Banjoko I., Ajuwon K., Rotimi V., Toku A. Production of flakes made from cereal enriched with edible mushroom for toddlers (P11-050-19. *Current Developments in Nutrition*. 2019. Vol. 3, Supplement\_1. – С. nzz048. P11-050-19. <https://doi.org/10.1093/cdn/nzz048.P11-050-19>.

420. Oliveira H.C.B.D., Oliveira S.C.B.D., Santos J.K.P. Flours produced from fungus myceliated grain: pat. US20120231114A1 USA. 2012.

421. Özünlü O., Ergezer H. Possibilities of using dried oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in the production of beef salami. *J. Food Process. Preserv.* 2021. Vol. 45, № 2. 31 p. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15117>.

422. Bonanno A., Di Grigoli A., Vitale F., Di Miceli G., Todaro M., Alabiso M., Gargano M.L., Venturella G., Anike F.N., Isikhuemhen O.S. Effects of diets supplemented with medicinal mushroom myceliated grains on some production, health, and oxidation traits of dairy ewes. *IJM*. Begel House Inc., 2019. Vol. 21, № 1. P. 89–103. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2018029327>.

423. Gargano M.L. van Griensven L.J., Isikhuemhen O.S., Lindequist U., Venturella G., Wasser S.P., Zervakis G.I. Medicinal mushrooms: Valuable biological resources of high exploitation potential. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*. Taylor & Francis, 2017. Vol. 151, № 3. P. 548–565. <https://doi.org/10.1080/11263504.2017.1301590>.

424. Moon B., Lo Y.M. Conventional and novel applications of edible mushrooms in today's food industry. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2014. Vol. 38, № 5. P. 2146–2153. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12185>.

425. Rai R.D., Arumuganathan T. Post harvest technology of mushrooms. National Research Centre for Mushroom. Indian Council of Agricultural. *Technical Bulletin*. Yugantar Prakashan Pvt. Ltd, New Delhi, 2018. C. 1-31.

426. Thakur M.P. Advances in post-harvest technology and value additions of edible mushrooms. *Indian Phytopathology*. 2018. Vol. 71, № 3. P. 303–315. <https://doi.org/10.1007/s42360-018-0060-9>.

427. Zhang Y. Venkitasamy C., Pan Z., Wang W. Recent developments on umami ingredients of edible mushrooms – A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2013. Vol. 33, № 2. P. 78–92. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.08.002>.

428. Коркуна О., Демічковський А., Цільник О., Бордун О., Піхур О. Гриби та продукти їхньої переробки. Товарознавство: навчально-методичний посібник для студентів спеціальності 241 «Готельно-ресторанна справа» денної та заочної форм навчання. Львів : ЛДУФК ім. І. Боберського. 2019. 200 с.

429. Бандура І.І., Кулик А.С., Макогон С.В., Синяговський С.С. Дослідження особливостей інтродукції продуктивних штамів екзотичних грибів *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini та *Pleurotus eryngii* (DC.) Qué. *Науковий вісник*

*Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. №8(2), <http://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/116/113>

430. Бисько Н.А., Билай В.Т., Кравчук С.Б., Алексеева К.Л. Комплексный подход к культивированию вешенки. Приготовление субстрата. Часть 1. Киев: ООО "Международная консультативно-производственная группа "ГРИБЫ". 2001. Р. 8–9.

431. Gargano M.L., Venturella G., Zervakis G.I., Calvo R., Ferraro V. Medicinal Mushrooms as Part of the " Third Mission" Activities of Univesities – A Science to Business Initiative Related to Mycotherapy. *International Journal of Medicinal Mushrooms*. Begel House Inc., 2020. Vol. 22, № 12. P. 1237-1242. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2020036947>.



## РОЗДІЛ II

### ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Наукова гіпотеза та програма досліджень

Сучасна світова тенденція до розширення асортименту грибної продукції має за мету не тільки задоволення органолептичних потреб споживача, але й підвищення комплексного оздоровчого ефекту харчування. Гриби є унікальним природнім продуктом, що відповідає сучасним вимогам щодо збалансованості живлення: вони мають високий вміст білків, полісахаридів та їх комплексних сполук, низький рівень жирів, необхідну кількість вітамінів та містять есенціальні мінеральні речовини, кількість яких у плодових тілах можливо регулювати за необхідності. При визначених загальних функціональних властивостях, кожен окремий вид грибів характеризується наявністю речовин унікальної природи: біоактивних гліуканів, органічних кислот, ароматичних речовин, антиоксидантних сполук, тощо.

Загальна наукова проблема сучасного грибівництва полягає у визначенні заходів, які формують основні елементи якості зібраного врожаю: привабливий зовнішній вигляд, сталий баланс органічних, мінеральних та біоактивних речовин, харчову безпечність. Особливості фізіології окремих видів, що вводяться в культуру, потребують індивідуальних рішень щодо організації ефективної технології та адаптації її до локальних умов штучного вирощування з метою отримання грибної сировини найвищої якості. Для вирішення цих питань було сформульовано основні робочі гіпотези:

1) перспективу впровадження у промислову культуру мають штами зі сталими морфологічними та фізіологічними ознаками, з високою толерантністю до мікрокліматичних умов вирощування і достатньою резистентністю до відомих хвороб;

2) збалансування формул субстратних композицій, методи їх термічної підготовки та маса субстратних одиниць мають певний вплив на технологію

вирощування та загальні критерії якості отриманого врожаю, які можливо визначити та попередити;

3) застосовані технічні заходи, такі як: позиційне розташування субстрату в камерах вирощування, розмір перфорацій та способи їх виконання, зняття повітряного міцелію або скретчинг, наявність та висота покривного ґрунту впливають на ефективність культивування окремих культур, змінюють їхні морфологічні характеристики та, навіть, склад плодових тіл;

4) визначення оптимальних термінів збору врожаю та особливостей післязбиральних процедур є важливим фактором підвищення ефективності штучного вирощування певного виду і формування якості отриманого врожаю.

Представлена програма теоретичних та експериментальних досліджень мала за мету довести дієвість визначених гіпотез та визначити адаптивні засади технології вирощування ксилотрофних видів їстівних та лікарських грибів (рис. 2.1).

Експериментальні дослідження проводили впродовж 2012-2021 років в умовах лабораторій технології первинної обробки і зберігання продуктів рослинництва, практичної мікології та мікробіології НДІ Агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного м. Мелітополя, в промислових умовах ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (с. Садове Мелітопольського р-ну), ТОВ «ЕСМАШ -3» та ТОВ «ФУНГІТЕРРА» (м. Київ), ТОВ Еко-гриб (смт Добровеличківка Кіровоградської обл.) КФГ Жовтневе (м. Дніпро) та ФОП Гончаров (м. Дніпрорудний).

## **2.2 Матеріали досліджень**

*Культури* 24 штамів (7 видів) вищих ксилотрофних базидіоміцетів отримували з Колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки імені Н.Г. Холодного НАН України (ІВК) та підтримували на живильному середовищі наступного складу: агар–агар – 20 г, мальт–декстроза – 30 г, пептон ферментований сухий або екстракт дріжджів сухий – 2 г; вода – до 1 літру (табл. 2.1).

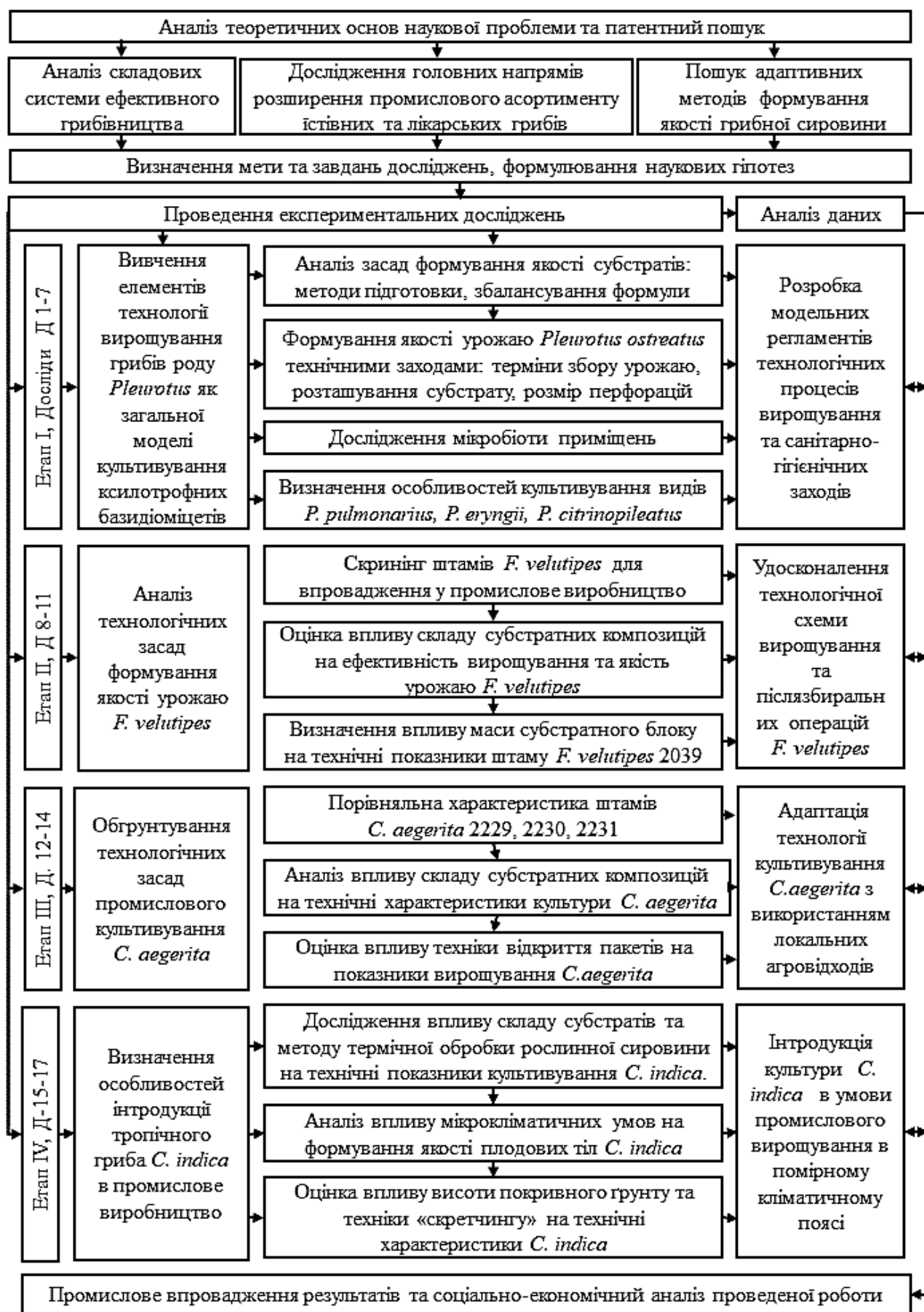


Рис. 2.1. Програма теоретичних та експериментальних досліджень

**Класифікаційні назви культиварів відповідно до Index Fungorum  
(<http://www.indexfungorum.org/>)**

№ п/п	Вид	Штам	Колекція	Країна походження
1	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	431	ІВК	Туркменістан
2		2301	ІВК	Україна
3		2316	ІВК	Україна
4		2456	ІВК	Україна
5		2317	ТДАТУ	Китай
6	<i>Pleurotus pulmonarius</i> (Fr.) Quél.	2314	ІВК	Україна
7	<i>Pleurotus eryngii</i> (DC.) Quél	2600	Mycelia nv	Бельгія
8		2032	ІВК	Україна
9		2033	ІВК	Україна
10	<i>Pleurotus citrinopileatus</i> Singer	2161	ІВК	Україна
11	<i>Flammulina velutipes</i> (Curtis) Singer	1860	ІВК	Ізраїль
12		1880	ІВК	Україна
13		1884	ІВК	Україна
14		1885	ІВК	Україна
15		1974	ІВК	Японія
16		1994	ІВК	Японія
17		2038	ІВК	Україна
18		2039	ІВК	Україна
19		2337	ІВК	Україна
20		FV	ТДАТУ	Україна
21	<i>Cyclocybe aegerita</i> (V. Brig.) Vizzini	2229	ІВК	США
22		2230	ІВК	США
23		2231	ІВК	США
24	<i>Calocybe indica</i> Purkay. & A. Chandra	2598	ІВК	Індія

Активну кислотність доводили до показника  $6,7 \pm 0,2$  0,1N розчином КОН [1, 2]. Поживне середовище розливали у пробірки по 15-18 мл, у кожену - додавали дерев'яну паличку (береза, вільха), закривали бавовняною пробкою та стерилізували 35 хвилин за температури 121 °С [3]. Для пасажування культур виготовляли поживне середовище з додаванням до вищезначеної рецептури 4 г рисової або кукурудзяної муки, після стерилізації розливали у чашки Петрі з висотою шару середовища 5...8 мм. Інокуляцію проводили через 2...3 доби після

охолодження. Інкубацію здійснювали при  $26 \pm 2$  °C або за особливими умовами дослідів.

Виготовлення зернового посівного міцелію відповідних культур проводили за наступним регламентом:

1) підготовка зернової суміші: відварювання, зволоження, змішування, додавання мінеральних складових;

2) фасування у тару (трилітрові ємності, поліпропіленові пакети) з визначеною вагою (від 1 до 6 кг);

3) стерилізація за температури  $125 \pm 2$  °C впродовж 2...3 годин відповідно до маси зернової суміші;

4) охолодження в асептичних умовах;

5) інокуляція культурою певного виду з внесенням від 1 до 5% проміжної культури;

6) інкубація інокульованої зернової суміші 5...7 діб залежно від швидкості вегетативного розвитку культури при  $26 \pm 2$  °C (*C. indica* при  $32 \pm 2$  °C);

7) перемішування зернової суміші для активізації розвитку культури та прискорення колонізації та формування брикетів;

8) інкубація 2 доби при  $20 \pm 2$  °C;

9) поступове охолодження до  $10 \pm 2$  °C впродовж 4...5 годин;

10) зберігання у холодильнику ( $0 \pm 1$  °C); за виключенням культури *C. indica*, зерновий міцелій якої зберігали при  $12 \pm 1$  °C.

Виготовлення субстратів проводили двома методами: аеробної ферментації у високому шарі (АФВШ) та стерилізація. Промисловим методом АФВШ готували субстрати відповідно до розробленої раніше схеми [4], змінюючи лише компоненти субстратів чи водопідготовку відповідно до вимог дослідів, які буде зазначено нижче.

План виготовлення субстратів методом стерилізації передбачав використання спеціального обладнання: автоклавів. У роботі використовували 3 види автоклавів: ВК 75, ГК 100 та професійний Мелта – 3000. Підготовку компонентів субстратів до стерилізації проводили за наступним регламентом:

1) проведення попереднього аналізу рослинної сировини за показниками: вмісту вологи, золи, нітрогену; результати мають бути готовими за добу до процесу виготовлення субстрату;

2) теоретичний розрахунок формули субстратної композиції;

3) змішування та зволоження компонентів або зволоження окремих компонентів і наступне змішування, залежно від природи складових проводиться безпосередньо перед фасуванням з використанням необхідного обладнання або, у разі необхідності тривалого зволоження сировини – за добу до формування пакетів;

4) фасування у поліпропіленові пакети з повітряними фільтрами, вага від 1000 до 4000 г відповідно до вимог досліду;

5) стерилізацію проводили від 1,5 до 3 годин при 120...128 °С відповідно до загальної маси субстрату в автоклаві та згідно з характеристиками обладнання;

6) охолодження підготовленого субстрату проводили в асептичних умовах (HEPA-фільтри 13-14 класу очистки);

7) інокуляцію стерильних субстратів попередньо підготовленим зерновим посівним міцелієм культури у кількості 1...3% (30...120 г на одну одиницю субстрату) здійснювали в асептичних умовах;

8) інкубацію проводили за оптимальними для певної культури (п.п.1.2.4, табл. 1.2) або дослідними режимами.

Застосовували узагальнені методи виготовлення проміжної (маточної) культури за наступним планом:

1. За 7-10 діб до виготовлення проміжної зернової культури проводили інокуляцію необхідної кількості чашок Петрі зі стерильним живильним середовищем наступного складу: мальдекстроза 30 г, агар-агар 20г, пептон ферментований (або сухий дріжджовий екстракт) 2 г; кукурудзяне (рисове) борошно 2г, вода до 1 л. Активну кислотність підтримували лише на рівні рН - 6,5-7 з допомогою 1Н розчину гідроксиду калію. Інкубацію інокульованих середовищ проводили в термостаті за температури 25±1 °С.

2. Готували розчини для інокуляції проміжної зернової культури в такий спосіб. Банку скляну (твіст 0,314 л то-63) наповнювали водопровідною водою на 80% (250 мл), додавали 3г кукурудзяного борошна, ретельно перемішували. Перед стерилізацією банки щільно закривали твіст-кришками із встановленим механізмом для подрібнення живильних середовищ. Внутрішню поверхню кришки, що прилягає до скла, змащували олією. Стерилізували банки в біксах КСК-18 за температури 120 ° С впродовж 40 хвилин і охолоджували в асептичних умовах.

3. Культури на поживному середовищі без зовнішніх ознак контамінації чи порушень розвитку переносили в банки в асептичних умовах та подрібнювали за допомогою міксера до частинок розміром 1-5 мм. Підготовлену суспензію додавали до охолодженої до  $28 \pm 2$  °С стерильної зернової суміші в умовах ламінарного очищення повітря (HEPA 14) в кількості 50 мл на 5 кг зернової суміші.

4. Зернову суміш для проміжної культури готували наступним чином: ріпак у кількості  $30 \pm 2$  кг заливали холодною водою у співвідношенні 1/3. Залишали для набухання на  $9 \pm 1$  год. У киплячу воду об'ємом  $150 \pm 10$  л (котел харчовий КПЕ 350) засипали  $45 \pm 3$  кг зерна проса, варили  $28 \pm 3$  хвилин, додавали  $70 \pm 3$  кг зерна пшениці і варили ще  $18 \pm 3$  хвилин при кипінні. Настояювали зернову суміш  $18 \pm 2$  хвилин і зливали надлишок води через сито впродовж 15 хвилин. Готову суміш вивантажували у ємності для охолодження. Додавали ріпак, крейду (1кг на 100 кг зволоженої зернової суміші, ретельно перемішували і охолоджували до температури  $35 \pm 5$  °С за допомогою примусової повітряної вентиляції. Готову суміш засипали в поліпропіленові пакети компанії SacO2 (Бельгія) масою  $5100 \pm 5$  Пакети розташовували в кошиках автоклава по 8 штук на 1 квадратний метр каретки таким чином, щоб попередити розкриття під час стерилізації. Проводили стерилізацію за вищенаведеними режимами.

*Плодові тіла (ПТ) грибів* збирали за досягнення технічної стиглості: до початку спороношення, але за досягнення оптимального для збирання розміру. Втім у досліді з визначення впливу ступеню стиглості на хімічні, фізичні та

органолептичні показники плодових тіл збирання проводили відповідно до умов досліду.

### 2.3 Елементи загального аналізу даних

Для оцінки впливу досліджуваних факторів використовували розширену систему характеристик культури за показниками, які фіксувати та аналізувати у необхідному для досліду обсязі. Їх умовно поділили на групи:

а) *технологічні*:

- *тривалість вегетаційного циклу культури (ВЦ)* визначали за кількістю діб від дати інокуляції до дати закінчення збирання грибів першої хвилі плодоношення.

- *дата утворення примордіїв (ДУП)* - визначали за кількістю діб від дати інокуляції до дати появи візуально видимих зачатків плодових тіл на 30% обсягу субстрату, що досліджувався.

- *тривалість морфогенезу (ТМ)* – визначали за кількістю діб, що були необхідними для розвитку примордіїв до технічного розміру, який визначено оптимальним для збирання плодових тіл.

- *тривалість кожної хвилі плодоношення*: у лабораторному досліді визначали індивідуально для кожної одиниці субстрату (не менше 5), у виробничому – визначали за датою збору 90% від загального врожаю по хвилі;

- *загальний цикл культури* визначали за датою закінчення збору врожаю за трьома хвилями плодоношення, або за датою збору врожаю першої хвилі, якщо маса зібраних грибів за першу хвилю перевищувала 30% біологічної продуктивності;

- *врожайність культури (біологічну продуктивність - БП)* визначали за відношенням маси зібраних грибів до маси виготовленого субстрату. Виражають у грамах на 1000 г субстрату або у відсотках:

$$U_p = \frac{m_{\text{гр}}}{m_{\text{суб}}} \times 100\%,$$

де  $m_{\text{гр}}$  – маса зібраних грибів;



$m_{\text{суб}}$  – маса субстрату.

- *біологічну ефективність* (БЕ) культури розраховували як відношення маси отриманих грибів до маси сухих речовин:

$$\text{БЕ} = \frac{m_{\text{гр}}}{m_{\text{ср}}} \times 100\%,$$

де  $m_{\text{гр}}$  – маса зібраних грибів;

$m_{\text{ср}}$  – маса сухих речовин у субстраті.

- *коефіцієнт втрати маси після очищення* (виходу напівфабрикату) або інспектування отриманої маси грибів розраховували за відношенням маси очищених (інспектованих) грибів до загальної маси зібраних (з окремої одиниці субстрату, площі, об'єму);

- *коефіцієнт втрати маси при первинній переробці* (виходу напівфабрикату) визначали за відношенням маси отриманого продукту (напівфабрикату) до маси сировини (свіжих інспектованих грибів).

б) *біологічні*

Для аналізу *біологічних показників культур* визначали:

- *швидкість вегетативного розвитку* (ШВР) у міліметрах на добу (мм/доба). Визначали щоденний (або через рівний проміжок часу) приріст культури на чашках Петрі, в умовах лабораторно-виробничого та виробничого дослідів фіксували швидкість розростання міцелію у субстраті від дати інокуляції до повної колонізації субстратної одиниці;

- *тип плодоношення* (утворення зростків (друз) або індивідуальні плодови тіла);

- *морфологічні ознаки культури* (зовнішній вигляд, маса та розміри зростків, розміри окремих плодових тіл та їхніх частин – шапинки та ніжки, забарвлення, консистенцію, тощо);

- *кількість плодових тіл у зростках*;

- *резистентність* або її відсутність до збудників вірусних, бактеріальних або плісневих хвороб, морфологічні або фізіологічні прояви хвороб;

- особливості розвитку шкідників та характерні ушкодження плодових тіл [5–7, 26].

в) *фізичні та хімічні*

Аналіз *фізичних показників* – щільності, окисно-відновного або редокс-потенціалу, активної кислотності (рН) тощо, та аналіз *хімічного і біохімічного* складу – вміст мінеральних складових (золи), вміст нітрогену, карбону, полісахаридів (целюлози та лігніну), жирів проводили відповідно до алгоритмів стандартизованих методів, опублікованих у рецензованих наукових журналах, ДСТУ, методичних збірниках. Розрахунок енергетичної цінності грибів та продуктів їхньої переробки (калорійності) проводили відповідно до показників їхньої засвоюваності в організмі людини [7].

*Масу одиниць субстрату* (прямокутних брикетів, циліндричних блоків) визначали шляхом прямого зважування на вагах 2-3-го класів точності. Визначали початкову вагу субстратної одиниці в грамах; вагу після інкубації, після першої хвили плодоношення, після останнього збору.

За умов нанесення покривного ґрунту визначали його вологість, а потім середню масу нанесеного ґрунту відповідної вологості (звичайно - 75%) за даними не менше ніж з 5 пакувань, або дослідної ділянки (полиці). На проміжних етапах (після певної хвили плодоношення); по закінченню дослідів визначають масу покривного ґрунту та субстрату окремо.

*Щільність субстратів* визначали за формулою:

$$\rho = m / V$$

де  $\rho$  – щільність субстрату, кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм субстратного блока, м<sup>3</sup>;

$m$  – маса субстратного блока, кг.

*Об'єм одиниці субстрату (ОС)* визначається залежно від форми пакування, найбільш вживаними є прямокутна та циліндрична. Об'єм прямокутного пакування субстрату визначали за формулою:

$$V = a \times b \times h,$$

де  $a$  – ширина,  $b$  – довжина,  $h$  – висота брикету.

Об'єм циліндричного блоку (наближений) визначали за формулою:

$$V = \pi \times r^2 \times h,$$

де  $V$  – об'єм субстратного блока, м<sup>3</sup>;

$\pi$  – 3,14;

$r$  – радіус блока, м;

$h$  – висота блока, м.

Визначали рН субстратів, зернових сумішей, готового зернового міцелію, тощо відповідно до вимог ДСТУ ISO 10390:2007 Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2007, IDT). Зважували аналітичну порцію (10 г ретельно подрібненого зразка), поміщували у ємність та додавали п'ятикратний об'єм дистильованої та деіонізованої води (50 мл). Ретельно струшували або перемішували суспензію впродовж 5 хвилин, застосовуючи механічний струшувач або механічну мішалку. Після 1 години перемішування відфільтровували залишки та проводили вимірювання за допомогою рН-метра рН-150МИ, попередньо відкаліброваного.

*Вміст вологи* у рослинній сировині, субстратах, зерновому міцелії, покривному ґрунті визначали гравіметричним методом за температури 102±1°C. Відібрані зразки подрібнювали, поміщали у алюмінієві бюкси з визначеною попередньо вагою, зважували та у відкритому вигляді поміщали до сушильної шафи. Висушували зразки від 2 до 12 годин відповідно до маси зразка, але у будь-якому разі до відсутності зміни маси у порівнянні з попереднім зважуванням. Вміст вологи у відсотках визначали відношенням маси випарованої вологи до початкової маси зразка, помноженого на 100, за формулою:

$$W\% = \frac{b - c}{b - a} \cdot 100,$$

де  $a$  – маса бюкса, г;

$b$  – маса бюкса зі зразком, г;

$c$  – маса бюкса з висушеним зразком, г.

Вміст сухих речовин (СР) у відсотках визначають відношенням маси висушеного зразка до його початкової маси, помноженого на 100, за формулою

$$CP\% = \frac{c - a}{b - a} \cdot 100,$$

де  $a$  – маса бюкса, г;

$b$  – маса бюкса зі зразком, г;

$c$  – маса бюкса з висушеним зразком, г.

Вміст сухих речовин та вологи в плодових тілах визначали подібним методом, але висушування зразків плодових тіл спочатку проводили за температури  $55 \pm 3$  °С, а потім досушували до абсолютно сухої маси за температури  $92 \pm 2$  °С.

*Вміст золи* визначали за наступним алгоритмом: 1) подрібнювали зразок у ступці до часточок діаметром до 1 мм; 2) підсушували за температури  $92 \pm 2$  °С до відсутності змін при зважуванні; 3) зважували 3 г абсолютно сухої маси сировини у керамічних тиглях відомої ваги; 4) спалювали у муфельній печі за температури  $550 \pm 10$  °С впродовж трьох годин; 5) охолоджували зразки в ексікаторі. Вираховували вміст золи у відсотках через відношення залишкової маси до початкової маси зразка, помножене на 100 [8].

*Вміст загального нітрогену (азоту)* визначали проведенням озоленням зразка за К'ельдалем, закінчували титрометричним хлорамінним методом, запропонованим Починком для визначення загального нітрогену у рослинних залишках [9,10].

*Відношення C/N* визначали за формулою  $C/N = 0,50(100 - a)/N$ , де  $a$  – показник зольності, %; 0,50 – середній коефіцієнт вмісту вуглеводів, корегований з урахування біохімічних особливостей сировини, може набувати значень від 0,45 до 0,53;  $N$  – вміст загального нітрогену у субстраті [11].

Перерахунок вмісту загального азоту на вміст сирих протеїнів у плодових тілах проводили з використанням коефіцієнта 4,38 з урахуванням тієї кількості, що перетравлюється в організмі людини. Для сировини: рослинних залишків, зерна, тощо використовували коефіцієнт 6,25 [12].

*Вміст ліпідів* визначали екстракцією зразків (абсолютно сухої ваги) у петролейному ефірі як розчиннику, використовуючи апарат Сокслета або іншими методами, що використовуються для визначення жирів (ліпідів) у харчових продуктах [13].

Наважку зразку у 3...5 г, зважували з похибкою до 0,01 г, поміщали в плоскодонну колбу місткістю приблизно 300 см<sup>3</sup>, доливали 100 см<sup>3</sup> 1,5 %-вого розчину соляної кислоти (або 100 см<sup>3</sup> 5%-ного розчину сірчаної кислоти), кип'ятили в колбі зі зворотнім холодильником на слабкому вогні 30 хв. Потім колбу охолоджували водою до кімнатної температури, доливали 50 см<sup>3</sup> хлороформу, щільно закривали пробкою та енергійно збовтували впродовж 15 хв. Вміст виливали в центрифужні пробірки та центрифугували 2-3 хв при 5000 об/хв. Верхній шар видаляли піпеткою, відбирали хлороформовий розчин жиру та фільтрували його у суху колбу через ватний тампон, вкладений у вузьку частину воронки. 20 см<sup>3</sup> фільтрату переливали в попередньо висушену до постійної маси та зважену з похибкою до 0,0002 г колбу місткістю приблизно 100 см<sup>3</sup>. Хлороформ з колби відганяли на бані. Залишок жиру висушували в колбі до постійної маси впродовж 1...1,5 години за температури 103 °С, охолоджували в ексікаторі 20 хв. та зважували на вагах РХ 224 ОНАУС з дискретністю 0,0001 г.

Масову частку жиру в продукті,  $X$ , % в перерахунку на суху речовину, розраховували за формулою:

$$X = \frac{100 \times 100 \times 50 \times (m_1 - m_2)}{20 \times m \times (100 - W)}$$

де  $m_1$  – маса колби з висушеним жиром, г;

$m_2$  – маса порожньої колби, г;

50 – кількість розчинника, яку взяли для вилучення жиру, см<sup>3</sup>;

$m$  – маса продукту, г;

20 – кількість фільтрату, яку взяли для визначення жиру, см<sup>3</sup>;

$W$  – масова частка вологи в продукті, %.

*Вміст ендополісахаридів* визначали за загальноприйнятими методиками [7]. Екстракцію ендополісахаридів проводили за наступною спрощеною методикою: до 10 мл дистильованої води додавали 2 г порошку з ретельно подрібненої маси плодових тіл грибів (попередньо висушених до відсутності зміни маси за повторного зважування), перемішували методом струшування або за допомогою чистої скляної палички. Далі впродовж 16 год витримували в духовій шафі при

98 ± 0,1 °С. До отриманого екстракту додавали 96 %-й етиловий спирт у співвідношенні 1:2 (за об'ємом) для осадження полісахаридів та відстоювали розчин 24 год за температури 4 °С. Отриманий осад відокремлювали центрифугуванням за 5000 об/хв впродовж 25 хв. Осад розчиняли додаванням 20...30 мл гарячої деонізованої води (90 ± 1°С). Суспензовану фракцію ендopolісахаридів висушували при 60 °С впродовж 8 годин у попередньо зважених бюксах з постійною вагою. Кількість ендopolісахаридів у сухій речовині визначали у відсотках за відношенням маси ендopolісахаридів до початкової маса зразка помноженого на 100 %.

Морфологічні особливості плодових тіл грибів визначали за Методикою проведення експертизи сортів рослин групи овочевих, картоплі та грибів на відмінність, однорідність і стабільність (Наказ Мінекономіки від 27 жовтня 2020р. № 2162-20).

#### **2.4 Особливі умови та методи проведення досліджень за програмою.**

З оглядом на суттєві відмінності у технологіях культивування досліджених видів для кожного з запланованих етапів роботи були підібрані та здійснені відповідні методи, які забезпечували вирішення поставлених питань. Група дослідів відповідно до **етапу I** «Вивчення елементів технології вирощування грибів роду *Pleurotus* як загальної моделі культивування ксилотрофних базидіоміцетів» (рис.2.1) передбачала проведення лабораторних дослідів з можливістю симуляції виробничих умов культивування в спеціалізованій лабораторії ТДАТУ імені Дмитра Моторного загальною площею 100 м<sup>2</sup> з наступною апробацією отриманих результатів в промислових умовах ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (загальна площа культиваційних приміщень 5000 м<sup>2</sup>, с. Садове Мелітопольського р-ну Запорізької обл.), ТОВ Друїди (м. Кривий Ріг Дніпропетровської обл.), ТОВ НВП «Еко-Гриб» (с. Карбівка, Добровеличківського р-ну Кіровоградської обл.)

**Дослід 1. Побудова модельного регламенту вирощування ксилотрофних грибів на прикладі роду *Pleurotus*.** Для дослідження було обрано 5 штамів *P. ostreatus* 2301, 2317, 2316, 2456, 431 та 1 штамп *P. pulmonarius* 2314, які були найбільш поширеними серед виробників України та Європейських країн (Бельгія, Іспанія, Італія). Штами умовно були розділені на дві групи: зимового (А) та літнього (В) сезону культивування, які відрізнялися між собою температурними режимами вирощування: А -  $16 \pm 2$  °С та В -  $24 \pm 3$  °С. Вирощування проводили паралельно в умовах лабораторії ТДАТУ (по 30 одиниць субстрату кожного штаму) та ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (с. Садове Мелітопольського р-ну Запорізької області) партіями субстрату масою не менше 5000 кг на кожен штамп.

Інкубацію субстрату проводили за середньої температури  $15 \pm 5$  °С у культиваційній камері залежно від культуральних особливостей штамів та сезону. При цьому температура в субстратних блоках не опускалася нижче 16 °С в зимовий період і не піднімалася вище 31 °С влітку. Показник відносної вологості повітря становив  $70 \pm 5$  %. У лабораторії освітлення використовували лише контролю зростання міцелію, а виробничих приміщеннях з вікнами інтенсивність освітлення вдень не перевищувала 100 люкс і визначалася погодними умовами. Вміст вуглекислого газу в камерах не перевищував 0,3 %.

Зміна параметрів мікроклімату для ініціації плодоношення починали на 10 добу інкубації в літній період та на  $16 \pm 2$  добу для зимового періоду. Інтенсивність освітлення збільшували до  $170 \pm 50$  люкс впродовж 8...10 годин, вологість повітря підвищували до  $85 \pm 5$  %, контролювали вміст вуглекислого газу на рівні  $0,12 \pm 0,03$  % системою активної вентиляції без використання рециркуляційних потоків. Проводили попередню підготовку повітря за наступною схемою: нагрівання → зволоження. Охолодження повітря проводили водою із температурою  $9 \pm 1$  °С. У літній період використовували додатковий метод зволоження через дрібнодисперсні форсунки.

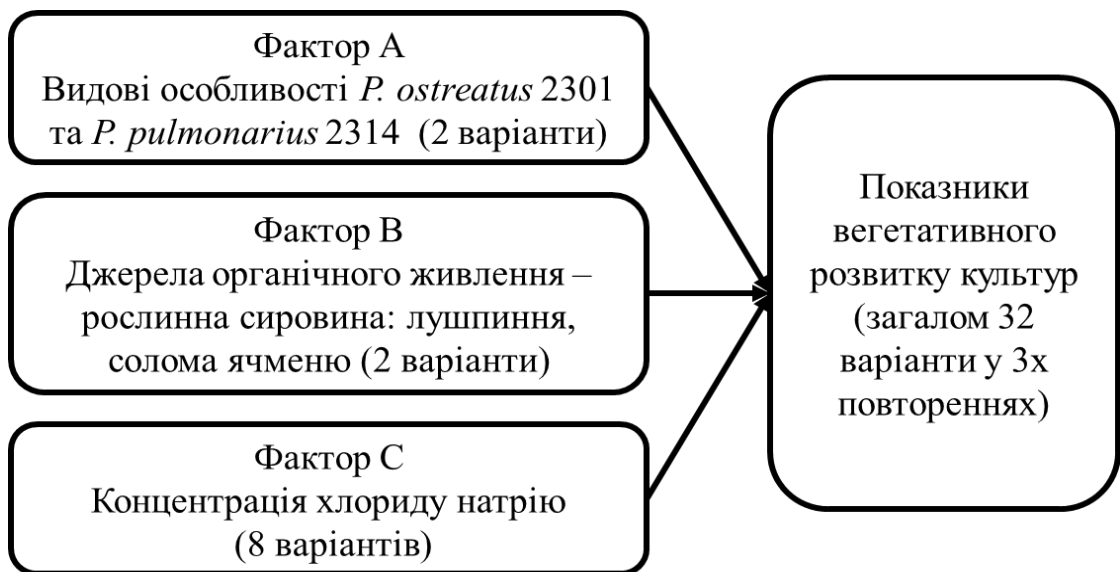
Технічні показники в лабораторії знімали з кожної субстратної одиниці, в умовах виробництва – з кожної партії субстрату в цілому. За кожен рік досліджень

проводили не менше 3х циклів культивування кожного штаму в окремих камерах вирощування.

Хімічний склад плодкових тіл вивчали в кожній партії сировини різного ступеню стиглості, що отримували в лабораторії, хімічний склад субстратів - для кожної партії виготовленого субстрату. Коефіцієнти виходу напівфабрикатів визначали за результатами промислових дослідів у п'ятикратному повторенні.

## **Дослід 2. Оцінка можливості застосування води з підвищеною концентрацією NaCl у технології вирощування *Pleurotus*.**

Дослід проводили у два етапи. На першому етапі вивчали вплив концентрації NaCl на швидкість вегетативного росту міцелію на твердих живильних середовищах за результатами розвитку штамів *P. ostreatus* 2301 та *P. pulmonarius* 2314 (рис. 2.2).



**Рис. 2.2. Схема дослідження впливу концентрації хлориду натрію на ріст штамів *P. ostreatus* 2301 та *P. pulmonarius* 2314**

Щільне поживне середовище готували за описаними вище методами з додаванням варіантів ретельно подрібнених рослинних матеріалів, які найчастіше застосовуються при виготовленні субстратів для культивування гливи: лушпиння соняшнику та соломи озимої пшениці чи ячменю. Рецептuru живильних середовищ:



1 варіант - 1 л води + 20 г агар – агару + 10 г лушпиння соняшнику;

2 варіант - 1 л води + 20 г агар – агару + 10 г солома пшениці.

За умов штучного моделювання осмотичного тиску у живильних середовищах надали перевагу хлоридам, бо за даними Т.С. Британової та А.В. Самко вони є переважними у мінеральних водах України [14]. Також відомо, що аналіз води біля залізорудного комбінату м. Запоріжжя показував стале перевищення ГДК за вмістом хлоридів, а саме, у 137 разів [15]. Концентрацію кам'яної повареної солі NaCl (хлориду натрію) виробництва ВАТ «Артемсіль» (м. Бахмут Донецької обл.) у дистильованій воді дотримували відповідно до схеми досліду (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

#### Рецептура розчину за вмістом NaCl

Номер варіанту	Концентрація, %	Вміст NaCl, г	Вода, мл
1 (контроль)	0	-	100
2	0,05	0,05	100
3	0,1	0,1	99,9
4	0,5	0,5	99,5
5	1,0	1	99,0
6	2	2	98,0
7	3	3	97,0
8	5	5	95,0

Чашки Петрі зі стерильним твердим поживним середовищем за варіантами досліду інокулювали дисками діаметром 5мм фізіологічно активної культури біля борту ємності. Від осередку інокуляції креслили 3 радіальні вектори з кутом у  $35 \pm 5$  градусів (Додаток Б.1, рис. Б.1.1). Чашки інкубували в термостаті за температури  $24 \pm 1$  °С. Приріст вегетативного міцелію відмічали кожної доби о 9.00 ранку. Дослід проводили до повного заростання поверхні поживного середовища, що становило від 8 до 14 діб, залежно від варіанту досліду. Знімали показники вегетативного приросту за кожен день лінійним вимірюванням. Також спостерігали за характером утворення гіф повітряного міцелію та щільністю біомаси на поверхні середовища (Додаток Б.8-Б.9, рис. Б.8.1, Б.8.2, Б.9.1, Б.9.2).

На другому етапі отримані дані використовували для моделювання двохфакторного промислового дослідження по визначенню впливу концентрації хлориду натрію у різних за складом субстратах виготовлених методом АФВШ на продуктивність штаму *P. pulmonarius* 2314 (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

**Схема промислового дослідження**

Концентрація NaCl, %	Склад субстрату	
	компоненти	співвідношення
0 (контр) $\approx$ 0,04	лушпиння соняшнику / солома ячменю	75/25
0 (контр) $\approx$ 0,04	солома ячменю	100
0,1	лушпиння соняшнику / солома ячменю	75/25
0,1	солома ячменю	100
0,5	лушпиння соняшнику / солома ячменю	75/25
0,5	солома ячменю	100

Виготовлення субстратів та процес вирощування культури проводили відповідно до означених вище методів, але за умовами дослідження. Зокрема концентрації хлориду натрію розраховували таким чином, щоб у воді, яку використовували для зволоження рослинної сировини на першому етапі методу АФВШ вміст хлориду натрію відповідав заданим концентраціям дослідження: 0,1 та 0,5% (за попереднім аналізом вмісту NaCl у джерелі водопостачання). Контрольні партії у промисловому дослідженні готували без додавання розчину NaCl (вміст NaCl у воді з природної свердловини с. Садове Мелітопольського р-ну, що застосовується для роботи в ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» коливався від 0,4 до 0,7 г/л або 0,04 та 0,07 %)

Для визначення вмісту NaCl відбирали 20 мл води з природного джерела і титрували 0,1 М розчином нітрату срібла з потенціометричним визначенням точки еквівалентності або до помаранчево-жовтого фарбування (індикатор – 5 %-й розчин калію хромату). Вираховували концентрацію за розрахунком, що 1 мл 0,1М розчину нітрату срібла відповідає 5,844 мг хлориду натрію NaCl.

Аналізували результати тривалості технологічного циклу та біологічної ефективності культур *P. ostreatus* 2301 та *P. pulmonarius* 2314 за трьома повтореннями в промислових умовах культивування на субстратах масою 5 тон на варіант досліду, виготовлених методом аеробної ферментації, загальною кількістю 9 партій.

### **Дослід 3. Моделювання субстратних композицій збагачених жирами і визначення їхнього впливу на культуральні характеристики та технічні показники вирощування плодів тіл *Pleurotus ostreatus***

Конструювання субстратних композицій з додаванням рослинної олії мало за мету визначення оптимальної концентрації жирів у субстратах для можливості підвищення ефективності вирощування гливи шляхом збагачення рослинних залишків, зокрема соломи зернових культур, відходами олійних культур (соняшнику, ріпаку, гірчиці тощо).

Дослід проводили в 2 етапи: 1) визначення впливу концентрації олії у щільних живильних середовищах на лінійний ріст штамів *P. ostreatus* 2301 та *P. pulmonarius* 2314; 2) оцінка ефективності використання збагачених жирами субстратних композицій культурою *P. ostreatus* 2301. На першому етапі аналізували вегетативний розвиток міцелію на агаризованих живильних середовищах відповідно до їх складу та концентрації рослинної олії (табл. 2.4).

Поживні середовища Концентрації було обрано відповідно до даних літератури з досвіду додавання олії до шампінйонних компостів [16].

Для попередження явища синерезису до олії додавали порошок з зерна гірчиці (0,5...1 г на 100 мл або 92г соняшnikової олії), що сприяло створенню стійкої емульсії у воді, яку використовували для виготовлення середовища чи зволоження сировини. До контрольних варіантів додавали порошок з гірчиці у воду в еквівалентній кількості. Повторність 4 чашки Петрі на кожний варіант досліду. Загальна кількість варіантів – 32. Збір даних стосовно вегетативного росту культур на живильних середовищах проводили аналогічно регламенту досліду №2.

**Схема досліду з оцінки впливу концентрації рослинної олії на швидкість вегетативного росту штамів *P. ostreatus* 2301 та *P. pulmonarius* 2314 на щільних живильних середовищах»**

Фактор	№ варіанту	Елементи дослідження
А (культура)	1	<i>P. ostreatus</i> 2301
	2	<i>P. pulmonarius</i> 2314
В (рослинна сировина)	1	Солома ячменю
	2	Лушпиння соняшнику
	3	Солома ячменю– лушпиння соняшнику у співвідношенні 1:1
	4	Солома ячменю – лушпиння соняшнику у співвідношенні 3:1
С (вміст олії)	1	0 % соняшникової олії “Олейна”; 0,05г порошку гірчиці (контроль)
	2	0,5 % (4,5 мл олії; 0,05 г гірчиці на 1000 мл живильного середовища)
	3	1 % (9 мл олії, 0,05 г гірчиці )
	4	5 % (45 мл олії, 0,05 г гірчиці)

Другий етап досліджень (моделювання виробничих умов) виконували з використанням елективних субстратів, вироблених методом АФВШ (табл.2.5). Кількість повторностей для кожного варіанту досліду – 5, повторення досліду триразове.

**Схема досліду «Вплив концентрації рослинної олії на біологічну ефективність *P. ostreatus* 2301»**

Фактор	№ варіанту	Склад субстратів
А (склад)	1	Солома ячменю – лушпиння соняшнику 1:3 (кг)
	2	Солома ячменю – лушпиння соняшнику 1:1 (кг)
	3	Солома ячменю – лушпиння соняшнику 3:1 (кг)
В (вміст олії)	1	0 % соняшникової олії “Олейна”, 1г гірчиці/10 кг субстрату (6,5 л води) (контроль)
	2	0,3% - 30 г олії (або 33 мл) та 1 г гірчиці на 10 кг
	3	0,4% 44 мл та 1 г гірчиці на 10 кг
	4	0,5% 55 мл та 1 г гірчиці на 10 кг

У суміш подрібнених рослинних залишків по 3,5 кг на кожен варіант додавали 6,5 літрів попередньо підготовленої та підігрітої до 50 °С водної емульсії олії з гірчичним порошком з відповідною концентрацією (30, 40, 50 г олії), ретельно перемішували та залишали для зволоження на добу. Періодично перемішували масу руками. Підготовлені 40 кг зволоженої сировини (по 10 кг на кожен з варіантів) фасували у пластикові фруктові ящики розміром 500x300x264, по 5 кг на ящик, маркували та розміщували у тунелі ферментації. Процес АФВШ проводили за стандартною процедурою [4].

Для інокуляції використовували міцелій посівний зерновий складом «овес/ячмінь/просо» у співвідношенні 2:2:1 у кількості 3% від маси субстрату. Інокульований субстрат фасували у пластикові «пивні» стакани об'ємом 500 мл. Стакани покривали стерильним агроволокном та додатково нещільно алюмінієвою фольгою для забезпечення вільного дихання та збереження вологості (Додаток Б.1, рис.Б.1.2).

Визначали масу субстрату нетто у кожній ємності за відніманням маси ємності, потім розраховували наявну масу сухої речовини після визначення вмісту вологи у виготовлених варіантах субстратів. Варіанти розміщували рандомно в умовах лабораторії ТДАТУ, де підтримували оптимальні для дослідного штаму мікрокліматичні умови (табл.2.6)

Таблиця 2.6

**Показники мікрокліматичних умов культивування *P. ostreatus* 2301**

Параметр, що контролюється	Стадія вирощування	
	інкубація	плодоношення
Температура, °С	22 - 24	16 - 18
Відносна вологість повітря, %	70 - 75	90 - 95
Вміст CO <sub>2</sub> у повітрі, %	0,3 - 0,5	0,10 - 0,13
Освітлення	відсутнє	300 люкс впродовж 8 годин на добу

Етапи та результати проведення дослідів фіксували методом фотографування (Додаток Б.10, , рис. Б.10).

#### **Дослід 4. Аналіз кількісних та якісних характеристик мікробіоти приміщень тривалого культивування грибів роду *Pleurotus*.**

Проводили моніторинг мікробіологічного складу повітря впродовж 2015-2019 років у 8 господарствах Запорізької, Херсонської, Донецької, Дніпропетровської, Чернівецької та Кіровоградської областей України та м. Київ, а також одного господарства з республіки Молдова. Для визначення кількості мікроорганізмів у повітрі використовували загально-відомий метод седиментації на поверхню селективних середовищ у чашці Петрі [1]. Для визначення загального характеру розподілення мікроорганізмів встановлювали по 5 чашок Петрі - у кожному куті камери вирощування та по центру.

Змиви з поверхні ПТ проводили стерильними ватними паличками, змоченими у стерильній воді, провертали їх по поверхні, обмеженій підготовленим лекалом 5 на 5 см. Змив ретельно вимивали у скляній ємності з 10 мл стерильної води та проводили пластинчаті розведення за Кохом у  $10^2 \dots 10^5$  разів та отримані розчини (1 мл) висівали на підготовлені поживні середовища: безпосередньо на сусло-агар з додаванням антибіотику (ампіциліну натрієвої солі 0,5 г/л), та модифікованим методом розведень за Пастером у середовищі з ГРБ (гідролізатом рибного борошна). Для цього 1 мл розчину зі змивом виливали у стерильну чашку Петрі та додавали охолоджене до 42 °С поживне середовище таким чином, щоб ретельно розподілити змив по середовищу – поколихуючи круговими рухами. Готували змиви з 3-х плодових тіл розміром не менше 7 см у діаметрі, відібраних по діагоналі камери вирощування, та 3х змивів різного розведення.

Інкубацію отриманих чашок Петрі проводили відповідно до оптимальних умов культивування мікроорганізмів: 36...37 °С для визначення кількості бактеріальних колоній впродовж доби (30 годин) та за температури 26...28°С для визначення плісневих грибів впродовж 3-х діб.

Кількість колонієутворюючих одиниць (КУО) у метрі кубічному повітря підраховували за формулою:

$$x = n \times 10000 / S,$$

де  $n$  – кількість колоній, що виросла на поверхні,  $S$  – площа поверхні чашки Петрі. У сильно забруднених мікроорганізмами приміщеннях (катакомбах) чашки встановлювали на 3...5 хвилин, з відповідним перерахунком у формулі збільшення кількості КУО у 3,3 раза для 3-х хвилинної експозиції, та у 2 рази - за 5-хвилинної.

Для перерахунку кількості КУО на одиницю поверхні використовували формулу:

$$x = a \times n / 0,0025,$$

де  $x$  – кількість колоній на одиницю поверхні,  $m^2$ ;

$a$  – кількість колоній у 1 мл змиву, шт.;

$n$  – ступінь розведення змиву.

У чисті культури було виділено сім домінантних видів плісневих грибів, які були присутніми в усіх господарствах, досліджено їхні культуральні та морфологічні ознаки методом мікроскопії. Проведено визначення родів за «Визначником мікроскопічних ґрунтових грибів» [18].

Ідентифікацію виділених чистих культур плісневих грибів проводили методом секвенування з визначенням послідовностей специфічних ДНК за допомогою полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) та наступного порівняння з відомими праймерами в Лабораторії біології та біотехнології грибів Агротехнологічного університета Північної Кароліни (Mushroom Biology & Fungal Biotechnology Laboratory, North Carolina A&T State University) під керівництвом професора О.С. Ісікьюмена (Omoanghe S. Isikhuemhen) (Додатки Б.4-Б-5, табл. Б.1, рис. Б5). Мікроскопію плісневих колоній та поверхні ПТ проводили методом прямого спостереження методом висячої краплі та мікротомних зрізів поверхонь на мікроскопі Granum L 2002 з об'єктивами 4x, 10x, 40x, з фотофіксацією за допомогою цифрової камери DC-2 (Китай).

Методом зустрічних культур було перевірено характер взаємодії чистих культур виділених плісневих видів з вегетативним міцелієм штаму *P. ostreatus* 2301. Для цього мікробіологічними різачками діаметром 5мм були нарізані диски культур 6...7 добового культивування та розташовані у протилежному напрямку

на сусло-агарі на відстані 50...70 мм один від одного та 5-10 мм від краю середовища (Додаток Б.6, рис. Б.6). Інкубацію чашок Петрі з зустрічними культурами проводили за температури  $26 \pm 1$  °С та після 2 доби культивування кожен наступний день фіксували характер взаємодії між колоніями фотографуванням.

**Дослід 5. Оцінка впливу технічних заходів: просторового розташування субстрату на полицях, перфорації поверхневої плівки отворами різного розміру на технічні та органолептичні показники якості врожаю.**

Вплив технічних заходів перевіряли за результатами вирощування штаму *P. ostreatus* 2301 ІВК. Культуру підтримували стандартними методами наведеними вище (п. 2.2). Посівний міцелій робили з ячменю, пшениці, ріпаку, льону та крейди ( $\text{CaCO}_3$ ) у співвідношенні 60:30:8:1:1. Попередньо варили ячмінь і пшеницю, додавали попередньо замочене на 8 годин у холодній воді насіння ріпаку, сухе насіння льону та крейду. Охолоджували зерно, змішували та завантажували у поліпропіленові мішки розміром (580 мм × 490 мм), PP75/BEU6/X47-57 (компанії Sac02, Бельгія) і стерилізували при 128 °С впродовж 180 хв [17].

Після охолодження стерильну зернову суміш засівали проміжною маточною культурою (1 % за масою). Посівний міцелій був готовим через  $7 \pm 1$  добу і зберігався у холодильнику при  $2 \pm 1$  °С до використання.

Субстрат, виготовляли методом АФВШ з соломи ячменю, лущиння соняшнику у співвідношенні 1:3. Збагачували суміш додаванням 3 % сіна люцерни від загальної маси суміші. Технічні показники: вологість = 72 %; рН= 8,02; С:N = 69:1, щільність 670 кг/м<sup>3</sup>.

Інокуляцію проводили в асептичних умовах внесенням 3,5 % за масою посівного зернового міцелію.

Субстратні одиниці (блоки) формували пресуванням субстрату в поліетиленові мішки розміром 350 мм × 900 мм з товщиною плівки 70 мкм. Кожен блок мав діаметр  $220 \pm 20$  мм, висота— $750 \pm 50$  мм, вага— $12,43 \pm 0,23$  кг.



Досліджували вплив факторів: розташування блоків на полицях (А) та розміру перфорацій (В). Для цього блоки виставляли на полицях рандомно у 3-х положеннях: горизонтально; вертикально, та з нахилом під кутом біля 60 °.

Симуляцію промислового вирощування проводили в спеціалізованій камері вирощування з загрузкою біля 2,5 т (210 блоків) субстрату на один цикл (ТОВ НПВ «ГРИБНИЙ ЛІКАР») (Додаток Б.2, рис. Б.2).

У кожному варіанті розташування на субстратних блоках робили перфорації різного розміру від 30 до 150 мм з кроком у 20 мм (7 варіантів, табл. 2.7).

Таблиця 2.7

### Схема нанесення перфорацій

Варіант	Розмір перфорації, мм	Кількість перфорацій на одиницю субстрату
1	30	16
2	50	12
3	70	10
4	90	8
5	110	6
6	130	5
7	150	4

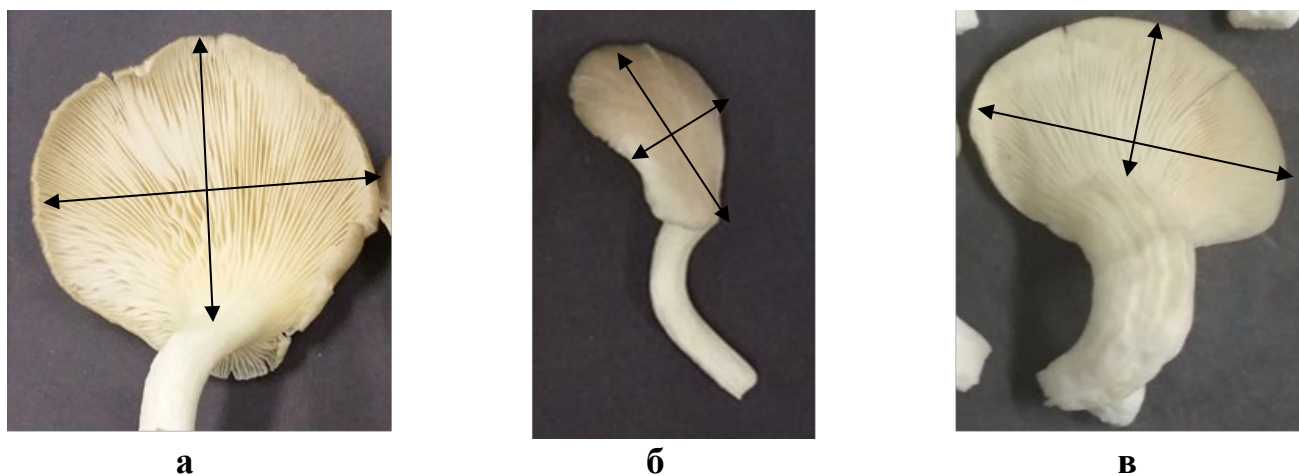
Загальна площа перфорацій складала в середньому 0,2 % від загальної площі поверхні блоку. Загальна кількість варіантів 21, кількість повторень у кожному варіанті – 5 блоків.

Для повторень дослідів зменшили кількість варіантів до 9: по 30 блоків розташовували у 3-х положеннях, після чого робили перфорації з розміром 50, 100, та 150 мм. Кількість повторень у кожному варіанті – 10 блоків.

Інкубацію субстрату та процес плодоношення проводили однозональним методом (в одній камері вирощування). Температура в приміщенні під час інкубації встановлювали на рівні  $20 \pm 2$  °С, що дозволило підтримувати температуру в центрі блоку на рівні  $26 \pm 2$  °С. Відносна вологість повітря на інкубації складала  $75 \pm 3$  %. Для індукції плодоутворення температуру в приміщенні поступово, впродовж 48 год, знижували до  $16 \pm 1$  °С за рахунок активної вентиляції з додаванням від 20 до 70 % свіжого повітря. Також знижували

рівень CO<sub>2</sub> з 3200 ± 100 до 1050 ± 100 ppm (з 0,32 до 0,105 %), підвищували відносну вологість повітря до 87 ± 3 % за рахунок розпилення підігрітої до 35 ± 2 °С води через форсунки високого тиску. Освітлення збільшували до 230 ± 42 люкс. Для контролю параметрів зовнішніх умов, та їхнього впливу на розвиток культиварів застосовували авторські методи (Додаток Б.3, рис. Б.3).

Аналізували розміри та масу всіх отриманих зростків та окремих плодових тіл (вибірки по 100 ПТ). З оглядом на наявну асиметричність визначали не діаметр шапинок, а ширину (діаметр у відомих методах) і довжину (відстань від кінця ніжки до краєчку шапинки у перпендикулярному вимірі Коефіцієнт асиметрії шапинки розраховували як відношення ширини до довжини. Цей показник дорівнював одиниці, коли шапинка плодового тіла є округлою. Подовжені листоподібні шапинки плодових тіл характеризувалася коефіцієнтом нижче одиниці, а звичайні устричні, витягнуті у ширину шапинки *P. ostreatus* мали коефіцієнт асиметрії вище одиниці (рис. 2.3).



**Рис. 2.3 Спосіб вимірювання ширини та висоти на шапинках різної форми: а) округлої, б) листоподібної, в) устричної**

З оглядом на таку маркетингову вимогу також визначали площу шапинки. З урахуванням еліпсоїдної форми шапинки *P. ostreatus* використовували формулу:

$$A = \pi \times 1/2x \times 1/2y \text{ або } \pi \times 1/4 (x \times y),$$

де  $x$  – ширина шапинки або діаметр;

$y$  — висота шапинки.

Розраховували коефіцієнт виходу напівфабрикату при відділенні ніжки оскільки світові ринки, зокрема ринок західної Європи, віддають перевагу продажам свіжих грибів тільки шапинками. Коефіцієнт визначався за відношення маси шапинки до маси всього плодового тіла.

#### **Дослід 6. Оцінка технічних характеристик *P. pulmonarius* 2314 як об'єкту безперервного культивування.**

Дослідження проводили в умовах ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (м. Мелітополь). Культуру підтримували за описаними вище методами. Субстрати виготовляли методом АФВШ з рослинної сировини різних років. Умови інкубації були стандартними (табл. 2.5), але умови плодоношення різними. Середня температура формування ПТ в, так званий, «зимовий» період (жовтень- березень) складала  $16 \pm 2$  °С, тоді як влітку (квітень – вересень) у середньому  $26 \pm 2$  °С. Отримані дані з вирощування *P. pulmonarius* 2314 впродовж 2011-2019 рр. обробляли за 10 циклів – 5 зимового та 5 – культивування влітку за 3-ма хвилями плодоношення.

Швидкість морфологічного розвитку (морфогенезу) ПТ *P. pulmonarius* 2314 від стадії примордіїв (так звана «булавочна голівка») до стадії біологічної зрілості - початку спороношення визначали за даними вимірювання діаметру 10 контрольних ПТ у верхній частині зростку, позначених прапорцями (біля зростку), яке проводили кожну годину впродовж робочого дня (8 вимірювань) не торкаючись тендітної поверхні шапинок. Також фіксували загальні розміри зростків методом фотографування (Додаток Б.7, рис. Б.7). Параметри ПТ та біохімічний аналіз визначали за різного ступеня стиглості сировини - технічного та біологічного.

#### **Дослід 7. Оцінка варіативності морфологічних параметрів плодових тіл *P. eryngii*.**

Досліди проводили в умовах трьох господарств: ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР», ТОВ «ЕСМАШ-3» та ТОВ «ФУНГІТЕРРА» (м. Київ). Аналіз

квалітативних показників плодових тіл проводили в лабораторії ТДАТУ ім. Дмитра Моторного.

Культура штаму *P. eryngii* 2600 була отримана з колекції бельгійської компанії Mycelia nv. (<https://www.mycelia.be/en/strain-list/m-2600-pleurotus-eryngii>), а штами *P. eryngii* 2032 та 2033 виділено із карпофорів, зібраних у дикій природі в Дніпропетровській та Харківській областях України. Штам 2032 був виділений з ПТ, зібраного з листяної підстилки поряд з домінуючим видом миколайчик польовий *Eryngium campestre* L., рослини родини окружкових. Штам 2033 зібрано біля заростей *Ferula communis* L іншого виду трав'янистих рослин родини окружкових (парасолькових або селерових - Umbelliferae або Apiaceae). Штами були ідентифіковані за «Визначником грибів України», та депоновані в колекції грибних культур ІБК [2, 19]. Культури підтримували на живильних середовищах стандартними методами.

Виготовлення посівного зернового міцелію проводили відповідно методу, наведеному у Досліді 4. Інкубацію міцелію проводили при  $24 \pm 1$  °C впродовж восьми днів, після чого ретельно перемішували для активізації росту культури та рівномірної колонізації зернової суміші. Легким натисканням видаляли повітря зі стерильного пакету через повітряні фільтри та формували конверт прямокутної форми. Залишали інкубуватися за температури  $20 \pm 2$  °C. На  $11 \pm 1$  добу міцелій поступово охолоджували до 10 °C, а потім переносили до холодильнику, де зберігали при  $2 \pm 1$  °C до використання.

Формули субстратів підбирали та розраховували відповідно опублікованим раніше результатам інших дослідників [20, 21]. Основу складали тирса вільхи *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn, її змішували з висівками пшеничними та крейди у співвідношенні 18:17:1. Вміст води доводили до 65 % [22]. Субстрат фасували в поліпропіленові пакети (580×490 мм) з чотирма фільтрами, виробництва ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» ТУ У 22.2 -41163069-002: 2020. Пакети (середня маса  $3256 \pm 18$  г) стерилізували при  $121 \pm 1$  °C впродовж 120 хвилин. Середня маса мішків із субстратом після стерилізації становила  $3249 \pm 7$  г. Після охолодження до 26 °C в асептичних умовах проводили інокуляцію додаванням 5 % за масою

попередньо підготовленим посівним зерновим міцелієм, герметизували та інкубували при  $24 \pm 2$  °C та відносній вологості повітря  $68 \pm 2$  %.

На початку плодоношення, тобто коли спостерігали появу «булавочних голівок», пакети з субстратом знову зважували та визначали втрату ваги в кожному пакеті. Субстратні одиниці з різними штаммами рандомно розподіляли у камерах вирощування за температури  $16 \pm 2$  °C, відносній вологості  $95 \pm 3$  % і концентрацією CO<sub>2</sub>  $1250 \pm 150$  ppm. Пакети відкривали зверху, згортаючи плівку так, щоб відкрити близько 30 % загальної площі поверхні. У перші п'ять діб формування врожаю освітленість підтримували на рівні 150 люкс впродовж 8 годин на добу, після чого знижували освітлення до 40 люкс відповідно до опублікованих рекомендацій [23, 24].

Порівняння технічних показників проводили за результатами трьох циклів культивування в умовах промислового виробництва ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (3 тони субстрату на цикл). Оцінювали варіативність за наступними морфологічними параметрами: маса та довжина ПТ, діаметр шапинки, діаметр ніжки. Вибірки складали від 75 до 100 ПТ за кожен з трьох циклів. Аналізували отримані показники та параметри ПТ, вирощених в умовах інших виробництв ТОВ «ЕСМАШ-3» та ТОВ «ФУНГІТЕРРА» (м. Київ), з використанням субстратів з подібною формулою.

#### **Дослід 7. Аналіз впливу складу стерильних субстратів на ефективність культивування та якість плодів тіл *P. citrinopileatus* 2161 ІВК.**

Дослідження проводили в лабораторії ТДАТУ імені Дмитра Моторного та в умовах промислового виробництва ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» у січні-квітні 2020 року. Культуру досліджуваного штаму *P. citrinopileatus* 2161 ІВК отримували з колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. Н. Г. Холодного та підтримували вищеописаним методом.

Формулу зернового субстрату для виготовлення посівного міцелію складали за визначеними показниками біохімічного складу зерна пшениці, ячменю, ріпаку та льону, з додаванням карбонату кальцію (крейда), що за розрахунками

відповідало співвідношенню 30: 60: 8: 1: 1. Зернові відварювали, рапс замочували на 8-10 годин холодною водою, льон додавали до вологої суміші зернових і ріпаку в сухому вигляді. Крейду додавали під час перемішування суміші та її охолодження. Суміш масою  $6000 \pm 50$  г фасували в поліпропіленові пакети з чотирма спеціальними фільтрами товщиною 20 мм по ширині пакета (виробник ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР»). Пакети с зерновою сумішшю стерилізували за температури 125...131 °С впродовж 180 хвилин і потім охолоджували в асептичних умовах до  $26 \pm 1$  °С. Інокуляцію та інкубацію проводили відповідно до наведеного алгоритму у п. 2.2.

Для виготовлення субстратних композицій використовували сировинні матеріали, отримані з господарств Запорізької області (ТОВ «АГРОФІРМА ОЛЬВІЯ», ПП Дімура Микола Іванович), паливні гранули з лушпиння соняшника від ТОВ «Мелітопольський олійноекстракційний завод». У якості головного показника під час теоретичного розрахунку формули субстрату враховували співвідношення вуглецю до азоту (C/N) [25]. Прагнули до показника 20/1 відповідно до рекомендацій попередніх дослідників. З іншого боку, враховували формули композицій таким чином, щоб досягти оптимальних значень показників вологості (61-65 %) та щільності субстратів від 500 до 700 кг/м<sup>3</sup> [21]. Розрахунок проводили з урахуванням початкової вологості сировини за авторською формулою (табл. 2.8).

Таблиця 2.8

**Композиції субстратів (СК) для виготовлення методом стерилізації, кг**

Варіант	Солома ячменю	Лушпиння соняшнику	Паливні гранули з лушпиння	Насіння ріпаку	Борошно кукурудзяне	Крейда (CaCO <sub>3</sub> )	Вода
СК1	250	311	563	164	138	8	2100
СК2	333	0	688	182	188	8	2600
СК3	0	522	625	164	213	8	2300

Ячмінну солому, лушпиння соняшника та насіння ріпаку заливали холодною водою й залишали на 8-10 годин. Потім зливали воду, а змочену

сировину складали в ємності для змішування. До гранул додавали теплу ( $45 \pm 5$  °C) воду з розрахунку досягнення 63...65 % вологості. Змішували зволожені компоненти, додаючи мелену кукурудзу (до борошна) і крейду.

Фасували в поліпропіленові пакети з фільтрами по  $3250 \pm 50$  г. Стерилізацію субстратів проводили в промисловому автоклаві за температури  $121 \pm 3$  °C впродовж 120 хвилин. Інокуляцію проводили в асептичних умовах з внесенням 5 % зернового міцелію (5 г на 100 г субстрату за сирою вагою, або  $165 \pm 6$  г на один пакет). Для кожного варіанта досліду було виготовлено по 10 пакетів. Повторність досліду триразова.

Інкубацію субстрату проводили за температури  $20 \pm 2$  °C та відносній вологості повітря  $68 \pm 3$  %. Ініціацію плодоношення починали на 16 добу за появи перших «вузликів» лимонного кольору на поверхні субстрату. Пакети виносили в камери вирощування, встановлювали на стелажах рандомно, робили розрізи, але не звільняли від плівки. Площа отворів не перевищувала 5% від поверхні блоку.

У період формування плодкових тіл підтримували температуру  $16 \pm 3$  °C, відносну вологість повітря на рівні  $96 \pm 2$ %. Вміст вуглекислого газу становив  $1150 \pm 150$  ppm (0,12 %). Освітленість підтримували на рівні 150...200 люкс впродовж 8 годин на добу. Збір врожаю проводили на стадії технічної зрілості до початку спороношення.

Аналіз технічних показників субстратів і складу плодкових тіл проводили загальноприйнятими методами в триразовій повторності для кожного циклу вирощування. Відбирали середню пробу субстрату після інокуляції, з трьох різних пакетів масою по 50 г, ретельно перемішували.

Свіжі плодкові тіла для біохімічного аналізу збирали з різних блоків відповідно до варіанта досліду, висушували за температури  $55 \pm 3$  °C впродовж 8-10 годин і подрібнювали до стану борошна. Перед проведенням аналізу пробу висушували додатково при  $102 \pm 2$  °C та охолоджували в ексикаторі.

**Дослід 8. Скринінг штамів *F. velutipes* (ІВК) для впровадження у промислове виробництво.**

Дослідження проводили в умовах лабораторії ТДАТУ ім. Дмитра Моторного, ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР», ТОВ «ЕСМАШ-3» (м. Київ) та КФГ Жовтневе (м. Дніпро). Морфологічні показники та хімічний склад ПТ вивчали з вибірок кожного отриманого врожаю 3-х циклів вирощування (2015 - 2018 рр.) за методами, неведеними вище (п. 2.3).

За результатами лабораторних експериментів були відібрані 10 штамів *F. velutipes* з Колекції культур шапинкових грибів ІВК Інституту ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України [26]. З них 6 штамів були отримані виділенням з плодових тіл «промислових культур», як вирощуються в різних країнах: 1974, 1994 (Японія), 1860 (Ізраїль), 2038, 2039 (США), 2337 (Україна). Природні ізоляти були виділені з плодових тіл, знайдених на деревині різних листвяних порід України: 1880, 1884, 1885 [2]. Також до групи ізолятів додати культуру штаму FV, який виділено з плодового тіла, знайденого на білій акації (*Robinia pseudoacacia*) в лісосмузі поблизу м. Дніпро. Культури зберігалися в пробірках з живильним середовищем наступного складу: солодовий екстракт сухий 30 г, агар-агар - 20г, вода до 1 літра, палички з берези (2×140×5мм). Посівний зерновий міцелій отримували за алгоритмом п. 2.2 (міцелій).

Субстрати для отримання плодових тіл готували за описаним вище методом (п.2.2, виготовлення субстратів методом стерилізації). Склад субстрату для скринінгу штамів підбирали з місцевої сировини з оглядом на опубліковані раніше результати, які доводили ефективність змішування рослинних залишків [27]. Змішували лущиння соняшнику, подрібнену соломку та паливні гранули у співвідношенні 70:20:10 після попереднього зволоження. Додавали 1 % крейди за масою зволоженої суміші.

Стерилізацію субстратів проводили за температури 121...125 °С впродовж 130 ± 10 хв. Охолоджені пакети інокулювали в асептичних умовах підготовленим попередньо зерновим посівним міцелієм (1 % за масою субстрату).

Інкубацію та ініціацію плодоношення проводили за описаними вище методами (Дослід 4), але знижували температуру на стадії ініціації плодових тіл до 14 ± 1 °С. Спостереження щодо особливостей вирощування, біологічної



ефективності, резистентності до бактеріальних хвороб проводили за загальним планом досліджень (п. 2.3). За результатами аналізу морфологічних характеристик найбільш продуктивних штамів 2038, 2039, 2337 та 2347 проводили варіативний аналіз морфологічних параметрів: маси ПТ, діаметру шапинки та довжини ніжки.

### **Дослід 9. Визначення впливу складу субстратних композицій на технічні показники штамів *F. velutipes* 2038, 2039, 2337.**

Після скринінгу (дослід 8) відібрали три штами, які мали найкращі візуальні та технічні показники: 2038 (білий колір), 2039 (світло-жовтий зі світлою ніжкою) та 2337 (темно-жовтий з темною ніжкою). Дослідження проводили в умовах лабораторії ТДАТУ ім. Дмитра Моторного та апробували в ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛКАР» з використанням субстратів, виготовлених методом стерилізації впродовж 2018- 2019 рр.

Складали формули субстратів відповідно до даних попередніх дослідників, але з урахуванням особливостей місцевої сировини [28–30]. Підготували 8 варіантів за складом рослинних компонентів:

1) контрольний - за даними іранських дослідників, які отримали 265 % БЕ опенька зимового з субстрату наступного складу: тирса 400 г, солома подрібнена 400 г, висівки пшеничні 180 г, крейда 20г на один кг сухої суміші [30]

2) солома (400 г), лушпиння (590 г), крейда (10 г);

3) лушпиння (990 г), крейда (10 г);

4) тирса (500 г), лушпиння соняшнику (490 г), крейда (10 г);

5) тирса (800 г), пшеничні висівки (100 г), подрібнені кукурудзяні початки (90 г), крейда (10 г);

6) лушпиння (500 г), гранули з лушпиння (300 г), кукурудзяна мука (190 г), крейда (10 г);

7) лушпиння (500 г), гранули з лушпиння (300 г), зерно ріпаку (190 г), крейда (10 г);

8) лушпиння (400 г), гранули з лушпиння (300 г), кукурудзяна крупа (200 г), зерно ріпаку (90 г), крейда (10 г).

Зволоження отриманих сумішей проводили у співвідношенні 600 мл води (температура 18-20 °С) на 400 г суміші, для отримання показника 60-67 % відносної вологості у підготовленій сировині.

Стерилізацію субстратів проводили за температури 121...125 °С впродовж 120 хв. Інокуляцію, інкубацію субстратів проводили за умовами досліду 8, індукцію плодоношення проводили за температури  $14 \pm 1$  °С, з підтримкою освітлення у 150 люкс впродовж 8-10 годин на добу. Треба зазначити, що ініціацію утворення плодових тіл починали після появи на поверхні субстрату краплин ексудативної рідини. Верхню частину пакету відкривали, залишаючи плівку висотою 150...200 мм. Відкриту поверхню звільняли від повітряного міцелію легкими торканнями [31]. Впродовж плодоношення відносну вологість повітря підтримували на рівні  $90 \pm 3$  %, концентрацію CO<sub>2</sub> -  $1050 \pm 150$  ppm.

Вибірка кожного варіанту (3 штами та 8 субстратних композицій (СК), всього 24 варіанти) складала 20 субстратних одиниць, для кожної визначали початкову масу, масу субстрату після інкубації, після плодоношення. Показники субстратів визначали за результатами аналізу зразків з 5-ти субстратних одиниць. Повторність дослідів триразова. Вплив фактору складу субстрату оцінювали за технічними показниками штамів: біологічною ефективністю, тривалістю вегетаційного циклу та тривалістю морфогенезу.

#### **Дослід 10. Оцінка впливу складу субстратних композицій на вихід напівфабрикатів *F. velutipes* 2039 у післязбиральних процесах.**

Дослідження проводили в умовах ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» впродовж 2019-2020 рр.. Вплив складу субстратних композицій (СК) на ефективність післязбиральних процедур перевіряли за показниками штаму *F. velutipes* 2039, як найбільш перспективного для введення у промислову культуру за результатами попередніх дослідів. Посівний матеріал готували наведеним вище методом (п. 2.2). Субстрати готували за рецептурами аналогічними варіантам досліду 8 (табл. 2.6), інокулювали культурою *F. velutipes* 2039 у кількості 1 % зернового міцелію за масою субстрату. Інкубацію, індукцію плодоношення проводили аналогічно

досліді 9. Аналізували вплив складу субстратних композицій (СК) за результатами післязбиральних процедур врожаю за три цикли культивування. Визначали коефіцієнт виходу напівфабрикату (ВНФ) після очищення або інспектування отриманого врожаю грибів та коефіцієнт ВНФ після первинної переробки - бланшування впродовж 5 хвилин відповідно п. 2.3. Кількість повторностей у кожному повторенні досліді не менше 50.

#### **Дослід 11. Визначення впливу маси субстратного блоку на технічні показники штаму *F. velutipes* 2039.**

Експеримент проводили паралельно в умовах лабораторії ТДАТУ ім. Дмитра Моторного (м. Мелітополь), ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛКАР» (с. Садове Мелітопольського р-ну Запорізької області), ТОВ «ЕСМАШ-3» (м. Київ) та КФГ Жовтневе (м. Дніпро) впродовж 2019-2020 рр.. Готували СК з найбільш ефективним за результатами досліді 9 складом: лушпиння / гранули з лушпиння / кукурудзяна крупа / зерно ріпаку / крейда у співвідношенні 40:30:20:9:1, методом стерилізації (п. 2.2).

Для фасування субстратів використовували поліпропіленові пакети виробництва компанії «Технофільтр-Україна» двох типорозмірів: 1) 580 × 490 мм, та 2) 580 × 250 мм (висота/ширина) з чотирма повітряними фільтрами. Відповідно в пакети першого типорозміру поміщали біля 3 кг субстрату, в іншого розміру - 1,5 кг. Стерилізацію проводили аналогічно умовам досліді 8. Пакети охолоджували в асептичних умовах (очищення повітря 99,95 %) та інокулювали зерновим міцелієм в ламінарному потоці повітря (ступінь очищення 99,99 %). Маса міцелію для інокуляції складала 30 г на 1000 г субстрату (або 90 та 45 г на один пакет відповідно до маси субстратної одиниці за варіантами досліді).

Пакети запаювали, субстрат ретельно перемішували з міцелієм та ущільнювали легким натисканням до показника  $0,7 \pm 1$  г/см<sup>3</sup> (за міркою попередньо визначеної необхідної висоти). Пакети встановлювали на стелажі таким чином, щоб над субстратом знаходились повітряні фільтри. Інкубацію проводили за температури  $24 \pm 1$  °С з відотною вологістю повітря 60 - 65 %. Плодоношення

проводили за температури  $14 \pm 1$  °С, з інтенсивністю освітлення 150 люкс впродовж 8-10 годин на добу. Відносна вологість повітря під час формування плодових тіл складала  $87 \pm 2\%$ . Визначали масу виготовленого блоку (паketу), масу пакету після стерилізації, інкубації, масу блоків (пакетів) після плодоношення для аналізу динаміки втрати вологи. Вибірка складала 50 субстратних одиниць по кожному з варіантів. Повторність дослідів п'ятиразова з урахуванням 3х паралельних дослідів у Мелітополі та 2-х на різних підприємствах.

### **Дослід 12. Порівняльний аналіз технічних та біологічних характеристик штамів *C. aegerita* 2229, 2230, 2231 ІВК**

Дослід проводили в промислових умовах ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (с. Садове Мелітопольського р-ну Запорізької області) впродовж трьох вегетативних циклів з лютого по травень 2020 року з використанням однакових партій сировини врожаю 2019 року.

Культури трьох штамів *C. aegerita* 2229, 2230, 2231 ІВК, отримували з колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. Н. Г. Холодного, підтримували біологічну активність та виготовляли посівний зерновий міцелій стандартними методами наведеними вище.

Субстрати виготовляли методом стерилізації у промисловому автоклаві за температури  $124 \pm 1$  °С (тиск 1,4...1,5 атм) в поліпропіленових пакетах з чотирма повітряними фільтрами. Їх наповнювали субстратом масою у середньому  $3120 \pm 150$  г. До складу СК з суміші рослинних залишків (соломи ячменю та лушпиння соняшнику) додавали насіння ріпаку (СК №2 табл. 2.6) .

Інокуляцію проводили 1% посівного зернового міцелію відповідних штамів. Інкубацію субстратних одиниць (пакетів) здійснювали в асептичних умовах контрольованого мікроклімату лабораторії з виготовлення посівного зернового міцелію ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» Температура інкубації складала  $24 \pm 1$  °С; вологість повітря в приміщенні підтримували на рівні  $67 \pm 2$  %; вміст CO<sub>2</sub> -  $1200 \pm 150$  ppm. Визначали масу пакетів зразу після виготовлення прямим зважуванням

на вагах 2 класу точності, результати фіксували маркуванням різнокольоровими етикетками, закріпленими скотчем. За результатами власних спостережень, цей захід є необхідною операцією з урахуванням високої вологості повітря у камерах вирощування та можливості втрати даних.

Індукцію плодоношення проводили за рахунок підвищення освітлення до  $250 \pm 50$  люкс впродовж 8... 10 годин, вологість повітря підвищували до  $90 \pm 5$  %, вміст вуглекислого газу знижували до  $1150 \pm 300$  ppm ( $0,12 \pm 0,03$  %) за рахунок вентиляції приміщення додаванням до системи рециркуляції свіжого повітря (від 20 до 70 %). Процеси збирання та первинної переробки досліджували на підприємстві «ГРИБНИЙ ЛІКАР». Біохімічний аналіз плодів, отриманих з цього підприємства, проводили в лабораторії ТДАТУ ім. Дмитра Моторного.

Пакети після інкубації впродовж 25 діб (перший цикл), 28 діб (другий) та 32 доби (третій) зважували знову та наносили відповідне маркування на пакет. У кількості 50 штук кожного штаму в закритому вигляді доставляли до камер вирощування на підприємства та розташовували на полицях рандомно. Впродовж пакету робили розріз у верхній частині та відвертали на бік поліпропіленову плівку, отримуючи вузький отвір шириною 10-25 мм на відстані 100-150 мм над поверхнею субстрату. Умови мікроклімату підтримували відповідно до оптимумів, визначених попередніми дослідниками: температура повітря 16...18 °С, вологість – 90...93 %, вміст вуглекислого газу до 1300 ppm; освітлення на рівні 500...600 люкс [32].

Коефіцієнт зниження маси після інкубації визначали за відношенням маси субстратної одиниці після інкубації до її маси після інокуляції.

Загальні технічні, хімічні та біологічні характеристики штамів визначали за наведеними методами у п. 2.3 Оцінку морфологічних показників плодів (ПТ) проводили за визначенням особливостей кольору та будови шапинки і ніжки, показниками діаметрів шапинки та ніжки, висоти ніжки та плодового тіла в цілому, маси ПТ. Варіативність ознак визначали за вибірками з кількістю не менше 40 ПТ на кожен цикл вирощування з вибіркою для статистичного аналізу не менше 100 ПТ.

Коефіцієнти виходу напівфабрикату на етапах переробки плодових тіл визначали за відношенням маси отриманого продукту до початкової маси сировини після кожного етапу:

1) очищення зростків ПТ від залишків субстрату та їхнє розділення (маса вибірки складала 10 кг зростків у п'ятиразовому повторенні);

2) відварювання очищених ПТ впродовж 5 хвилин у киплячій воді (маса вибірки 300 г плодових тіл у п'ятиразовому повторенні);

3) висушування очищених плодових тіл конвекційним методом за температури  $55 \pm 2$  °С впродовж  $14 \pm 1$  година (маса вибірки 1000 г у п'ятиразовому повторенні).

### **Дослід 13. Аналіз впливу складу субстратних композицій на загальні показники культивування *C. aegerita* 2231 ІВК.**

Досліди проводили в промислових умовах ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» впродовж 2018-2020 рр.. За результатами попереднього експерименту визначили більш перспективний для промислового культивування штам *C. aegerita* 2231 ІВК та перевіряли вплив складу СК, виготовлених методом стерилізації (п. 2.2) з рослинних матеріалів за формулами, які використовували у досліді 8 (табл. 2.8), на технічні та хімічні показники отриманого врожаю (п. 2.3). Виготовляли по 100 пакетів кожного варіанту СК. Після інокуляції посівним зерновим міцелієм (3% за масою субстрату) кожен пакет зважували та маркували відповідно варіанту досліді.

Умови інкубації були аналогічними до умов досліді №12, їх підтримували впродовж 23 діб. Після інкубації пакети зважували знову. Розраховували показник втрати маси субстрату після інкубації за відношенням маси одиниці субстрату (ОС) після інкубації до маси ОС після інокуляції. Проводили аналіз варіативності цього показника. Вибірка 100 одиниць кожного варіанту.

Ініціацію утворення ПТ проводили відповідно умовам досліді №12. Фіксували дату утворення примордіїв, масу зібраного врожаю з кожної ОС.

Розраховувати загальні технічні показники та аналізували хімічний склад плодкових тіл після 2х- ступеневого висушування (п. 2.3). Повторення триразове.

#### **Дослід 14. Оцінка впливу техніки відкриття пакетів на показники вирощування *S.aegerita* 2231 ІВК.**

Дослідження проводили в промислових умовах ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» впродовж 3-х циклів вирощування культури (2018 - 2020 рр.). Відповідно до результатів попередніх дослідів №5 та №7, де спостерігали зміну морфології плодкових тіл залежно від розміру перфорацій та способу відкриття пакетів провели оцінку впливу техніки відкриття пакетів на показники вирощування *S.aegerita* 2231. Посівний зерновий міцелій виготовляли відповідно до п. 2.2, а субстрат за процедурою аналогічною попередньому досліді №12.

Інокуляцію, інкубації та індукцію плодоношення здійснювали в асептичних умовах згідно протоколам досліді №12. Відкривання ОС проводили після появи перших примордіїв двома шляхами: 1) відрізанням або відвертанням верхньої частини пакету з повітряними фільтрами таким чином, щоб залишалася стінка висотою 50...80 мм над поверхнею відкритого субстрату; 2) розрізання плівки таким чином, щоб над поверхнею субстрату була поліпропіленова стінка висотою 200... 250 мм, а отвір був не більше 30 мм завширшки, тобто подібно до техніки, застосованої у досліді №9, тобто створювали відповідні комірці.

Визначали вплив фактору за показниками БЕ у кожному варіанті досліді та змінами морфологічних показників ПТ. Також аналізували втрату маси субстрату після плодоношення за відношенням маси ОС після збору першої хвилі врожаю до початкової маси ОС після інокуляції. Вибірki складали по 50 ОС кожного варіанту.

#### **Дослід 15. Дослідження впливу складу субстратів та методу термічної обробки рослинної сировини на технічні показники культивування *S. indica*.**

Дослідження проводили в умовах лабораторії ТДАТУ та ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» впродовж 2018 – 2020 рр. (3 цикли вирощування). Чисту

культуру *C. indica* ІБК отримували з Колекції культур шапинкових грибів. Її активність підтримували на солодовому агарі та зберігали при  $18 \pm 2$  °С за кімнатної температури. Необхідно додати, що культура є нестійкою та гине за температури нижче 10 °С, якщо та тримається більше 2-х тижнів.

Виготовлення посівного зернового міцелію не мало особливостей за виключенням температури інкубації як культури на живильних середовищах, так і зернових субстратів, яку проводили при 30 °С. Зернову суміш готували за стандартним методом відповідно до рецептури досліду №6. Підготовлені пакети з зерном стерилізували при 128 °С або 1,8 атм впродовж трьох годин. Після охолодження стерильну зернову суміш інокулювали проміжною культурою (1 % за масою субстрату), герметизували та інкубували при  $30 \pm 1$  °С впродовж семи днів з наступним струшуванням і ретельним перемішуванням для досягнення рівномірної колонізації міцелію по всьому пакету. Через  $10 \pm 1$  днів посівний зерновий міцелій без охолодження виносили до камери зберігання де підтримували температуру на рівні  $15 \pm 1$  °С.

Субстрати виготовляли 2-ма вищенаведеними методами: 1) АФВШ (СК1) та 2) стерилізації з однаковою формулою з соломи ячменю, лущиння соняшнику, гранул лущиння соняшнику, насіння ріпаку, кукурудзяного борошна та крейди у співвідношенні 30:40:70:20:17:1 (за масою сирих складових – СК2). Додатково методом стерилізації виготовляли 2 варіанти субстрату з підвищеним вмістом нітрогену за рахунок введення до формули гранул люцерни замість паливних гранул з лущиння соняшнику Співвідношення перерахованих вище інгредієнтів у варіантах СК 3 и СК4 було 30:40:60:20:17:10 (люцерна):1 та 30:40:50:20:17:20 (люцерна):1 відповідно. Вміст води розраховували таким чином, щоб досягти рівня  $68 \pm 1\%$ . Виготовлені суміші упаковували в поліпропіленові пакети розміром 580×480 мм з чотирма фільтрами розміром 20×480 мм, розташованими на відстані 150 мм один від одного з обох боків пакету. Субстрати №2-4 стерилізували впродовж двох годин при  $125 \pm 1$  °С, охолоджували в асептичних умовах до  $28 \pm 1$  °С і засівали посівним зерновим міцелієм (5 % від маси субстрату). Пакети герметично запаювали, а вміст ретельно перемішували, струшуючи, щоб досягти



рівномірного розподілу посівного матеріалу по всьому субстрату, маркували відповідно варіантам досліду.

Субстрат виготовлений методом АФВШ інокулювали на вібраційному столі та фасували в пакети аналогічно, запаювали та перемішували вміст. Середня вага кожної субстратної одиниці після інокуляції становила у середньому  $3330 \pm 123$  г. Для кожного з варіантів виготовляли 30 ОС, які інкубували за температури  $28 \pm 2$  °С, при цьому середня температура всередині пакетів становила  $34 \pm 1$  °С.

На 19-й день пакети переносили в камеру для плодоношення, розкривали відвертанням плівки, залишаючи стінку висотою 60...70 мм для нанесення покривного ґрунту (ПГ). У якості ПГ використовували попередньо зволожений до 75 % вмісту води торф кімнатної температури ( $30 \pm 2$  °С), який наносили висотою 15 мм [33]. Підтримання вологості ПГ здійснювали за рахунок зрошення водою кімнатної температури 100...150 мл на одну ОС через добу.

Підтримували мікрокліматичні умови з наступними параметрами: температура повітря  $30 \pm 2$  °С, відносна вологість повітря  $96 \pm 2$  %, концентрація  $\text{CO}_2$  – 1700...2000 ppm освітлення на рівні 250...300 люкс. Фіксували наступні показники для кожної ОС: дата утворення примордіїв, дату початку збору ПГ, тривалість технологічного циклу за датою закінчення збору третьої хвили плодоношення та за результатами аналізу субстратів розраховували біологічну ефективність культури.

#### **Дослід 16. Аналіз впливу мікрокліматичних умов на формування якості плодових тіл *C. indica*.**

Вивчали вплив мікрокліматичних умов в лабораторії ТДАТУ та ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» впродовж 2017 – 2020 рр. за 3 цикли вирощування. Стерильний субстрат формули №4 (за результатами попереднього досліду) готували за алгоритмом досліду №15, але інкубували за різних температур по 30 ОС на кожен варіант досліду.

На першому етапі перевіряли вплив температури на швидкість вегетаційних процесів. Для цього пакети розміщували за різних варіантів температури 1)  $26 \pm$

1 °C (лабораторія ТДАТУ); 2)  $30 \pm 1$  °C та 3)  $34 \pm 2$  °C в різних інкубаційних приміщеннях ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР». Визначали дату повної колонізації блоків за 3 роки (цикли) вирощування. Після закінчення інкубації пакети переносили до камер плодоношення, наносили ПП відповідно регламенту досліду 15 та проводили спостереження за морфологічними змінами плодових тіл відповідно до змін відносної вологості повітря за варіантами 1)  $76 \pm 1$  %, 2)  $86 \pm 2$  %, 3)  $95 \pm 3$  % які підтримували по 3 доби кожен та піднімали поступово за рахунок регуляції режиму роботи форсунок високого тиску. За аналізом літератури було відомо, що для вирощування цієї культури оптимальним є підтримання вологості на найвищому рівні 98...99 % [34], але підтримання таких значень в умовах помірного клімату за необхідності активної вентиляції камер вирощування є складним процесом. Тому, для підтримання високої ВВП у приміщеннях застосовували рециркуляційну систему, що обумовлювало підвищення вмісту CO<sub>2</sub> від 1500 ppm до 3500 ppm. Освітлення підтримували на постійному рівні 250...300 люкс впродовж 10...12 годин.

Складали графіки мікрокліматичних умов кожного з циклів вирощування. Фотографували морфологічні особливості плодових тіл з фіксацією умов вирощування.

### **Дослід 17. Оцінка впливу висоти покривного ґрунту та техніки «скретчингу» на технічні характеристики *C. indica*.**

Експеримент проводили в умовах лабораторії ТДАТУ та ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» впродовж 2018 – 2020 рр. (3 цикли вирощування).

Відомо, що для підвищення ефективності культивування *P. eryngii*, *A. bisporus* і *Cordyceps militaris* використовують техніку механічного видалення поверхневого шару повітряного міцелію, яку називають «scratching» - скретчингом [35, 36].

Тому, для вивчення впливу висоти покривного ґрунту (фактор А) та подібної техніки скретчингу (фактор В) підготовлений субстрат з визначеною масою кожної ОС виставляли на полиці у камерах вирощування, рандомно маркували

пакети за варіантом досліду (табл. 2.9), після чого проводили скретчинг та наносили шар ПГ певної висоти відповідно до маркування.

Таблиця 2.9

### Варіанти досліду 17

Варіант	Висота покривного ґрунту, мм	Скретчинг
1 (контроль)	10	не проводили
2	20	не проводили
3	30	не проводили
4	10	проводили
5	20	проводили
6	30	проводили
7	без нанесення ґрунту	не проводили

Параметри мікроклімату у камерах вирощування підтримували на рівні: температура повітря  $29 \pm 3^\circ\text{C}$ , відносна вологість  $91 \pm 4 \%$ , вміст  $\text{CO}_2$   $1520 \pm 310$  ppm, освітлення  $250 \pm 30$  люкс. ПГ в кожній ОС зволожували методом поливу з розрахунку 100 мл на  $0,047 \text{ м}^2$  поверхні (розрахований середній розмір відкритої площі ОС) кожні 48 годин, що дозволяло підтримувати необхідний рівень вологості ПГ ( $78 \pm 3 \%$ ).

Плодові тіла збирали в період технічної стиглості, до розрихлення гіменіального шару. Визначали технічні показники, морфологічні характеристики та хімічний склад плодових тіл за варіантами досліду.

**Економічні розрахунки.** Для розрахунків стосовно динаміки розвитку ринку «екзотичних» грибів в Україні обирали дані про виробництво посівного матеріалу компанією ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ДОКТОР» (м. Мелітополь), яка є найбільшим українським виробником зернового міцелію дереворуйнівних грибів. За інформацією керівництва компанії, обсяг продукції інших операторів ринку посівного матеріалу становить 30 % від загальної кількості, що реалізується в Україні. Для розрахунків використано показники: середня маса внесення зернового міцелію 3,5 %, середня врожайність – 20 % (отримання 200 г свіжих грибів 1 кг субстрату).

Статистичні дані про зміну заробітної плати, вартість електроенергії тощо отримані з офіційних інтернет-ресурсів. Коефіцієнт зростання ( $K_p$ ) розраховували співвідношенням показника 2019 року до показника 2015 року. Дані про ціни на продукцію отримані від вітчизняних виробників і усереднені. Інші економічні показники розраховували за стандартними методиками [37,38]

## **2.5 Методи статистичного аналізу результатів.**

Для статистичного аналізу отриманих результатів застосовували сучасні комплекси дисперсійного та кореляційного аналізів, що розроблені вітчизняними та зарубіжними науковцями. Статистичний аналіз груп даних проводили за допомогою Microsoft Office Excel 2016 MSO (16.0.4266.1001) код ліцензії 00339-10000-00000-AA963 та надбудови до неї QI Macros (2021). Одно та двохфакторні досліді аналізували за допомогою ANOVA Single Factor і ANOVA, Two Factors with replications (з повтореннями) відповідно. Для порівняння середніх між групами даних застосовували непараметричні тести: 1) Mann-Whitney (або U) тест – між двома групами; 2) тести Шеффе, Даннета та Дункана між декількома групами. Для аналізу даних промислових досліджень з повтореннями використовували Надбудову до Excel статистичної оцінки й аналізу результатів польових і лабораторних дослідів та програмно-інформаційний комплекс “Agrostat New” (2013) [39, 40, 41].

Для перевірки статистичного підтвердження гіпотез використовували  $p$ -значення (англ. *p-value*) - значення ймовірності або асимптотичну значимість. Відмінності між сукупностями отриманих даних вважалися значущими при  $p < 0,05$ . Приклади обробки первинних даних за наведеними вище статистичними методами наведено в Додатку Л.

## **Висновки до розділу II**

1. Програма та методика теоретичних та експериментальних досліджень відповідає сформульованим робочим гіпотезам. Аналізи, спостереження та побудовані технологічні моделі дозволяють визначити засади формування якості

врожаю грибів через вивчення біологічних, технічних та екологічних процесів підготовки субстратів, контролювання мікрокліматичних та мікробіотичних умов вирощування плодових тіл грибів.

2. Для вирішення поставленої мети та відповідних завдань було побудовано методику досліджень факторів, які впливають на формування квалітативних показників якості врожаю грибів, зокрема: морфологічних критеріїв, хімічного складу, вмісту біоактивних речовин. Також розроблено методику оцінки технічних показників штамів для визначення доцільності впровадження у промислову культуру. Методики базувалися на стандартизованих наукових методах, отримані результати оцінювали загальноприйнятими статистичними методами.

3. Методика визначення факторів формування якості врожаю досліджених родів грибів передбачала моніторингові дослідження показників якості субстратів, а також мікробіологічних факторів формування якості врожаю, бо вони залежали від екологічних умов отримання сировинних матеріалів та індивідуальних особливостей камер вирощування відповідно. Такий підхід дозволив всебічно обґрунтувати результативність методики в різних виробничих умовах, а ефективність досліджених заходів доведено і статистично підтверджено.

4. Комплексний критерій оцінки якості врожаю грибів передбачає визначення технічних характеристик культиварів, від яких залежить важлива економічна складова узагальнюючої оцінки, морфологічних та текстурних ознак (органолептичні характеристики), хімічного складу (харчова та біологічна цінність), технічних особливостей грибної сировини та її первинної переробки, а також мікробіологічної безпеки врожаю.

5. Встановлено ефективність застосування загальної методики оцінки якості врожаю до 7 різних видів вищих ксилотрофних базидіоміцетів (24 штамів) шляхом статистичних методів обробки отриманих результатів та визначення загальних засад.

## Список використаної літератури до розділу II

1. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наукова думка, 1982. 553 с.
2. Бисько Н.А., Ломберг М.Л., Митропольська Н.Ю., Михайлова О.Б. Колекція культур шапинкових грибів (ІВК). Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного Національна академія наук України. Київ: Альтерпрес, 2016. 120 с.
3. Дудка И.А и др. Методы экспериментальной микологии: Справочник. Киев: Наукова думка, 1982. 552 с.
4. Бандура І.І. Удосконалення елементів технології промислового виробництва їстівних грибів роду *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. Київ: НУБіП, А.: дис. к. с.–г. н.: спец, 6(06). 2014. 227 с.
5. Бисько Н.А., Бабицкая В.Г., Бухало А.С. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре: Сборник научных трудов в двух томах. Т. 2/Под ред. чл.-кор. НАН Украины С.П. Вассера. Киев: Альтерпрес. 2012. 459 с.
6. Бисько Н.А., Дудка И.А. Биология и культивирование съедобных грибов рода вешенка. Киев: Издательство “Наукова думка,” 1987. 148 с.
7. Бухало А.С., Бабицкая В. Г., Бисько Н. А., Вассер С. П., Дудка И. А., Митропольская Н. Ю., Поєдінок Н.Л., Михайлова О.Б., Соломко Э. Ф. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре: Сборник научных трудов в двух томах. Под ред. чл.-кор. НАН Украины С.П. Вассера. Киев: Альтерпрес, 2011. 212 с.
8. Toscano G., Riva G., Pedretti E. F., Corinaldesi F., Mengarelli C., Duca D. Investigation on wood pellet quality and relationship between ash content and the most important chemical elements. *Biomass and Bioenergy*. Elsevier, 2013. Vol. 56. P. 317–322.
9. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. Киев: Издательство “Наукова думка,” 1976. 336 с.
10. Nelson D.W., Sommers L.E. Determination of total nitrogen in plant material. *Agronomy Journal*. Wiley Online Library, 1973. Vol. 65, № 1. P. 109–112.

11. Methods of soil analysis. Madison, Wis: Soil Science Society of America : American Society of Agronomy, 1996. 1390 p.
12. Бухало А.С., Бабицкая В.Г., Бисько Н.А. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре. Киев: Альтерпрес. 2011. Vol. 1. С. 212.
13. ДСТУ 4941:2008 Продукти перероблення фруктів та овочів, консерви м'ясні та м'ясо-рослинні. Методи визначення вмісту жиру [Electronic resource]. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=82717](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=82717) (accessed: 30.12.2021).
14. Британова Т.С., Самко А.В. Товарознавча характеристика мінеральних вод України. *Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики*. Запорізький державний медичний університет, 2012. № 3. С. 94–98.
15. Яненко О. А., Панасенко Т. В. Фізико-хімічні показники якості води Запорізького залізорудного комбінату. *Актуальні питання біології, екології та хімії*. 2013. №. 6, № 2. С. 81–88
16. Schisler L.C., Sinden J.W. Nutrient supplementation of mushroom compost at casing: Vegetable oils. *Canadian journal of botany*. 1966. Vol. 44., №. 8. P. 1063-1069.
17. 5. Bandura I., Isikhuemhen O., Kulyk A., Bisko N., Serdyuk M., Khareba V., Khareba O., Ivanova I., Tsyz O., Makohon S., Chausov S. Effect of different grain spawn materials on *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. mushroom cultivation under unregulated and regulated fruiting conditions. *Acta agriculturae Slovenica*. 2022. Vol. 118, № 1. С. 1–13.
18. Морочковський С.Ф., Радзієвський Г.Г., Зерова М.Я., Дудка І.О., Сміцька М.Ф., Роженко Г.Л. Визначник грибів України. Т.3 Незавершені гриби. К.: Наукова думка, 1971. 696 с.
19. Зерова М.Я., Сосін П.Є., Роженко Г.Л. Базидіоміцети. Книга 2. Болетальні, стробіломіцетальні, трихоломатальні, ентоломатальні, русулальні, агарикальні, гастероміцети. Визначник грибів України. Київ. Наукова думка, 1979. Т. 5. 566 с.

20. Philippoussis A., Zervakis G., Diamantopoulou P. Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms *Agrocybe aegerita*, *Volvariella volvacea* and *Pleurotus* spp. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2001. Vol. 17., №2 191–200. <https://doi.org/10.1023/A:1016685530312>
21. Wanzenböck E., Apprich S., Tirpanalan Ö., Zitz U., Kracher D., Schedle K., Kneifel W. Wheat bran biodegradation by edible *Pleurotus* fungi – A sustainable perspective for food and feed. *LWT*. 2017. Vol. 86. P. 123–131.
22. Chang S.T., Hayes W.A. *The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms*. Academic Press, 2013. 841 p.
23. Moonmoon M., Uddin M.N., Ahmed S., Shelly N.J., Khan M.A. Cultivation of different strains of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) on saw dust and rice straw in Bangladesh. *Saudi J Biol Sci*. 2010. Vol. 17, № 4. P. 341–345.
24. Xie C., Yan L., Gong W., Zhu Z., Tan S., Chen D., Hu Z., Peng Y. Effects of different substrates on lignocellulosic enzyme expression, enzyme activity, substrate utilization and biological efficiency of *Pleurotus eryngii*. *Cell Physiol Biochem*. 2016. Vol. 39, № 4. P. 1479–1494.
25. Janssen B.H. Nitrogen mineralization in relation to C: N ratio and decomposability of organic materials. In *Progress in Nitrogen Cycling Studies: Proceedings of the 8th Nitrogen Workshop held at the University of Ghent, 5–8 September*. Springer Netherlands. 1996. P. 69–75.
26. Методика проведення експертизи сортів рослин групи овочевих, картоплі та грибів на відмінність, однорідність і стабільність (Наказ Мінекономіки від 27 жовтня 2020р. № 2162-20). С. 1075–1125.
27. Harith N.B. Cultivation of *Flammulina velutipes* (golden needle mushroom/enokitake) on various agroresidues. Nooraishah binti Harith. PhD diss., University of Malaya. 2014. 131 p.
28. Leifa F., Pandey A., Soccol C.R. Production of *Flammulina velutipes* on coffee husk and coffee spent-ground. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. Tecpar, 2001. Vol. 44, № 2. P. 205–212.



29. Osińska-Jaroszuk M., Jaszek M., Sulej J., Stefaniuk D., Urbaniak M., Siwulski M., Janusz G. Complex biochemical analysis of fruiting bodies from newly isolated Polish *Flammulina velutipes* strains. *Polish J Microbiol.* 2016. Vol. 65. P. 295–305.
30. Rezaeian S., Pourianfar H.R. A Comparative study on bioconversion of different agro wastes by wild and cultivated strains of *Flammulina velutipes*. *Waste Biomass Valor.* 2017. Vol. 8, № 8. P. 2631–2642.
31. Chen Y. *Flammulina velutipes* variety, and cultivation method thereof: pat. CN105248285 USA. application date: 2015-09-24. 2015.
32. Stamets P. Growing gourmet and medicinal mushrooms. third edition. Berkeley, California: Ten Speed Press, 2000. 574 p.
33. Amin R., Khair A., AlIam N., Lee T. S. Effect of different substrates and casing materials on the growth and yield of *Calocybe indica*. *Mycobiology.* 2010. Vol. 38, № 2. P. 97–101.
34. Navathe S., Borkar P. G., Kadam J. J. Cultivation of *Calocybe indica* (P & C) in Konkan Region of Maharashtra, India. *World J Agric Res.* 2014. Vol. 2, №4. P. 187–191.
35. Estrada A.E.R., del Mar Jimenez-Gasco M., Royse D.J. Improvement of yield of *Pleurotus eryngii* var. *eryngii* by substrate supplementation and use of a casing overlay. *Bioresource Technology.* Elsevier, 2009. Vol. 100, № 21. P. 5270–5276..
36. Liu G.-Q., Qiu X.H., Cao L. Han R.C. Scratching stimuli of mycelia influence fruiting body production and ROS-scavenging gene expression of *Cordyceps militaris*. *Mycobiology.* Taylor & Francis, 2018. Vol. 46, № 4. P. 382–387.
37. Шкроміда В.В., Василюк М.М., Гнатюк Т.М. Економічний аналіз діяльності суб'єктів господарювання: посібник. Івано-Франківськ: Видавець Кушнір ГМ, 2016. 219 с.
38. Надвиничний С.А. Методологія дослідження економічної ефективності виробництва сільськогосподарської продукції. *Економічний аналіз.* Тернопільський національний економічний університет, 2016. № 25 (2). С. 115–121.

39. QI Macros SPC Software for Excel. [Electronic resource].  
URL:<https://www.qimacros.com/qi-macros/>.

40. Ушкаренко В.О. Програмно-інформаційний комплекс „Agrostat New”.  
Херсон: Айлант, 2013.

41. Бандура І.І., Бісько Н.А., Хареба В.В., Куц О.В., Хареба О.В.,  
Цизь О.М., Кулик А.С. Методика наукових досліджень у грибівництві. За ред.  
докт. с.-г. наук, проф., академіка НААН України Хареби В.В. Інститут  
овочівництва і баштанництва НААН. Київ, 2022. 128 с.

## РОЗДІЛ III

### АНАЛІЗ ЕЛЕМЕНТІВ АДАПТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ГРИБІВ РОДУ *PLEUROTUS* (FR.) P. KUMM. ЯК МОДЕЛІ КУЛЬТИВУВАННЯ КСИЛОТРОФІВ

Відомо, що історія штучного вирощування роду Глива має короткий часовий відлік як порівняти з печерицею або шіїтаке, втім стрімко розвивається та постійно удосконалюється за рахунок високої зацікавленості світового ринку і, відповідно, численних наукових досліджень та практичних розробок [1–4]. Високий поліморфізм плодових тіл різних штамів, унікальні особливості їхньої фізіології, що впливають на необхідність змін у формулах субстратів та мікрокліматичних умов під час інкубації та плодоношення, є визначними факторами загальної ефективності культури та, відповідно, регламенту її виробництва. У попередніх дослідженнях було доведено важливість наукового скринінгу локальних екотипів гливи для розширення асортименту за формою та кольором плодових тіл [5–7]. Але успішна промислова інтродукція нових штамів та видів можлива лише за отримання максимальної продуктивності штаму, привабливого зовнішнього вигляду та харчової цінності плодових тіл, які задовольняють як споживача за якісними характеристиками, так і виробника - за кінцевим прибутком. Вплив способів температурної обробки субстрату та складу посівного зернового міцелію на ефективність вирощування гливи звичайної та гливи легеневої було досліджено попередніми експериментами з 2004 по 2014 рік, а подальші досліді мали за мету виявити загальні закономірності формування якості та харчової цінності плодових тіл цих та інших видів роду Глива для забезпечення зростаючих вимог сучасного ринку та підвищення основних показників ефективності їхнього культивування.

### **3.1 Визначення особливостей промислового культивування штамів *Pleurotus ostreatus*.**

Сучасний ринок грибів висуває підвищені вимоги до конкурентоздатності продукції, яка визначається не тільки високою споживчою якістю та певним різноманіттям органолептичних показників, а й також зниженням собівартості та оптимізацією логістичних операцій. Зрозуміло, що в умовах постійного зростання вартості енергоносіїв та сировинних матеріалів питання зниження собівартості може бути вирішеним лише за рахунок підвищення ефективності вирощування культури. На наш погляд, основними напрямками наукового обґрунтування енергоефективних технологій вирощування грибів є:

1) підвищення елективності субстратних композицій за рахунок оптимальної термічної обробки сировини та збагачення формули субстрату за рахунок додавання доступних агротехнічних залишків;

2) пошук штамів з придатними морфологічними ознаками, високою термотолерантністю та біологічною ефективністю;

3) впровадження технологічних заходів, які сприяють підвищенню врожаю та покращенню його якісних показників.

Частково ці питання були вирішені попередніми дослідженнями, де було доведено ефективність впровадження технології аеробної ферментації у високому шарі для виготовлення субстратів, запропоновано технологічні процедури для покращення якості посівного матеріалу та проведено скринінг 18 штамів з Колекції культур шапинкових грибів ІВК [5,8]. Результати представлених досліджень обґрунтовують необхідність підтримання широкого асортименту штамів, доводять позитивний вплив використання низькоконцентрованих розчинів хлориду натрію та додавання олієвмісних компонентів у процесі виготовлення субстратів, визначають необхідність підбору розмірів перфорацій та урахування системи розташування субстрату в системі технологічних заходів, націлених на формування необхідних морфологічних параметрів плодових тіл гливи.

**3.1.1 Оцінка впливу субстратів, виготовлених методом аеробної ферментації у високому шарі (АФВШ), на ефективність вирощування *Pleurotus ostreatus*.** Статистичним аналізом отриманих даних не виявлено суттєвих відмінностей в показниках якості субстрату, виготовлених методом АФВШ на трьох дослідних підприємствах, що дозволяє говорити про сталість результатів такої обробки сировинних компонентів. Фізико-хімічні показники досліджуваних субстратів відповідали вимогам вітчизняної нормативної документації (ДСТУ 7316:2013 Міцелій їстівних грибів субстратний. Технічні умови) [9] (табл.3.1).

Таблиця 3.1

**Динаміка показників субстратів, отриманих методом АФВШ, за роками 2014-2020 (середнє за рік  $\pm$  ст. помилка)**

Рік	Вміст вологи, %	pH	Вміст нітрогену загального, %	Вміст золи, %	Співвідношення C/N
2014	73,4 $\pm$ 0,5	7,10 $\pm$ 0,2	0,90 $\pm$ 0,10	5,63 $\pm$ 0,3	57 $\pm$ 8,7
2015	74,0 $\pm$ 0,9	6,95 $\pm$ 0,1	0,87 $\pm$ 0,04	6,84 $\pm$ 0,7	57 $\pm$ 2,8
2016	73,0 $\pm$ 1,4	7,41 $\pm$ 0,4	0,54 $\pm$ 0,06	9,41 $\pm$ 1,1	98 $\pm$ 18,1
2017	74,2 $\pm$ 1,4	7,61 $\pm$ 0,4	0,59 $\pm$ 0,05	7,65 $\pm$ 0,6	85 $\pm$ 6,9
2018	70,6 $\pm$ 1,3	7,10 $\pm$ 0,4	0,86 $\pm$ 0,10	6,17 $\pm$ 0,4	65 $\pm$ 9,9
2019	72,1 $\pm$ 1,3	7,69 $\pm$ 0,4	0,89 $\pm$ 0,20	7,57 $\pm$ 0,98	69 $\pm$ 21,5
2020	72,8 $\pm$ 1,8	7,85 $\pm$ 0,2	0,78 $\pm$ 0,15	5,81 $\pm$ 0,7	63 $\pm$ 7,3

*Примітка:* вміст вологи, нітрогену та золи розраховували на абсолютно суху масу зразків

Результати аналізів вмісту вологи та показників pH за 7 років моніторингу субстратів різних підприємств суттєво не відрізнялись (Додаток Л, табл. Л1, рис.Л.1-2). Це пов'язано з можливістю регулювання цих показників за результатами експрес-аналізів безпосередньо на виробництві. Вміст нітрогену, золи та, відповідно, співвідношення карбону до нітрогену залежали від характеристик доступної рослинної сировини, мали широку варіативність значень та потребували постійного збалансування за результатами аналізів складових компонентів субстратів, які здійснювали у спеціалізованих лабораторіях. Тому для проектування формули субстрату була розроблена програма розрахунку на базі Microsoft Windows 10 Excel (2019), яка, на відміну від попередніх варіантів,

запропонованих науковцями, дозволяє визначити співвідношення основних компонентів та необхідних добавок за масою у відповідності до бажаного вмісту вологи [10,11] (Додаток В.1, табл. В.1).

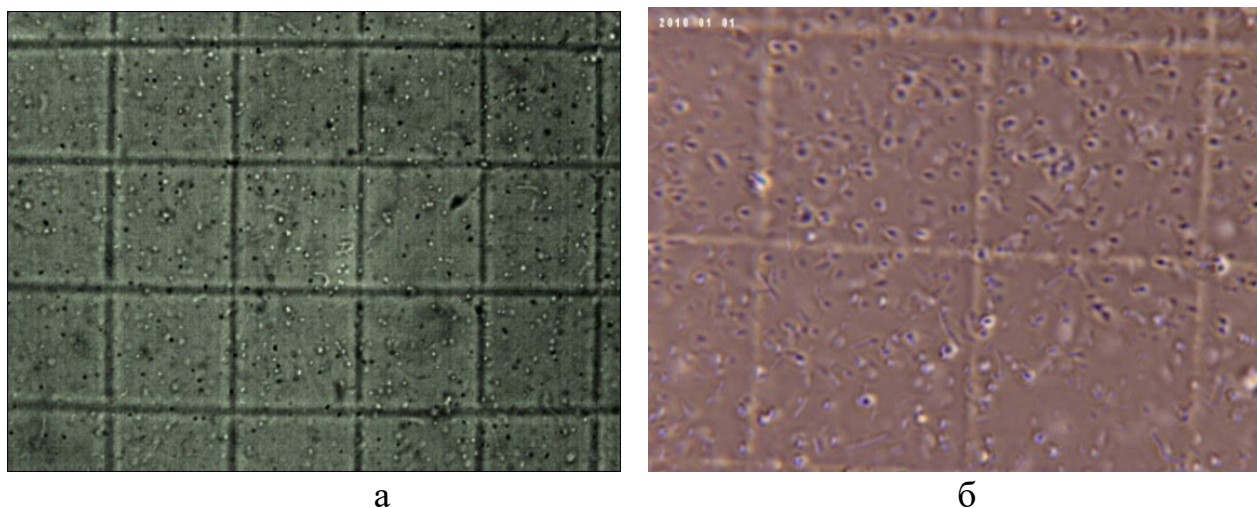
Крім збалансованості хімічного складу, важливим фактором елективності субстратів є склад та кількісні показники мікробіологічних сукцесій, що розвиваються впродовж ферментації [12]. Попередніми дослідженнями підтверджено сталість якісних та кількісних характеристик мікробіоти таких субстратів. Було визначено, що домінують сукцесії термофільних бактерій *Bacillus licheniformis* та *Raenibacillus lactis* які зустрічались на субстратах, отриманих з подібної сировини. Цікаво, що видовий склад бактерій не розрізнявся за місцем приготування субстрату. Співвідношення термофільних та мезофільних мікроорганізмів в таких субстратах складало у середньому  $1,2 \times 10^4$  / 1 КУО, а загальна кількість термофільних організмів перевищувала  $2,0 \times 10^6$  КУО/г. [13, 14]. Тривале порівняння даних з мікроскопії змивів дало змогу впровадити метод експрес-аналізу мікробіоти субстратів для культивування грибів видів роду *Pleurotus*, виготовлених методом АФВШ [15].

Експрес-аналіз дозволяє швидко визначити мікробіологічну елективність субстрату та прийняти рішення щодо його використання, або, навіть, утилізації неякісного субстрату. Інколи такий варіант є більш економічною доцільним, бо не потребує витрат часу, людських ресурсів та посівного матеріалу. За допомогою мікроскопії змиву визначали однорідність бактеріальної сукцесії субстрату, що давало змогу прийняти рішення щодо інокуляції субстрату (рис.3.1 - а, б) або продовження його температурної обробки у разі недостатньої щільності бактеріальної сукцесії чи суттєвої неоднорідності мікробіоти (рис. 3.2 – а, б).

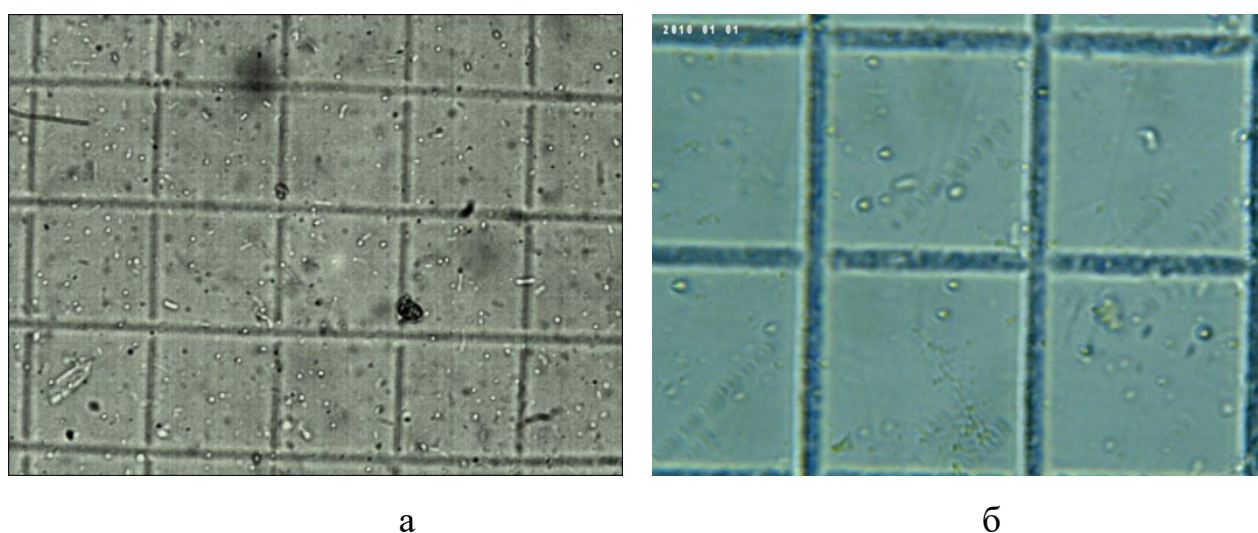
Однак, потрібно зауважити, що таке рішення має враховувати температурні режими процесу. Наприклад, на рис. 3.2 -а, зафіксовано придатний результат субстрату, але зі зменшеною до 8 годин тривалістю фази кондиціонування (температура 45-55 °С). Отже, за виробничих вимог, обробку можливо подовжити для нарощування термофільних бактерій, або закінчити. На рис. 3.2 – б зображено

результат, отриманий за некерованого розігріву маси субстрату на фазі пастеризації до 82 °С впродовж 4-х годин.

Можливість нарощення сукцесії у цьому випадку є сумнівною, тому з урахуванням практичної стерильності субстрату, процес обробки продовжувати не варто, але потрібно створити асептичні умови для його інокуляції.

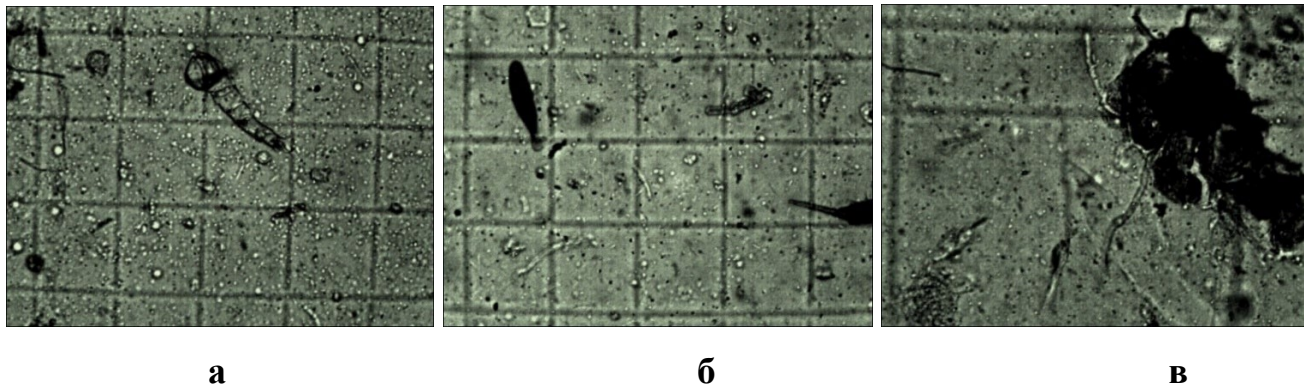


**Рис. 3.1. Фото змивів субстратів після класичного проведення АФВШ (4 доби) з придатною однорідністю сукцесій: а) знімок камерою MICROmed MDC-500 1.3 MP з об'єктивом 40x мікроскопа Granum L 2002; б) аналіз проведено на мікроскопі Bresser Biolux LCD 50-2000x з об'єктивом 40x.**



**Рис. 3.2. Фото змивів субстратів з порушеннями режиму АФВШ: а) коротка фаза «кондиціонування», (камера MICROmed MDC-500 1.3 MP, об'єктив 40x мікроскопа Granum L 2002); б) пастеризація за температури вище 80 °С (Bresser Biolux LCD 50-2000x з об'єктивом 40x).**

Інколи, за наявності великої кількості спор плісневих грибів у змивах, виявлених цим методом, виникає необхідність повторення процесу термічної обробки сировини (рис. 3.3 - а, б).



**Рис. 3.3. Фото змивів субстратів після АФВШ, які не відповідають критеріям мікробіологічної якості (камера MICROmed MDC-500 1.3 MP, об'єктив 40x мікроскопа Granum L 2002).**

Втім, таке рішення можливе лише за умови збереження структури рослинної сировини. Потрібно сказати, що прояви суттєвої мацерації, коли субстрат втрачав пружність, спостерігали рідко, лише за високого відсотку сіна бобових або лугових трав у складі суміші (більше 10 % за масою сухих компонентів). У таких випадках неякісний субстрат вивантажували з тунелю (камери ферментації), формували бурти розміром не більше, ніж 1×1 метр, та частково додавали до наступних сировинних сумішей (не більше 30 %). Необхідно враховувати необхідність контролю температури у буртах, яка має підтримуватися на рівні, що забезпечуватиме вегетативний розвиток спор, присутніх у субстраті (24 - 32 °С). Також потрібно розуміти, що тривалість знаходження субстрату у таких буртах є лімітованою коротким циклом вегетації плісневих грибів і повторна контамінація (обсмінення) субстрату є цілком можливою після 3 доби зберігання зволоженої рослинної маси.

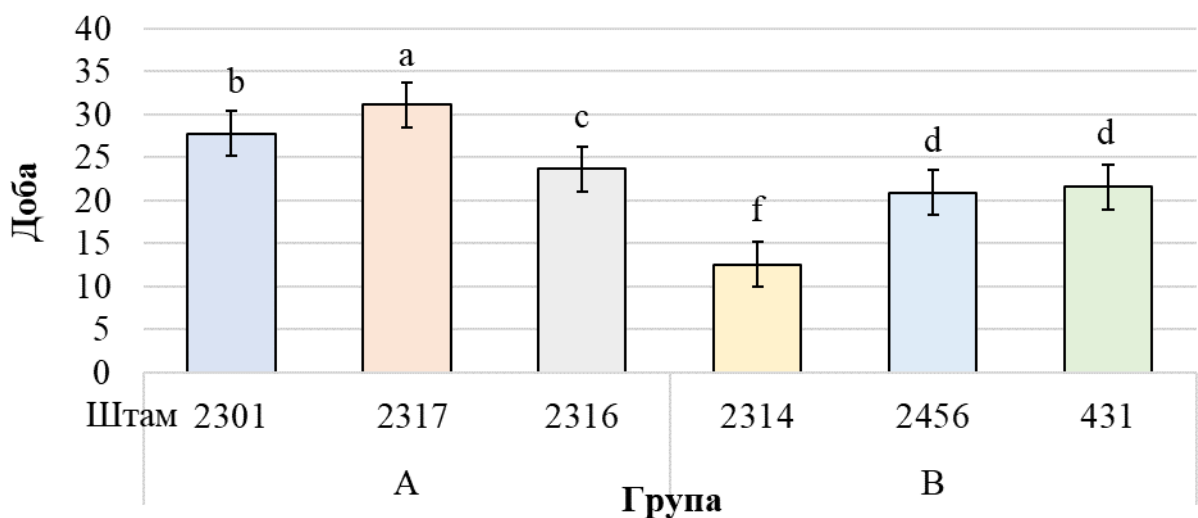
Наявність у виготовленому субстраті живого міцелію плісневих грибів, одноклітинних організмів: інфузорій, амеб, говорить про неякісну термічну підготовку (рис.3.3 -в). Субстрат потрібно переробити або утилізувати.



Проведення експрес-аналізу мікробіоти субстратів на всіх етапах його підготовки дає можливість визначити тривалість кожної фази процесу, забезпечити впевненість в обраних температурних режимах, та змінювати їх за технічної необхідності. Такий підхід робить метод АФВШ гнучким та ефективним навіть за використання рослинної сировини, що має високу мікробіологічну забрудненість.

Науковцями доведено, що метод АФВШ має головну перевагу над іншими методами температурної обробки субстрату за рахунок більшої доступності рослинних складових [16, 17]. Втім, також відомо, що культивари мають індивідуальні особливості ферментних систем і це має суттєвий вплив на ефективність їхнього вирощування з використанням субстратів, виготовлених методом АФВШ (Додаток В.2, В.4; рис. В.1, В.3)

За результатами однофакторного аналізу визначені істотні відмінності між тривалістю вегетаційного циклу 5 штамів *P. ostreatus* (2301, 2316, 2317, 2456, 431) та *P. pulmonarius* 2314, умовно поділених на дві групи: зимового (А) та літнього (В) сезону культивування (рис. 3.4).

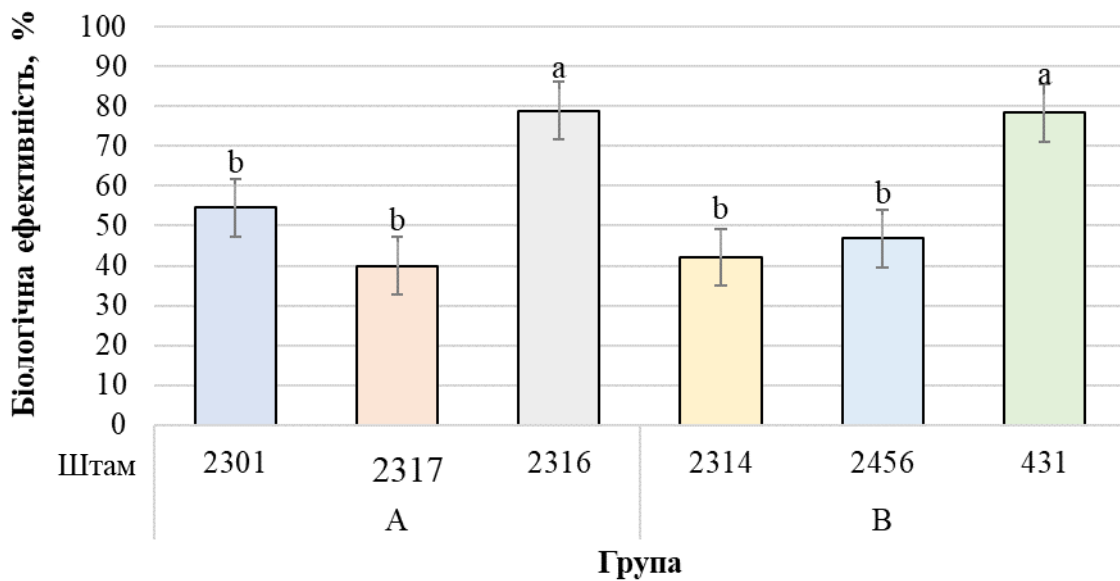


**Рис. 3.4.** Тривалість вегетаційного циклу досліджених штамів *Pleurotus ostreatus* та *Pleurotus pulmonarius* за групами А – зимового, В – літнього сезонів культивування (за I хвилю плодоношення, середнє за 2011-2019 рр., статистична відмінність між результатами за  $p < 0,05$  показана різними буквами латинського алфавіту)

Масова доля цих штамів складала 90% із загального обсягу гливи, яку з 2011 по 2019 рік вирощували в Україні на субстратах, виготовлених методом АФВШ. Найдовшу тривалість вегетації було визначено для штаму *P. ostreatus* 2317, першу хвилю врожаю якого збирали через  $31,1 \pm 0,6$  доби. Цей показник у 2,5 рази перевищував час отримання врожаю штаму *P. pulmonarius* 2314, гриби якого збирали через  $12,6 \pm 0,2$  діб. Потрібно зауважити, що врожай цього штаму навіть у зимовий період за температури культивування  $14 \pm 2$  °С починали збирати на 14-16-у добу з початку інокуляції.

Порівнянням середніх між групами виявлено загальну тенденцію збільшення тривалості вегетаційного циклу у штамів зимового культивування. Цікаво, що в усіх досліджених штамів з групи зимового культивування за вирощування в умовах підвищених температур (вище 20 °С) вегетативний цикл подовжувався на 7-10 діб, або перехід до плодоутворення був відсутнім. У таких випадках спостерігали поступове накопичення товстого шару повітряного міцелію в підплівковій зоні. Однак, у штамів літньої групи за температури нижче 14 °С примордії з'являлися із запізненням, але врожай за масою не відрізнявся від результатів літнього вирощування.

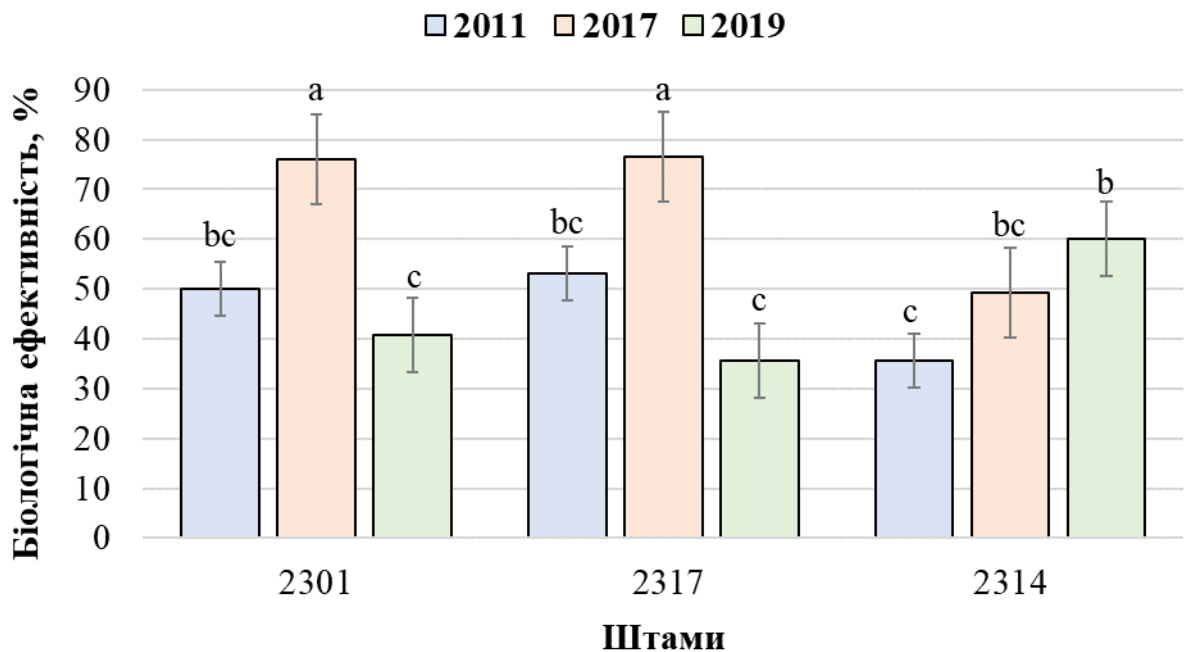
Моніторинг показників біологічної ефективності (БЕ) дав змогу виявити суттєві відмінності між окремими штамми ( $p < 0,01$ ), тоді як загальні групові тенденції були відсутніми (рис.3.5). Контрольні штами *P. ostreatus* 2301 та *P. pulmonarius* 2314, які за результатами попередніх досліджень мали доведено стали відтворюваність та було внесено до Державного реєстру сортів, придатних до поширення, статистично відрізнялись за цим показником від інших варіантів досліду та між собою [5] (Додаток В.3, В.5; рис. В.2, В.4). За результатами однофакторного аналізу найвищу БЕ мали штами *P. ostreatus* 2316 ( $78,9 \pm 7,3$  %) та 431 ( $78,4 \pm 2,3$  %), що практично в 1,5 - 2 рази перевищувало показники інших штамів, а найменшу - *P. ostreatus* 2317 з результатом  $39,99 \pm 7,2$  %. Ефективність культивування штамів *P. pulmonarius* 2314 та *P. ostreatus* 2456 була невисокою,  $42,1 \pm 5,0$  та  $46,8 \pm 5,5$  % відповідно.



**Рис. 3.5.** Біологічна ефективність штамів *Pleurotus ostreatus* та *Pleurotus pulmonarius* за групами А – зимового, В – літнього сезонів культивування (за I хвилю плодоношення, середнє за 2011-2019 рр., статистична відмінність між результатами за  $p < 0,05$  показана різними буквами латинського алфавіту).

Вважається, що маса першої хвилі плодоношення є показовою для економічного обґрунтування ефективності вирощування культури [18]. Втім, для штамів з коротким технологічним циклом, таких як *P. pulmonarius* 2314, більш коректним буде врахування врожаю наступних хвиль, який за часом співпадає з термінами збору врожаю першої хвилі інших штамів. На нашу думку, цей факт потрібно врахувати у подальших дослідках та для економічних розрахунків.

Для дослідження загальної динаміки змін продуктивності штамів за роками було обрано 3 штами, результати яких було підтверджено не менше ніж за 10 циклів вирощування у певному році. Двохфакторним аналізом з повтореннями (ANOVA 2 factor with 11 repetitions - загалом 11 циклів) було визначено суттєвий вплив на БЕ фактору року ( $p < 0,001$ ) та відсутність різниці між показниками окремих культур ( $p = 0,168$ ) (рис. 3.6).



**Рис.3.6. Біологічна ефективність штамів *Pleurotus ostreatus* 2301, 2317 та *Pleurotus pulmonarius* 2314 за результатами промислового культивування (за I хвилю плодоношення, середнє за рік; статистична відмінність між результатами за  $p < 0,05$  показана різними буквами латинського алфавіту).**

Штами *P. ostreatus* 2301 та 2317 характеризувалися більш високою ефективністю у 2011 та 2017 роках, тоді як штам *P. pulmonarius* 2314 мав найбільшу ефективність у 2019. Загальне зростання ефективності культивування з 2011 по 2017 можливо пов'язане не тільки з певним підвищенням якості субстратів, а також з удосконаленням технології культивування.

Втім, у такому випадку, суттєве зниження біологічної ефективності штамів *P. ostreatus* 2301 та 2317 у 2019 році можливо пояснити лише погіршенням елективності субстратів. Такий висновок підтверджується тим, що біологічна ефективність штаму *P. pulmonarius* 2314 у 2019 році була суттєво вищою як порівняти з іншими роками та іншими штамми, що культивувалися на однакових субстратах. У попередніх дослідженнях (2004 – 2014 рр.) було визначено низький рівень кореляції показника БЕ% штаму *P. pulmonarius* 2314 з показниками якості посівного матеріалу, оптимізації формули субстратів та навіть мікрокліматичних умов [5]. Тому отримані результати додатково доводять високий потенціал цього

штаму як для вітчизняного, так і світового грибовиробництва (Додаток В.6, рис. В.5).

Визначені коливання продуктивності досліджених штамів за роками визначають необхідність подальших експериментів щодо удосконалення формул субстратних композицій, які мають базуватися на біохімічному аналізі рослинної сировини та добавок. Відома залежність складу сировини від кліматичних умов, кількості внесених добрив, навіть умов її зберігання, тощо. Проведений аналіз підтверджує необхідність постійного коригування формул субстрату для підвищення сталості показників ефективності виробництва.

Втім, порівняння результатів дослідів з опублікованими раніше даними щодо біологічної ефективності штамів *P. ostreatus* та *P. pulmonarius* при вирощуванні на різних агровідходах доводить перспективність застосування субстратів, виготовлених методом АФВШ, у промисловому виробництві. Однією з переваг цього методу є скорочення терміну інкубації (найкоротший -12,6 доби для *P. pulmonarius* 2314 та найдовший - 31 доба *P. ostreatus* 2317), що значно менше, ніж дані інших дослідників, які фіксують отримання плодових тіл на 18 - 25 добу для штамів *P. pulmonarius* та 28 - 35 добу для штамів *P. ostreatus* [19–22]. Також безсумнівною перевагою такої технології є відсутність втрат субстрату за рахунок контамінації конкурентними мікроміцетами.

**3.1.2 Аналіз елементів технологічної якості плодових тіл штамів *Pleurotus ostreatus* та *Pleurotus pulmonarius*.** За результатами попереднього скринінгу 19 штамів *P. ostreatus* та *P. pulmonarius* та наведеного у роботі аналітичного аналізу культивування 6 штамів, які найбільше представлені на сучасному вітчизняному ринку свіжих грибів, визначено необхідність пошуку оптимального балансу між показниками продуктивності, зовнішньою привабливістю плодових тіл та їх смаковими характеристиками [7]. Так, за відсутності розвинутого переробного сектору, виробництво найбільш високоврожайних штамів 2316 і 431 є обмеженим. Їх плодові тіла мали ряд суттєвих недоліків, які були виявлено за аналізом габітусу та оцінки

органолептичних показників (табл. 3.2, рис. 3.7-3.12). Обидва штаму мали жорстку ніжку, структура якої не пом'якшувалась навіть після бланшування. Шапинки цих штамів були доволі тендітними, легко руйнувалися після механічного впливу, мали помірну пігментацію, яка зменшувалась після термічної обробки.

Таблиця 3.2

**Органолептична оцінка плодових тіл досліджених штамів (2017-2019 рр.)**

Ознака	Штами					
	2301	2317	2316	2314	2456	431
Колір	темно-сірий	темно-сірий	сірий	світло-коричневий	темно-бежевий	темно-бежевий
Текстура	м'яка	м'яка	жорстка	м'яка	середня	жорстка
Аромат	слабкий	слабкий	слабкий	насичений	слабкий	слабкий
Шапинка	товста	товста	середня	тонка	тонка	середня
Діаметр ніжки	великий	великий	великий	маленький	середній	середній

Штами зимового культивування *P. ostreatus* 2301 та 2317 мали більш насичене темно-сіре забарвлення поверхні шапинки, щільну м'якоть та ніжку текстуру ніжок, яка, незважаючи на товщину, не ставала жорсткою навіть після теплового впливу (рис. 3.7 - 3.9). Ці штами характеризувалися великими (до 140 плодових тіл) зростками з м'якою основою. Зростки штаму *P. ostreatus* 2316 мали подібні розміри, але відрізнялись цупкою основою, яка мала щільне прикріплення до субстрату. Плодові тіла цього штаму мали жорстку подовжену ніжку та тонкий краєчок шапинки, який швидко розтріскувався навіть за легкого механічного струшування тари з сировиною (рис. 3.9). Зростки плодових тіл штамів групи В були більш рихлими, основа зростку - більш жорсткою.



а



б

Рис. 3.7. Зростки (а) та плоді тіла (б) *Pleurotus ostreatus* 2301 (група А)



а



б

Рис. 3.8. Зростки (а) та плоді тіла (б) *Pleurotus ostreatus* 2317 (група А)



а



б

Рис. 3.9. Зростки (а) та плоді тіла (б) *Pleurotus ostreatus* 2316 (група А)

Втім, плодові тіла в зростках штаму *P. pulmonarius* 2314 розвивались окремо, без створення основи, що дозволяло легко розділяти плодові тіла при сортуванні, без втрати маси. Крім того, середні розміри плодкових тіл цього штаму були істотно меншими, що грає важливу роль при виготовленні консервів, бо немає необхідності проводити подрібнення перед укладанням в банку (рис. 3.10 - б).



**Рис. 3.10. Зростки (а) та плодові тіла (б) *Pleurotus pulmonarius* 2314 біологічної (а) та технічної (б) стиглості (група В)**

Для опису кольору, не дивлячись на відсутність «бежевого» та «світло-коричневого» відтінку в «Методиці проведення експертизи сортів рослин групи овочевих, картоплі та грибів на відмінність, однорідність і стабільність», ми змушені були використовувати це визначення, так опис «світло-коричневий» використовувався для характеристики кольору шапинок штаму *P. pulmonarius* 2314, відтінок покривних тканин ПТ якого був на декілька тонів темнішим. Всі штами групи В (літні) мали значно світліше забарвлення шапинок, яке характеризувалось відсутністю насичених сірих або коричневих тонів (рис.3.10 - 12).



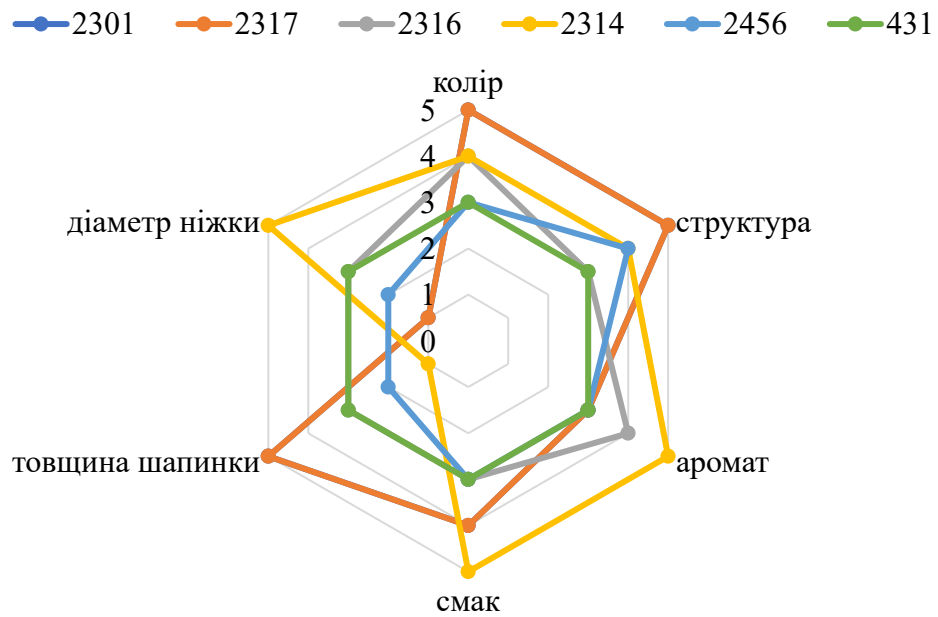


**Рис. 3.11.** Зростки (а) та плоді тіла (б) *Pleurotus ostreatus* 2456 біологічної стиглості (група В)



**Рис. 3.12.** Зростки (а) та плоді тіла (б) *Pleurotus ostreatus* 431 технічної стиглості (група В)

За експертним аналізом органолептичних показників сировини після відварювання найбільш високу оцінку отримали плоді тіла штаму *P. pulmonarius* 2314, діаграма якості якого за рахунок вищих балів за аромат мала більшу площу, як порівняти зі штамми *P. ostreatus* 2301 та 2317, графіки оцінки яких збігалися і накладалися один на одного та були меншими за площею (рис. 3.13). Найнижчу оцінку якості у дослідженні мав штам *P. ostreatus* 2456, який характеризувався маленькою тонкою шапінкою, котра у відвареному стані втрачала пружність (рис. 3.11. - б).

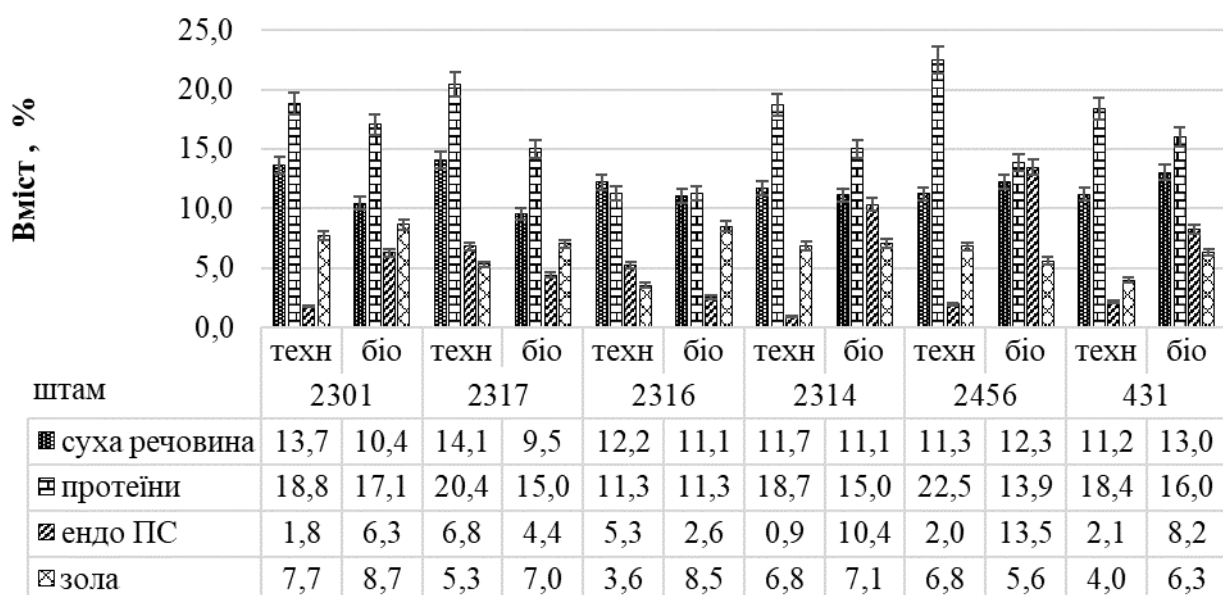


**Рис. 3.13. Оцінка органолептичних показників плодових тіл досліджених штамів *Pleurotus ostreatus* та *Pleurotus pulmonarius***

Штами *P. ostreatus* 2316 та 431 мали задовільні органолептичні характеристики плодових тіл після відварювання, але штам *P. ostreatus* 2316 відрізнявся більш насиченим кольором та ароматом ніж *P. ostreatus* 431. Слід зазначити, що колір шапинок усіх штамів після короткочасної температурної обробки суттєво не змінювався, отже штамми 431 та 2456 групи В мали світліше ніж група А забарвлення після відварювання.

### **3.1.3 Оптимізація термінів збирання для формування якості грибної сировини.**

Важливою складовою формування якості грибів є харчова цінність та вміст біоактивних речовин. Для визначення оптимального терміну збирання врожаю було проведено оцінку сировини різного ступеню стиглості. За результатами аналізу виявлено тенденцію зниження вмісту сухих речовин за досягнення ступеня біологічної стиглості у штамів групи А та штаму *P. pulmonarius* 2314 (група В) (рис. 3.14). У штамів *P. ostreatus* 2456 та 431 навпроти, з віком кількість сухих речовин у плодових тілах підвищувалась на 2 %. Найбільші втрати сухих речовин після дозрівання було визначено у штамів *P. ostreatus* 2317 та 2301- на 4,6 та 3,3 % відповідно.



**Рис. 3.14. Вміст сухих речовин, протеїнів, ендopolісахаридів (ендоПС) та золи в плодових тілах досліджених штамів *Pleurotus ostreatus* та *Pleurotus pulmonarius* технічної (техн) та біологічної (біо) стиглості (за середнім, 2017-2019 рр.,  $n = 5$ )**

Отже, з метою отримання максимальної кількості сухих речовин у сировині гриби штамів «зимової» групи А та *P. pulmonarius* 2314 (група В) потрібно збирати до початку спороношення, яке є показником настання біологічної стиглості, тоді як плодові тіла штамів «літнього» культивування (*P. ostreatus* 2456 та 431) більш зрілими.

Плодові тіла штамів *P. ostreatus* 2317 і 2456 технічної стиглості містили найбільшу кількість протеїнів:  $20,4 \pm 1,1$  та  $22,5 \pm 1,9$  % відповідно, кількість яких знижувалась до  $15,0 \pm 0,8$  та  $13,9 \pm 1,0$  % при подальшому дозріванні. Найменший вміст протеїнів ( $11,3 \pm 1,3$  %) було визначено в плодових тілах штаму *P. ostreatus* 2316, але за середніми значеннями цей показник залишався сталим на різних стадіях стиглості грибів. Цікаво, що для інших штамів в обох групах показник вмісту протеїнів знижувався з часом дозрівання.

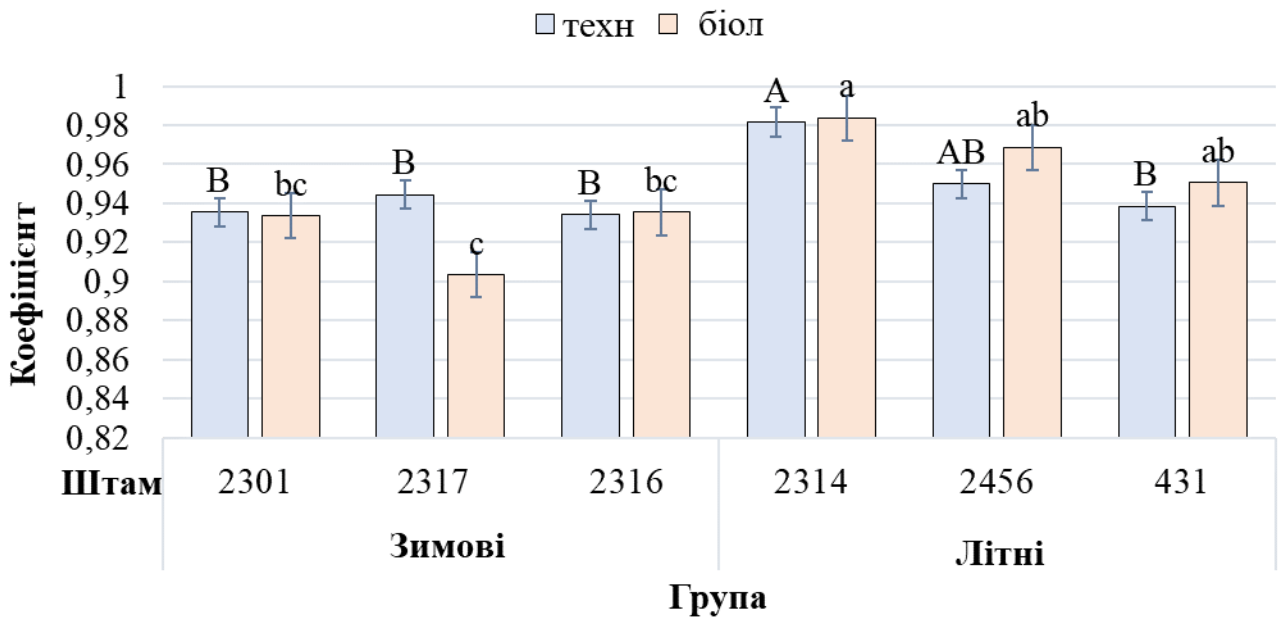
Виявлено, що вміст ендopolісахаридів в 4 - 10 разів зростав у зрілих плодових тілах штамів групи В та більше ніж в 3 рази в ПТ штаму *P. ostreatus* 2301 (група А). Навпаки, у штамів *P. ostreatus* 2317 і 2316 (група А) відзначали

зменшення вмісту цих глюканів у зрілих ПТ, але ці зміни були менш значимими (в 1,5–2 рази).

Загальний вміст золи в плодових тілах усіх вивчених штамів варіював від  $3,6 \pm 0,7$  % (2316 - технічна стиглість) до  $8,7 \pm 1,0$  % (2301 – біологічна) та мав позитивну кореляцію з терміном досягання, за винятком штаму 2456, зрілі плодові тіла якого містили золи на 1,3 % менше проти молодих грибів.

Отже, за результатами двохфакторного аналізу хімічних показників плодових тіл різних штамів (фактор А) та різного ступеню стиглості (фактор В) за вирощування на субстратах зі сталими технічними показниками та контрольованих умовах мікроклімату визначені істотні відмінності ( $p < 0,05$ ). Такий аналіз динаміки змін хімічного складу під час морфогенезу плодових тіл було проведено вперше. Отримані результати узгоджуються з опублікованими даними інших дослідників, які зазначають, що вміст сухих речовин (СР) в плодових тілах гливи значно коливається. Наприклад, вміст протеїнів складає від 15 до 35 % СР, а вміст золи - від 1,5 до 12,3 % [23,24]. Звичайно, такі розбіжності пов'язують з генетичними особливостями штамів, формулами субстратів та екологічними умовами культивування [25–28]. Втім, визначені зміни біохімічного складу плодових тіл різного ступеня стиглості підтверджують необхідність декларування цієї характеристики у публікаціях, присвячених харчовій цінності грибної сировини.

Важливим показником ефективності впровадження штаму в промислову культуру є мінімізація втрат грибної сировини на післязбиральному етапі, під час ручного очищення та сортування, коли видаляють основу зростку із залишками субстрату та розділяють його на окремі плодові тіла. Виготовлення фаршу такого розділення не потребує, але для інших видів переробки воно є необхідною складовою процесу, що суттєво підвищує як якість грибних напівфабрикатів, так і їхню вартість. Найбільші коефіцієнти виходу напівфабрикатів після ручного очищення та сортування ( $K_{вн}$ ) визначено після обробки зростків *P. pulmonarius* 2314 (В) в обох варіантах стиглості:  $K_{вн} = 0,9879 \pm 0,001$  (технічна) та  $0,9812 \pm 0,004$  (біологічна) (рис.3.15).

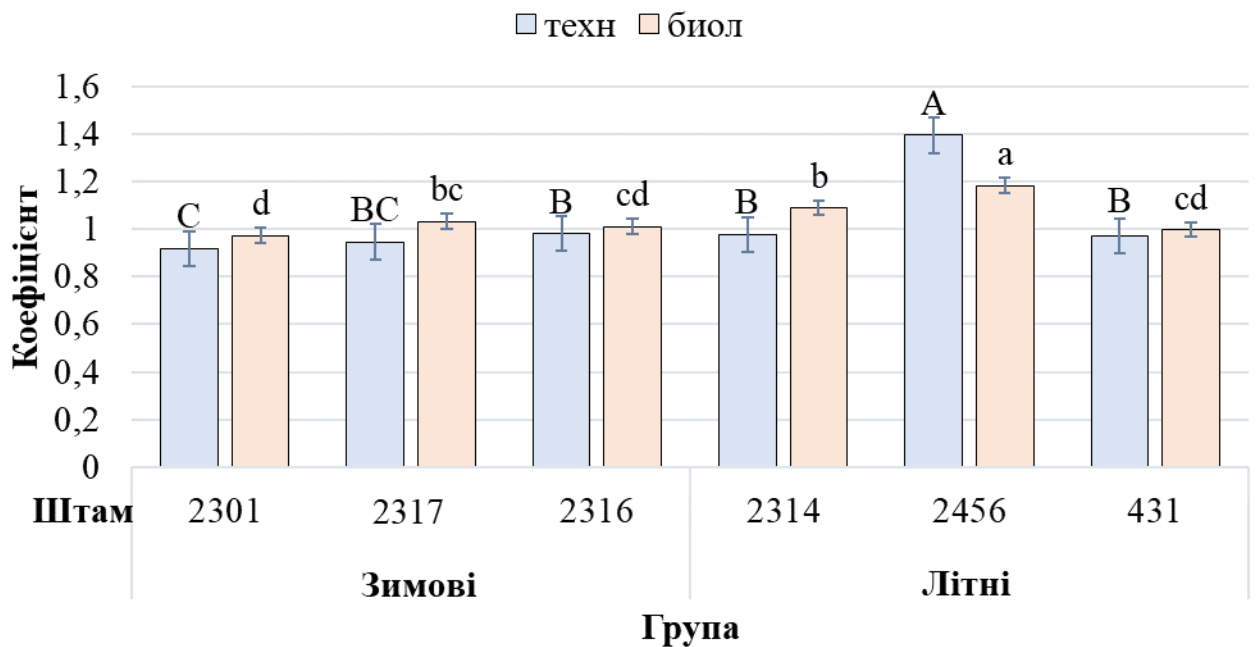


**Рис. 3.15. Коефіцієнт виходу грибного напівфабрикату після очищення та сортування зростків: «техн» - технічна, «біол» - біологічна стиглість; статистична відмінність між результатами за  $p < 0,05$  показана різними буквами латинського алфавіту: А, В – техн. стиглість; а, b, с -біологічна, 2018-2020 рр.).**

Такий результат був прогнозованим, з оглядом на відсутність у даного штаму основи зростку. Найменшу кількість сировини отримали після очищення зростків штаму *P. ostreatus* 2317, зібраних у стадії біологічної стиглості ( $K_{вн} = 0,9044 \pm 0,024$ ). За результатами статистичного аналізу даних доведено суттєвий вплив факторів стиглості ( $p = 0,028$ ) та індивідуальних ознак штамів ( $p < 0,001$ ) на цей показник. Цікаво, що втрати сировини технологічної стиглості усіх досліджених штамів були подібними, та не перевищували 7 %, за виключенням штаму *P. pulmonarius* 2314, втрати якого склали менше 2 % незалежно від терміну збирання. Також,  $K_{вн}$  для сировини біологічної стиглості «зимової» групи не відрізнялись від  $K_{вн}$  технічної стиглості, за виключенням штаму *P. ostreatus* 2317. Але статистичним порівнянням середніх коефіцієнтів між групами за критерієм *Mann-Whitney U Test* виявлено тенденцію зменшення втрат сировини біологічної стиглості у штамів «літньої» групи. Тому, з урахуванням сезонного зниження споживання свіжих грибів улітку та відповідно до отриманих результатів, що обґрунтовують суттєве зниження собівартості грибною сировини у

цей час, планування основного об'єму вироблення консервів чи інших продуктів переробки грибів у літній сезон виглядає доцільним.

Відварювання впродовж 5 хвилин (бланшування) практикують як первинну операцію температурної обробки у процесі маринування чи ферментації грибів. Статистичним аналізом результатів втрат сировини після такої операції визначені суттєві відмінності коефіцієнтів виходу напівфабрикатів ( $K_{вн}$ ) між штамми, тоді як стиглість плодових тіл була суттєвим фактором лише для трьох штамів: *P. ostreatus* 2317 ( $p = 0,006$ ), 2456 ( $p = 0,003$ ) та *P. pulmonarius* 2314 ( $p = 0,009$ ) (рис.3.16).



**Рис. 3.16. Коефіцієнт виходу грибного напівфабрикату після відварювання плодових тіл впродовж 5 хв; «техн» - технічна, «біол» - біологічна стиглість; статистична відмінність між результатами за  $p < 0,05$  показана різними буквами латинського алфавіту: А, В, С для технічної стиглості; а, b, с, д – для біологічної, 2018-2020 рр.).**

Найвищі результати  $K_{вн} = 1,3933 \pm 0,0176$  (технічна стиглість) та  $K_{вн} = 1,1822 \pm 0,0261$  отримували за переробки грибів штаму *P. ostreatus* 2456, відварювання яких збільшувало масу сировини на 39 % та 18 % відповідно. Ми пов'язуємо цей

факт з уже відомою особливістю протеїно-глюканових комплексів грибів, здатних до утримання вологи.

Найменший коефіцієнт виходу напівфабрикату визначили після короткочасного відварювання грибів штаму *P. ostreatus* 2301 з  $K_{en} = 0,9190 \pm 0,0214$  (технічна стиглість) та  $0,9727 \pm 0,0103$  (біологічна). Потрібно додати, що тенденцію підвищення коефіцієнту з настанням біологічної стиглості було доведено для усіх штамів, що досліджувалися, за виключенням *P. ostreatus* 2456. Цікаво, що цей штам за результатами біохімічного аналізу характеризувався найвищим вмістом протеїнів на стадії технічної стиглості, що могло зменшити здатність до утримання вологи. Втім, визначення кореляції між біохімічним складом плодових тіл та виходом грибного напівфабрикату потребує додаткових досліджень, які мають оцінити вплив ступеня стиглості як на ефективність процесу переробки, так і на споживчі характеристики кінцевого продукту, а саме - натуральні втрати сухих речовин за рахунок температурного гідролізу органічних та розчинення мінеральних речовин.

Відварювання плодових тіл штамів *P. ostreatus* 2317 (А) та *P. pulmonarius* 2314 (В), зібраних з біологічною стиглістю, також дозволяло отримувати збільшення сировини від 8 до 11 %, тоді як переробка грибів технічної стиглості обумовлювала втрати. Порівнянням коефіцієнтів виходу напівфабрикату після відварювання між групами визначено його низьку варіативність у «зимовій» групі (А) та відсутність істотної різниці між отриманими результатами, тоді як штами «літнього культивування» (група В) суттєво відрізнялись один від одного.

Однією зі специфічних особливостей гливи є наявність великої поверхні гіменіальних пластинок на нижній частині шапинки. Тому мити плодові тіла гливи небажано, вони швидко насичуються вологою, що ускладнює процес їх подальшої переробки. З урахуванням технологічних принципів вирощування гливи, контрольованого збору та відсутності контактів з ґрунтом або підлогою, миття гливи можливо цілком виключити з процесу підготовки грибів до переробки.

Визначені особливості вирощування та первинної переробки досліджених груп культиварів роду *Pleurotus* з використанням субстратів, виготовлених методом АФВШ, окреслюють основні елементи ефективності сучасних грибовиробних підприємств, дають можливість прогнозувати час збирання врожаю, шляхи реалізації та переробки отриманої сировини, тому можуть використовуватися як модель досліджень питань, пов'язаних зі штучним вирощуванням ксилотрофних видів. Процес формування та розвитку системи якості промислового культивування грибів передбачає постійний пошук шляхів удосконалення цього процесу.

### **3.2 Дослідження впливу субстратів адаптованого складу на характеристики культиварів роду *Pleurotus*.**

Одним із найважливіших питань штучного вирощування грибів є адаптація технології виготовлення субстратів до використання доступних джерел рослинних залишків та водних ресурсів. Також, постійну актуальність мають дослідження, присвячені удосконаленню субстратних формул за рахунок введення компонентів, які мають позитивний вплив на біологічну ефективність грибної культури та показники якості отриманого врожаю.

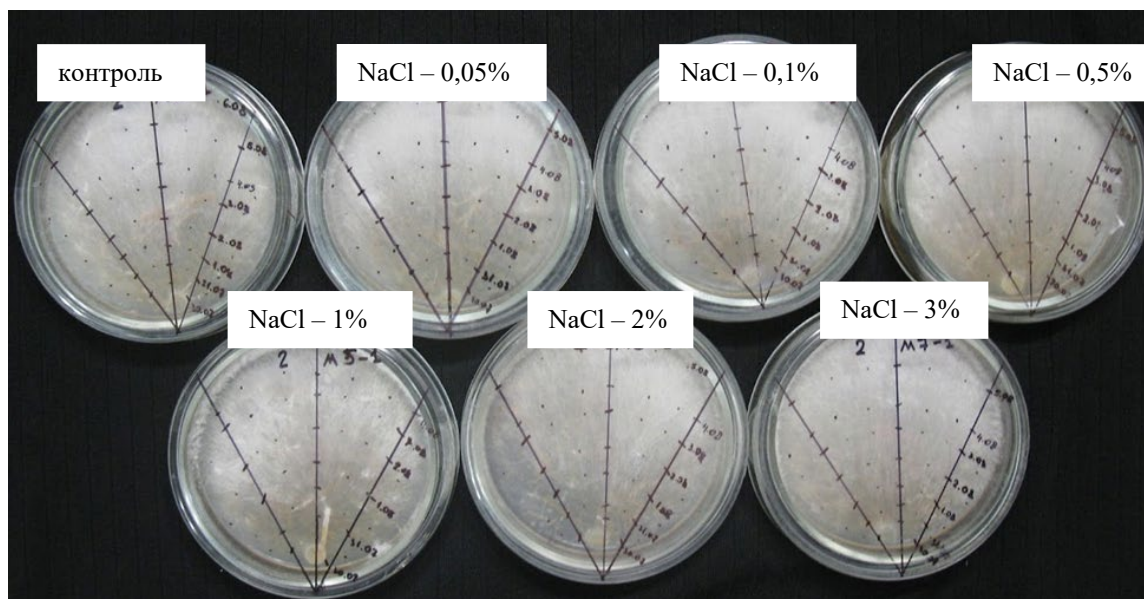
#### **3.2.1 Аналіз ефективності застосування води з підвищеною концентрацією солі у технології вирощування культиварів роду *Pleurotus*.**

Проблему якості технічної та питної води, що застосовується для зволоження рослинної сировини у процесі виготовлення субстратів у першу чергу пов'язують з тенденцією підвищення її солоності. Так за даними Коржова та ін. (2020) рівень солоності вод Дніпровсько-Бузької гирлової області підвищився більш ніж у 3 рази з 1963 по 2018 рік [29]. З урахуванням збільшення вартості питної води та енергоносіїв, витрати на водо-підготовку є суттєвим фактором підвищення собівартості субстратів.

Статистичним аналізом середніх результатів щоденного приросту вегетативного міцелію штамів *P. ostreatus* 2301 та *P. pulmonarius* 2314 на

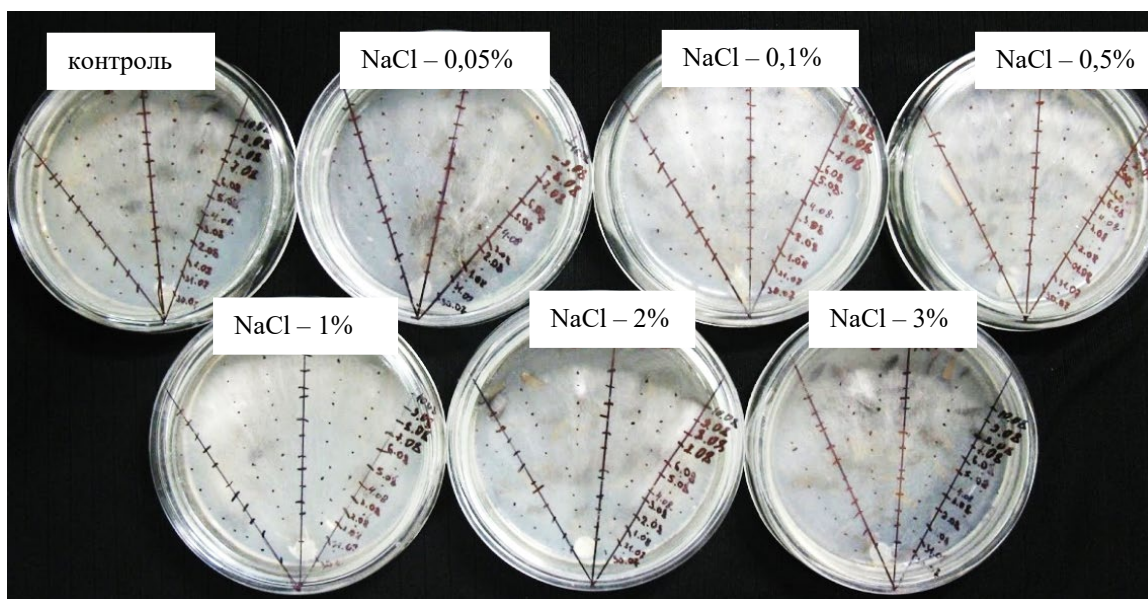


середовищах, основою яких було обрано солому ячменю та лушпиння соняшнику та 7 різних концентрацій NaCl (вміст хлориду натрію від 0 до 3%) доведено суттєвий вплив усіх досліджених факторів: А - індивідуальних особливостей штамів, В - рослинної основи та С - вмісту NaCl у середовищі, на культиваційні характеристики досліджених культиварів (рис. 3.17 – 3.18, Додаток Б.8, рис. Б.8.1, Б.8.2; Б.9, рис. Б.9.1, Б.9.2).



**Рис. 3.17. Зовнішній вигляд колоній *Pleurotus ostreatus* 2301 дев'ятої доби культивування на середовищі з додаванням соломи ячменю та різним вмістом NaCl.**

Колонії штамів відрізнялись, як за зовнішнім виглядом (щільність міцелію на поверхні), так і за швидкістю вегетативного росту. Міцелій *P. ostreatus* 2301 на поверхні середовищ з додаванням різної рослинної сировини мав більш щільну структуру як порівняти з колоніями *P. pulmonarius* 2314 (Додаток Б, рис. Б8). Втім, якщо щільність міцелію *P. ostreatus* 2301 на середовищах з додаванням соломи ячменю та лушпиння соняшнику мала візуально визначені відмінності, то для штаму *P. pulmonarius* 2314 такої різниці не спостерігали. Однак, було виявлено видимі відмінності у щільності колоній *P. pulmonarius* 2314 на середовищах з різним вмістом хлориду натрію (рис. 3.18).



**Рис. 3.18. Зовнішній вигляд колоній *Pleurotus pulmonarius* 2314 дванадцятій доби культивування на середовищі з додаванням лушпиння соняшнику та різним вмістом NaCl.**

Так, підвищену щільність мали колонії на середовищах з концентрацією NaCl від 0,1 до 1 %, тоді як за відсутності NaCl (контроль) та з вмістом 2 – 3 % NaCl щільність вегетативного міцелію на поверхні значно знижувалась. Для розуміння динамічних процесів адаптації культур штамів *P. ostreatus* 2301 та *P. pulmonarius* 2314 до використання субстратів різного складу за підвищеної концентрації NaCl було побудовано діаграми щоденного приросту вегетативного міцелію (рис 3.19 – 3.20).

У обох штамів спостерігали хвилеподібні коливання показнику добового приросту вегетативного міцелію, які є характерними культуральними особливостями гливи [30]. Період лаг-фази у обох культур був однаковим: через 2 доби з моменту інокуляції штами досягали показника середньої швидкості щоденного розвитку. Обидва культивари швидше росли на середовищі з соломою ячменю, а середні показники приросту *P. ostreatus* 2301 на цьому середовищі були суттєво вищими як порівняти з результатами росту міцелію *P. pulmonarius* 2314.

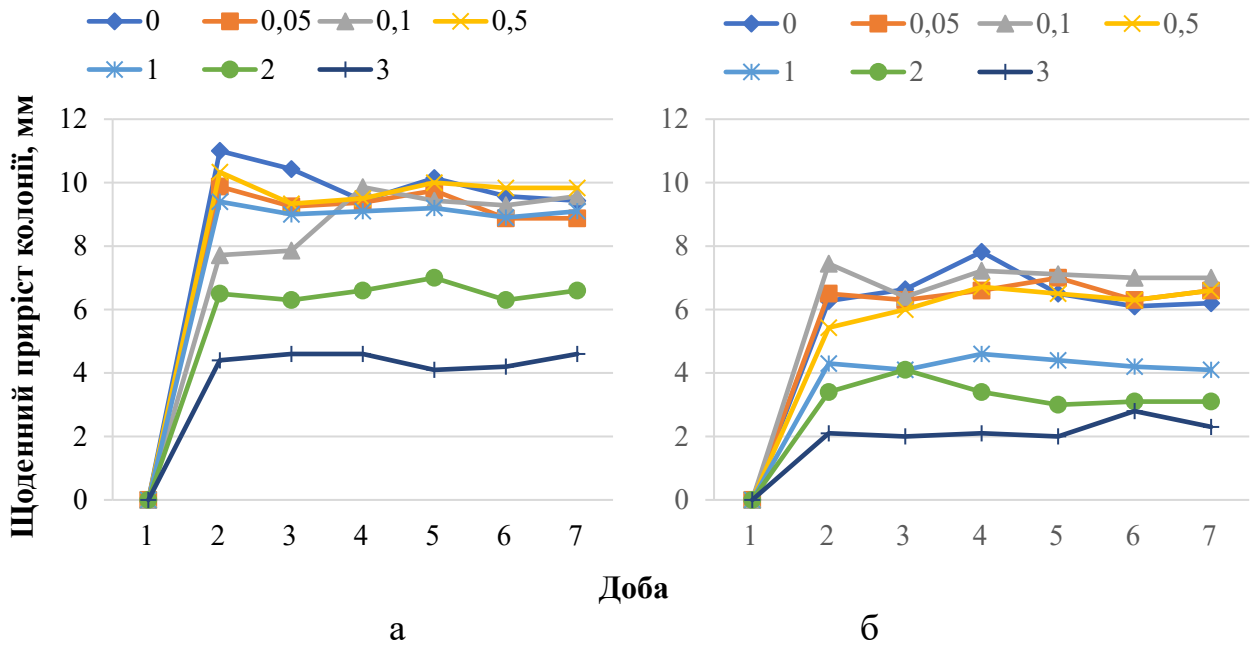


Рис. 3.19. Добовий приріст колоній *Pleurotus ostreatus* 2301 на середовищі з додаванням а) соломи ячменю, б) лушпиння соняшнику та різним вмістом NaCl (від 0 % - контроль до 3 %)

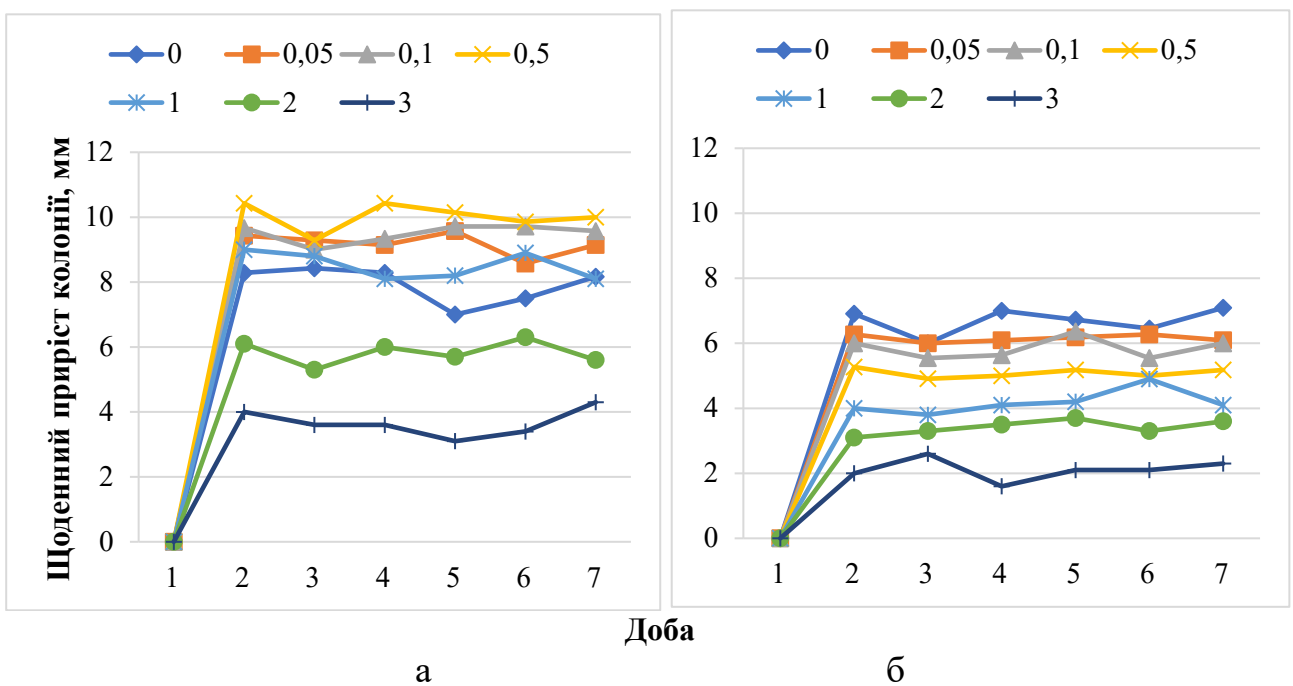


Рис. 3.20 Добовий приріст колоній *Pleurotus pulmonarius* 2314 на середовищі з додаванням а) соломи ячменю, б) лушпиння соняшнику та різним вмістом NaCl (від 0 % - контроль до 3 %)

Однак, якщо найвищий результат *P. ostreatus* 2301 -  $10,0 \pm 0,3$  мм/доба зафіксовано на середовищах з соломою ячменю без NaCl (контроль), то колонії *P. pulmonarius* 2314 досягали аналогічного приросту на середовищі з 0,5 % вмістом хлориду натрію, який складав  $10,0 \pm 0,2$  мм/доба (табл.3.3).

Втім на середовищі з додаванням лушпиння соняшнику спостерігали протилежний результат: найвищий приріст вегетативного міцелію *P. ostreatus* 2301 виявлено у варіанті з вмістом 0,1 % ( $7,03 \pm 0,14$  мм/доба), тоді як культура *P. pulmonarius* 2314 мала суттєво вищий показник ( $6,70 \pm 0,17$  мм/доба) на контрольному середовищі (0 % NaCl).

Таблиця 3.3

**Середня швидкість росту міцелію досліджених штамів на живильних середовищах з додаванням рослинної сировини та NaCl (мм/доба), за результатами 3-х циклів культивування, 2016-2017 рр.**

Концентрація, %	Штам/основа поживного середовища (середнє ± ст. помилка)			
	<i>P. ostreatus</i> 2301		<i>P. pulmonarius</i> 2314	
	солома ячменю	лушпиння соняшнику	солома ячменю	лушпиння соняшнику
0,00 (контроль)	$10,00^a \pm 0,26$	$6,59^{ab} \pm 0,26$	$7,94^d \pm 0,23$	$6,70^a \pm 0,17$
0,05	$9,33^a \pm 0,17$	$6,55^{ab} \pm 0,11$	$9,19^b \pm 0,14$	$6,15^b \pm 0,04$
0,10	$8,95^a \pm 0,38$	$7,03^a \pm 0,14$	$9,50^b \pm 0,12$	$5,85^c \pm 0,13$
0,50	$9,81^a \pm 0,14$	$6,26^b \pm 0,20$	$10,02^a \pm 0,18$	$5,09^d \pm 0,06$
1,00	$9,12^a \pm 0,07$	$4,28^c \pm 0,08$	$8,52^c \pm 0,17$	$4,18^e \pm 0,15$
2,00	$6,55^b \pm 0,11$	$3,35^d \pm 0,16$	$5,83^f \pm 0,15$	$3,42^f \pm 0,09$
3,00	$4,42^c \pm 0,09$	$2,22^f \pm 0,12$	$3,67^e \pm 0,17$	$2,12^g \pm 0,13$
<i>p-value</i>	0,001	0,001	0,001	0,001

Примітка: статистично доведена відмінність між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.

Визначено, що на середовищах з додаванням соломи ячменю та підвищенням концентрації солі до 3 % вегетативний ріст міцелію обох штамів знижувався приблизно у 2 рази, тоді як на середовищах з лушпинням - у 3 рази, як порівняти найвищі та найнижчі результати дослідження (Додаток Б, рис. Б9 – Б11). Отже, для промислового виробництва важливою складовою технології вирощування грибних культур є аналіз вмісту NaCl у воді, яка буде

застосовуватися для зволоження, а також, відповідний вибір рослинної основи субстратів.

За результатами регресійного аналізу отриманих даних визначено показники негативної кореляції між величиною щоденного приросту штамів та концентрацією хлориду натрію у середовищі та складено індивідуальні рівняння, за якими можливо спрогнозувати швидкість розвитку культиварів та, відповідно, дату загальної колонізації субстратної одиниці відповідно до складу субстрату та концентрації солі (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Результати регресійного аналізу розвитку міцелію досліджених штамів на середовищах різного складу залежно від вмісту хлориду натрію (за результатами 3-х циклів культивування,  $n = 5$ , 2016-2017 рр.)**

Штам	Середовище	$r$	$r^2$
2301	солома ячменю	-0,952	0,962
	$y = 9,929 - 1,704 \times x$		
	лушпиння соняшнику	-0,972	0,880
	$y = 6,697 - 1,595 \times x$		
2314	солома ячменю	-0,910	0,928
	$y = 9,525 - 1,805 \times x$		
	лушпиння соняшнику	-0,975	0,941
	$y = 6,105 - 1,388 \times x$		

Отримані результати було перевірено в умовах промислового вирощування гливи (ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР», с. Садове Мелітопольського р-ну). За результатами 3-х циклів культивування доведено позитивний вплив використання води з вмістом 0,5% хлориду натрію (NaCl) на ефективність культивування штаму *P. pulmonarius* 2314, що дозволило на 9 % збільшити показник БЕ у середньому за три цикли вирощування на субстраті з соломи ячменю (табл. 3.5) (Додаток В.7, рис. В.6). Втім, очікуваного позитивного ефекту використання води з вмістом 0,5 % NaCl, якою зволожували змішані субстрати з лушпиння соняшнику та соломи ячменю у співвідношенні 3 до 1 масових частин, не отримали. Результати дослідження узгоджуються з опублікованими раніше даними науковців з Кореї, які

довели позитивний ефект підвищення врожаю двох з 14 штамів *P. ostreatus* за додавання 0,1 % та 4-х штамів - за додавання 0,5 % NaCl до субстратів [31].

Таблиця 3.5

**Біологічна ефективність *Pleurotus pulmonarius* 2314 на субстратах, виготовлених методом АФВШ з додаванням хлориду натрію (за результатами 3-х циклів культивування, 2016-2017 рр.)**

Склад субстрату		солома		лушпиння / солома (3:1)	
NaCl, %		0,0	0,5	0,0	0,5
Цикл вирощування	1	60,77	68,88	63,26	61,07
	2	66,12	75,11	62,54	61,33
	3	59,98	69,06	59,96	60,15
Середнє		62,29 ±1,93	71,02 ±2,05	61,92 ±1,00	60,85 ±0,4
<i>p-value</i>		0,036		0,37	

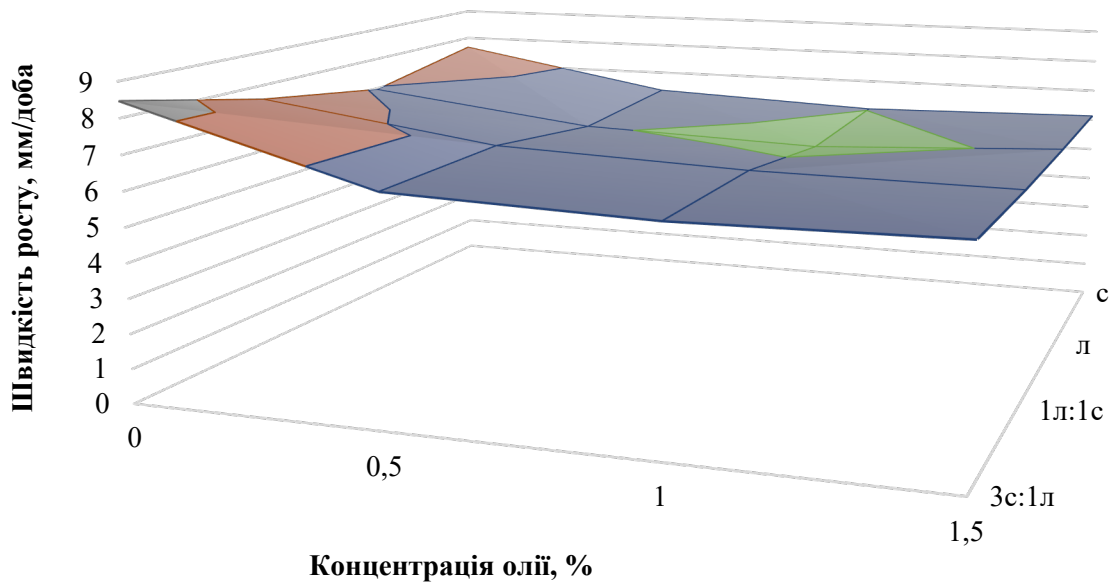
На наш погляд, існує необхідність більш детального вивчення впливу різних солей на процеси розвитку штамів, як елементу технології для підвищення продуктивності. Уже відомі позитивні результати експериментів щодо можливості збагачення субстратів макро- та мікроелементами для сприяння активному засвоєнню субстратів культурами грибів та опосередкованого підвищення вмісту есенціальних елементів в плодових тілах, і, навіть, зміни смакових характеристик врожаю [32–34]. Науковці вважають використання розчинів, що містять іони марганцю, цинку, селену доступним способом підвищення ефективності виробництва та харчової цінності грибів [35–37]. Отже, проведені досліді потрібно розглядати лише як стартові, що розкривають цікаві можливості підвищення функціональних властивостей грибної сировини.

**3.2.2. Вплив субстратів, збагачених рослинною олією на культуральні характеристики та технічні показники вирощування штамів *Pleurotus ostreatus* 2301 та *Pleurotus pulmonarius* 2314.** Збільшення вартості агровідходів обумовлюють постійні пошуки високопоживних компонентів субстратів, які б

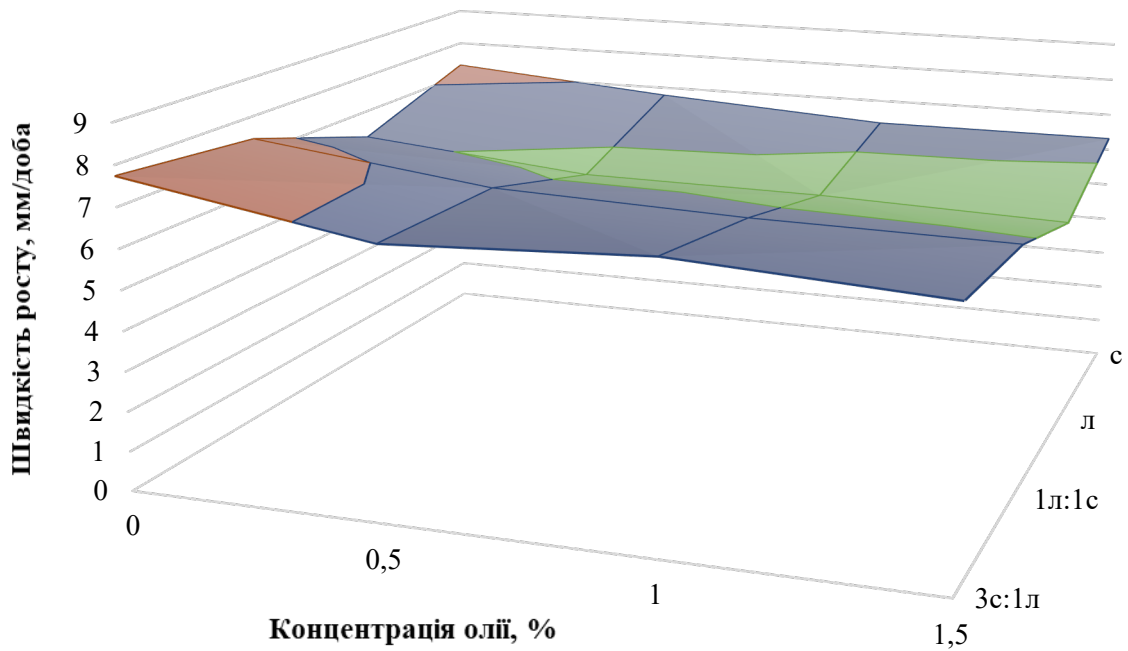
дозволяли отримувати високі врожаї з мінімальними витратами на субстрат. Результати експериментів науковців доводять незаперечний позитивний вплив додавання рослинних олій або сировини з високим вмістом олії на розвиток біомаси печериці та ксилотрофних грибів, що вирощуються штучно [38–41]. Зокрема, дослідники з Греції за результатами перевірки п'ятнадцяти штамів грибів, що належать до п'яти видів (*Basidiomycota*), а саме: *Agrocybe cylindracea*, *Pleurotus cystidiosus*, *P. eryngii*, *P. ostreatus* та *P. pulmonarius*, стверджували про ефективність використання субстратів, що містили відходи виробництва оливкової в суміші з пшеничною соломною в різних співвідношенні солома/відходи 80:20 та 60:40. Перевірені штами демонстрували високі значення біологічної ефективності: наприклад, 120–135% для *Pleurotus spp.* та 125% для *A. cylindracea* [42]. Втім, за даними Ruiz-Rodriguez A. et al. (2010), що використовували до 90 % додавання відходів виробництва оливкової олії, висока концентрація цієї добавки зумовлювала значне зниження біологічної ефективності та продуктивності, уповільнення колонізації субстратів та втрату якості плодівих тіл [43].

Лабораторне моделювання досліду на першому етапі передбачало вивчення впливу концентрації олії на швидкість вегетативного розвитку міцелію *P. ostreatus* 2301 та *P. pulmonarius* 2314 на щільних живильних середовищах. Порівнянням середніх показників швидкості росту на чотирьох субстратних сумішах виявлено суттєве пригнічення розвитку культур обох видів у варіантах з додаванням олії (рис. 3.21, 3.22).

Показники швидкості росту штаму *P. pulmonarius* 2314 були в цілому нижчими, але повторювали визначені тенденції: найвищий результат щоденного приросту -  $7,74 \pm 0,09$  мм/доба, отримано також у варіанті середовища з сумішню соломи ячменю та лущиння соняшнику у співвідношенні 3:1 без додавання олії, а найменший  $5,31 \pm 0,11$  мм/доба за вирощування на середовищі з лущинням соняшнику та додаванням 1,5 % олії (рис. 3.22).



**Рис. 3.21.** Вплив додавання рослинної олії до щільного живильного середовища на швидкість росту міцелію *Pleurotus ostreatus* 2301  
 («л» - лушпиння соняшнику, «с» – солома ячменю)

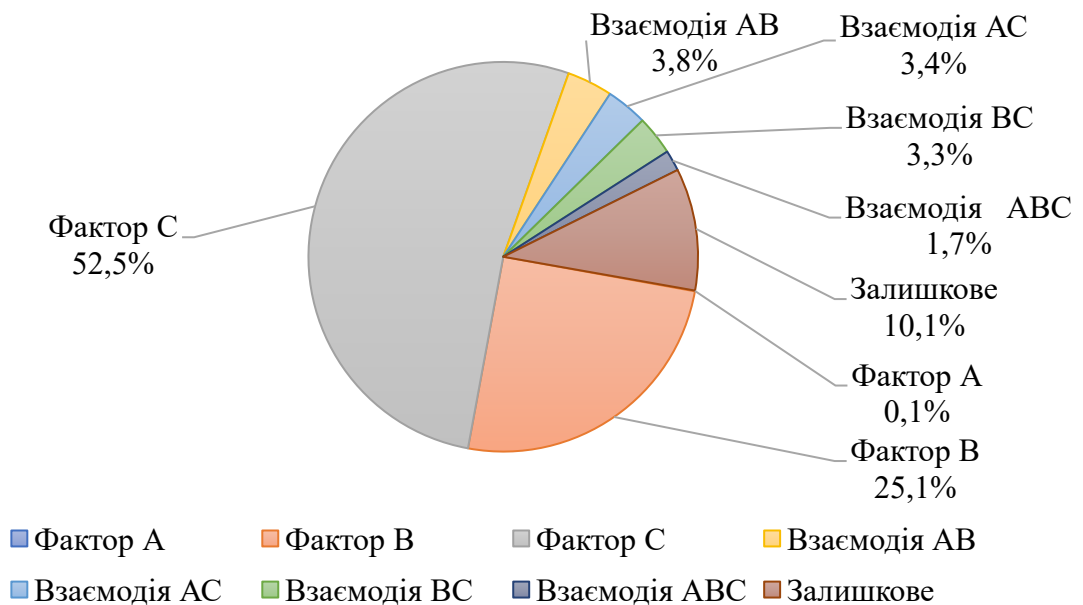


**Рис. 3.22.** Вплив додавання рослинної олії до щільного живильного середовища на швидкість росту міцелію *Pleurotus pulmonarius* 2314  
 («л» - лушпиння соняшнику, «с» – солома ячменю)



На наш погляд істотне зменшення швидкості росту міцелію на щільному живильному середовищі з додаванням рослинних залишків могло бути пов'язано з виділенням олії на його поверхні, що змінило умови роботи ферментативного комплексу гливи та ускладнило споживання субстрату.

За результатами аналізу отриманих даних з використанням програмного комплексу Агростат 2013 було визначено суттєвий вплив взаємодії факторів: штамових особливостей (А), складу субстрату (В) та концентрації олії (С) (рис.3.23).



**Рис. 3.23. Результати аналізу впливу трьох факторів на швидкість лінійного росту міцелію *Pleurotus ostreatus* 2301 та *Pleurotus pulmonarius* 2314: штамових особливостей (фактор А), складу рослинних компонентів (фактор В), концентрації соняшникової олії (фактор С), проведеного за допомогою програмного комплексу Агростат new [44].**

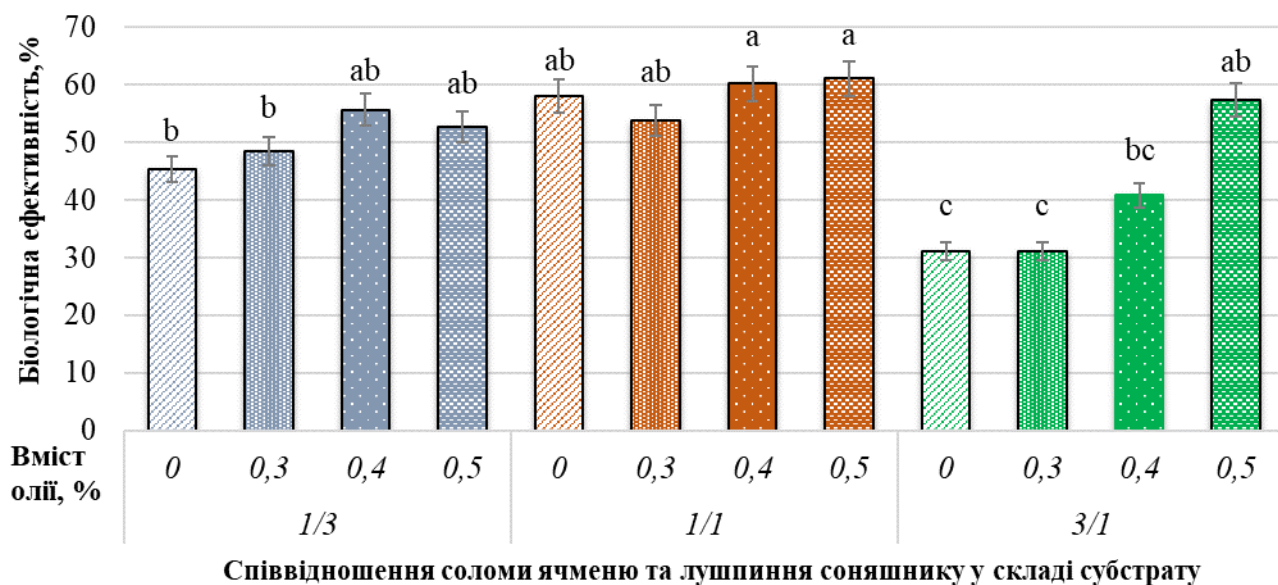
Статистичним аналізом доведено суттєвість впливу як окремих факторів, так і їхніх комбінацій: найбільше впливала на розвиток міцелію концентрація олії (52,5 %), важливим був склад субстратних композицій середовища (25,1 %), тоді як індивідуальний характер культур проявився найслабше (0,1 %). Втім, у комбінаціях з іншими факторами АВ ( $F_{\text{факт}} = 12,4 > F_{\text{табл.}} = 2,70$ ), АС ( $F_{\text{факт}} = 11,25 > F_{\text{табл.}} = 2,70$ ) особливості культури мали суттєвий вплив на швидкість розвитку

міцелію. Також мали певний ефект комбінація всіх факторів ABC (1,7 %) та зв'язок складу середовища та концентрації олії ВС ( $F_{\text{факт}} = 3,55 > F_{\text{табл.}} = 1,98$ ). Потрібно додати, що обидва штами на середовищах з додаванням соломи ячменю чи соломи ячменю + лушпиння соняшнику у співвідношенні 1:1 мали нижчі ростові показники як порівняти з варіантом солома ячменю + лушпиння соняшнику у співвідношенні 3:1 (за масою). Такий результат доводить необхідність додаткового вивчення збалансованості елементів живлення у живильних середовищах для культивування штамів видів роду глива.

Наступний лабораторний дослід з симуляції процесу вирощування плодових тіл штаму *P. ostreatus* 2301 на рослинних субстратах враховував попередні результати, тому для досліджень використовували субстрати виготовлені з сумішей рослинних залишків у співвідношенні за масою: 1) солома ячменю / лушпиння соняшнику (1:3); 2) солома ячменю / лушпиння соняшнику (1:1); 3) солома ячменю / лушпиння соняшнику (3:1) з додаванням олії від 0,3 до 0,5 % за масою. За порівнянням середніх (критерій *Scheffe*) доведено суттєве збільшення біологічної ефективності ( $p < 0,001$ ) у варіантах субстрату 2 та 3 з додаванням 0,5% олії, тоді як культивування на субстраті складу 1 цей ефект був більше виражений за додавання 0,4 % олії. Найвищу ефективність у отримували за вирощування гливи на субстраті солома ячменю/лушпиння соняшнику (1:1) з додаванням 0,4 та 0,5 % олії з показниками  $60,17 \pm 4,38$  та  $61,09 \pm 3,31$  % відповідно (рис. 3.25).

Найнижчу біологічну ефективність культивару було визначено за використання субстратів з соломи ячменю/лушпиння соняшнику у співвідношенні 3:1 у контрольному варіанті (без олії) та з додаванням 0,3 % олії:  $31,22 \pm 2,97$  та  $31,25 \pm 0,87$  % відповідно. Але підвищення вмісту соняшникової олії в субстраті 3 до 0,5 % дало змогу збільшити біологічну ефективність *P. ostreatus* 2301 на 26,11%. Втім, на субстратах з більшим вмістом лушпиння соняшнику ефект був менш вираженим, хоча і характеризувався позитивною кореляцією за результатами регресійного аналізу: субстрат 1 з коефіцієнтом  $r = 0,846$  та

коефіцієнтом детермінації  $r^2 = 0,9072$ , **2** - з  $r = 0,409$  та  $r^2 = 0,6424$  та **3** - з  $r = 0,774$  та  $r^2 = 0,9848$ .



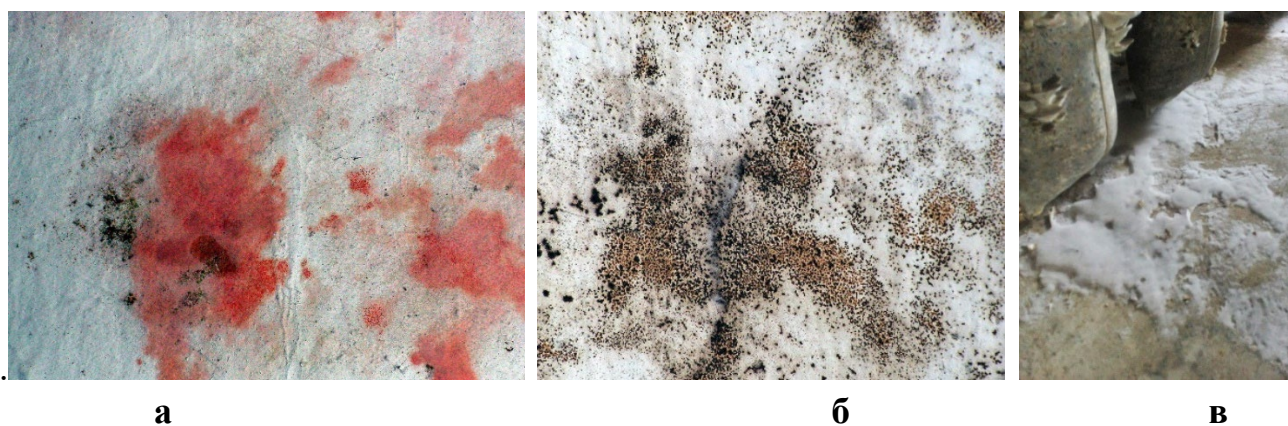
**Рис. 3.25.** Біологічна ефективність *Pleurotus ostreatus* 2301 на субстратах різного складу з додаванням рослинної олії (статистична відмінність між результатами 3х циклів вирощування за  $p < 0,05$  показана різними буквами латинського алфавіту, 2016-2018 рр.),

Порівнянням середніх між групами за допомогою *Mann-Whitney U Test* доведено переваги використання субстрату складу **2** (солома ячменю/лушпиння соняшнику у співвідношенні 1:1), на якому було отримано суттєво вищі показники ( $p = 0,04$ ) проти інших варіантів субстрату у досліді, відмінність між якими за цим тестом була недостовірною ( $p = 0,25$ ). Отже, отримані дані підтверджують висновки попередників про перспективність застосування рослинних олій для балансування поживної формули субстратів, що використовуються у культивуванні гливи. Однак, з оглядом на сезонні зміни у доступності рослинної сировини потрібно доповнити отримані результати додатковими випробуваннями субстратів різного складу.

### 3.3 Аналіз кількісних та якісних характеристик мікробіоти приміщень тривалого культивування штамів видів роду *Pleurotus*.

Відомо, що стан мікробіоти камер вирощування може суттєво впливати на ефективність виробництва грибів: мікробіологічні ураження субстратів зумовлюють значні втрати врожаю, а забруднення повітря камер спорами плісневих грибів призводить до скорочення строків зберігання врожаю та значно знижує її безпечність за рахунок можливості накопичення мікотоксинів на поверхні плодівих тіл [45]. Проблема підвищення кількості мікроорганізмів та створення стійких домінантних сукцесій у повітрі приміщень, де безперервно вирощуються гриби, має ще один негативний наслідок: вчені стурбовані значним збільшенням професійних захворювань, пов'язаних з наявністю на грибному виробництві різних типів алергенів, зокрема спор грибів, що культивуються, та конкурентних плісневих видів [46].

Головною причиною активного розвитку мікроорганізмів в культиваційних приміщеннях є оптимальні мікрокліматичні умови: висока відносна вологість повітря (від 75 до 99 %), постійна температура (не нижча ніж 10 °С та не вища ніж 30 °С), велика кількість органічного пилу на поверхні стін, підлоги, стелажів (рис. 3.26.).



**Рис. 3.26. Контамінація стін та підлоги плісневими грибами:**

- а) *Sporendomena purpurescens* Bon., кармінова плісень або «lipstick mold»;  
б) аспергіл димлячий. *Aspergillus fumigatus* Fresen., в) активний розвиток колоній *Mucor* Fresen. разом з міцелієм гливи на підлозі приміщення.

За відсутності регулярних санітарно-гігієнічних заходів, обов'язкового механічного очищення стін, накопичення залишків субстрату і шматочків грибів на підлозі, на поверхнях та у повітрі культивуваційних приміщень значно зростає кількість мікроорганізмів, які спричиняють хвороби культур та обслуговуючого персоналу. Моніторинг мікробіологічного складу повітря впродовж 2015 - 2019 років у 8 господарствах Запорізької, Херсонської, Донецької, Дніпропетровської, Чернівецької та Кіровоградської областей України та м. Київ, а також одного господарства з республіки Молдова дозволив виявити загальну присутність плісневих грибів, які за таксономічним положенням відносяться до 7 родів.

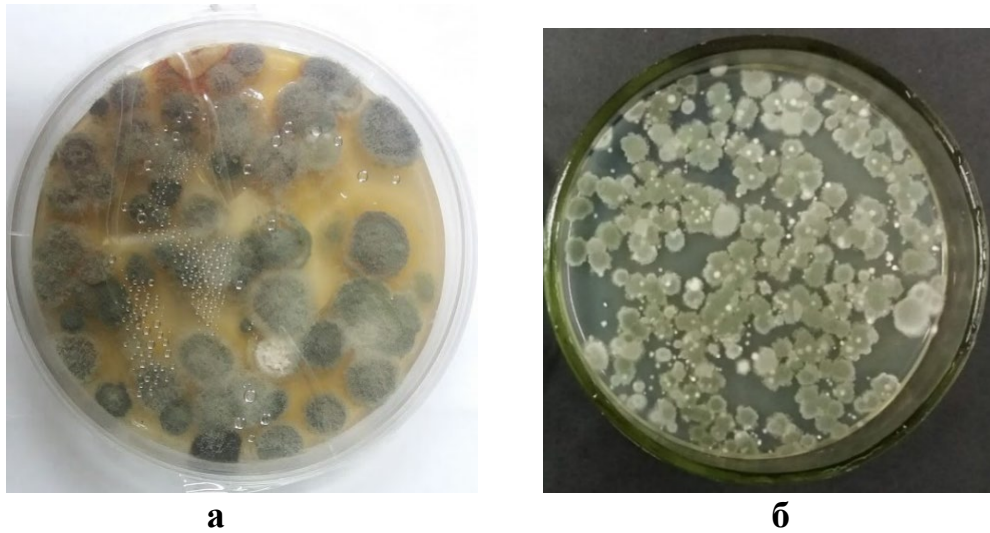
Доведено, що в камерах тривалого вирощування грибів роду *Pleurotus* домінують види роду *Penicillium* (60 % від загальної кількості КУО), кількість бактеріальних одиниць у середньому досягає 30 %, *Aspergillus* – 5 %, *Alternaria* – 4 %, а кількість визначених колоній *Trichoderma*, інших грибів та актіноміцетів не перевищувала 1 %. Було визначено, що загальна кількість КУО плісневих грибів збільшувалась у середньому в  $3,4 \pm 0,1$  раза за період загального циклу вирощування, який складав  $62 \pm 8$  доби (табл. 3.6, розгорнутий варіант у Додатку В.11, табл. В.2).

Висока кількість спор у повітрі обумовлювала кореляційне накопичення спор на поверхні плодівих тіл, як плісневих грибів, так і спор гливи, яку вирощували у камерах (Додаток В.10, рис. В.9). Цікаво, що початкова та кінцева кількість спор плісневих грибів у повітрі різних господарств та навіть окремих камер суттєво відрізнялась і коливалась від 240 до 8700 КУО/м<sup>3</sup> на початку циклу вирощування та від 660 до 44520 КУО/м<sup>3</sup> в кінці (з урахуванням спор гливи), тоді як мультиплікаційний показник в усіх наземних камерах не перевищував рівня 3,6, але у катакомбах (гірничих виробках ракушняку) зростав до 4,8. (рис. 3.27, 3.28). Якісний склад мікроорганізмів був різним у різних господарствах, за результатами аналізу визначили зростання кількості саме домінантних форм, наприклад: у господарстві Дніпропетровської області було визначено збільшення кількості спор грибів роду *Aspergillus* (рис. 3.27), а в повітрі камер вирощування ТОВ «ЕКО-ГРИБ» - спор грибів роду *Penicillium* (рис. 3.28).

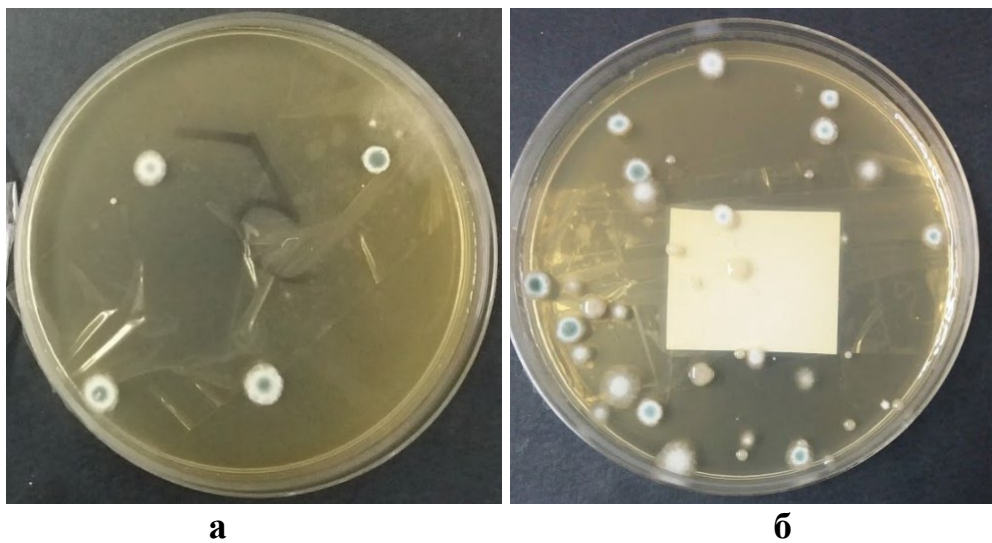
**Аналіз кількості колонієутворюючих одиниць у повітрі камер вирощування різних господарств та на поверхні плодівих тіл (ПТ) гливи, зібраних у цих господарствах впродовж 2015-2019 рр.**

Назва господарства	№ та статус камери	Кількість КУО/м <sup>3</sup> у повітрі камер вирощування		Різниця	МП	На поверхні ПТ КУО/м <sup>2</sup>
		Початок циклу	Закінчення циклу			
с. Хутірське (Дніпропетровська обл.)	1 стара	7380	23760	16380	3,2	11,88×10 <sup>6</sup>
	2 стара	8700	30720	22020	3,5	13,92×10 <sup>6</sup>
	1 нова	4680	16920	12240	3,6	8,28×10 <sup>6</sup>
	2 нова	5460	18780	13320	3,4	8,76×10 <sup>6</sup>
ТОВ Дамато (м. Київ)	1	240	840	600	3,5	2,58×10 <sup>6</sup>
	2	480	1680	1200	3,5	3,72×10 <sup>6</sup>
	3	720	2460	1740	3,4	5,88×10 <sup>6</sup>
ФОП Севастьянович (Мелітополь)	1	900	3060	2160	3,4	7,74×10 <sup>6</sup>
	2	1260	4080	2820	3,2	10,86×10 <sup>6</sup>
	3	780	2700	1920	3,5	6,18×10 <sup>6</sup>
ФОП Бершацький (м. Краматорськ)	1	480	1680	1200	3,5	3,12×10 <sup>6</sup>
	2	660	2100	1440	3,2	4,68×10 <sup>6</sup>
ТОВ Екогриб	1	240	660	420	2,8	1,68×10 <sup>6</sup>
	2	600	1620	1020	2,7	2,70×10 <sup>6</sup>
	3	420	1200	780	2,9	2,22×10 <sup>6</sup>
ФОП Подереча І.І. (м. Херсон)	1	1080	3240	2160	3,0	7,44×10 <sup>6</sup>
ТОВ „NESON GRUP” Молдова, м. Кишинів (катакомби)	1	7620	36840	29220	4,8	14,46×10 <sup>6</sup>
	2	10860	44520	33660	4,1	17,34×10 <sup>6</sup>

*Примітка:* МП – мультиплікаційний показник, який розраховано за відношенням кількості КУО, виявлених після вирощування, до кількості КУО, визначених у камері на початку циклу.



**Рис. 3.27.** Результати седиментаційного аналізу мікробіоти повітря в камері вирощування с. Хутірське Дніпропетровської обл., 2016 р.: а) перед загрузкою камери; б) закінчення 2-ї хвили плодоношення (4-та доба інкубації зразків).



**Рис. 3.28.** Результати седиментаційного аналізу мікробіоти повітря в камері вирощування ТОВ «ЕКО-ГРИБ» (с. Карбівка, Кіровоградської обл.), 2016 р.: а) перед загрузкою камери; б) закінчення 2-ї хвили плодоношення (4-та доба інкубації зразків).

Визначені закономірності пов'язуємо з подібністю мікрокліматичних умов у камерах вирощування усіх перевірених наземних господарств, а також індивідуальними особливостями приміщень у катакомбах, де розвиток

мікробіологічних сукцесій має певні відмінності та характеризується наявністю певних доміантних видів (Додаток В.10, рис. В.9).

Регресійний наліз отриманих даних дозволив визначити рівняння, за яким можливо спрогнозувати збільшення кількості спорових КУО у камері вирощування:  $y = -573 + 4 \times X$ , де  $X$  – початкова кількість мікроорганізмів в повітрі камери вирощування ( $R^2 = 0,97$ ). Загальна кількість спор плісневих грибів на поверхні плодових тіл була вищою у перерахунку об'ємних одиниць на одиницю площі на усіх виробництвах, з загальною тенденцією до збільшення, яку можливо розрахувати за рівнянням:  $y = 4148071 + 299 \times X$  ( $R^2 = 0,81$ ) або  $4,1 \times 10^6 + 3 \times 10^2 \times X$  де  $X$  – початкова кількість мікроорганізмів на поверхні плодових тіл.

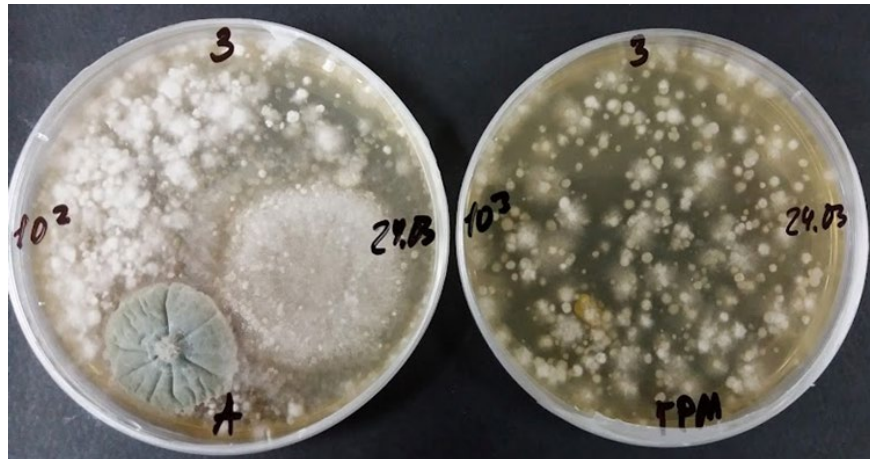
Таке збільшення кількості спор плісневих грибів на плодових тілах може бути пов'язано з особливостями будови шапинки, поверхня якої не має захисних тканин та представлена вільно переплетеними гіфами губчатої структури, до яких прилипають будь які повітряні часточки: пил, спори, важкі молекули пестицидів, тощо. Визначені факти потребують додаткового вивчення з оглядом на можливість збільшення рівня мікотоксинів упродовж зберігання отриманих плодових тіл та, відповідно, для визначення рівня безпечності грибної сировини.

Виділені чисті культури доміантних форм було перевірено методом ПЛР та виявлено, що у повітрі приміщень та на поверхні плодових тіл були присутні наступні види плісневих грибів: *Aspergillus niger* Tiegh., *Aspergillus flavus* Link, *Aspergillus clavatus* Desm., *Aspergillus fumigatus* Fresen, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Cladobotryum mycophilum* (Oudem.) W. Gams & Hooz., *Coniothyrium pyrinum* (Sacc.) J. Sheld., *Trichoderma pleuroticola* S.H. Yu & M.S. Park, *Trichoderma harzianum* Rifai, *Trichoderma atroviride* P. Karst., *Fusarium oxysporum* Schltdl., *Penicillium cf. roqueforti* Thom (рис. 3.29, 3.30) (Додаток Б.4, табл. Б1; додаток Б.5, рис. Б.5).

Відомо, що роди *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Alternaria* та *Cladobotryum* є найбільш поширеними у приміщеннях для вирощування грибів та є конкурентами вищих базидіоміцетів за джерела живлення. Ці плісені, що розвиваються у субстратах та на поверхні плодових тіл спричиняють значні



збитки в умовах промислового виробництва [47–49] (Додаток В.12. рис. В.11).

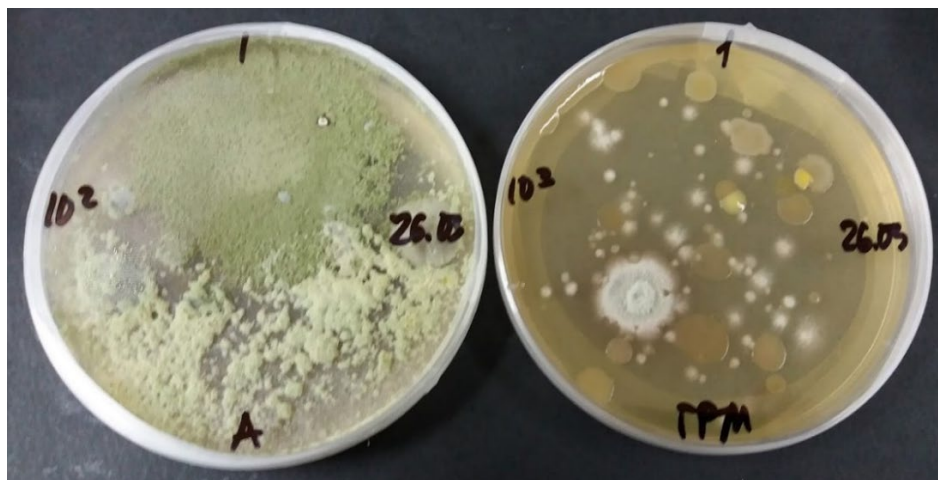


а

б

**Рис. 3.29.** Змив з поверхні плодових тіл *Pleurotus ostreatus* 2301, вирощених в умовах приватного підприємства с. Хутірське Дніпропетр. обл., 2016 р.

а) методом розведень (у 100 раз) за Пастером на середовищі з додаванням антибіотику, б) на середовищі з додаванням гідролізату рибної муки (розведення у 1000 раз).



а

б

**Рис. 3.30.** Змив з поверхні плодових тіл *Pleurotus ostreatus* 2301, вирощених в умовах ТОВ «ЕКО-ГРИБ» (с. Карбівка, Кіровоградської обл.), 2016 р. :

а) методом розведень (у 100 раз) за Пастером на середовищі з додаванням антибіотику, б) на середовищі з гідролізатом рибної муки (розведення у 1000 раз).

З іншої сторони, конкуренція за джерела живлення та явища паразитизму

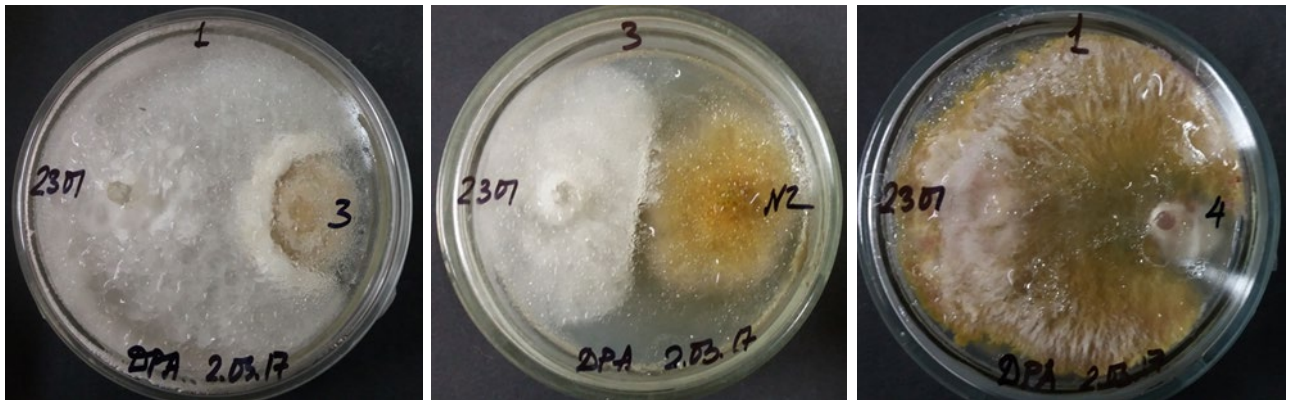
означених плісневих грибів значно знижують ефективність виробництва. Тому, методом зустрічних культур було перевірено характер взаємодії чистих культур плісневих грибів з вегетативним міцелієм *P. ostreatus* 2301 (Додаток Б.6, рис. Б.6).

Було визначено три основні типи взаємного впливу означених культур за фронтального розвитку колоній:

1) *відсутня конкуренція* - міцелій гливи розвивається активно, без візуального зменшення швидкості колонізації середовища; після перетину з колонією культури плісеневого гриба продовжує розвиток по її поверхні (рис.3.35, а)

2) *виражена конкуренція* - утворюється виражена зона пригнічення чи повного припинення розвитку міцелію гливи (рис.3.35, б)

3) повний *антагонізм* – колонія плісеневої культури пригнічує розвиток культури гливи і навіть використовує її для власного живлення (рис.3.35, в).



а

б

в

**Рис. 3.35. Варіанти взаємодії культури *Pleurotus ostreatus* 2301 (в чашках Петрі зліва) та колоній плісневих грибів (по правій стороні) на 10 добу інкубації: а) *Coniothyrium pyrinum* (Sacc.) J. Sheld.; б) *Fusarium oxysporum* Schltdl. в) *Cladobotyum mycophilum* (Oudem.) W. Gams & Hooz.**

До групи I типу віднесли досліджені види роду *Aspergillus*, вид *C. pyrinum*, більш відомий під назвою *Phyllosticta pirina* Sacc. (збудник філостиктозу або бурої плямистості плодових дерев), а також виділений з повітря камер вирощування вид *A. alternata*. Останній спричиняє плямистість листя та інші захворювання на понад

380 видах рослин-господарів та є частою причиною респіраторної алергії та atopічного дерматиту. Відомий зв'язок між сенсibiliзацією до антигенів гриба *A. alternata* та розвитком тяжкої бронхіальної астми у дітей молодшого віку, алергічного риніту та atopічного дерматиту.

Суттєве пригнічення росту міцелію гливи з виділенням метаболічної рідини на поверхні контактної зони спостерігали у досліді з *P. roqueforti* (тип II). В інших варіантах зустрічної культури гливи з культурами роду *Penicillium* визначали зони підвищеної щільності та припинення розвитку *P. ostreatus*. За характером наявної конкурентної взаємодії до цієї групи віднесли також *F. oxysporum* (рис. 3.35, б).

Прояв антагонізму (тип III) з повним припиненням росту культури *P. ostreatus* спостерігали на зустрічних культурах з видами: *Cl. muscophilum*, *Tr. pleurotica*, *Tr. harzianum*, *Tr. atroviride*. Якщо прояв антагонізму грибів роду *Trichoderma* по відношенню до культур базидієвих грибів достатньо вивчено, то патогенний ефект *Cl. muscophilum* по відношенню до гливи звичайної продемонстровано вперше (рис. 3.35, в).

Давно було відомо про негативні наслідки *Cl. muscophilum* або «павутинної плісені» (cobweb disease) на врожай *Agaricus bisporus* (J.E.Lange) Imbach та деяких видів екзотичних грибів за рахунок інфікування плодових тіл, але стосовно ураження *P. ostreatus* перші публікації з'явилися лише в 2019 році, тобто факти цього захворювання виявлені практично одночасно з нашими спостереженнями [50–53]. Звичайно, розвиток патогенного виду виглядає як власний поверхневий міцелій на молодих плодових тілах (рис., 3.36 – а), та не привертає пильної уваги технолога. Такі зростки спочатку виглядають здоровими, шапинки мають характерне забарвлення, лише сповільнюється їх розвиток. Через 3-4 доби шапинки набувають жовтуватого кольору та насичуються вологою, яка виливається при натисканні. Зросток гине (рис. 3.36 – б).

Візуальних проявів спороношення *C. muscophilum* не спостерігали, але за результатами мікроскопії поверхневого шару плодового тіла було можливо виявити наявність достатньо великих конідій цього виду та характерну розгалужену будову конідієносців (рис. 3.37).



**Рис. 3.36.** Морфологічні особливості зростків плодових тіл *Pleurotus ostreatus* інфікованих *Cladobotryum mycophilum*: а) плодові тіла живі, але вкриті поверхневим міцелієм патогену; б) інфекція є чітко вираженою, плодові тіла загинули.



**Рис. 3.37.** Мікроскопічні особливості будови штаму *Cladobotryum mycophilum*, виділеного з поверхні плодового тіла *Pleurotus ostreatus* 2301.

Спори *Cl. mycophilum* у 50-100 разів більше спор видів *Trichoderma*, тому легко затримуються тканинами фільтрів грубої очистки, але за відсутності системи фільтрації рециркуляційного повітря разносяться по приміщенню та можуть спричинити загальне ураження камери вирощування. Так, іспанські

науковці, підкреслюють, що розповсюдження інфекції відбувається як фрагментами міцелію, так і конідіями *S. musophilum*, що може зумовлювати зараження субстратів, які вже повністю колонізовані вегетативним міцелієм *P. ostreatus* [52]. Інфікування відбувається повітряно-крапельним шляхом, і у такому випадку конідії можуть контамінувати примордії та плодові тіла. За нашими спостереженнями, первинним шляхом цієї інфекції на підприємствах України була брудна тара (ящики), яка потрапляла без попередньої дезінфекції з шампінйонних комплексів, або, як оборотна тара - з оптових ринків. Власники або технологи в усіх досліджених випадках підтверджували можливість цього шляху потрапляння інфекції.

Визначено, що у приміщеннях, де кількість КУО плісневих грибів у повітрі на кінець плодоношення не перевищувала титр  $5 \times 10^3$  КУО/м<sup>3</sup>, не відбувалося розвитку контамінантних організмів у перфораціях та на поверхні плодкових тіл. Наявні хвороби були пов'язаними лише з присутністю плісневих грибів у неякісних субстратах (рис. 3.38, а). Тоді як у приміщеннях з титром вище  $20 \times 10^3$  КУО/м<sup>3</sup> спостерігали ураження субстрату в місцях отворів, а також розвиток бактеріальних та плісневих колоній на загиблих примордіях і плодкових тілах (рис. 3.38, б – д). З іншої сторони, наявність спор вищеназваних видів у повітрі камер вирощування та, відповідно, на поверхні плодкових тіл може спричинити накопичення токсинів, які зумовлюють ураження нервової системи, зниження імунітету, розлади травної системи людини і є біологічним фактором небезпеки як для працівників, так і споживачів свіжих грибів [54–57].

Вміст мікотоксинів у грибах та продуктах їхньої переробки лімітується Кодексом Аліментаріус CODEX STAN 38-1981 та «Нормами правил для обезвожених фруктів и овощей, включая съедобные грибы», рекомендованими Комиссией Кодекс Алиментариус (CAC/RCP5-1971), але наразі невідомі кількісні показники залежності вмісту токсинів від титру КУО на плодкових тілах.



**Рис. 3.38. Ознаки контамінації субстратів та плодових тіл *Pleurotus ostreatus* 2301:** а) поява колоній плісневих грибів на неелективному субстраті відбувається на 3-10 добу від дати інокуляції; б, в, г) поява колоній у перфораціях на 14-16 добу інкубації, за умов повної колонізації субстрату культурою гливи, є чітким підтвердженням серйозного мікробіологічного забруднення повітря; д) прояви бактеріальної інфекції частіше зустрічаються в місцях конденсації вологи у вигляді мутних крапель з неприємним запахом.

Мікробіологічний контроль підприємств з виробництва грибів має здійснюватися у загальній системі контролю безпечності продукції грибовництва за вимогами НАССР, а питання визначення допустимого титру КУО, які обумовлюють накопичення токсинів, потребують додаткових досліджень. Необхідність регулярного мікробіологічного аналізу поверхні плодових тіл для

планування методів дезінфекції та застосування препаратів фунгіцидної дії підтверджується наявністю деяких змін габітусу, які виглядають як мікробіологічні ураження, але первинно не є такими (рис. 3.39, а).



**Рис. 3.39. Морфологічні особливості зростків плодових тіл *Pleurotus ostreatus* пошкоджені у результаті порушення мікрокліматичних умов (а) та з видимими ознаками вторинної інфекції (б).**

Інколи, за певних змін мікрокліматичних умов, які перешкоджають необхідному випаровуванню з поверхні примордіїв або сформованих плодових тіл продуктів обміну речовин, зокрема води, вуглекислого газу та аміаку, поверхневі гіфи гинуть (рис. 3.40 - б, в), а на поверхні відмерлих тканин (рис. 3.39, а) починає розвиватися вторинний міцелій або, у приміщеннях з високим титром КУО плісневих грибів та бактеріальних форм, спостерігається інфікування сторонніми мікроорганізмами (рис. 3.39, б).

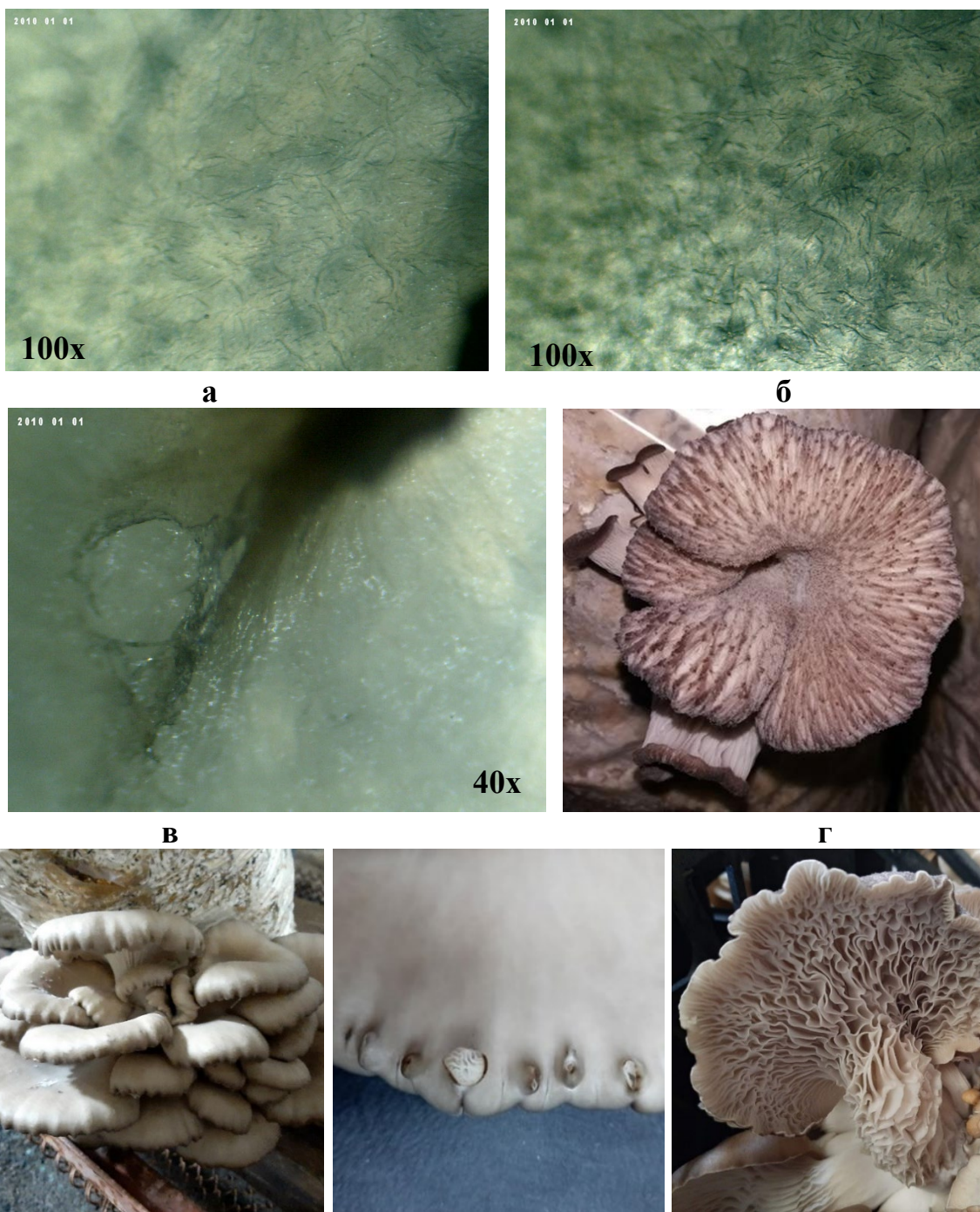
Наявність подібних ушкоджень говорить про суттєве мікробіологічне забруднення приміщень для вирощування та необхідність проведення в них системи дезінфекційних заходів: механічного очищення поверхні стін та обладнання, промивання мильними розчинами, нанесення речовин, що перешкоджають розвитку мікроорганізмів: фарбування вапном, покриття шаром бордоської суміші, тощо. На жаль, такий захід як пропарювання камер, що активно використовується для контролю захворювань та шкідників у приміщеннях для

вирощування печериці, є неефективним для боротьби з плісневими інфекціями.

Напроти, якщо за мікроскопії поверхні плодових тіл спостерігають лише загиблі мертві тканини гриба, що культивується, без ознак інфікування, для виправлення ситуації достатньо корегування мікрокліматичних параметрів у камері вирощування. Втім, загиблі тканини можуть формувати «рубці» (рис. 3.40 - в), які мають виражену пігментацію. Наявність таких механічних ушкоджень, за нормального розвитку прилеглих чи внутрішніх тканин, обумовлює морфологічні зміни поверхні та загальної форми шапинки, такі як: розтріскування, волани на краєчку або розростання гіменіального шару, тощо (рис. 3.40 - г, д, е, ж).

Вторинні бактеріальні інфекції часто супроводжується виділенням краплин мутного ексудату на поверхні плодових тіл, тоді як наявність бактеріальних інфекцій в субстраті зумовлюють деформацію примордіїв та їх пігментацію. Часто, за первинних інфекцій субстрату плодоношення зовсім не відбувається. Відповідно до визначених фактів, контроль мікробіологічної якості рослинної сировини та виготовлених субстратів має стати невід'ємною складовою комплексного формування якості врожаю. Як було доведено попередніми дослідженнями, наявність конкурентних або антагоністичних мікроскопічних грибів стає основною причиною зниження ефективності вирощування культур їстівних грибів з низькою швидкістю вегетативного росту міцелію [58,59]. Тому одним зі шляхів удосконалення технологій вирощування таких видів є відомий метод стерилізації рослинної сировини, що має забезпечити повну елімінацію спор конкурентних плісневих грибів. Втім, метод стерилізації субстратів, за рахунок високої собівартості обладнання та необхідності організації асептичних умов інокуляції, потребує детального аналізу щодо ефективності промислового впровадження.





**Рис. 3.40. Деформація поверхні та структури плодових тіл *Pleurotus ostreatus*, не пов'язана з мікробіологічними хворобами:** а) мікроскопія поверхні неушкодженого плодового тіла, збільшення 100х, об'єктив 10х Granum L 2002; б) початок некротизації гіф, що проявляється пігментацією ушкоджених клітин, в) утворення «рубців» збільшення 40х, об'єктив 4х; г, д, е, ж) зовнішні прояви механічних ушкоджень плодових тіл: (г) «розтріскування» поверхні, (д) волани на краєчку шапинки, (е) «бульбашки» на краєчку шапинки, (ж) деформація гіменію.

Вивчення кількісного та якісного складу мікробіоти культивуваційних приміщень дозволяє впровадити ефективні системи підтримання відповідного санітарно-гігієнічного стану підприємств, які обумовлюють харчову безпеку та достатню тривалість зберігання врожаю свіжих грибів. Існує нагальна потреба впровадження системного моніторингу мікробіоти приміщень шляхом дорадчих послуг, які здатні забезпечити лабораторії сільськогосподарських навчальних та наукових закладів України.

### **3.4 Визначення впливу розташування субстрату та розміру перфорацій на морфологію зростків та плодових тіл *P. ostreatus* 2301.**

Окремим питанням оптимізації адаптивних технологій культивування ксилотрофних грибів є ефективність впровадження технічних заходів, таких як розміщення субстратних одиниць у певному положенні, техніка перфорації блоків отворами різного розміру, видалення надлишкової кількості плодових тіл та багатьох інших, та визначення їхнього впливу на якісні характеристики врожаю. Відомо, що зростки та плодові тіла грибів мають високу варіативність морфологічних ознак, які залежать як від генетичних особливостей штамів, так від умов культивування, пов'язаних зі складом поживних субстратів та екологічними факторами: фізичними - температурою, складом повітря, інтенсивністю та спектром освітлення та біологічними – наявністю шкідників та хвороб, тощо [60–62]. Тому можливість управління зовнішніми параметрами зростків та плодових тіл з метою максимального збереження цілісності грибів та спрощення логістичних операцій на післязбиральному етапі, є важливим елементом формування якості продукції промислового грибовництва.

Загальна колонізація субстратів складала  $15 \pm 1$  добу. Плодові тіла першої хвилі плодоношення досягали технічної стиглості через  $5 \pm 1$  добу після появи примордіїв, що визначило загальну тривалість інкубації у  $20 \pm 2$  доби. Аналіз отриманих результатів свідчить про відсутність відмінностей за цим показником між варіантами досліду ( $p > 0,05$ ), а терміни отримання врожаю співпадали з результатами наших попередніх досліджень [5,7].

Найвищу біологічну ефективність *P. ostreatus* 2301 ( $92,36 \pm 6,49$  %), отримували на субстраті, розташованому у похилому положенні з розміром отворів 100 мм, а найменшу ( $71,35 \pm 7,62$  %) – на субстраті горизонтального розташування з таким же розміром перфорацій. За результатами статистичного двофакторного аналізу даних після 3х циклів культивування не виявлено доведеної різниці між варіантами ( $p > 0,05$ ) (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

**Біологічна ефективність та характеристика зростків *Pleurotus ostreatus* 2301 за умов різного розташування блоків з різним розміром перфорацій (2016-2019 рр., 6 циклів культивування)**

Варіант	Чинники*		БЕ, %	Показники зростків**			
	А	В		Маса, г	Ширина, мм	Висота, мм	Кількість ПТ
1	1	1	73,01±6,81	435 <sup>b</sup> ±51	191 <sup>b</sup> ±9	122 <sup>c</sup> ±8	26 <sup>bc</sup> ±3
2		2	71,35±7,62	471 <sup>b</sup> ±44	206 <sup>b</sup> ±7	138 <sup>bc</sup> ±6	30 <sup>bc</sup> ±2
3		3	77,70±6,08	703 <sup>a</sup> ±86	236 <sup>a</sup> ±13	157 <sup>b</sup> ±11	39 <sup>ab</sup> ±4
4	2	1	77,76±3,24	404 <sup>b</sup> ±44	186 <sup>b</sup> ±6	149 <sup>b</sup> ±8	26 <sup>bc</sup> ±2
5		2	83,71±6,53	443 <sup>b</sup> ±52	188 <sup>b</sup> ±5	158 <sup>b</sup> ±8	31 <sup>b</sup> ±6
6		3	88,04±5,74	617 <sup>ab</sup> ±76	216 <sup>ab</sup> ±10	194 <sup>a</sup> ±12	43 <sup>a</sup> ±4
7	3	1	81,68±5,18	455 <sup>b</sup> ±49	196 <sup>b</sup> ±6	154 <sup>b</sup> ±7	25 <sup>bc</sup> ±3
8		2	92,36±6,48	438 <sup>b</sup> ±50	191 <sup>b</sup> ±8	151 <sup>b</sup> ±8	30 <sup>bc</sup> ±3
9		3	79,81±6,81	585 <sup>ab</sup> ±60	206 <sup>b</sup> ±5	184 <sup>a</sup> ±10	40 <sup>a</sup> ±3

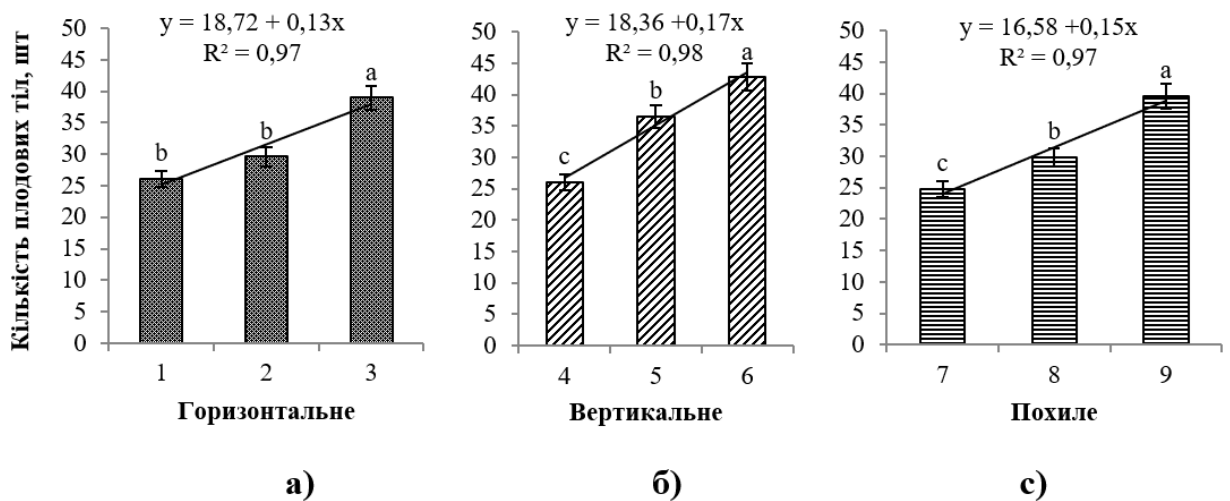
Примітки: \* фактор А – розташування блоків у камері вирощування: 1- горизонтальне, 2- вертикальне, 3 - похиле; фактор В – розмір отворів на блоках 1 - 50мм; 2 - 100мм; 3 - 150мм; \*\* кількість вибірки  $n = 3 \times 25$ ; ПТ – плодові тіла; <sup>abc</sup> – результати статистичного аналізу ANOVA: різні букви показують наявність суттєвої різниці даних за  $p < 0,05$ .

Втім порівнянням середніх між групами за U-критерієм Манна-Уїтні визначено, що біологічна ефективність у варіанті з горизонтальним розміщенням блоків була значимо нижчою ( $p = 0,03$ ), ніж у варіантах з вертикальним і похилим положеннями та становила близько 10 %. Фактор розміру отворів виявився несуттєвим. Отримані дані науково обґрунтовують ствердження І. О. Дудки, яка стверджувала, що для промислового вирощування гливи більш природнім є вертикальний спосіб розміщення субстратних блоків [63].

Морфологічні характеристики зростків та навіть окремих плодових тіл мали істотні відмінності за варіантами досліду, що доводить вплив факторів розміщення та розмірів отворів. Ефект був найбільш вираженим за горизонтального розташування блоків з отворами 150 мм, де збирали зростки з середньою масою  $703 \pm 86$  г, що практично на 300 грамів перевищувало середню масу зростків ( $404 \pm 44$  г), отриманих з вертикально розташованих блоків з отворами 50 мм. Варто підкреслити, що зростки зібрані з субстратних блоків із отворами 50 та 100 мм суттєво не відрізнялися за середньою масою, істотний ефект збільшення маси ми спостерігали лише з отворами 150 мм у групах різного розташування.

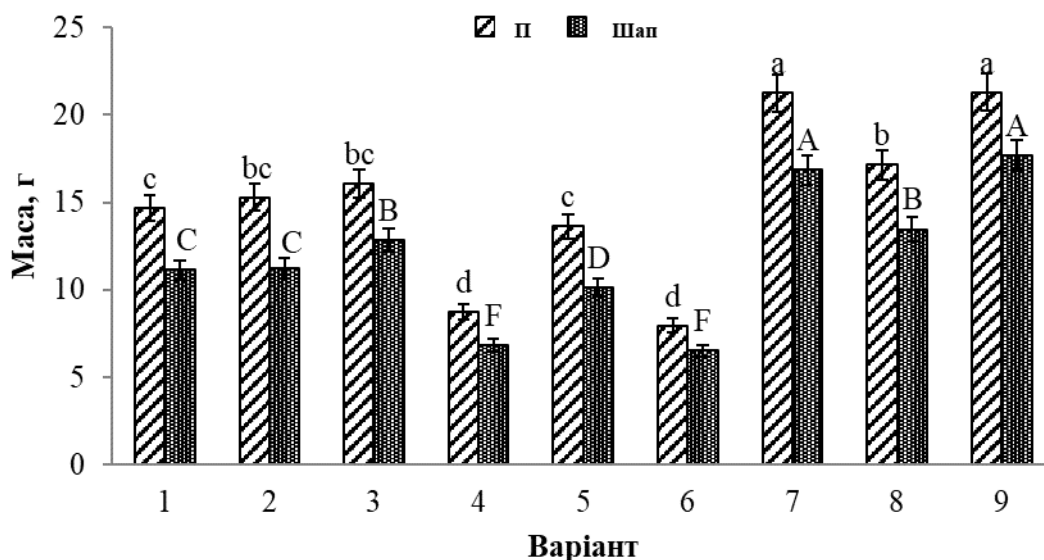
Найбільшу ширину зростків ( $236 \pm 13$  мм) спостерігали за вирощування у горизонтальному положенні з перфорацією 150 мм, а найменшу ( $186 \pm 6$  мм) за вертикального розташування з перфорацією 50 мм. Двофакторним аналізом статистичних дисперсій показників доведено, що розмір перфорації мав значний вплив на ширину зростків ( $p < 0,001$ ), тоді як вплив положення був несуттєвим ( $p > 0,05$ ). Водночас обидва чинники мали значний ( $p < 0,001$ ) вплив на висоту зростків. Висота зростків була більшою за вертикального та похилого положення:  $194 \pm 12$  та  $184 \pm 10$  мм відповідно. Найнижче середнє висоти зростків було зафіксовано за вирощування у горизонтальному положенні ( $122 \pm 8$  мм). Отримані дані доводять істотну позитивну кореляцію розмірів перфорації з висотою зростків за горизонтального розташування з коефіцієнтом  $r = 0,99$ , вертикального -  $r = 0,94$  та похилого  $r = 0,81$ .

Також за збільшення розміру отворів зростала кількість плодових тіл у зростках, але фактор розташування субстрату суттєво не впливав на цей показник. Найбільшу кількість плодових тіл ( $43 \pm 4$ ) отримували за вертикального положення блоків з перфораціями 150 мм, тоді як у будь-якому положенні перфорація у 100 мм обумовлювала розвиток не більше  $26 \pm 3$ . Регресійний аналіз даних дає змогу прогнозувати кількість плодових тіл у зростках відповідно до варіантів застосованих технік (рис.3.41):



**Рис. 3.41.** Вплив розташування субстрату та розміру перфорацій на кількість плодових тіл *Pleurotus ostreatus* 2301 у зростках: а) горизонтальне, з розміром перфорацій 1 - 50; 2 - 100; 3 - 150 мм; б) вертикальне, 4 - 50; 5 - 100; 6 - 150 мм; с) похиле, 7 - 50; 8 - 100; 9 - 150 мм; латиницею наведено результати статистичного аналізу ANOVA Single Factor: різні букви показують наявність суттєвої різниці даних за  $p < 0,05$  (2016-2019 рр., 6 циклів культивування).

Вплив обох досліджених факторів на морфологічні характеристик плодових тіл *P. ostreatus* 2301 було визначено за результатами аналізу вибірок ( $n = 100$ ) з трьох циклів культивування за умовами досліду. Виявили, що маса окремих грибів була значно вищою у похилій позиції порівняно з горизонтальним та вертикальним положенням (рис. 3.42). Плодові тіла були найважчими ( $21 \pm 1,2$  г) при вирощуванні у похилому положенні з перфораціями 50 та 150 мм; а найлегші ПТ отримували у вертикальному положенні з аналогічними розмірами перфорацій ( $9 \pm 0,5$  та  $8 \pm 0,5$  г відповідно). Потрібно додати, що вибірки за варіантами горизонтального розташування (1, 2, 3) мали найвищий коефіцієнт варіативності у досліді: 0,85; 0,72; 0,66 відповідно, тоді як за похилого положення (7, 8, 9) коефіцієнти варіативності маси плодових тіл склали відповідно 0,58; 0,70; 0,57, що свідчить про вищу ймовірність отримання більших за масою плодових тіл *P. ostreatus* 2301 за культивування у похилому положенні.



**Рис. 3.42.** Вплив розташування субстрату та розміру перфорацій на середню масу плодових тіл (Пт) та окремих шапинок (Шап) *Pleurotus ostreatus* 2301: горизонтальне, з розміром перфорацій 1 - 50; 2 - 100; 3 - 150 мм; вертикальне, 4 - 50; 5 - 100; 6 - 150 мм; похиле, 7 - 50; 8 - 100; 9 - 150 мм; статистично доведена відмінність між результатами за  $p < 0,05$  показана різними буквами латинського алфавіту (маленькими буквами позначено результати порівняння середньої маси плодових тіл, великими – середньої маси шапинок), 2016-2019 рр., 6 циклів культивування.

З урахуванням короткотривалого терміну зберігання, важливою складовою якості врожаю грибів є показники придатності грибної сировини до переробки. Вимоги до експертизи якості грибів є більш розширеними, ніж для овочевої продукції, бо потрібно визначити не тільки умови виробництва та закупівлі, а й терміни поставки, умови та терміни транспортування, зберігання й реалізації продукції. У попередніх досліджах ми проводили визначення коефіцієнту виходу грибного напівфабрикату ( $K_{\text{внф}}$ ) на етапі підготовки плодових тіл до фасування за правилами європейського ринку, де реалізуються лише шапинки грибів. Вважаємо, що цей показник надає змогу прогнозованого визначення собівартості врожаю грибів для роботи з роздрібними мережами (табл. 3.8). За результатами порівняння між групами за допомогою *Mann-Whitney U Test* коефіцієнти виходу

напівфабрикату ( $K_{внф}$ ) грибів без ніжок - лише шапинок, суттєво різнилися за варіантами досліду ( $p < 0,05$ ).

Таблиця 3.8

**Морфологічна характеристика плодових тіл *Pleurotus ostreatus* 2301 за різного розташування субстратних одиниць у камерах вирощування та різних розмірів перфорацій (2016-2019 рр., 6 циклів культивування)**

Варіант досліду	Фактор		Ознаки плодових тіл, середнє ± ст. помилка ( $p < 0.05$ )					
	Розташування (А)	Розмір перфорації, мм (В)	$K_{внф}$	Ширина шапинки, мм	Довжина шапинки, мм	Коефіцієнт асиметрії шапинки	Висота ніжки, мм	Діаметр ніжки, мм
1	1	50	0,75 <sup>c</sup> ±0,01	58 <sup>cd</sup> ±2,4	54 <sup>c</sup> ±1,3	1,06 <sup>b</sup> ±0,02	17 <sup>d</sup> ±0,5	16 <sup>a</sup> ±0,7
2		100	0,77 <sup>b</sup> ±0,05	59 <sup>c</sup> ±2,2	53 <sup>c</sup> ±1,4	1,12 <sup>a</sup> ±0,02	22 <sup>c</sup> ±0,8	15 <sup>a</sup> ±0,7
3		150	0,78 <sup>ab</sup> ±0,02	62 <sup>c</sup> ±1,9	61 <sup>b</sup> ±1,6	1,03 <sup>b</sup> ±0,02	26 <sup>b</sup> ±1,3	12 <sup>b</sup> ±0,4
4	2	50	0,79 <sup>ab</sup> ±0,01	60 <sup>c</sup> ±1,9	59 <sup>b</sup> ±1,4	1,03 <sup>b</sup> ±0,01	14 <sup>f</sup> ±0,5	11 <sup>b</sup> ±0,3
5		100	0,76 <sup>bc</sup> ±0,01	64 <sup>bc</sup> ±2,2	60 <sup>b</sup> ±1,5	1,06 <sup>b</sup> ±0,02	25 <sup>bc</sup> ±1,2	12 <sup>b</sup> ±0,4
6		150	0,81 <sup>a</sup> ±0,01	46 <sup>d</sup> ±1,6	52 <sup>c</sup> ±1,3	0,90 <sup>c</sup> ±0,02	16 <sup>df</sup> ±0,6	8 <sup>c</sup> ±0,2
7	3	50	0,78 <sup>ab</sup> ±0,01	75 <sup>a</sup> ±2,2	70 <sup>a</sup> ±1,5	1,06 <sup>ab</sup> ±0,02	28 <sup>a</sup> ±0,9	12 <sup>b</sup> ±0,3
8		100	0,80 <sup>ab</sup> ±0,01	67 <sup>b</sup> ±2,4	62 <sup>b</sup> ±1,5	1,08 <sup>ab</sup> ±0,02	22 <sup>c</sup> ±1,1	12 <sup>b</sup> ±0,5
9		150	0,82 <sup>a</sup> ±0,01	72 <sup>ab</sup> ±2,5	69 <sup>a</sup> ±1,5	1,03 <sup>b</sup> ±0,02	22 <sup>c</sup> ±0,7	12 <sup>b</sup> ±0,4

Примітки: Розташування, 1 - горизонтальне, 2 – вертикальне, 3 – похиле;  $K_{внф}$  - коефіцієнт виходу грибного напівфабрикату; латиницею наведено результати статистичного аналізу ANOVA: різні букви показують наявність суттєвої різниці даних за  $p < 0,05$

Найвищий вихід продукції після видалення ніжок було визначено для техніки культивування в похилому ( $K_{внф} = 0,82$ ) та вертикальному ( $K_{внф} = 0,81$ ) положеннях у блоках з перфорацією 150 мм. Ці результати були відмінними від даних, отриманих за горизонтального розташування, де  $K_{внф}$  приймав значення між 0,75 та 0,77, що збільшувало втрати сировини від 23 до 25 % (табл. 3.8).

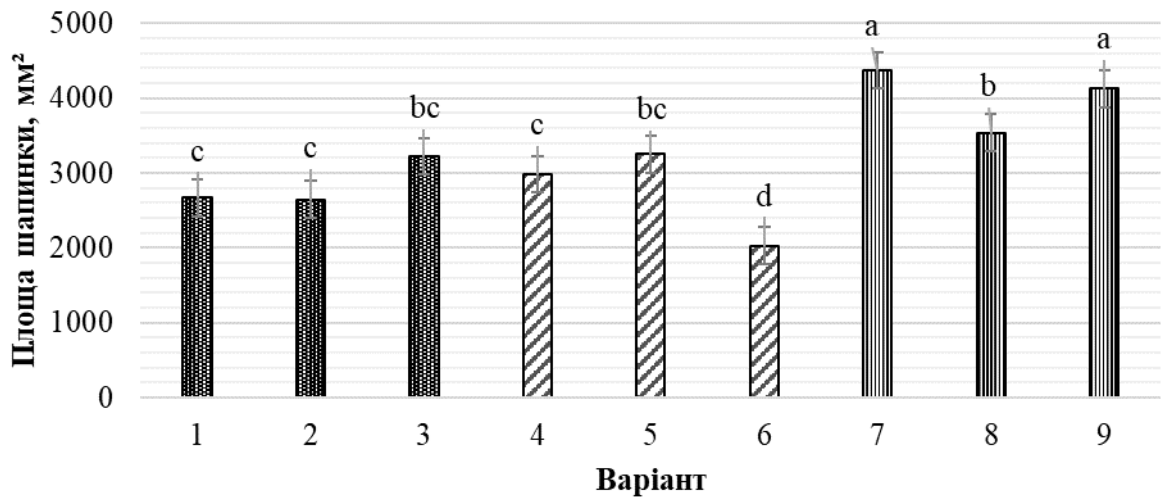
Статистичним аналізом впливу фактору В визначено, що застосування менших розмірів перфорації, зокрема - 50 мм, зумовлювало зростання втрат сировини після видалення ніжки на 3-4 % проти варіантів з отворами 150 мм,

незалежно від розташування субстрату. Втім, за розмірами шапинок, ширина (діаметр у попередніх публікаціях) яких варіювала від 30 до 70 мм, плодови тіла, отримані у всіх варіантах досліду, збігаються з показниками споживчої якості, прийнятими світовими ринками [64]. Українські дослідники отримували подібні результати для штаму *P. ostreatus* НК-35 Duna виробництва компанії Сілван (Sylvan). Штам *P. ostreatus* P-24 (польського походження), на думку експериментаторів, мав певні переваги за збільшеним діаметром шапинки від 60 до 100 мм [65]. Однак, залежно від мети подальшого використання: реалізації у вигляді свіжих грибів чи переробки на маринади або чіпси, вимоги до розмірів шапинок кардинально відрізняються. Переробка плодкових тіл з шапинками ширше 70 мм потребує додаткової операції подрібнення, що ускладнює технологічний процес.

Споживчі вимоги до розмірів плодкових тіл, призначених для продажу у свіжому вигляді, залежать як від національних вподобань, що складувались історично, так і від форми та розмірів пакування, та дуже різняться у різних країнах. Наприклад, у Туреччині покупці віддають перевагу грибам з шапинкою 80...120 мм, тоді як у Росії стандартами визначено технічний діаметр до 60 мм. Результати цього дослідження доводять можливість регулювання розміру шапинок відповідно до ринкових вподобань чи технічних вимог. Отримані результати впроваджені у виробництво, що підтверджено відповідним актом (Додаток В, рис. В7).

Для спрощення процесів пакування були розраховані середні показники площі шапинок, залежно досліджених чинників. Статистичним аналізом (ANOVA) доведено значне зростання середньої площі шапинки у грибів ( $p < 0,001$ ), отриманих з блоків у похилому положенні проти цієї ознаки плодкових тіл з інших варіантів розташування. Найбільшу площу шапинки грибів ( $4368 \pm 212 \text{ мм}^2$ ) отримували у варіанті похилого положення з перфораціями 50 мм, тоді як найменший результат ( $2027 \pm 119 \text{ мм}^2$ ) було визначено за вирощування у вертикальному положенні з розміром перфорації 150 мм (рис. 3.43)..





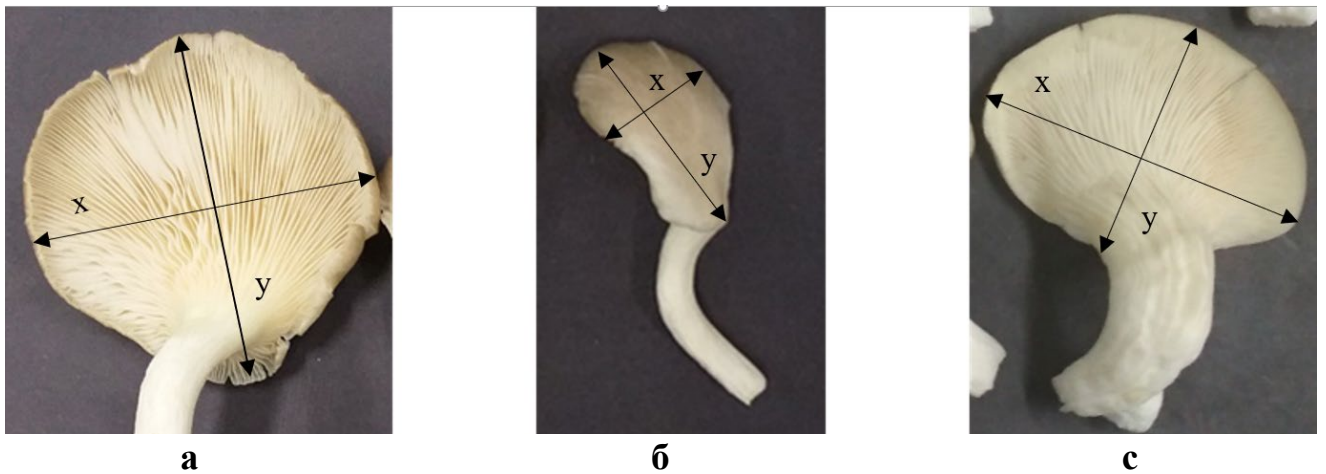
**Рис. 3.43. Площа шапинок плодових тіл *Pleurotus ostreatus* 2301** відповідно до варіантів дослідження: *горизонтальне* розташування, з розміром перфорацій 1 - 50; 2 - 100; 3 - 150 мм; *вертикальне*, 4 - 50; 5 - 100; 6 - 150 мм; *похиле*, 7 - 50; 8 - 100; 9 - 150 мм; статистично доведена відмінність між результатами за  $p < 0,05$  показана різними буквами латинського алфавіту, 2016-2019 рр., 6 циклів культивування.

Загальне зменшення площі шапинки за горизонтального та вертикального положення може бути зумовленим рухом повітряних потоків, створення яких, як відомо, має за мету забезпечити видалення надлишкової кількості вуглекислого газу з їхньої поверхні та, тим самим, оптимізувати дихальні процеси. Похиле положення забезпечувало найкращу циркуляцію повітря навколо плодових тіл за умов типової організації мікрокліматичних умов у камерах вирощування, що в кінцевому підсумку обумовлювало найінтенсивніший розвиток шапинки. Цей показник визначено вперше, але з оглядом на загальні результати продуктивності, оцінку морфологічних характеристик плодових тіл та загальної якості отриманої сировини, він має важливе значення для аналізу інформації про оптимізацію режимів вирощування та застосованих технік у технологіях культивування певних штамів.

Важливою запорукою успішного продажу грибів гливи є форма отриманих шапинок. Відомо, що саме асиметрична форма обумовила загальну прийнятну назву цього виду «устричний гриб», англійською «Oyster mushroom» [66]. За

неопублікованими даними опитування споживачів - округла форма шапинки є пріоритетною для загальної привабливості. Втім, за аналізом результатів дослід, застосування певних технік вирощування суттєво впливає на форму шапинок.

Було визначено три основні форми шапинок: округла, листоподібна та устрична, які зустрічались в цьому експерименті (рис. 3.44). Статистичним аналізом ANOVA доведено суттєвий вплив застосованих варіантів розташування субстратних одиниць на полицях в камерах вирощування на форму шапинок *P. ostreatus* 2301 ( $p < 0,001$ ).

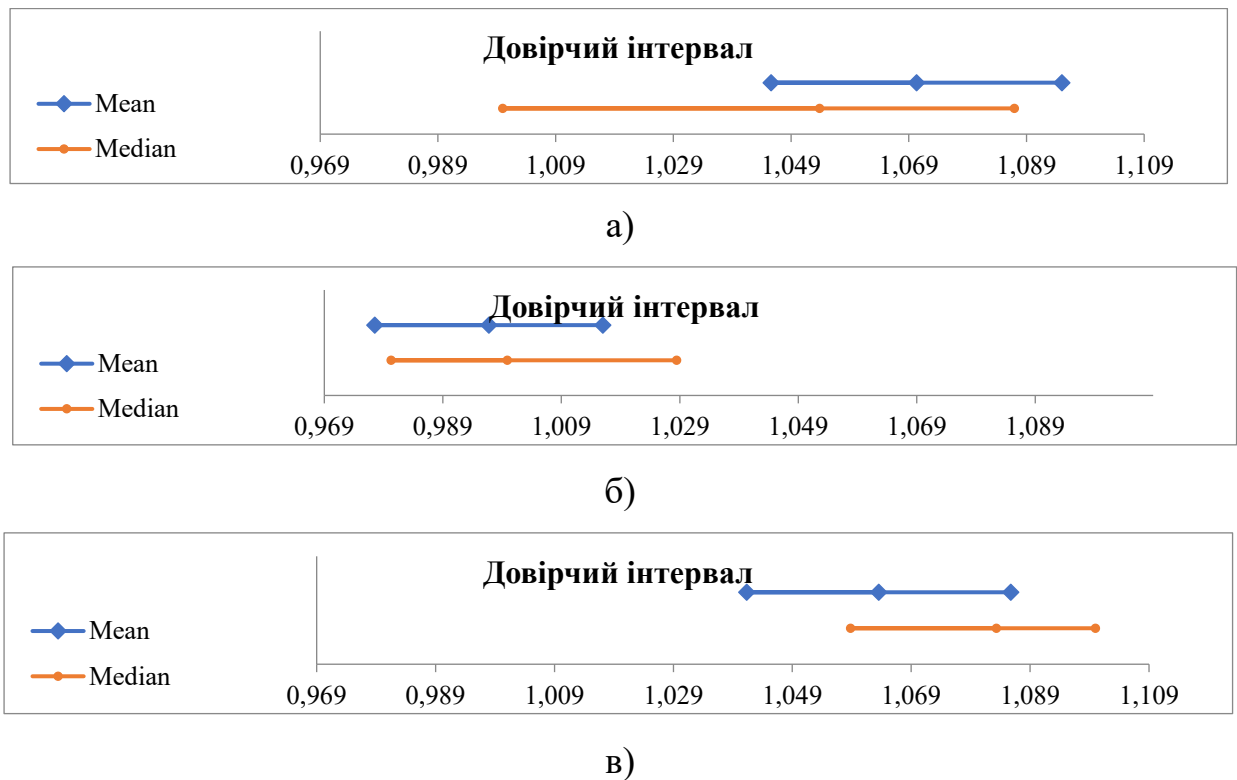


**Рис. 3.44. Морфологічні форми плодових тіл *Pleurotus ostreatus* 2301:**

а) округла, б) листоподібна, в) устрична. Вектори  $x$  та  $y$  використовували для розрахунку площі поверхні за формулою  $S = \pi l/4xy$

Найнижчий коефіцієнт асиметрії шапинки  $0,90 \pm 0,02$ , що характеризував її листоподібну форму, де ширина шапинки значно менша за висоту ( $x < y$ ), було отримано у плодових тіл, вирощених у вертикальному положенні з розміром перфорацій 150 мм. У цьому варіанті, зростки мали найбільшу кількість плодових тіл що, ймовірно, могло вплинути на форму шапинок, і, також, на показники загальної площі. Найвищий коефіцієнт асиметрії шапинки ( $1,12 \pm 0,02$ ), що притаманний для устричної форми, де ширина шапинки більша за висоту ( $x > y$ ), було виявлено у шапинок ПТ, отриманих на субстраті горизонтального положення та розміром перфорації 100 мм.

У цілому, в похилому положенні частіше спостерігали устричну форму шапинок, а у горизонтальному – шапинки мали виражену тенденцією до круглої форми ( $x = y$ ) (рис. 3.45).



**Рис. 3.45. Результати описової статистики порівняння коефіцієнту асиметрії шапинки *Pleurotus ostreatus* 2301 за варіантами розташування субстрату (за *QA Macros*): а) горизонтальне, б) похиле, в) вертикальне; *mean*- середнє за вибіркою  $n=100$ , *median* – медіана вибірки (2016-2019 рр., 6 циклів культивування)**

Відомо, що довжина ніжки залежить від умов мікроклімату, зокрема від складу повітря: відносної вологості та вмісту  $\text{CO}_2$ , з тенденцією до збільшення за умов зростання цих показників [67]. Втім, біологічні особливості культиварів, безсумнівно є визначним чинником формування цієї ознаки [7]. За аналізом отриманих даних також виявлено істотний вплив просторового розташування субстратних одиниць ( $p < 0,001$ ) на довжину ніжки плодових тіл *P.ostreatus* 2301. За горизонтальної позиції визначено позитивну кореляцію між розміром перфорації та довжиною ніжки, тоді як за вирощування у похилому положенні, негативну (табл. 3.9).

**Результати регресійного аналізу впливу способу розташування субстрату на довжину ніжки плодових тіл *Pleurotus ostreatus* 2301 (2016-2019 рр., 6 циклів культивування)**

Розміщення	$r$	$r^2$	$p$
горизонтальне	0,997	0,994	0,049
	$y = 13,086 + 0,083 \times x$		
вертикальне	0,109	0,012	0,931
	$y = 16,805 + 0,012 \times x$		
похиле	-0,912	0,83	0,269
	$y = 30,145 - 0,064 \times x$		

У цілому, результати регресійного аналізу доводять можливість прогнозування цього показника лише за горизонтального вирощування ( $p = 0,049$ ), дані за іншими техніками не мали суттєвих відмінностей ( $p > 0,05$ ).

Найбільшу довжину ніжки ПТ ( $28 \pm 0,9$  мм) отримали у похилому положенні, а найменшу ( $14 \pm 0,5$ ) мм - з вертикально розташованих блоків субстрату з перфораціями 50 мм. Отримані результати ми не змогли пояснити впливом досліджених факторів, тому потрібні додаткові експерименти. Довга ніжка є небажаною особливістю ПТ деяких штамів *P. ostreatus*, що характеризуються жорсткою структурою ніжки, а також, отримання довгих ніжок ПТ приводить до суттєвого зменшення загальної ваги товарного врожаю у тому випадку, коли у реалізацію ідуть лише шапинки.

Найбільший діаметр ніжки мали плодові тіла, вирощені у горизонтальному положенні з розміром отворів 50 та 100 мм ( $16 \pm 0,7$  та  $15 \pm 0,7$  мм відповідно). Цікаво, що за такого варіанту розташування субстрату та збільшення розміру перфорації діаметр ніжки мав тенденцію до зменшення ( $r = -0,91$  та  $r^2 = 0,82$ ), тоді як в інших варіантах ніякої залежності не визначено. Найменший середній діаметр ніжки ( $8 \pm 0,2$  мм) мали плодові тіла, отримані з блоків вертикального розташування з перфорацією у 150 мм. У варіанті похилого положення цей показник був найбільш сталим та зовсім не залежав від змін розміру перфорацій.

Отже, застосування певних технік впливає на показники біологічної ефективності *P. ostreatus* 2301 та морфологічні показники цього штаму, що дає змогу прогнозувати отримання необхідних параметрів зростків та плодових тіл відповідно до вимог технічних умов, потреб ринку чи переробних підприємств.

Аналізом результатів дослідження доведено, що біологічна ефективність *P. ostreatus* 2301 за вирощування у горизонтальному положенні, була на 10 % меншою проти врожаю за інших варіантів розташування. Визначено, що розмір перфорацій на блоках субстрату впливає на розміри зростків та кількість плодових тіл. Найбільші зростки отримували у горизонтальному положенні, їхня ширина була більшою за висоту на 69-79 мм, тоді як в інших варіантах, ця різниця не перевищувала 40 мм. Виявлено лінійну кореляцію між розміром перфорації та розміром скупчень плодового тіла, яка має найвищий прояв за горизонтального розташування субстрату. Наприклад, застосування перфорацій розміром 50 мм давало змогу отримувати зростки шириною від 186 до 196 мм та висотою від 122 до 154 мм, що найкраще відповідало типорозмірам тари, яка є найбільш доступною в Україні. Так, згідно з сучасними пропозиціями вітчизняних виробників упаковки, найбільш придатними є наступні типорозміри харчових лотків: <https://prom.ua/ua/Lotki-iz-vspennnogo-polistirola.html> :

- 1) лоток харчовий LT 00.07 з пінополістиролу 250×150×30 мм;
- 2) лоток харчовий 73 (AT29-16) з пінополістиролу 225×138×17 мм;
- 3) лоток харчовий AT 75 з пінополістиролу 273×138×17 мм (аналог TR-055).

Слід додати, що визначені коефіцієнти варіативності розмірів та маси зростків *P. ostreatus* 2301 не перевищували 30%, що говорить про сталість отриманих результатів. Дослідження такого характеру допомагають зібрати інформацію та параметри для прогнозування розміру зростків, морфологічних особливостей плодових тіл, які відповідають вимогам споживачів, а також розрахувати розміри пакувань, які здатні зменшити кількість механічних ушкоджень та запобігти швидкому псуванню. Розглянуті технологічні операції не змінюють загальної ефективності виробництва і тому можуть бути рекомендованими для господарств, котрі планують вводити операцію пакування

у загальну систему контролю безпеки грибної продукції (Додаток В.8, рис. В.7). Для нових підприємств, які тільки розробляють проекти виробництва *P. ostreatus*, бажано віддати перевагу похилому (60 - 70°) або вертикальному розташуванню блоків субстрату у камерах вирощування.

### **3.5 Оцінка технічних характеристик *Pleurotus pulmonarius* 2314 як об'єкту безперервного культивування.**

Результати попередніх досліджень свідчать про те, що культивування гливи легеневої (*P. pulmonarius*) має ряд суттєвих переваг: 1) скорочена тривалість вегетаційного циклу; 2) короткий період морфогенезу плодових тіл, який дозволяє отримати врожай однієї хвили плодоношення за 1-2 доби; 3) високі показники біологічної ефективності; 4) високі органолептичні показники; 5) толерантність до елективності субстратів та мікрокліматичних умов культивування, які дозволяють ефективно вирощувати цей вид на субстратах різного складу у широкому спектрі температурних режимів - від 14 до 28 °С [5, 6, 21, 68].

Але з іншої сторони, відомо, що за рахунок швидкого морфогенезу плодових тіл цього виду потрібно проводити збирання врожаю 2-3 рази на добу. Плодові тіла *P. pulmonarius* складно транспортувати та зберігати за рахунок тендітної шапинки, краєчок якої миттєво розтріскується навіть при струшуванні [69]. А велика кількість спор, що легко звільняється вже через декілька годин після формування плодового тіла, є причиною важких алергічних реакцій [70].

Порівняння даних сезонного промислового вирощування *P. pulmonarius* 2314 з колекції ІВК з попередніми даними, отриманими після скринінгу 5 штамів *P. pulmonarius* 537, 668, 694, 707, 708 з колекції культур Пенсільванського університету (PSUMCC) дозволило визначити суттєві відмінності у тривалості вегетаційного періоду штамів та різницю у тривалості морфогенезу за сезонами (табл. 3.11). Штам 2314 відрізнявся найкоротшим вегетативним циклом ( $11,9 \pm 0,8$  діб) та найвищою біологічною ефективністю ( $68,9 \pm 0,6$  %). Такі показники обумовили необхідність аналізу можливості вирощування цього штаму у зимовий період, як самостійного сегменту в асортименті свіжих грибів, так і для

збільшення загального виходу продукції у часи максимального попиту (передноворічні свята, період великого посту).

Таблиця 3.11

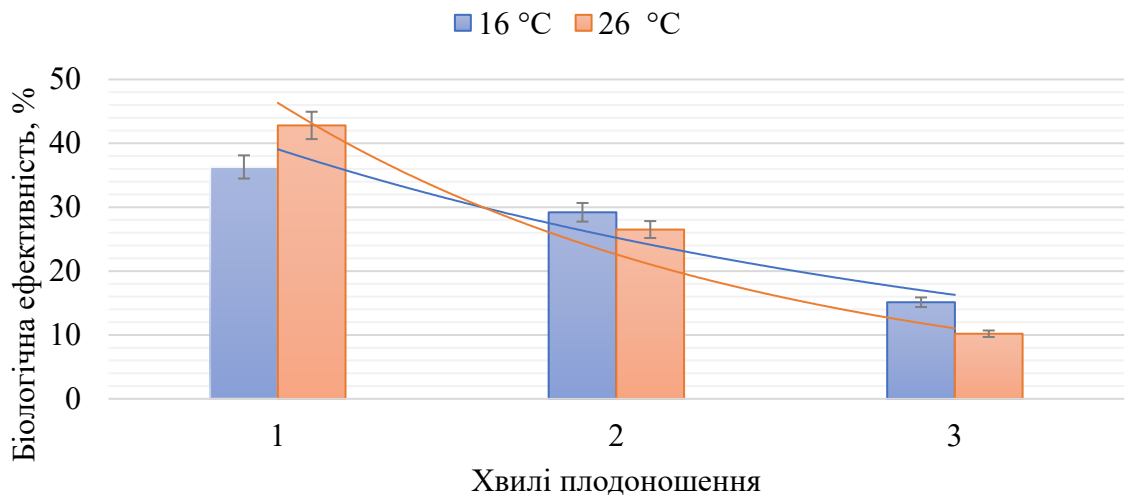
### Особливості росту та плодоношення різних штамів *Pleurotus pulmonarius*

(середнє  $\pm$  ст. помилка за даними 10 циклів вирощування 2014-2019 р.)

Штам	Термін настання збиральної стиглості, доба			Тривалість хвилі плодоношення, доба		
	$\bar{x} \pm s\bar{x}$	$K_{\text{варіації}}, \%$	Мінімум - максимум	$\bar{x} \pm s\bar{x}$	$K_{\text{варіації}}, \%$	Мінімум - максимум
537л	20,1 <sup>b</sup> $\pm$ 1,4	22	13 - 24	9,9 <sup>a</sup> $\pm$ 1,9	61	3 - 21
668л	13,3 <sup>c</sup> $\pm$ 0,2	4	13 - 14	2,4 <sup>bc</sup> $\pm$ 0,2	29	1 - 3
694л	26,6 <sup>a</sup> $\pm$ 0,8	11	16 - 28	2,3 <sup>bc</sup> $\pm$ 1,0	65	1 - 15
707л	27,4 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	2	27 - 28	1,1 <sup>c</sup> $\pm$ 0,1	31	1 - 2
708л	28,1 <sup>a</sup> $\pm$ 1,0	11	24 - 36	2,1 <sup>bc</sup> $\pm$ 0,7	99	1 - 6
2314л	11,9 <sup>d</sup> $\pm$ 0,8	8	11 - 14	1,6 <sup>c</sup> $\pm$ 0,3	31	1 - 4
2314з	15,3 <sup>c</sup> $\pm$ 1,3	12	12-18	3,3 <sup>b</sup> $\pm$ 0,4	32	2 - 5
<i>p-value</i>	0,002	-	-	0,0001	-	-

Примітки:  $\bar{x}$  - арифметичне середнє;  $s\bar{x}$  - ст. помилка середнього; «л»- культивування влітку за температури  $26 \pm 2$  °С, «з» – зимове вирощування за  $16 \pm 2$  °С; статистично доведена відмінність між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадиння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.

Примордії плодкових тіл штаму 2314 у сформованих зростках за температури культивування від 20 до 28 °С з'явилися на 11 добу на 80 % дослідних блоків, але вже на 12 добу на всій партії фіксували перехід до генеративної стадії розвитку. Узимку за середньої температури у камері  $16 \pm 2$  °С поява примордіїв відбувалася на 14 добу на 90 % блоків партії, а до 16-18 доби від початку інокуляції збирали весь врожай першої хвилі. Це мінімум на 6 діб менше як порівняти з іншими штамми, що рекомендовані для зимового культивування. За результатами аналізу даних після 10 циклів вирощування визначено, що біологічна ефективність (БЕ) *P. pulmonarius* 2314 за різних температурних режимів культивування суттєво не відрізнялася, та складала 80,6% за температури  $16 \pm 2$  °С і 79,5 % при  $26 \pm 2$  °С, але розподіл зібраного врожаю за хвилями, мав різний характер (рис. 3.46).



**Рис. 3.46. Біологічна ефективність штаму *Pleurotus pulmonarius* 2314 за різної температури культивування (три хвилі плодоношення, 3 цикли культивування, 2015-2017 рр.).**

Так, за підвищеної температури біологічна ефективність першої хвилі досягала  $42,81 \pm 5,37$  %, тоді як при  $16 \pm 2$  °C цей показник досягав лише  $36,34 \pm 4,51$  %. За обох режимів спостерігали тенденцію до зниження відсотків БЕ, але за низьких температур експонента тренду була більш пологою. Врожай першої хвилі складав приблизно половину від загального врожаю за 3 хвилі плодоношення:  $53,84 \pm 3,91$  % ( $26 \pm 2$  °C) та  $45,02 \pm 4,78$  % ( $16 \pm 2$  °C). За обсягами другої хвилі варіанти дослідів суттєво не відрізнялись, тоді як врожай третьої хвилі був вищим за температури вирощування  $16 \pm 2$  °C ( $18,75 \pm 1,82$  %). Отримані дані обґрунтовують доцільність подовження технологічного циклу культивару до третьої хвилі (30-35 діб в цілому).

Зростки плодових тіл, які отримували за температури  $16 \pm 2$  °C були більш щільними та за морфологічними ознаками суттєво ( $p < 0,05$ ) відрізнялись від зростків, отриманих при  $26 \pm 2$  °C. Шапинки у зростках за нижчої температури були більш опуклими, мали на 2-3 тони темніший колір та рівномірне забарвлення. Плодові тіла, отримані за температури  $26 \pm 2$  °C відрізнялись тонким краєчком шапинки та висвітленою зоною у місці приєднання до ніжки (рис. 3.47).





а

б

**Рис. 3.47. Морфологічні ознаки зростків плодових тіл штаму *Pleurotus pulmonarius* 2314 (біологічна зрілість) за температури а)  $26 \pm 2$  °C; б)  $16 \pm 2$  °C.**

Кількість плодових тіл у зростках суттєво не змінювалась за різних умов культивування та варіювала від 5 до 110 штук. Вибірки характеризувалися додатною асиметрією, тому середнє кількості плодових тіл у зростку було близько 20-22, та не змінювалося впродовж досягання (табл.3.12).

Таблиця 3.12

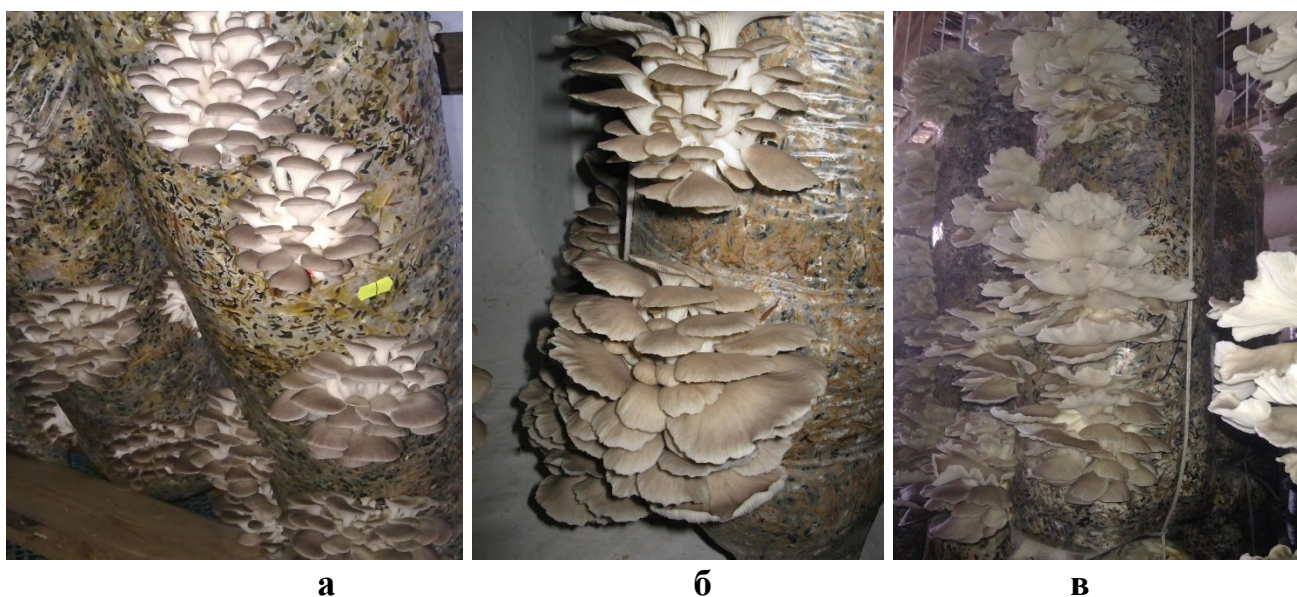
**Характеристика параметрів зростків плодових тіл штаму *Pleurotus pulmonarius* 2314 за різних температур культивування (середнє  $\pm$  ст. помилка, 3 цикли культивування, 2015-2017 рр.).**

Температура		$26 \pm 2$ °C		$16 \pm 2$ °C	
Стадії стиглості		Т	Б	Т	Б
Ознаки зростків	Маса, г	$34,9 \pm 2,5$	$40,7 \pm 5,5$	$50,4 \pm 5,2$	$70,0 \pm 9,5$
	Ширина, мм	$94,6 \pm 2,4$	$104,1 \pm 3,1$	$115,5 \pm 5,3$	$124,8 \pm 5,74$
	Висота, мм	$68,5 \pm 2,0$	$74,5 \pm 2,3$	$82,3 \pm 2,8$	$88,8 \pm 3,4$
	Кількість ПТ	$22 \pm 6,2$	$22 \pm 4,8$	$19 \pm 5,1$	$20 \pm 5,4$

Примітки: Т -технічна, Б- біологічна стиглість

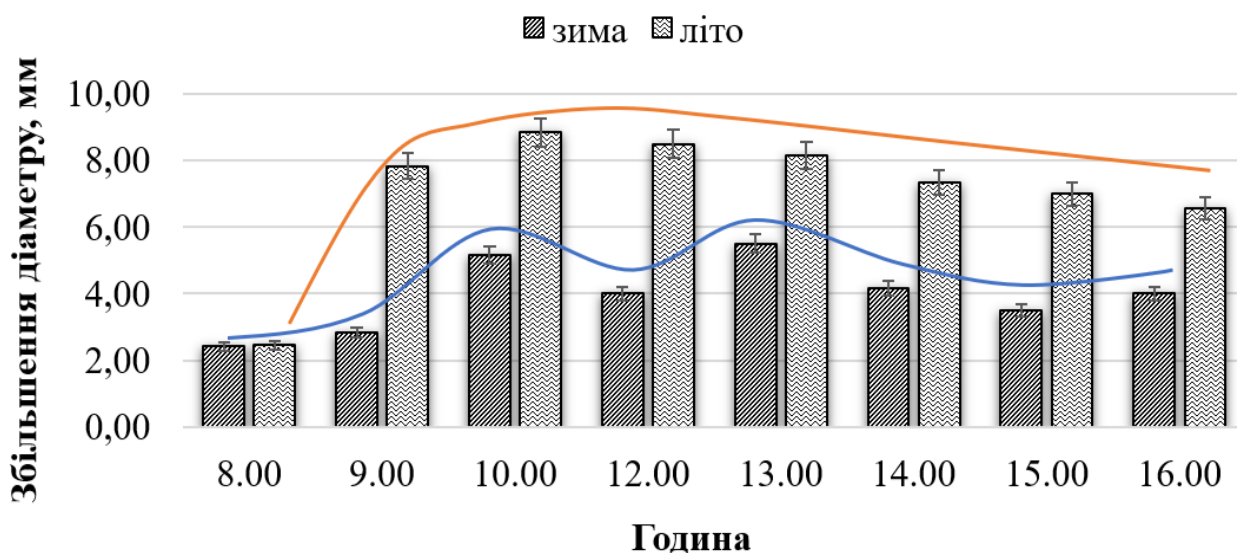
За результатами порівняння морфологічних параметрів зростків на стадіях технічної та біологічної стиглості визначено істотні відмінності за показниками маси, ширини та висоти. Так, маса зростків технічної зрілості, отриманих за температури  $26 \pm 2$  °С, була на 35 % меншою, ніж маса зростків біологічної зрілості і, відповідно менші показники визначено за шириною (на 18 %) та висотою зростків (на 17 %). При  $16 \pm 2$  °С тенденція збільшення морфологічних параметрів також була присутньою, але менш вираженою. Так маса зростків з настанням біологічної стиглості збільшувалася на 29 %, а ширина і висота - лише на 7 %. Середня маса зростків технічної стиглості, отриманих за температури  $16 \pm 2$  °С, була в 1,4 раза більшою, а біологічної – в 1,7 раза, як порівняти з результатами літнього вирощування. Відповідно різнилися і розміри зростків, що свідчить про ймовірність отримання більш крупних зростків *P. pulmonarius* 2314 споживчої якості при культивуванні в умовах низьких температур.

Важливим елементом формування якості урожаю є оптимальний час збирання врожаю. Для *P. pulmonarius* 2314 однією з візуальних ознак переходу від технічної до біологічної стиглості було посвітління кольору шапинки та набуття її краями певної хвилястості (рис.3.47- б, в).



**Рис. 3.47. Зовнішній вигляд зростків *Pleurotus pulmonarius* 2314 на різних стадіях розвитку: а) початок морфогенезу; б) збиральна стиглість; в) біологічна зрілість плодових тіл.**

Морфологічний розвиток (морфогенез) плодових тіл штаму гливи легеневої 2314 від стадії примордіїв (так звана «булавочна голівка») до стадії біологічної зрілості - початку спороношення, потребував від 16 до 24 годин за температури  $26 \pm 2$  °С, за цей час діаметр шапинки збільшувався від  $22,2 \pm 0,3$  мм до  $76,5 \pm 0,4$ , плодові тіла розвивалися зі швидкістю від 6,6 до 8,8 мм/годину (рис. 3.48).



**Рис. 3.48.** Приріст діаметру шапинки плодового тіла *Pleurotus pulmonarius* 2314 (середнє,  $HP_{05} = 1,02$ ; 3 цикли культивування, 2015-2017 рр.).

При  $16 \pm 2$  °С швидкість морфогенезу була суттєво нижчою - щогодинний приріст діаметру коливався від 2,8 до 5,5 мм за годину, а діаметр шапинки збільшувався за 8 годин від  $21,2 \pm 0,4$  мм до  $50,3 \pm 0,8$  мм. Влітку, затримка збору на 1-2 години зумовлювала погіршення якості плодових тіл за рахунок потоншення краю шапинки та розтріскування (рис. 3.49, а).

Отже, збирання плодових тіл технічної стиглості за температури  $26 \pm 2$  °С потрібно було проводити 2 рази на добу, тоді як за  $16 \pm 2$  °С достатньо було збирати врожай один раз на добу. Відомо, що механічні ушкодження не тільки псують зовнішні показники базидію, такі поранення спричиняють розвиток мікроорганізмів на поверхні шапинки, що значно скорочує терміни зберігання грибів та потребує негайної післязбиральної переробки [71, 72].



**Рис. 3.49. Зовнішній вигляд плодових тіл штаму *Pleurotus pulmonarius* 2314, отриманих за різної температури плодоношення: а)  $26 \pm 2$  °С; б)  $16 \pm 2$  °С.**

За результатами аналізу морфологічних параметрів плодових тіл *P. pulmonarius* 2314 у різних фазах стиглості доведено суттєвий вплив термінів збирання та температури на розміри шапинок та ніжок, інші характеристики, окрім маси плодових тіл та маси шапинок. Так, при  $16 \pm 2$  °С шапинки біологічної зрілості у середньому мали ширину  $51,3 \pm 1,8$  мм, що на 10 мм вище як порівняти з результатом, отриманим за температури  $26 \pm 2$  °С (табл. 3.13).

Отримані дані узгоджуються з опублікованими раніше, у яких дослідники з Франції та Індії отримували плодові тіла *P. pulmonarius* з діаметром шапинок до 50 мм у більшості проаналізованих зразків[22,73]. Довжина шапинок з віком збільшувалась за обох температурних режимів однаково, у середньому на 10 – 11 мм, а розвиток у ширину за високих температур був значно нижчим, ніж за низьких.

У цілому найвищу площу шапинки  $2128 \pm 122$  мм<sup>2</sup> визначено у зрілих плодових тіл, отриманих взимку, тоді як влітку цей показник був у 1,5 раза меншим. Загальна висота плодових тіл з настанням біологічної зрілості істотно ( $p < 0,001$ ) збільшувалася за обох температур у середньому на 5,8 мм при  $26 \pm 2$  °С та на 15 мм при  $16 \pm 2$  °С, що говорить про можливість отримувати якісні плодові тіла більшого розміру за цієї температури.

**Морфологічні ознаки плодових тіл (ПТ) штаму *Pleurotus pulmonarius* 2314 за різних температур культивування, (середнє ± ст. помилка за 3 цикли культивування, 2015-2017 рр.)**

Температури	26 ±2 °С		16 ±2 °С	
Стадії стиглості	Техн	Біол	Техн	Біол
Ознаки ПТ				
Ширина шапинки, мм	40,8 <sup>b</sup> ±1,4	41,3 <sup>b</sup> ±2,5	35,5 <sup>b</sup> ±1,5	51,3 <sup>a</sup> ±1,8
Довжина шапинки, мм	38,8 <sup>b</sup> ±1,2	48,3 <sup>a</sup> ±1,6	40,2 <sup>b</sup> ±1,3	50,9 <sup>a</sup> ±1,3
Висота ПТ, мм	57,8 <sup>c</sup> ±1,9	63,6 <sup>b</sup> ±1,6	56,7 <sup>c</sup> ±1,9	71,7 <sup>a</sup> ±2,1
Діаметр ніжки, мм	10,1 <sup>b</sup> ±1,1	8,8 <sup>c</sup> ±1,4	12,3 <sup>a</sup> ±0,9	10,5 <sup>b</sup> ±1,1
Площа шапинки, мм <sup>2</sup>	1304 <sup>b</sup> ±83	1374 <sup>b</sup> ±139	1240 <sup>b</sup> ±114	2128 <sup>a</sup> ±122
Коефіцієнт асиметрії шапинки	1,06 <sup>a</sup> ±0,02	0,95 <sup>b</sup> ±0,02	1,01 <sup>a</sup> ±0,02	0,90 <sup>b</sup> ±0,02
Маса ПТ, г	3,9 ±0,3	4,0 ±0,5	3,7 ±0,3	4,6 ±0,3
Маса шапинки, г	3,2 ±0,2	3,5 ±0,2	3,0 ±0,1	3,7 ±0,4
Маса ніжки, г	0,6 <sup>b</sup> ±0,1	0,3 <sup>c</sup> ±0,1	0,8 <sup>a</sup> ±0,2	0,9 <sup>a</sup> ±0,3
Коефіцієнт виходу напівфабрикату	0,82 <sup>b</sup> ±0,0	0,88 <sup>a</sup> ±0,0	0,81 <sup>bc</sup> ±0,0	0,80 <sup>c</sup> ±0,0

*Примітка:* статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння чи відсутність букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.

Форма плодового тіла набувала з віком більш витягнутої форми, що підтверджено істотним зменшенням коефіцієнту асиметрії шапинки. Для виробників грибів, цей факт має важливе значення, оскільки округла форма шапинки є більш привабливою для споживачів.

Обидва досліджені чинники суттєво впливали на діаметр ніжок плодових тіл. Так, найтовстіші ніжки з діаметром  $12,3 \pm 0,9$  у середньому мали плодове тіла технічної стиглості, отримані при  $16 \pm 2$  °С, що на 2,2 мм перевищувало цей показник за температури  $26 \pm 2$  °С. Але просліджували загальну тенденцію зменшення діаметру ніжки на 13-15% з настанням біологічної стиглості. Ніжки плодових тіл *P. pulmonarius* 2314 у біологічно стиглих базидіом втрачали масу на 50 % при вирощуванні за температури  $26 \pm 2$  °С, та лише на 12 % у середньому при  $16 \pm 2$  °С. Тому, влітку, за умов фасування грибів біологічної стиглості, можливо значне вкорочування ніжки. Це збільшуватиме привабливість упакованого товару,

але не буде суттєво підвищувати втрати загальної маси сировини. Цей висновок підтверджується збільшенням коефіцієнта виходу напівфабрикату після видалення ніжки від 0,82 до 0,88. Втім, за низькотемпературних режимів культивування втрати сировини після проведення обрізки ніжок не відрізнялися для обох варіантів стиглості та склали 19 – 20 %.

Отже, планування збору врожаю потрібно проводити з оглядом на мікрокліматичні умови вирощування, щоб максимально зменшити їх вплив на якість отриманої сировини, а технолог має ретельно розрахувати час проведення відповідних технологічних заходів. Саме тому важливо знати зміни, які характеризують процеси морфологічного розвитку плодових тіл. Окрім зазначених вище візуальних ознак настання біологічної стиглості зі зміною кольору шапинок з бежево-сірого до блідого бежевого, спостерігали також значне потемніння гіменіального шару у центральній частині внутрішньої поверхні шапинки та підсилення «часникового» аромату.

Для визначення якості грибної сировини важливою складовою є вміст сухих речовин (СР) [74]. За можливих варіантів продажу зростками, окремими плодовими тілами та лише шапинками, важливим є визначення їх вмісту в окремих частинах плодових тіл. Проведеним статистичним аналізом доведені суттєві відмінності цього показника залежно від впливу досліджених факторів. Але, якщо у шапинках зменшення кількості СР з настанням біологічної стиглості було суттєвим, то в цілих плодових тілах за обох режимів культивування відмінностей не визначено, що може говорити про збільшення вмісту СР у ніжках та потребує додаткових досліджень (табл. 3.14).

Кількість сухих речовин (СР) з настанням біологічної зрілості у шапинках, отриманих при  $26 \pm 2$  °С, зменшувалась на 12 %, а при  $16 \pm 2$  °С – на 14 %. Таку загальну тенденцію зменшення СР у шапинках *P. pulmonarius* 2314 з настанням біологічної стиглості можливо пояснити активним виносом СР під час спороношення.

## Вміст сухих речовин (%) в плодових тілах штаму

*Pleurotus pulmonarius* 2314 (середнє ± ст. помилка за 3 цикли культивування, 2015-2017 рр.)

Варіант	Температура культивування			
	26 ±2 °С		16 ±2 °С	
	Стадії зрілості			
	Технологічна	Біологічна	Технологічна	Біологічна
Плодове тіло (в цілому)	11,14 ±0,14	11,71 ±0,28	11,48 ±0,14	10,98 ±0,27
Шапинка	11,27 <sup>a</sup> ±0,27	9,89 <sup>b</sup> ±0,12	10,51 <sup>ab</sup> ±0,36	9,08 <sup>bc</sup> ±0,11

*Примітка:* статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння чи відсутність букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.

Підтвердженням цієї гіпотези є відсутність істотних відмінностей між вмістом сухих речовин у плодових тілах в цілому та окремих шапинок на стадії технічної стиглості за обох температур вирощування, тоді як з настанням біологічної стиглості ці показники суттєво відрізнялись. З літератури відомо, що кількість сухих речовин в плодових тілах гливи легеневої залежить як від складу субстратів, так і від умов вирощування, і коливається від 9,02 до 12,24 %, що співпадає з отриманими у досліді даними, та свідчить про відповідність вимогам світових стандартів щодо якості плодових тіл гливи [75–77].

Результати дослідження доводять можливість ефективного вирощування штаму *P. pulmonarius* 2314 та отримання плодових тіл задовільної якості за різних температурних умов культивування, що дає змогу впровадити цей штам у технологічний графік виробництва для отримання додаткового врожаю у час пікового попиту напередодні Нового року та перед православним постом. За планування реалізації у свіжому вигляді, більш тривалого терміну зберігання або необхідності пакування, важливо враховувати погіршення зовнішнього вигляду плодових тіл з настанням біологічної стиглості за рахунок зміни злегка розширеної округлої форми на більш витягнуту, та, також, потоншення краю шапинки.

Визначено ознаки зростків і плодових тіл на різних етапах розвитку культури та їхні середні морфологічні показники за різних температур вирощування, що збільшує гнучкість технологічних регламентів виробництва, які мають певні завдання щодо розміру та зовнішнього вигляду отриманої сировини. Але, з оглядом на останні наукові результати щодо важливої лікарської цінності цього виду, вивчення змін вмісту основних нутрієнтів та біоактивних речовин у базидіомах відповідно до стадії стиглості потрібно поглибити [77].

### 3.6 Варіативний аналіз морфологічних особливостей штамів *Pleurotus eryngii*.

Відомо, що хімічний склад та фізичні характеристики субстрату мають вплив на ефективність культивування (штучно вирощуваного штаму) та його морфологічні показники. Тому для визначення перспектив впровадження у промислову культуру природніх ізолятів *P. eryngii* 2032 та 2033 ІВК перевіряли склад субстратів кожного циклу культивування. За результатами порівняння даних не виявлено істотної різниці між отриманими показниками якості субстратних композицій ( $p > 0,05$ ) (табл.3.15).

Таблиця 3.15

#### Хімічні та фізичні параметри субстратів для культивування *Pleurotus eryngii* (середнє ± ст. помилка за 3 цикли виготовлення, 2018-2019 рр.)

Параметри	Середнє ± ст. помилка	Середні показники за сезонами			<i>p</i>
		Лютий - квітень 2018	Жовтень - грудень 2018	Січень - Березень 2019	
Волога (%)	63,73 ± 0,56	63,67 ± 0,27	65,13 ± 0,49	62,4 ± 1,31	0,14
pH	6,42 ± 0,05	6,43 ± 0,13	6,4 ± 0,05	6,43 ± 0,12	0,97
Нітроген загальний (%)	1,08 ± 0,03	1,09 ± 0,07	1,06 ± 0,02	1,10 ± 0,06	0,13
Зола (%)	2,43 ± 0,08	2,39 ± 0,03	2,54 ± 0,24	2,35 ± 0,08	0,66
Співвідношення C/N	46,86 ± 1,11	46,17 ± 2,53	47,83 ± 0,79	45,59 ± 2,62	0,85



Співвідношення основних органогенних елементів карбону до нітрогену (C/N) в діапазоні 45-47 до 1 вважають оптимальним для вирощування *P. eryngii* [78]. Інші дослідники наводять більш широкі межі цього показника (від 32,7 до 59,3) та вказують на позитивну кореляцію ( $r^2 = 0,98$ ) з врожайністю грибів у *P. eryngii* [79,80]. Отже, досліджені композиції із середнім співвідношенням C/N, яке дорівнювало  $46,86 \pm 1,11 / 1$  задовольняли відомі вимоги щодо якості субстратів та дозволяли порівняти отримані характеристики ізолятів з відомими даними.

Колонізація таких субстратів за рахунок високої щільності відбувалася повільніше, ніж у дослідах з використанням рослинних субстратів, а плодові тіла технічної стиглості отримували на 12-17 діб пізніше як порівняти з попередніми результатами вирощування *P. eryngii* на рослинних залишках [58,78]. Перші примордії з'являлися на  $37,3 \pm 0,9$  добу після інокуляції при вирощуванні штаму 2032, що було найшвидшим початком стадії плодоношення у досліді, тоді як штам 2600 характеризувався більш тривалим періодом інкубації, який у середньому тривав  $57,4 \pm 4,8$  діб. Доведену відмінність між штамми було виявлено і за датою збирання врожаю за ранжуванням: 1) 2032, 2) 2033, 3) 2600 з показниками у  $49,2 \pm 6,1$ ,  $53,1 \pm 3,2$  та  $68 \pm 3,4$  діб відповідно (рис.3.50)



**Рис. 3.50.** Тривалість вегетаційного періоду (утворення примордіїв / збирання врожаю) різних штамів *Pleurotus eryngii*; середні за 3 цикли культивування, 2018-2019 рр.,  $HP_{05} = 2,3$ ; статистично доведена відмінність ( $p < 0,01$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту.

За допомогою однофакторного аналізу даних (ANOVA) визначено істотні відмінності між дослідженими штамми ( $p < 0,01$ ) за тривалістю вегетативного циклу (ВЦ), тоді як результати окремих штамів за циклами вирощування не відрізнялись, що говорить про сталість даної характеристики. Визначена тривалість ВЦ відповідає даним інших дослідників: Moonmoon та ін. (2010) на субстраті з тирси місцевих дерев отримували зачатки ПТ на 27-30 добу та збирання врожаю на 39-52 добу від інокуляції субстратів культурою *P. eryngii* [79]. Втім, склад субстрату (тирса, пшеничні висівки та рисова лушпиння) та штамми відрізнявся від тих, які використовувалися у нашому експерименті. Інші науковці вирощували ізоляти *P. eryngii* з використанням субстрату з тирси берези, доповненої пшеничними висівками та соєвим борошном, та отримували плоді тіла через 60 діб після інокуляції, що також узгоджується з нашими результатами [80].

Порівняння маси врожаю кожного штаму за різних циклів вирощування не виявило суттєвих відмінностей, за виключенням штаму 2032, врожай якого в жовтні-грудні 2018 року був істотно вищим (табл. 3.16).

Таблиця 3.16

**Врожайність штамів *Pleurotus eryngii***  
(за 3 цикли культивування, 2018-2019 рр.)

Штами	Середня маса, г субстрату	Суха речовина, г	Врожай, грам середнє ±ст. помилка			БЕ, % середнє ±ст. помилка		
			II - IV 2018	X - XII 2018	I - III 2019	II - IV 2018	X - XII 2018	I - III 2019
2600	3412±6	1262 ±3	289,6 <sup>c</sup> ±16,0	297,4 <sup>c</sup> ±4,3	312,2 <sup>c</sup> ±7,8	23,0 <sup>cB</sup> ±0,1	23,6 <sup>cAB</sup> ±0,5	24,8 <sup>cA</sup> ±0,4
2032	3414±6	1263 ±5	568,4 <sup>a</sup> ±12,6	603,5 <sup>a</sup> ±9,2	525,8 <sup>a</sup> ±15,2	45,0 <sup>aB</sup> ±0,2	47,8 <sup>aA</sup> ±1,2	41,7 <sup>aB</sup> ±1,3
2033	3408±4	1261 ±3	396,2 <sup>b</sup> ±10,3	396,2 <sup>b</sup> ±5,1	387,9 <sup>b</sup> ±10, 4	31,4 <sup>b</sup> ±0,2	31,4 <sup>b</sup> ±1,1	30,8 <sup>b</sup> ±1,9

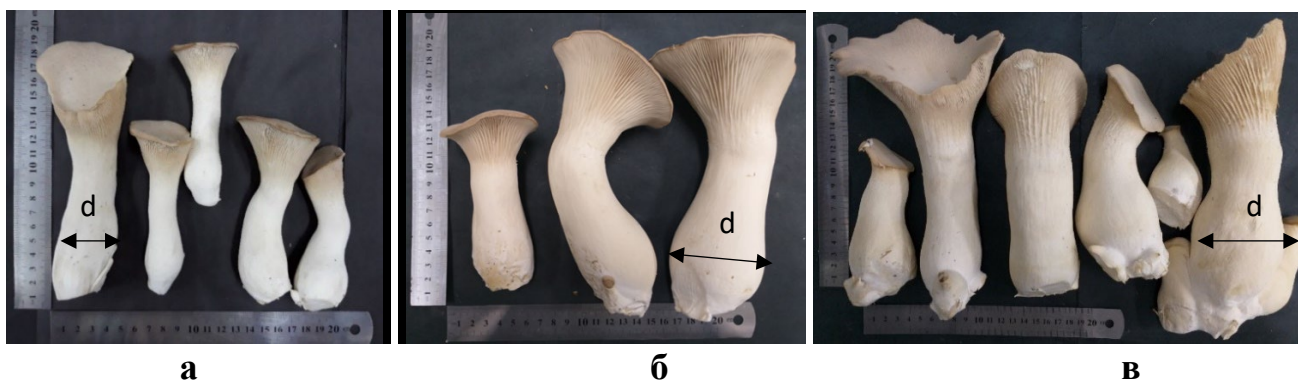
*Примітки.* Різні індекси, що позначені латиницею - це статистично доведена різниця ( $p < 0,01$ ; малі – порівняння між штамми, великі – за циклами). Відсутність індексу – відсутність статистичної різниці)

Цей факт говорить про сталість технічних показників вивчених штамів, що є важливим елементом впровадження їх у промислову культуру. Однак, штамми

відрізнялись між собою за масою врожаю (БП) та біологічною ефективністю. Максимальну масу плодових тіл у середньому за три цикли 565,9 г з субстрату масою  $3414 \pm 6$  отримували при культивуванні штаму 2032 (БП = 16,6 %), а найменшу - 299,7 г визначено для штаму 2600 (БП = 8,74 %). Втім, навіть з урахуванням сталих показників складу субстратних композицій, зокрема вологості, біологічна ефективність штамів 2600 та 2032 мала суттєві відмінності за циклами вирощування.

Так, максимальну БЕ у 47,8 % було отримано при культивуванні штаму 2032 у 2 циклі, тоді як для штаму 2600 цей показник був практично у 2 рази нижчим, але найбільшим у 3 циклі (24,8 %). Найнижчий показник БЕ у досліді ( $23,0 \pm 0,1$  %) було отримано у першому циклі вирощування штаму 2600. Ми не знайшли пояснень коливань біологічної ефективності за результатами досліду, але в цілому вони не перевищували 3%. Потрібно додати, що визначена БЕ в усіх досліджених штамів була вищою як порівняти з даними, отриманими Wanzenböck et al. (2017), які зазначали максимальний показник у 20,3% на субстратах подібного складу [81]. Отримані дані узгоджувалися з результатами Sardar et al. (2017), які мали  $35,47 \pm 0,76$  % при культивуванні *P. eryngii* на субстраті, що містить тирсу, рис та соломку пшениці [82]. Втім БЕ штамів 2032 та 2033 була нижчою ніж результати Xie et al. (2016), які використовували субстрати з суміші різних сільськогосподарських відходів та визначали БЕ на рівні 36,8 до 52,4 % [83]. У будь якому разі, краща продуктивність досліджених природніх ізолятів *P. eryngii* 2032 та 2033 як порівняти з комерційним штамом 2600, може бути обумовленою унікальними генетичними властивостями та високою адаптивністю до екогеографічних умов України.

Зовнішній вигляд плодових тіл досліджених штамів *P. eryngii* відрізнявся візуально (рис. 3.51 а, б, в). Природні ізоляти мали виражене розширення нижньої частини ніжки проти комерційного штаму 2600, хоча за будовою та кольором шапинки на стадії біологічної стиглості мали споріднені характеристики. Плодові тіла штаму 2600 мали рівномірну циліндричну ніжку, яку за результатами попередніх досліджень можливо назвати сталою ознакою [78].



**Рис. 3.51. Зовнішній вигляд плодових тіл *Pleurotus eryngii*: а) штам 2600; б) штам 2033; в) штам 2032; d – місця вимірювання діаметру ніжки.**

Статистичним однофакторним аналізом One-Way ANOVA морфологічних параметрів плодових тіл визначено істотні відмінності між штамми. Найбільшу масу мали плодові тіла штаму 2032 - з середнім за три цикли  $61,3 \pm 4,8$  г, які не відрізнялися суттєво від штаму 2033 ( $58,6 \pm 4,2$  г), але в 1,6 раза були більшими ніж ПТ штаму 2600 ( $39,0 \pm 2,3$  г) (табл. 3.17).

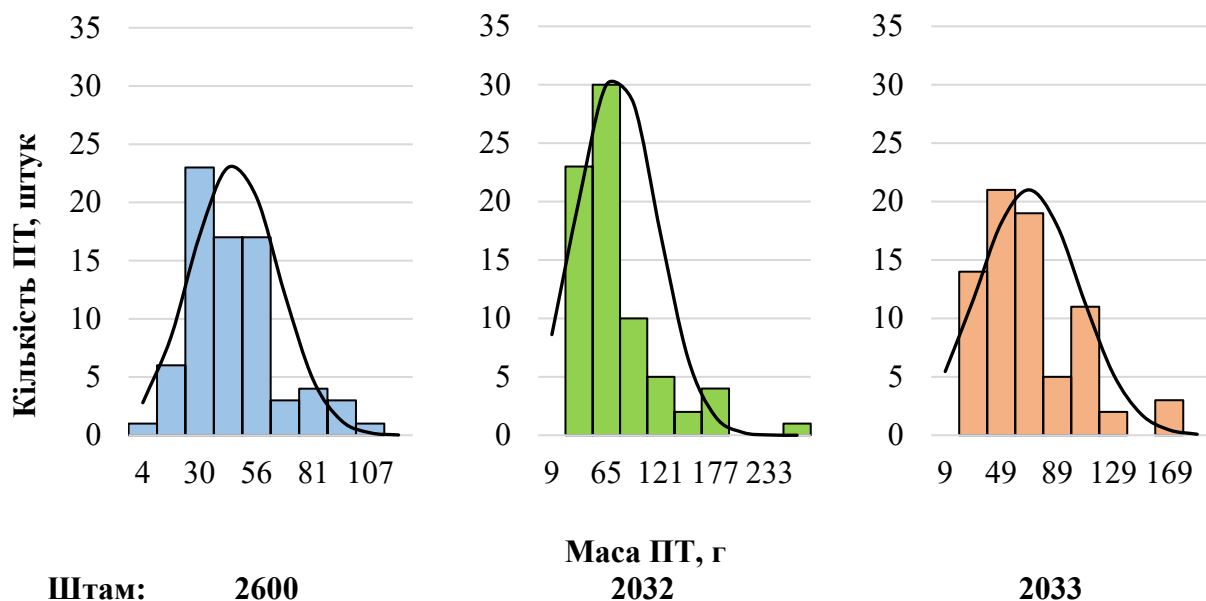
Таблиця 3.17

**Морфологічні ознаки плодових тіл *Pleurotus eryngii* досліджених штамів, середнє  $\pm$  ст. помилка за 3 цикли культивування у 2018-2019 рр.**

Штам	Маса, г	Висота, мм	Діаметр ніжки, мм	Діаметр шапинки, мм
2600	$39,0^b \pm 2,3$	$77,9^a \pm 1,9$	$28,2^b \pm 0,7$	$46,4^b \pm 1,4$
2032	$61,3^a \pm 4,8$	$63,9^b \pm 1,4$	$34,6^a \pm 1,1$	$57,9^a \pm 1,2$
2033	$58,6^a \pm 4,2$	$66,8^b \pm 1,6$	$32,1^a \pm 0,9$	$59,7^a \pm 2,0$

*Примітка:* статистично доведена відмінність ( $p < 0,01$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту

Важливим елементом ефективного впровадження штамів у промислову культуру є сталість морфологічних ознак, тому за результатами описової статистики QI MacroS було визначено їх варіативність (рис. 3.52 – 3.55). Так, за аналізом маси ПТ штаму 2600, 54 із 75 (72 %) набирали вагу від 25 до 45 г, про що свідчить щільна гістограма з симетричним піком на рис. 3.52.

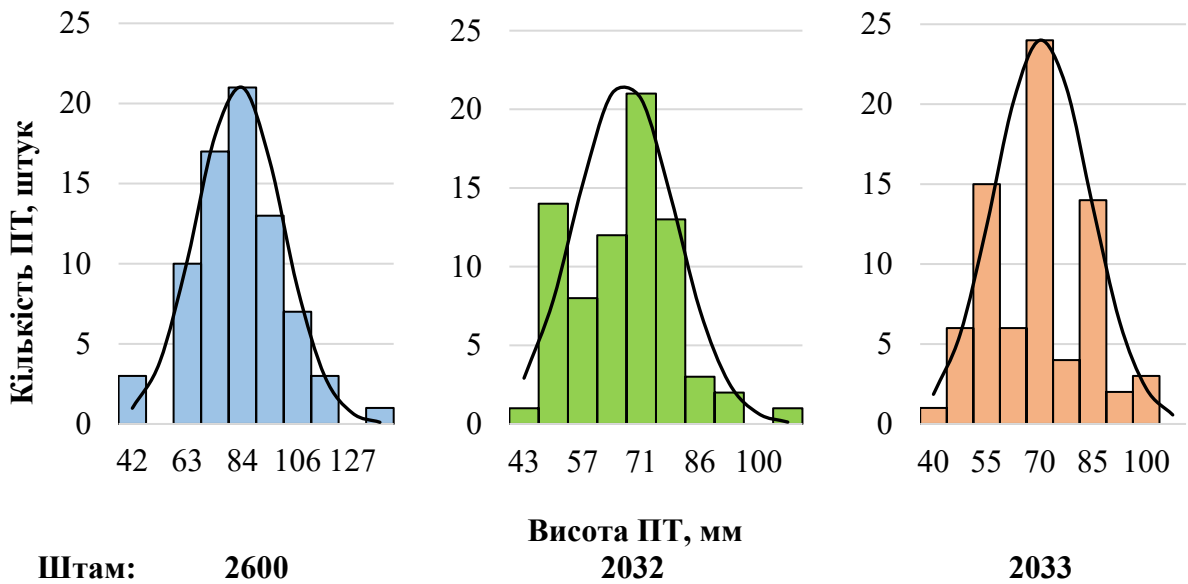


**Рис. 3.52. Варіативність маси плодових тіл (ПТ) досліджених штамів *Pleurotus eryngii* ( $n = 75$ , за 3 цикли культивування у 2018-2019 рр.)**

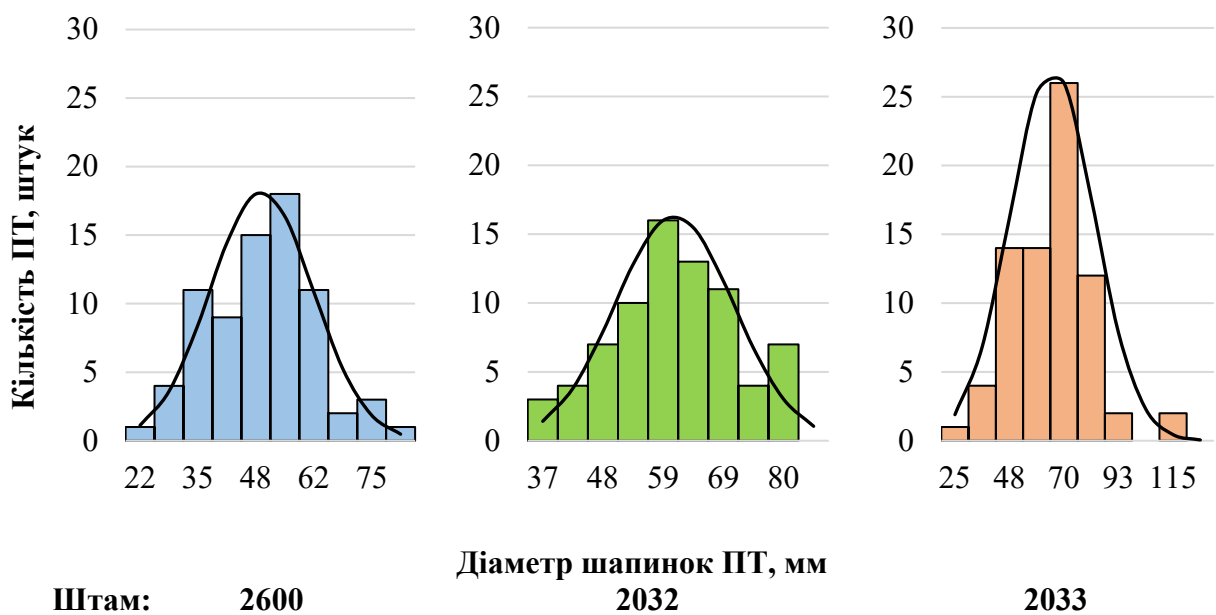
Втім, штами 2032 та 2033 мали ширший розподіл цієї ознаки зі значною додатною асиметрією з коефіцієнтами 1,73 та 1,31 відповідно. Маса плодових тіл штаму 2600 мала найменшу дисперсію результатів середнього та найнижчий коефіцієнт асиметрії ( $K_{ac}$ ) вибірки - 1,09, що свідчить про сталість цієї характеристики культивару.

Висота плодових тіл штаму 2600 ( $77,9 \pm 1,9$  мм) була на 11 мм і 14 мм вищою проти середніх цієї ознаки штамів 2033 ( $66,8 \pm 1,6$ ) та 2032 ( $63,9 \pm 1,4$  мм) відповідно (табл. 3.17, рис.3.53). Максимальної висоти у 127 мм досягали плоді тіла комерційного штаму 2600, а мінімальну - 40 мм, було зафіксовано для ізоляту 2033. У цілому, висота ПТ штамів 2032 та 2033 практично не перевищувала показника 100 мм. Розподіл вибірок за висотою був більш рівномірним, про що свідчить низький  $K_{ac}$ , який не перевищував 0,3 для штамів 2032 та 2600; але найнижчий  $K_{ac}=0,2$  визначено для вибірки штаму 2033.

Найбільший діаметр шапинки за середнім  $59,7 \pm 2,0$  мм було виявлено у ПТ штаму 2033, а найменший ( $46,4 \pm 1,4$  мм) - у штаму 2600. Найбільша варіативність цієї ознаки проявлялась у штаму 2033 - від 22 мм до 115 мм, тоді як для інших штамів у досліді розмах вибірки був значно нижчим. Найменшу варіативність діаметру шапинки визначено у вибірці штаму 2600: від 22 до 75 мм. (рис. 3.54).



**Рис. 3.53. Варіативність висоти плодових тіл (ПТ) досліджених штамів *Pleurotus eryngii* ( $n = 75$ , за 3 цикли культивування у 2018-2019 рр.)**

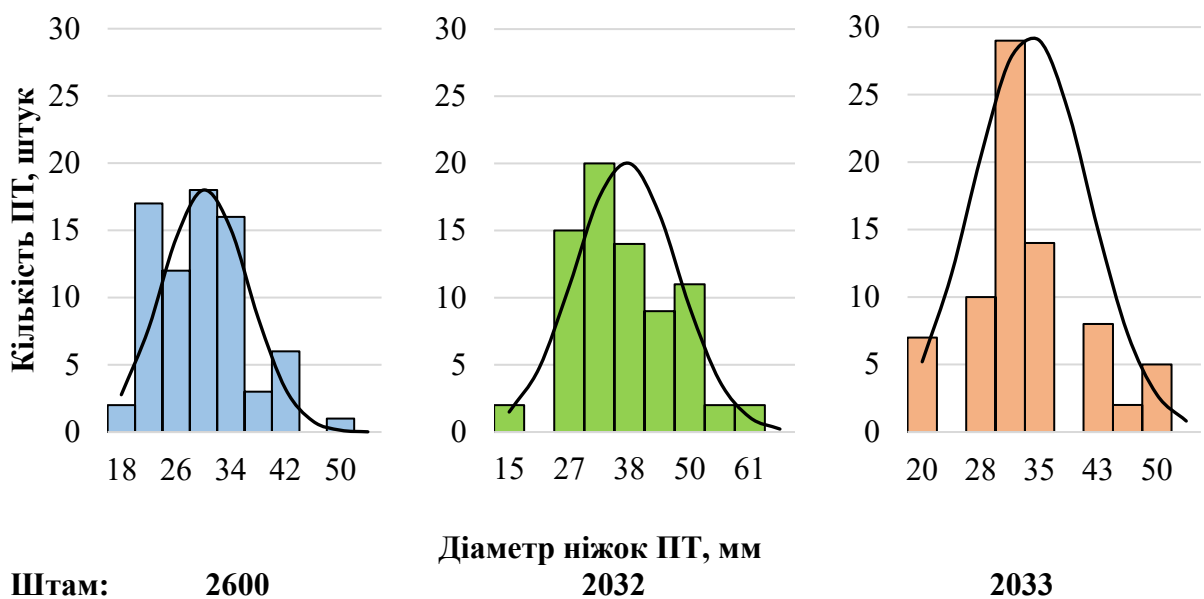


**Рис. 3.54. Варіативність діаметру шапинок плодових тіл (ПТ) досліджених штамів *Pleurotus eryngii* ( $n = 75$ , за 3 цикли культивування у 2018-2019 рр.)**

Більшість плодових тіл штамів 2032 і 2033 мали діаметр шапинки в діапазоні від 45 до 65 мм, тоді як для штаму 2600 він складав 30-50 мм. Середній діаметр шапинки плодового тіла штаму 2600 був на 12 і 13 мм меншим проти штамів 2032 і 2033. Розміри діаметру шапинки штаму 2600 суттєво ( $p < 0,001$ ) відрізнялись від результатів штамів 2032 та 2033, хоча всі отримані дані співпадали з результатами

інших дослідників. Зокрема, перевіркою природніх ізолятів та гібридів *P. eryngii* в Кореї визначали діаметр шапинок на рівні 59 - 64,9 мм [84].

У плодових тіл штаму 2032 було визначено найменший діаметр ніжки з результатом 15 мм, а найбільший діаметр ніжки досягав 67 мм, що мало найширший діапазон серед вибірок у досліді, але найвищу рівномірність з  $K_{ac} = 0,56$  (рис. 3.55). Найменший діаметр ніжки мали плодові тіла штаму 2600 з розміром від 18 до 50 мм, що у середньому ( $28,2 \pm 0,7$  мм) було на 4 та 6 мм менше, ніж у ПТ штамів 2033 ( $32,1 \pm 0,9$  мм) та 2032 ( $34,6 \pm 1,1$ ) мм відповідно (табл. 3.17, рис. 3.55).



**Рис. 3.55. Варіативність діаметру ніжок плодових тіл (ПТ) досліджених штамів *Pleurotus eryngii* ( $n = 75$ , за 3 цикли культивування у 2018-2019 рр.)**

Штам 2033 відрізнявся найменшим діапазоном вибірки з розмірами діаметру ніжки від 20 до 50 мм, але більшість плодових тіл (87 % вибірки) мала діаметр від 28 до 35 мм, що підтверджується високим піком гістограми. Досліджені штами *P. eryngii* 2600, 2032 та 2033 мали морфологічні характеристики, які співставні з даними інших авторів. Наприклад, дослідники з Бангладеш отримували зазначали, що діаметр ніжок ПТ *P. eryngii* складав 27 - 32 мм та діаметр шапинок - 53-82 мм [79]. Втім, аналіз варіативності морфологічних параметрів ПТ впродовж трьох циклів вирощування дали

можливість передбачувати розміри грибів та кількість ПТ з певними ознаками, що є важливим для комерційного вирощування.

Зокрема, комерційний штам 2600 мав суттєві відмінності за всіма морфологічними характеристиками ( $p < 0,01$ ) як порівняти з місцевими ізолятами 2032 та 2033 ІВК. Плодові тіла штаму 2600 мали видовжену циліндричну форму проти плодових тіл ізолятів 2032 та 2033, які характеризувалися бочкоподібною формою, зі значно більшим діаметром ніжки, розширеної до низу. Такі плодові тіла за рахунок натуральної форми привертають пильну увагу споживачів, але потребують спеціальної тари для пакування, яка б захищала тендітні тканини від механічних ушкоджень.

Було визначено відсотки переважних розмірів для штамів 2032 та 2033. Так, маса близько 48 % ПТ становила від 40 до 80 г, 64 % ПТ мали висоту 50-70 мм; 55% (2032) та 72 % (2033) мали діаметр шапинки 50-70 мм; 82 % (2032) та 64 % (2033) мали діаметр ніжки 20-40 мм. Також 58 % ПТ штаму 2600 мали масу від 20 до 60 г; висота 40 % складала 70-90 мм, 67 % ПТ мали діаметр шапинки 20-40 мм та 50 % ПТ – діаметр ніжки 40-60 мм. Отже, за аналізом отриманих даних доведено сталість морфологічних показників досліджених штамів. Ці результати можуть бути корисними для визначення оптимального розміру пакування, яке б дало змогу збільшити термін зберігання грибів у свіжому вигляді. Виявлені особливості було враховано компаніями «Фунготерра» та «Ніка-Агро» з м. Києва у підготовці відповідного пакування для продажу у спеціалізованих магазинах з ціною, що в 1,5 - 2 рази перевищує роздрібні ціни у торгових мережах (рис.3.56).

Результатами дослідів визначено значні відмінності природніх ізолятів 2032 та 2033 від комерційного штаму 2600 за всіма вимірними параметрами. Тривалість вегетаційних циклів ізолятів 2032 (49 діб) та 2033 (53 доби) була значно меншою ніж штаму 2600 (68 діб). Біологічна ефективність культивування штамів 2032 (47,5 %) та 2033 (32,7 %) була суттєво вищою ( $p = 0,035$ ), як порівняти з відомим штамом 2600 (25,1 %).





**Рис. 3.56. Варіанти пакування плодових тіл *Pleurotus eryngii* штамів 2032 та 2033 різними виробниками (2021 р.), фото автора**

У комерційному виробництві *P. eryngii* можливо використати різницю у морфологічних ознаках плодових тіл для розширення асортименту та кращої презентації на полицях маркетів. Ось так виглядали пакування *P. eryngii* на полицях української мережі супермаркетів «Сільпо» в липні 2020 року (рис. 3.57).



**Рис. 3.57. Окрема полиця в супермаркеті «Сільпо», де представлено асортимент плодових тіл та напівфабрикатів з *Pleurotus eryngii*, вирощених українськими виробниками (м. Мелітополь, 2020 р.), фото автора**

З оглядом на попередні успіхи дослідів щодо впливу складу субстратних композицій на продуктивність штаму 2600, необхідно розширити діапазон

досліджень та визначити закономірності формування якості урожаю для перспективних штамів 2032 та 2033. Також вважаємо, що є важливим доповнення технічних характеристик цих штамів даними про харчову та лікарську цінність. Результати досліджень були з успіхом апробовані на підприємствах ЕСМАШ-3 (м. Київ), в умовах ФОП Трояновський-Зеленчук С.В. (Київська обл., Фастівський р-н, с. Дорогинка) та умовах ФОП Гончаров С.М. (м. Дніпрорудне) (Додаток В.13, рис. В.12).

### 3.7 Вплив складу стерильних субстратів на ефективність культивування та якість плодівих тіл *Pleurotus citrinopileatus* 2161

У технології сучасного вирощування екзотичних видів грибів широко впроваджується стерилізація рослинних залишків як оптимальний спосіб досягнення елективності субстратів [85]. Втім, жорсткі температурні режими (вище 105 °С) істотно змінюють хімічні та фізичні характеристики рослинних сумішей. Якщо порівнювати метод стерилізації та розглянутий вище метод АФВШ, то за однакового початкового складу та показника рН субстратних композицій (СК), після стерилізації визначали нижчий показник рН, що свідчить про зміни у хімічному складі виготовлених субстратів (табл. 3.1 та 3.18).

Таблиця 3.18

#### Технічні показники субстратів для культивування *Pleurotus citrinopileatus*

(середнє ± ст. помилка за 3 цикли виготовлення, 2019-2020 рр.)

Формула	Вологість, %	рН	Загальний нітроген, %	Зола, %	Співвідношення С:N	Щільність кг/м <sup>3</sup>
СК1	61,2 <sup>b</sup> ±1,3	6,7±0,3	2,28±0,18	4,4±0,3	21,8±1,1/1	343 <sup>b</sup> ±34
СК2	66,3 <sup>a</sup> ±1,4	6,5±0,1	2,55±0,27	4,9±0,6	19,4±1,8/1	325 <sup>b</sup> ±23
СК3	61,5 <sup>b</sup> ±1,8	6,5±0,3	2,31±0,31	3,8±0,9	21,7±1,3/1	578 <sup>a</sup> ±29

*Примітка:* статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння чи відсутність букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми. співвідношення солома/лушпиння соняшнику/ паливні гранули з лушпиння соняшнику/ насіння ріпаку/ борошно кукурудзяне/ крейда/ вода у СК1: 250:311:563:164:138:8:2100; в СК2: 333:0:688:182:188:8:2600; в СК3: 0:522:625:164:213:8:2300.

Виготовлення субстратів методом стерилізації дозволяє підвищувати вміст нітрогену в багатокомпонентних сумішах із рослинних залишків за рахунок введення складових з високим вмістом протеїнів (сіна та насіння бобових, соєвого шроту, висівок, тощо), а також суттєво (на 10 %) знижувати вміст вологи. Збагачення складу СК білками та жирами стає можливим після повної елімінації всіх мікроорганізмів та їх спорових форм високими температурами, чого не вдається досягти методом пастеризації чи АФВШ [86].

Досліджені субстратні композиції (СК) для культивування *P. citrinopileatus* (табл. 2.7) мали різний склад за співвідношенням соломи ячменю та лушпиння соняшнику та паливних гранул з нього, а також відрізнялися за вмістом насіння ріпаку та кукурудзяної муки, що суттєво вплинуло на щільність отриманих СК та вміст вологи. Найвищу вологість було визначено в СК2 ( $66,3 \pm 1,4$  %), найменшу у СК1 ( $61,2 \pm 1,3$ %), яка за цим показником не відрізнялась від СК3 ( $61,5 \pm 1,8$  %). Втім, отримані результати узгоджувались з рекомендаціями попередників щодо вмісту вологи у субстратах для вирощування грибів роду *Pleurotus* на стерильних субстратах [87,88].

За величиною щільності не виявлено статистичної різниці для СК1 ( $343 \pm 34$  кг/м<sup>3</sup>) та СК2 ( $325 \pm 23$  кг/м<sup>3</sup>), але СК3 суттєво відрізнялась ( $p < 0,05$ ) від інших, її щільність в 1,7 раза та в 1,8 раза була вищою ніж у СК1 та СК2 відповідно. Аналіз результатів культивування *P. citrinopileatus* 2161 дозволив встановити позитивний вплив багатокомпонентних субстратів зі щільністю до 350 кг/м<sup>3</sup> на тривалість вегетативного циклу та показники продуктивності.

Найшвидше з'являлися примордії *P. citrinopileatus* на СК2, втім затримка на субстраті СК1 була незначною, тоді як застосування СК3 зумовлювало суттєве подовження вегетативної стадії на 6 - 7 діб проти інших варіантів досліду ( $p = 0,001$ ) (табл. 3.19). Збір врожаю з СК3 також затримувався до 39 - 40 діб, тоді як плодові тіла *P. citrinopileatus* 2161 з СК1 та СК2 збирали вже на 30 - 31 добу. Доведений вплив складу СК визначали за порівнянням показників продуктивності культивару.

**Технічні показники культивування *Pleurotus citrinopileatus* 2161 на різних за складом субстратах (середнє ± ст. помилка середнє за 3 цикли культивування, 2019-2020 рр.)**

СК	Утворення примордіїв, доба	Збирання врожаю, доба	Загальна врожайність, г/кг	Біологічна ефективність, %
1	26,3 <sup>b</sup> ± 1,62	31,18 <sup>b</sup> ± 2,43	167,5 <sup>a</sup> ± 27,2	42,95 <sup>a</sup> ± 6,96
2	24,8 <sup>b</sup> ± 1,02	30,00 <sup>b</sup> ± 2,51	170,5 <sup>a</sup> ± 15,2	48,71 <sup>a</sup> ± 4,35
3	32,0 <sup>a</sup> ± 0,95	39,60 <sup>a</sup> ± 1,25	45,5 <sup>b</sup> ± 4,6	11,66 <sup>b</sup> ± 1,18
<i>p</i>	0,001	0,156	0,013	0,007

*Примітка:* СК – субстратна композиція; статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми; співвідношення солома/лушпиння соняшнику/паливні гранули з лушпиння соняшнику/ насіння ріпаку/ борошно кукурудзяне/ крейда/ вода у СК1: 250:311:563:164:138:8:2100; в СК2: 333:0:688:182:188:8:2600; в СК3: 0:522:625:164:213:8:2300.

Застосування СК1 та СК2 збільшувало врожай у 3,68 та 3,75 рази відповідно як порівнювати з результатом СК3, де отримували найнижчу масу грибів з кілограму субстрату (45,5 ± 4,6 г). Найвищу біологічну ефективність *P. citrinopileatus* 2161 (48,71 ± 4,35 %) по першій хвилі плодоношення отримували з СК2, втім цей показник при застосуванні СК2 суттєво не відрізнявся (42,95 ± 6,96%). Найнижчий результат отримали з СК3, що практично в 4 рази був меншим за інші варіанти досліду. Можливими причинами визначених фактів, з однієї сторони, була висока щільність субстрату, що обумовила зниження аерації субстрату і уповільнила розвиток культури. З іншої сторони, до складу СК3 не вводили солому ячменю, а зменшення кількості рослинних компонентів могло послабити функціональність ферментного комплексу культивару. Отже, результати досліду мають суттєве практичне значення, але потребують подальших досліджень стосовно визначення фізіології виявлених адаптаційних процесів.

За результатами статистичного аналізу результатів (ANOVA) не визначено суттєвого впливу формули субстрату на масу зростків ( $p > 0,05$ ), їх розміри та загальну кількість плодівих тіл у зростках, за виключенням ширини, за якою найменшими виявилися зростки отримані з СК3 (табл. 3.20).

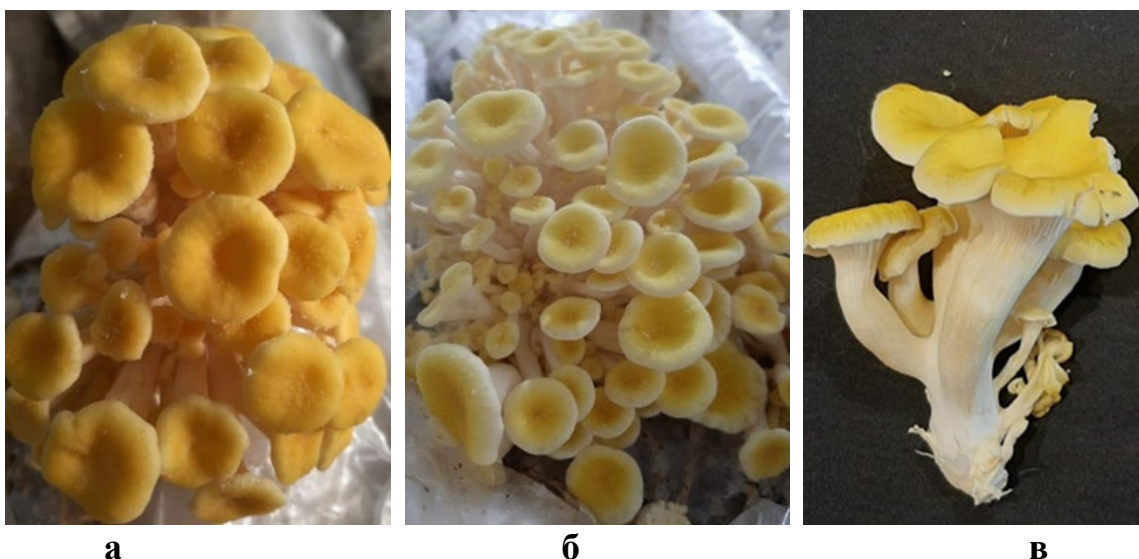
**Морфологічні показники зростків *Pleurotus citrinopileatus* 2161 на різних за складом субстратах (середнє  $\pm$  ст. помилка середнє за 3 цикли культивування, 2019-2020 рр.)**

СК	Маса, г	Ширина, мм	Висота, мм	Кількість ПТ, шт.
1	201,6 $\pm$ 21,6	176,4 <sup>a</sup> $\pm$ 9,8	120,6 $\pm$ 6,1	54,9 $\pm$ 7,4
2	181,2 $\pm$ 25,0	176,4 <sup>a</sup> $\pm$ 8,7	126,1 $\pm$ 7,2	41,5 $\pm$ 6,3
3	141,5 $\pm$ 43	140,5 <sup>b</sup> $\pm$ 5,5	109,5 $\pm$ 30,5	38,0 $\pm$ 11,0
<i>p</i>	0,77	0,04	0,69	0,35

*Примітка:* СК – субстратна композиція відповідно до приміток табл. 3.19; статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.

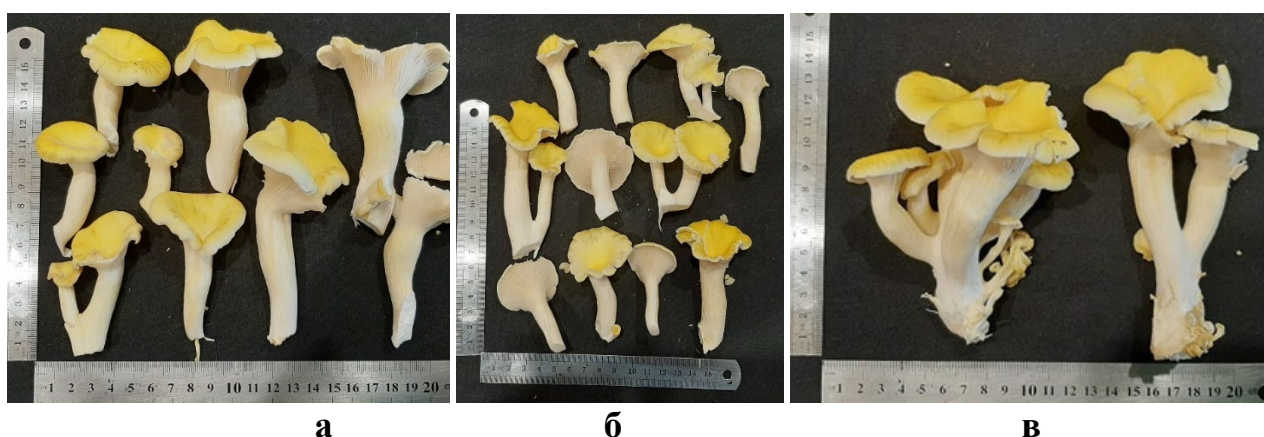
Втім, порівнянням середніх за допомогою *Mann-Whitney U Test*, визначено негативний вплив складу СК3 на морфологічні ознаки зростків, який зумовив зменшення усіх параметрів проти результатів з СК1 та СК2. Визначена маса зростків значно відрізнялась від даних інших дослідників, які отримували зростки масою від 400 до 700 г на субстратах з соломи з додаванням ЕМ-препаратів [89]. На жаль, в означеній роботі не наведено даних про початкову масу блоків субстрату та його фізико-хімічний склад, що не дає змоги провести коректне порівняння. Отримані результати дають можливість розрахувати розміри пакувальної тари для зменшення механічних пошкоджень у процесі фасування, що дозволить збільшити термін зберігання та запобігти швидкому розвитку бактеріальних інфекцій [58].

Візуальні особливості зростків та плодових тіл не відрізнялися за варіантами дослідів. Насиченість кольору шапинок *P. citrinopileatus* 2161 збільшувалась впродовж морфогенезу та ставала рівномірною на 5...7 добу від початку утворення примордіїв (рис. 3.58 - а, б). Було виявлено також унікальну особливість будови зростків *P. citrinopileatus* 2161 – розгалуження основи на «гілки» - окремі плодові тіла (рис. 3.58 - в). Така будова дає змогу проводити відокремлення плодових тіл без видалення основи та зменшити втрати маси сировини у процесі переробки.



**Рис. 3.58.** Зовнішній вигляд зростків *Pleurotus citrinopileatus* 2161: а) на стадії формування зростку; б) на стадії технічної стиглості; в) характерна розгалуженість основи зростку.

Форма шапинки *P. citrinopileatus* 2161 була округлою, без наявної асиметрії, яка звичайно є присутньою у шапинок гливи звичайної. Край шапинки з настанням біологічної стиглості набував хвилеподібної форми та ставав виразно світлішим порівняно з центральною частиною (рис. 3.59). Текстура шапинки була ніжною і крихкою, що є негативною ознакою та визначає необхідність швидкої переробки плодових тіл.



**Рис. 3.59.** Зовнішній вигляд плодових тіл *Pleurotus citrinopileatus* 2161, отриманих з субстратів різного складу: а) СК1; б) СК2; в) СК3.

Морфологічні показники плодових тіл, отриманих на різних варіантах субстрату, мали суттєві відмінності ( $p < 0,05$ ) (табл. 3.21). Достовірно найбільший

показник маси плодового тіла ( $p=0,01$ ) було отримано за використання СК1 ( $13,2 \pm 2,3$  г), інші варіанти мали подібні результати: середня маса складала  $7,7 \pm 0,8$  г з СК2 та  $7,7 \pm 0,7$  г - СК3.

Таблиця 3.21

**Морфологічні показники плодових тіл (ПТ) *Pleurotus citrinopileatus* 2161 на різних за складом субстратах (середнє  $\pm$  ст. помилка середнє за 3 цикли культивування, 2019-2020 рр.)**

СК	Маса ПТ, г	Діаметр шапинки, мм	Висота шапинки, мм	Висота ніжки, мм	Діаметр ніжки, мм
1	$13,2^a \pm 2,3$	$52,4 \pm 3,7$	$32,6^b \pm 1,9$	$53,1^a \pm 3,5$	$14,5^a \pm 1,0$
2	$7,7^b \pm 0,8$	$50,3 \pm 2,0$	$38,1^a \pm 1,7$	$36,9^c \pm 1,4$	$10,8^b \pm 0,5$
3	$7,7^b \pm 0,7$	$45,3 \pm 1,5$	$29,7^b \pm 1,3$	$46,6^b \pm 1,6$	$11,2^b \pm 0,5$

*Примітка:* СК – субстратна композиція відповідно до приміток табл. 3.19; статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння чи відсутність букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.

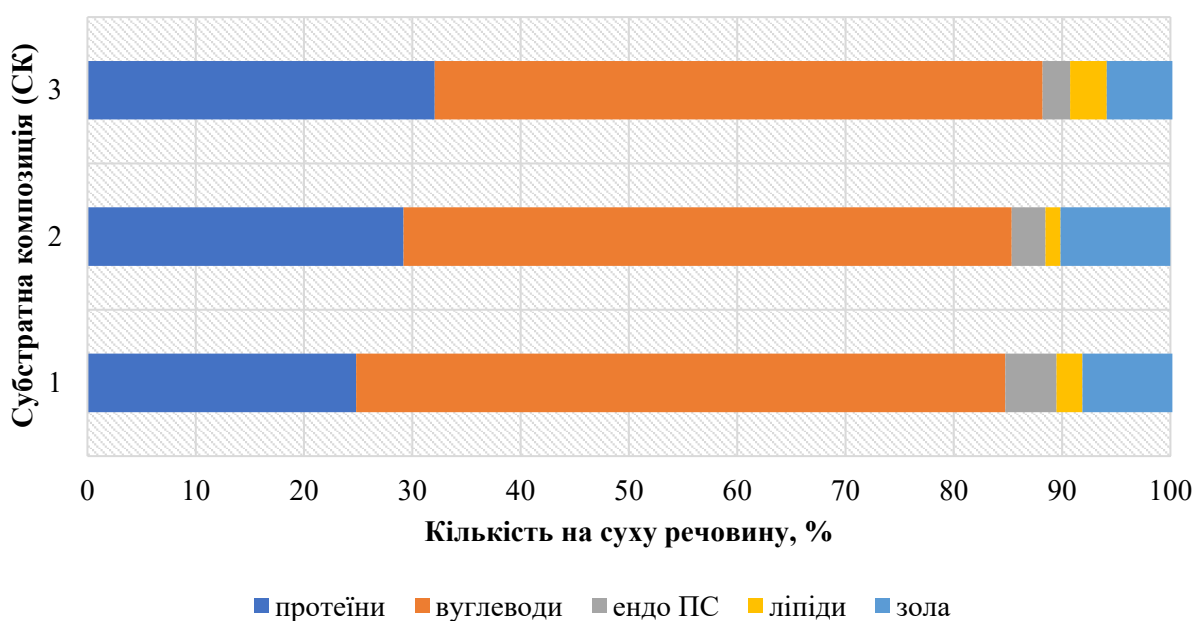
Середній діаметр шапинки ПТ з застосуванням СК1 складав  $52,4 \pm 3,7$  мм, що є максимальним показником у досліді, тоді як на СК3 отримали найменший діаметр шапинки ( $45,3 \pm 1,5$  мм), хоча статистично доведеної відмінності між варіантами досліду не визначено ( $p > 0,05$ ). Отримані дані збігаються з результатами експериментів науковців з Малайзії та Індонезії які досліджували дикорослі штами *P. citrinopileatus* та їх гібриди, та визначили, що середні розміри діаметру шапинки є характерною ознакою штаму та коливаються від  $46,0 \pm 0,8$  до  $73,7 \pm 0,5$  мм [90]. Потрібно додати, що результати вітчизняних дослідників щодо варіативності діаметру шапинок гливи золотої, вирощеної на субстратах з використанням ЕМ- препаратів, також є співставними з визначеними даними [89].

Висота шапинки плодових тіл, отриманих на субстраті СК2 достовірно відрізнялась від інших варіантів досліду ( $p = 0,002$ ), та була на 5,5 мм більшою порівняно з варіантом СК1 та на 8,4 мм – як порівняти з СК3.

За результатами аналізу визначено достовірну відмінність між варіантами досліду за показником висоти ніжки ( $p < 0,01$ ): найбільша висота плодових тіл виявлена за використання СК1 ( $53,1 \pm 3,5$  мм), найменша – у варіанті СК2 ( $36,9 \pm 1,4$  мм). Ніжка плодових тіл, отриманих з СК1 достовірно відрізнялась за

показником діаметру ( $p < 0,01$ ), який на 3,7 мм був більшим порівняно з отриманими даними ( $1,2 \pm 0,5$  мм) у варіанті СК2, з найменшим діаметром ніжки у досліді. За загальним підсумком найкрупніші плодові тіла отримували з субстрату СК1, тоді як морфологічні параметри базидію з СК2 та СК3 були подібними. Можливо, це пов'язано з найбільш різноманітним складом субстратної композиції, що обумовлює широкий спектр ферментної активності, та позитивно впливає на ріст плодових тіл [91].

За результатами однофакторного аналізу не визначено суттєвого впливу формул субстратів, що використовувалися в досліді, на хімічний склад плодових тіл *P. citrinopileatus* 2161 ( $p > 0,05$ ). Втім, за порівнянням середніх у групах отриманих даних тестом *Mann-Whitney* доведено істотну різницю між варіантами досліду ( $p < 0,05$ ) за вмістом органічних та неорганічних речовин (рис. 3.60).



**Рис. 3.60.** Хімічний склад плодових тіл *Pleurotus citrinopileatus* 2161 на різних за складом субстратах; ендолісахариди – ендолісахариди; середнє за 3 цикли культивування, 2019-2020 рр.

Найвищу кількість протеїнів було визначено в плодових тілах, отриманих з СК3 ( $32,07 \pm 0,27$  %), тоді як на субстраті СК1 цей результат був найнижчим ( $24,80 \pm 3,71$  %). Кількість вуглеводів, за виключенням ендолісахаридів, коливалась



від  $56,13 \pm 1,47$  % (СК3 – найменший показник) до  $59,95 \pm 2,56$  % (СК1- найвищий показник). Кількість надзвичайно цінних для медичного використання ендополісахаридів у плодових тілах гливи золотої коливалась від  $2,54 \pm 0,54$  % (СК3) до  $4,72 \pm 0,61$  % на СК1. Отже, максимальний показник вмісту цих вуглеводів було отримано на найбільш різноманітному за складом субстраті СК1.

Отримані результати вмісту полісахаридів в плодових тілах *P. citrinopileatus* 2161 збігаються з результатами українських дослідників, що вивчали вплив субстратів методом поверхневого культивування на рідкому середовищі та встановили значний вплив субстратів на кількісний склад амінокислот, та вміст ендополісахаридів у біомасі гриба *P. ostreatus* та екзополісахаридів у культуральній рідині. Зокрема кількість ендополісахаридів при використанні шроту олійних культур (шроту амаранту та рапсу) досягала у їхньому досліді 3,5 %, а за використання зародків пшениці - 4,5 % [92]. Відомо, що факт позитивного впливу збільшення компонентів субстратів на підвищення кількості цінних метаболічних речовин давно цікавить дослідників, але, на їхню думку, це питання є недостатньо вивченим [93, 94].

Найвищий показник вмісту ліпідів визначили у плодових тілах, вирощених на СК3 ( $3,39 \pm 0,99$  %), тоді як в грибах, отриманих з СК2, вміст ліпідів складав найменший відсоток від маси сухої речовини ( $1,39 \pm 0,12$  %). Треба підкреслити, що у формулу СК2 було додано найвищий відсоток соломи, яка за даними хімічного аналізу відрізняється від лушпиння удвічі меншим вмістом жирів [95, 96].

Найвищий вміст зольних речовин було визначено в плодових тілах, отриманих з СК2 ( $10,14 \pm 1,19$  %), тоді як вирощені на СК3 плодові тіла гливи золотої мали найнижчий вміст золи ( $7,47 \pm 0,96$  %). Саме ці формули субстрату за результатами аналізу теж відрізнялась найвищим та найнижчим показником золи (табл. 3.18). Отримані дані збігаються з результатами аналізу органічних складових та зольних елементів в плодових тілах гливи золотої, проведених іншими дослідниками. Наприклад, за вирощування *P. citrinopileatus* на субстратах різного складу з соломи пшениці, рису та з додаванням тирси кількість протеїнів

у плодових тілах знаходилася у межах з 22,8 % (рисова солома) до 26 % (рисова солома та тирса), жирів від 2,54 % (на солоній пшениці з тирсою) до 3,3 % (суміш соломи рису та пшениці). Кількість зольних елементів коливалась від 7,68 до 9,06 % [97]. Однак, в означеній публікації не наведені початкові показники біохімічного складу субстратів, тому складно визначити залежність зміни хімічного складу плодових тіл від балансу речовин у субстраті.

За результатом впровадження багатокомпонентних субстратів у технологію промислового культивування штаму *P. citrinopileatus* 2161 отримано високий економічний ефект, що додатково підтверджує перспективи комбінування сільськогосподарських залишків для підвищення якості врожаю грибів роду *Pleurotus* (Додаток В.16, рис. В.15.). Результатами дослідження доведено ефективність збагачення доступної рослинної сировини олієвмісними компонентами, зокрема - зерном ріпаку, яке можна замінити доступними шротами, отриманими після віджимання олії (соняшникової, гарбузячої, льняної).

Важливою складовою збереження якості отриманої грибної сировини є післязбиральні процедури, зокрема, очищення та сортування грибів перед пакуванням. Видалення основи зростку, за попередніми даними, суттєво знижувало загальну масу отриманого урожаю, придатного до реалізації чи подальшої переробки [7]. За рахунок особливостей формування зростків за типом розгалуженої гілки та інших вищеназаних морфологічних особливостей плодових тіл *P. citrinopileatus* 2161 коефіцієнт виходу напівфабрикату після очищення був високим, а втрати сировини не перевищували 9 % (табл.3.22).

Отримані дані узгоджувалися з попередніми результатами оцінки виходу напівфабрикатів після очищення та сортування плодових тіл *P. ostreatus*, які мали біологічну стиглість (рис. 3.15), але втрати були значно більшими, як порівнювати з переробкою плодових тіл технічної стиглості. Цей факт ми пов'язуємо з підвищеною крихкістю плодових тіл *P. citrinopileatus*, які і цілком потребують обережного збору та пакування. Втім, склад субстратів впливав на хімічний склад та, відповідно, текстуру плодових тіл, що визначило суттєве зменшення втрат

сировини, отриманої з СК3, де плодові тіла мали найбільший вміст протеїнів та ліпідів.

Таблиця 3.22

**Коефіцієнти залишку сировини на етапах первинної переробки та виготовлення напівфабрикатів з плодових тіл *Pleurotus citrinopileatus* 2161, отриманих з різних субстратів (середнє ±ст. помилка за 3 цикли культивування, 2019-2020 рр.)**

СК	Очищення та сортування	Сушіння	Бланшування
1	0,910 <sup>c</sup> ±0,009	0,097 ±0,005	0,803 ±0,006
2	0,934 <sup>b</sup> ±0,014	0,096 ±0,005	0,843 ±0,017
3	0,947 <sup>a</sup> ±0,013	0,100 ±0,007	0,912 ±0,034
<i>p</i>	0,002	0,08	0,302

*Примітка:* СК – субстратна композиція; статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння чи відсутність букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.

За результатами статистичного аналізу коефіцієнти виходу напівфабрикатів суттєво не відрізнялися за варіантами дослідження. Високий відсоток втрат сировини після бланшування: від 9 % (СК3) до 20 % (СК1) говорить про значний вміст водорозчинних речовин в плодових тілах цього культивування та недоцільність виготовлення маринадів з такої сировини.

Цей висновок підтверджується фактом негативних візуальних змін кольору шапинок після п'ятихвилинного бланшування (рис. 3.61). Яскраво-жовте забарвлення плодових тіл гливи золоті зникало, плодові тіла набували блідого тілесного кольору. Втім, такі зміни можуть бути цікавими для виробників грибного фаршу, відсутність кольору у такому застосуванні є позитивним фактором. Також цікавим є факт набуття бульйонами з грибів *P. citrinopileatus* приємного жовтуватого кольору, що може стати привабливою ознакою цього виду для рестораторів. Потрібно додати, що короткотривала термічна обробка змінювала різкуватий аромат плодових тіл *P. citrinopileatus* 2161 на характерний приємний запах крабів. Науковці пов'язують цей факт з природою специфічних ароматичних речовин, які є характерними для цього виду [98].



а)



б)

**Рис. 3.61. Зміна забарвлення шапенок *Pleurotus citrinopileatus* 2161 після бланшування: а) свіжі; б) після занурення у кріп на 5 хвилин**

Також цікавою особливістю культивару є збереження хрусткої, але добре розжовуваної структури після відварювання або смаження. Отже, у переробників є можливість використовувати плодові тіла повністю, не відокремлюючи ніжку від шапинки. Цей факт позитивно відрізняє досліджений штам гливи золотої від відомих промислових штамів шіїтаке або гливи звичайної, ніжки яких після термообробки залишаються жорсткими.

Отримані результати свідчать про доведений вплив складу субстратних композицій на ефективність культивування та фізико-хімічні показники плодових тіл *P. citrinopileatus*. Тому, враховуючи доступність рослинних залишків, потрібно складати формули субстратів таким чином, щоб забезпечити стаке виробництво цього культивару та необхідні показники якості врожаю (Додаток. В.15, рис.В.14).

### **Висновки до розділу III**

1. Розглянуто технологічні засади формування якості грибною сировини за аналізом елементів промислового культивування чотирьох видів роду *Pleurotus*: *P. ostreatus* (5 штамів: 2301, 2316, 2456, 431 та Z); *P. pulmonarius* 2314; *P. eryngii* (3 штамів: 2600 та 2032, 2033); *P. citrinopileatus* 2161. Отримані результати підтверджують важливість вивчення базових факторів, що визначають якість

врожаю, зокрема: генетичних особливостей штамів, варіативності їх морфологічних ознак, загальної елективності субстратів та умов оточуючого середовища.

2. Обґрунтовано ефективність впровадження технік, важливих для формування споживчої якості зростків та плодових тіл *Pleurotus*: просторового розташування субстрату, розмірів перфорацій, збалансування формул субстратних композицій, визначення оптимальних термінів збирання врожаю залежно від подальшого використання отриманої сировини.

3. За результатами семирічного моніторингу показників якості субстратів, виготовлених методом аеробної ферментації у високому шарі (АФВШ), доведено сталість технічних параметрів та мікробіологічної елективності, що дозволяє визначити цей метод як основний у промисловому культивуванні видів роду *Pleurotus*.

4. Проведено комплексну оцінку двох груп штамів у різних температурних режимах культивування та визначено характеристики післязбиральних операцій. Найвищу біологічну ефективність визначено у *P. ostreatus* 2316 (78,9 %) з групи «зимових» штамів та 431 (78,4 %) - з групи «літніх». Найвищі органолептичні оцінки отримали штами 2301 і 2317 («зимові»), з насиченою забарвленням і м'якою текстурою плодових тіл, яка залишалася незмінною після термообробки. Штам 2314 з групи «літніх» штамів відрізнявся яскравим грибним ароматом і глибоким смаком.

5. Досліджено зміни біохімічного складу плодових тіл означених культиварів, зібраних на різних стадіях морфогенезу. Виявлено тенденцію зниження вмісту сухих речовин, протеїнів і збільшення кількості зольних елементів з настанням біологічної стиглості. Найвищий вміст протеїнів мали плодові тіла штамів *P. ostreatus* 2317 і 2456 технологічної стиглості ( $20,4 \pm 1,1$  та  $22,5 \pm 1,9$  % відповідно). Виявлено значне збільшення кількості ендополісахаридов в плодових тілах «літніх» штамів за досягнення біологічної зрілості: від 6 до 10 % по сухій речовині.

6. Розраховано коефіцієнти виходу напівфабрикатів ( $K_{\text{вн}}$ ) у післязбиральних операціях очищення та сортування та після бланшування грибів. Найвищий  $K_{\text{вн}}$  визначено після очищення та сортування зростків *P. pulmonarius* 2314 в обох варіантах стиглості:  $0,988 \pm 0,001$  (технічна) та  $0,981 \pm 0,004$  (біологічна). Виявлено факт збільшення маси напівфабрикату після бланшування зрілих плодових тіл усіх досліджених штамів, за виключенням *P. ostreatus* 2456.

7. Доведено позитивний вплив використання 0,5 % водного розчину NaCl в субстраті з соломи ячменю для культивування *P. pulmonarius* 2314, що дозволило збільшити показник біологічної ефективності штаму на 9 %.

8. Підтверджено ефективність практики збагачення субстратних композицій рослинними оліями. Так, додавання 0,5% соняшникової олії до субстрату з соломи ячменю та лушпиння соняшнику у співвідношенні 3:1, виготовленого методом АФВШ, підвищило біологічну ефективність *P. ostreatus* 2301 на 26,11 %.

9. За результатами кількісного та якісного аналізу мікробіологічних сукцесій, присутніх у повітрі приміщень, де тривалий час культивуються штами *P. ostreatus*, визначено домінуючі форми конкурентних мікроміцетів: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Alternaria* та *Cladobotryum*, а також грамнегативних бактерій *Pseudomonas* spp., та грампозитивних бактерій: *Bacillus* spp., *Staphylococcus* spp., *Enterococcus*.

10. Розраховано динаміку збільшення титру КУО на поверхні плодових тіл *P. ostreatus* залежно від стану мікробіологічної забрудненості культиваційних приміщень та встановлено формулу, яка дозволяє прогнозувати цей процес ( $y = 4148071 + 299 \times x$ ).

11. Вперше виявлено типи взаємного впливу культур виявлених плісневих грибів та культури *P. ostreatus* 2301: 1) відсутність конкуренції (*Aspergillus* ssp, *Coniothyrium pyrinum*, *Alternaria alternate*); 2) виражена конкуренція (*Penicillium* ssp, *Fusarium oxysporum*); 3) антагонізм (*Cladobotryum mycophilum*, *Trichoderma pleuroticola*, *Tr. harzianum*, *Tr. Atroviride*).

12. Апробовано технічні заходи, які дозволяють формувати зростки *P. ostreatus* 2301 бажаного розміру з прогнозованою кількістю плодових тіл та

корегувати розміри ніжок та форму шапинок. Так, за горизонтального розташування блоків з отворами 150 мм отримували зростки з середньою масою  $703 \pm 86$  г, що на 300 грамів перевищувало масу зростків, отриманих з вертикально розташованих блоків з отворами 50 мм ( $404 \pm 44$  г). Шапинки найбільшої площі та маси, зі сталим діаметром ніжки ( $4368 \pm 212$  мм<sup>2</sup>,  $221 \pm 1,2$  г та  $12 \pm 0,4$  мм відповідно) отримували за похилого розташування.

13. Обґрунтовано доцільність впровадження цілорічного культивування штаму *P. pulmonarius* 2314, який характеризується коротким вегетаційним періодом (12-15 діб) та відсутністю суттєвої різниці біологічної ефективності за різних температурних режимів вирощування: 80,6 % за температури  $16 \pm 2$  °С та - 79,5 % при  $26 \pm 2$  °С. Втім, збирання плодкових тіл технічної стиглості за температури  $26 \pm 2$  °С потрібно проводити 2 рази на добу, тоді як за  $16 \pm 2$  °С достатньо одноразового збору.

14. Доведено перспективність впровадження природніх ізолятів *P. eryngii* 2032 та 2033 у промислову культуру. Штами відрізнялися скороченою тривалістю вегетативного розвитку 2032 (49 діб) та 2033 (53 доби) як порівняти з комерційним штамом 2600 (68 діб). Біологічна ефективність культивування штамів 2032 (47,5 %) та 2033 (32,7 %) була суттєво вищою ( $p = 0,035$ ) проти результату 2600 (25,1 %). У комерційному виробництві *P. eryngii* можливо використовувати різницю у морфологічних ознаках плодкових тіл штамів для розширення асортименту та кращої презентації на полицях маркетів.

15. Визначено загальні елементи формування якості плодкових тіл *P. citrinopileatus* 2161. Доведено позитивний вплив багатокомпонентного субстрату з соломи ячменю, паливних гранул з лушпиння соняшнику, збагаченого насінням ріпаку та кукурудзяним борошном, з додаванням крейди у співвідношенні 42:86:23:24:1 (за масою) на показники продуктивності, морфологічні характеристики культивару та вміст біоактивних речовин: скорочення вегетаційного періоду до 30-31 доби, підвищення БЕ у 4 рази, збільшення маси окремих плодкових тіл в 1,7 раза, збільшення кількості ендополісахаридів в 1,9 раза.

Результати досліджень до розділу III опубліковані в роботах:

- 1) Отбор устойчивых к высоким температурам культивирования штаммов *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél [6];
- 2) Оцінка впливу технік культивування на зміну морфологічних ознак зростків плодових тіл *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm [99];
- 3) Assessment of the growth and fruiting of 19 oyster mushroom strains for indoor cultivation on lignocellulosic wastes [7];
- 4) Дослідження особливостей інтродукції продуктивних штамів екзотичних грибів *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini та *Pleurotus eryngii* (DC.) Quél. [78];
- 5) Аналіз морфологічних характеристик гливи легеневої штаму *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. 2314 ІВК як складових якості грибної сировини [100];
- 6) Влияние состава растительных субстратов на эффективность культивирования съедобных грибов *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.), *Pleurotus eryngii* (DC.) Quél., *Pleurotus citrinopileatus* Singer и *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer [58];
- 7) Mushroom fruiting body yield and morphological characteristics from different strains of *Pleurotus eryngii* [101];
- 8) Effect of perforation size and substrate bag fruiting position on the morphology of fruiting bodies and clusters in *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm [102];
- 9) Factors of increasing the efficiency of the technology of cultivation and processing of mushrooms of the genus oyster mushroom *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm [103];
- 10) Influence of the substrate composition on the yield and nutritional value of the fruiting bodies of the edible mushrooms *Pleurotus citrinopileatus* and *Cyclocybe aegerita* [104];
- 11) Analysis of the biological efficiency and quality factors of mushrooms of the genus *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm as a model of effective cultivation of lignicolous fungi with high functional value [105];
- 12) Вплив складу субстратів на морфологічні та біохімічні показники *Pleurotus citrinopileatus* Singer [106];
- 13) Вплив добрива Аватар (комплекс наночитратів мікроелементів) на продуктивність та якість печериць та гливи [33];



- 14) Экспресс - метод оценки микробиологической селективности субстратов в промышленном производстве грибов рода *Pleurotus* [15];
- 15) Оцінка мікробіоти рослинних субстратів для промислового культивування їстівних грибів [107];
- 16) Assessment of the fruiting chamber microbiota during Oyster mushroom cultivation as a factor of the crop quality [108];
- 17) Assessment of raw plant material and substrate for efficient production of oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.) [109]
- 18) Розробка рецептури м'ясних консервів з грибами.
- 19) Кулик А.С., Бандура І.І., Булгаков І.В., Макогон С.В., Загорко Н.П. Розробка рецептури пресервів на основі бичка азовського та гливи звичайної. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки*. 2019. 19(3). С. 251–261.
- 20) Пріс О.П., Жукова В.Ф., Бандура І.І. Мікробіологічні хвороби плодів овочів під час зберігання. *Продовольча індустрія АПК*. 2015. № 5. С. 35–38.
- 21) Bandura I., Isikhuemhen O.S. Pretreatment of the wheat straw and solid state fermentation improves yield and biological efficiency in *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm mushroom production *The 9th International medicinal mushroom conference, Book of abstract, Palermo, Italy Sep24-28. 2017*. С. 41–43.
- 22) Бандура І.І., Кулик А.С., Байберова С.С. Сучасні способи зберігання грибів. *Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва*, 24-25 травня 2017 р., м. Умань, Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції, Умань, Видавець «Сочінський М. М.», 2017. С 134–135.
- 23) Кулик, А. С., Бандура, І.І., & Кльонова, А.О. Новий спосіб підготовки грибів роду глива *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. до зберігання. Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Сучасні тенденції розвитку харчових технологій в умовах європейської інтеграції», 16 травня 2018 року, м. Київ. 2018. С.38–39.

24) Бандура І.І., Кулик А.С., Макогон С.В., Сокот О.Є. Перспективи використання грибно́ї сировини для підвищення біологічної цінності продуктів харчування. *Інноваційні технології та актуальні питання післязбиральної доробки плодоовочевої продукції як важіль підвищення економічної ефективності*, 14-15 березня 2019 р., м. Херсон, Матеріали ІІІ міжнародної науково-практичної конференції, Херсон: Видавничий дім «Гельветика». 2019. С.14–17.

25) Бандура І.І., Сокот О.Є., Кулик А.С. Використання грибних полісахаридів у технології страв функціонального призначення. *Сучасні підходи до післязбиральних технологій та маркетингу плодоовочевої продукції*, 28-29 травня 2019 року, м. Мелітополь, Міжвузівська студентська науково-практична конференція, Видавничополіграфічний центр «Лух». 2019. С.57–59.

26) Бандура І.І., Кулик А.С., Макогон С.В., Орлова Т.Ю., Севастьянович О.С. Перспективи використання грибно́ї сировини для підвищення біологічної цінності продуктів харчування. *Сучасні підходи до післязбиральних технологій та маркетингу плодоовочевої продукції*, 28-29 травня 2019 року, м. Мелітополь, Міжвузівська студентська науково-практична конференція, Видавничополіграфічний центр «Лух». 2019. С.51–56.

27) Bandura I., Isikhuemhen O.S., Kulik A.S. Fruiting position and length of incisions on substrate bags affect fruit body yield and cluster characteristics in *Pleurotus ostreatus*. *Abstract of the 10th International medicinal mushroom conference :IMMC-10* (Nantong, China, September 19-22, 2019). С.97–98.

28) Бандура І.І., Кулик А.С. Органолептичний аналіз грибів роду Глива (*Pleurotus* (Fr.) P. Kumm) як моделі ефективного культивування ксилотрофів з високою функціональною цінністю. *Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якості і безпечності харчових продуктів*, збірник наукових праць міжнар. наук.-практ. конф., 13-14 травня 2021 р., м. Житомир, Поліський національний університет. 2021. С.30–33.

29) Бандура І.І., Кулик А.С. Особливості застосування рослинної олії як фактору ефективності вирощування *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. *Новації в технології*

та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв: друга міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 23 листопада 2021 р., матеріали конференції під заг. ред. В.М. Кюрчева, Мелітополь, ТДАТУ, 2021. С.79–81.

30) Бандура І.І. Мікроскопія поверхні плодових тіл у системі формування якості грибів роду глива. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*: друга міжнародна науково-практична інтернетконференція, 23 листопада 2021 р., матеріали конференції під заг. ред. В.М. Кюрчева, Мелітополь, ТДАТУ, 2021. С.139–141.

31) Бандура І.І., Кулик А.С. Аналіз мікробіоти камер вирощування гливи як фактора формування якості плодових тіл. *Інноваційні розробки молоді в сучасному овочівництві*: Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції, 06 жовтня 2021 р., сел. Селекційне Харківської обл., Інститут овочівництва і баштанництва НААН, Вінниця, ТОВ «ТВОРИ», 2021. С.6–7.

32) Бандура І.І., Кулик А.С., Каліцинський С.С., Сербова І.О. Особливості зберігання грибів родини глива. *Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності*: друга міжнародна науково-практична конференція, 5–7 вересня 2017 р.. Харків, ХДУХТ. 2017. С.213–214.

33) Бандура І.І., Кулик А.С. Використання нетрадиційної сировини у складі м'ясних тефтелей у закладах ресторанного господарства. *Сучасні тенденції розвитку індустрії гостинності*. II Міжнародна. науково-практична конференція. 7–8 жовтня 2021 року. Львів. 2021. С.120–122.

34) Шаховський П., Бандура І.І. Зміни якісних показників плодових тіл гливи легеневої *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quéł. в процесі переробки за різних термінів температурного впливу. III Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція студентів та магістрантів за підсумками наукових досліджень 2015 «Інноваційні агротехнології». Мелітополь, ТДАТУ. 2016. С.25–27.

35) Iryna Bandura, Omoanghe S. Isikhuemhen, Alina Kulyk, Nina Bisko, Serhii Makohon. Microbiota in mushroom fruiting houses and the effect of isolated organisms

on *P. ostreatus* mycelia growth and development in vitro *Abstract of the 11th International medicinal mushroom conference: IMMC-11*. Belgrad, Serbia.2022. С.69.

36) Сокот О.Є., Бандура І.І., Кулік А.С. Зміна вмісту ендополісахаридів в плодових тілах грибів роду глива під час зберігання та після термічної обробки. Матеріали І Міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С.83–84.

37) Кулик А.С., Загорко Н.П., Бандура І.І., Булгаков І.В. Сучасні продукти функціонального призначення з додаванням рослинної сировини. *Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності*: третя Міжнародна науково-практична конференція, Харків, Мелітополь, Кирилівка, 4–6 вересня 2019 р., тези доповідей, 2019. С.207–209.

### Список використаної літератури до розділу III

1. Бисько Н.А., Дудка И.А. Биология и культивирование съедобных грибов рода вешенка. Киев: Наукова думка, 1987. 148 р.

2. Martínez-Carrera D. Cultivation of Oyster Mushrooms. *McGraw-Hill Yearbook of Science & Technology*. 1999. P. 242–245.

3. Heltay I. Facts about the last 25 years of large scale oyster mushroom production in Hungary, and its international aspects part 2. *Magyar Gomba*, June. 1999. Vol.11. P. 11–70.

4. Sekan A. S., Myronycheva O. S., Karlsson O., Gryganskyi, A. P., Blume Y. Green potential of *Pleurotus* spp. in biotechnology. *PeerJ. PeerJ Inc*. 2019. Vol. 7. P. e6664.

5. Бандура І.І. Удосконалення елементів технології промислового виробництва їстівних грибів роду *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. Київ: НУБіП, А.: дис. к. с.–г. н.: спец, 6(06). 2014. 227 с.

6. Бандура И.И., Мироничева Е.С., Кюрчева Л.Н. Отбор устойчивых к высоким температурам культивирования штаммов *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. *Agrarian Science Stiinta Agricola*. 2014. Vol. №2, № 3–8. С. 56–59.

7. Myronycheva O., Bandura I., Bisko N., Gryganskyi A., Karlsson O. Assessment of the growth and fruiting of 19 oyster mushroom strains for indoor cultivation on lignocellulosic wastes. *BioResources*. 2017. Vol. 12, № 3. P. 4606–4626.

8. Бісько Н.А., Ломберг М.Л., Митропольська Н.Ю., Михайлова О.Б. Колекція культур шапинкових грибів (ІВК). Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного Національна академія наук України. Київ: Альтерпрес, 2016. 120 с.

9. ДСТУ 7316:2013 Міцелій їстівних грибів субстратний. Технічні умови

10. Manikandan K., Sharma R., Ahlawat O.P. Nitrogen calculator: A decision support tool for compost production of white button mushroom. *IJCS*. 2021. Vol. 9, № 2. P. 649–652.

11. Zisopoulos F.K., Ramírez H.A.B., van der Goot A.J., Boom R.M. A resource efficiency assessment of the industrial mushroom production chain: the influence of data variability. *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 126. P. 394–408.

12. Бісько Н.А., Билай В.Т. Влияние бактерий рода *Bacillus* на жизнедеятельность вешенки обыкновенной *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: FR.) Kumm. в частично замкнутой искусственной экосистеме. *Микология и Фитопатология*. 1995. № 29 (5–6). С. 1–7.

13. Бісько Н.А., Мироничева О.С., Бандура І.І. Характеристика бактерій аеробних субстратів під час виробництва ксилотрофних базидіоміцетів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Серія: Агрономія. 2012. № 176. С. 269–272.

14. Бісько Н. А., Мироничева О. С., Бандура І. І. Вплив технологій обробки на основні показники якості субстратів гливи звичайної. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2014. №. 2. С. 1-8.

15. Бандура И. И.. Экспресс - метод оценки микробиологической селективности субстратов в промышленном производстве грибов рода *Pleurotus*.

Материалы III Международного микологического форума. 2015 г. Нац. акад. микол. 2015. №5. С. 279–282.

16. Бисько Н.А., Билай В.Т. Термофильные бактерии и селективность субстрата для выращивания видов рода вешенка. Комплексный подход к культивированию вешенки. Киев: ООО "Международная консультативно-производственная группа "ГРИБЫ," 2001. Р. 21–30.

17. Голуб Г.А., Гайденко О.М., Кепко О.І. Особливості біотехнологічного процесу виробництва субстрату для вирощування гливи. Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. 2011. №7. С.67–73.

18. Shiomi H.F., Minhoni M.T.D.A., Machado J.O., Cargnelutti Filho A. Thermal and mechanical shocks affecting the first flush of production of *Lentinula edodes* on *Eucalyptus saligna* logs. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2007. Vol. 38, № 2. P. 200–203.

19. Bhatti M.I., Jiskani M.M., Wagan K.H., Pathan M.A., Magsi M.R. Growth, development and yield of oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex. Fr.) Kummer as affected by different spawn rates. *Pak. J. Bot.* 2007. Vol. 39, №7. P. 2685–2692.

20. Buah J.N., Van der Puije G.C., Bediako E.A., Abole E.A., Showemimo F. The growth and yield performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on Different Substrates. *Biotechnology(Faisalabad)*. 2010. Vol. 9, № 3. P. 338–342.

21. Okwulehie I.C., Nwoko M.C., Achufusi J.N., Onyeizu U.R., Ezera V.N. Yield and some macro-morphological characters of *Pleurotus pulmonarius* (Fries) Quel. fruit bodies cultivated on HCL-optimized oil palm bunch substrate. *J Environ Anal Toxicol*. 2018. Vol. 08, № 01. <https://doi.org/10.4172/2161-0525.1000538>.

22. Velázquez-Cedeño M.A., Mata G., Savoie J.-M. Waste-reducing cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* on coffee pulp: changes in the production of some lignocellulolytic enzymes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. Springer, 2002. Vol. 18, № 3. P. 201–207.

23. Alam N., Amin R., Khan A., Ara I., Shim M.J., Lee M.W., Lee T.S. Nutritional analysis of cultivated mushrooms in Bangladesh – *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor-*

*caju*, *Pleurotus florida* and *Calocybe indica*. *Mycobiology*. 2008. Vol. 36, № 4. P. 228–232.

24. Carrasco-González J.A., Serna-Saldívar S.O., Gutiérrez-Urbe J.A. Nutritional composition and nutraceutical properties of the *Pleurotus* fruiting bodies: Potential use as food ingredient. *Journal of Food Composition and Analysis*. Elsevier, 2017. Vol. 58. P. 69–81.

25. Barh A., Sharma V.P., Annepu S.K., Kamal S., Sharma S., Bhatt P. Genetic improvement in *Pleurotus* (oyster mushroom): a review. *3 Biotech*. 2019. Vol. 9(9). P. 322. doi: 10.1007/s13205-019-1854-x.

26. Ashraf J., Ali M.A., Ahmad W., Ayyub C.M., Shafi J. Effect of different substrate supplements on oyster mushroom (*Pleurotus* spp.) production. *Food Science and Technology*. 2013. Vol. 1, № 3. P. 44–51. <https://doi.org/10.13189/fst.2013.010302>.

27. Chang S.T., Wasser S.P. The cultivation and environmental impact of mushrooms. Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science. 2017. P. 1–39. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.231>.

28. Wang D., Sakoda A., Suzuki M. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. *Bioresource Technology*. 2001. Vol. 78, № 3. P. 293–300.

29. Коржов Є.І., Гончарова О.В. Формування режиму солоності вод Дніпровсько-бузької гирлової області під впливом кліматичних змін у сучасний період. *Publishing House “Baltija Publishing”*. 2020. С. 315–330 <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-45-7.18>

30. Wang H., Peng L., Ding Z., Wu J., Shi G. Stimulated laccase production of *Pleurotus ferulae* JM301 fungus by *Rhodotorula mucilaginosa* yeast in co-culture. *Process Biochemistry*. 2015. Vol. 50(6). P. 901–905.

31. Chang Sung J., Sul H. J., Kong W. S., Yoo Y. B., Cheong J. C., Chun S. C. Effects of NaCl concentrations on production and yields of fruiting body of Oyster mushrooms, *Pleurotus* spp. *The Korean Journal of Mycology*. 2006. Vol. 34. P. 39–53.

32. Гуліч М.П., Бісько Н.А., Каплуненко В.Г., Єрмоленко В.П., Яценко О.В., Харченко О.О., Митропольська Н.Ю. Цитрати біогенних металів—перспективне

Джерело збагачення їстівних та лікарських грибів мінеральними речовинами. *Довкілля та здоров'я*. 2012. №. 1 (60). С. 75 – 80.

33. Бісько Н.А., Бандура І.І. Вплив добрива Аватар (комплекс наноцитратів мікроелементів) на продуктивність та якість печериць та гливи. *Modern methodologies, innovations, and operational experience in the field of biological sciences*, Lublin, Republic of Poland, Dec 27-28, 2017. С. 92–94

34. Miyazawa M., Usami A. Character impact odorants from mushrooms *Pleurotus citrinopileatus*, *Pleurotus eryngii* var. *ferulae*, *Lactarius hatsudake*, and *Hericium erinaceus* (Bull.: Fr.) Pers.] used in Japanese traditional food. *Nagoya Gaknin University*. 2014. Vol. 50, № 2. P. 1–24.

35. Борисевич В. Б., Каплуненко В. Г., Косінов М.В. Наноматеріали в біології. Основи нановетеринарії: учбовий і практичний посібник. Київ: ВД “Авіцена,” 2010. С.14–19.

36. da Silva M.C.S., Naozuka J., da Luz J.M.R., de Assunção L.S., Oliveira P.V., Vanetti M.C.D., Bazzolli D.M.S., Kasuya M.C.M. Enrichment of *Pleurotus ostreatus* mushrooms with selenium in coffee husks. *Food Chemistry*. 2012. Vol. 131, № 2. P. 558–563. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.023>.

37. García M.A., Alonso J., Melgar M.J. Bioconcentration of chromium in edible mushrooms: Influence of environmental and genetic factors. *Food and Chemical Toxicology*. 2013. Vol. 58. P. 249–254.

38. Gregori A., Pohleven F. Cultivation of three medicinal mushroom species on olive oil press cakes containing substrates. *Acta agriculturae Slovenica*. 2015. Vol. 103, № 1. P. 49–54.

39. Saidu M., Salim M.R., Yuzir M.a.M. Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus* spp.) on palm oil mesocarp fibre. *African Journal of Biotechnology*. 2011. Vol. 10, № 71. P. 15973–15976.

40. Schisler L.C. Stimulation of yield in the cultivated mushroom by vegetable oils. *Appl. Environ. Microbiol.* American Society for Microbiology, 1967. Vol. 15, № 4. P. 844–850.



41. Zervakis G., Yiatras P., Balis C. Edible mushrooms from olive oil mill wastes // *International Biodeterioration & Biodegradation*. 1996. Vol. 38, № 3. P. 237–243.
42. Bekiaris G., Koutrotsios G., Tarantilis P.A., Pappas C.S., Zervakis G.I. FTIR assessment of compositional changes in lignocellulosic wastes during cultivation of *Cyclocybe cylindracea* mushrooms and use of chemometric models to predict production performance. *J Mater Cycles Waste Manag.* 2020. Vol. 22, № 4. P. 1027–1035.
43. Ruiz-Rodriguez A., Soler-Rivas C., Polonia I., Wichers H.J. Effect of olive mill waste (OMW) supplementation to Oyster mushrooms substrates on the cultivation parameters and fruiting bodies quality. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2010. Vol. 64, № 7. P. 638–645.
44. Ушкаренко В.О. et al. Програмно-інформаційний комплекс „Agrostat New”. Херсон: Айлант, 2013.
45. Bellettini M.B., Bellettini S., Fiorda F.A., Pedro A.C., Bach F., Fabela-Morón M.F., Hoffmann-Ribani R. Diseases and pests noxious to *Pleurotus* spp. mushroom crop. *Revista Argentina de Microbiología*. 2018. Vol. 50, № 2. P. 216–226. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.08.007>.
46. Ficociello B., Masciarelli E., Casorri L., Cichelli A., Pacioni G. The onset of occupational diseases in mushroom cultivation and handling operators: a review. *Italian Journal of Mycology*. 2019. Vol. 48. P. 26–38. <https://doi.org/10.6092/issn.2531-7342/9409>.
47. Potočnik I.S. Stepanović M., Rekanović E., Todorović B., Milijašević-Marčić S. Disease control by chemical and biological fungicides in cultivated mushrooms: button mushroom, oyster mushroom and shiitake. *Pesticides and Phytomedicine/Pesticidi i fitomedicina*. 2015. Vol.30., № 4.
48. Gea F.J., Carrasco J., Suz L.M., Navarro M.J. Characterization and pathogenicity of *Cladobotryum mycophilum* in Spanish *Pleurotus eryngii* mushroom crops and its sensitivity to fungicides. *European Journal of Plant Pathology*. 2017. Vol. 147, № 1. P. 129–139. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-0986-7>.

49. Grogan H. Challenges facing mushroom disease control in the 21 st century. Proceeding of the Sixth international conference on mushroom biology and mushroom products. Bonn, Germany: WSMBMP, 2008. C. 120-127.

50. Back C.-G., Lee C.Y., Seo G.S., Jung H.Y. Characterization of species of *Cladobotryum* which cause cobweb disease in edible mushrooms grown in Korea. *Mycobiology*. 2012. Vol. 40, № 3. P. 189–194. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2012.40.3.189>.

51. Fletcher J.T., Hims M.J., Hall R.J. The control of bubble diseases and cobweb disease of mushrooms with prochloraz. *Plant pathology*. Wiley Online Library, 1983. Vol. 32, № 2. P. 123–131. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1983.tb01310.x>.

52. Gea F.J., Navarro M.J., Suz L.M. Cobweb disease on oyster culinary-medicinal mushroom (*Pleurotus ostreatus*) caused by the mycoparasite *Cladobotryum mycophilum*. *J Plant Pathol*. 2019. Vol. 101, № 2. P. 349–354. <https://doi.org/10.1007/s42161-018-0174-z>.

53. Gea F.J., Navarro M.J., Santos M., Diáñez F., Carrasco J. Control of fungal diseases in mushroom crops while dealing with fungicide resistance: a review. *Microorganisms*. 2021. Vol. 9, № 3. P. 585. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030585>.

54. Антоняк Г.Л., Бабич Н.О., Стефанишин О.М., Коваль Н.К., Федяков Р.О. Афлатоксини: Біологічні ефекти та механізми впливу на організм тварин і людини. *Біологія тварин*. 2009. №11 (1–2). С. 16–26.

55. Антоняк Г.Л., Федяков Р., Коваль Н.К., Стефанишин О.М. Вплив мікотоксинів на здоров'я тварин. *Науковий вісник ветеринарної медицини*. 2010. №5 (78). С. 10–13.

56. Головчак Н. Структура та вплив мікотоксинів на живі організми. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол.* 2007. Vol. 43. P. 33–47.

57. Zain M.E. Impact of mycotoxins on humans and animals. *Journal of Saudi Chemical Society*. 2011. Vol. 15, № 2. P. 129–144.

58. Бандура І.І., Кулик А.С., Чаусов С.В., Цизь О.М. Вплив складу рослинних субстратів на ефективність культивування їстівних грибів *Cyclocybe*

*aegerita* (V. Brig.), *Pleurotus eryngii* (DC.) Quel., *Pleurotus citrinopileatus* Singer та *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer. Вісник аграрної науки Причорномор'я. №3. С.64–70. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3\(107\)](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3(107)).

59. Бандура, И.И. Перспективы интродукции тропического гриба *Calocybe indica* Purkay. & A. Chandra в украинское грибопроизводство. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2020. № 96 (1). С. 319–342. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2020-96-1-319-342>.

60. Bellettini M.B., Fiorda F. A., Maieves H.A., Teixeira G.L., Ávila S., Hornung P.S., Júnior A.M., Ribani R.H. Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2016. Vol. 26, № 4, P. 633–646. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.005>.

61. Buswell J., Chang S.T. Edible Mushrooms: Attributes and Applications. *Genetics and breeding of edible mushrooms*. Routledge, 2018. P. 297–324.

62. Stamets P. Growing gourmet and medicinal mushrooms. 3rd ed. Berkeley, Calif: Ten Speed Press, 2000. 574 p.

63. Дудка И.О. Промышленное культивирование съедобных грибов. Киев: Наук. думка, 1978. 262 с.

64. Chitamba J., Dube F., Chiota W.M., Handiseni M. Evaluation of substrate productivity and market quality of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) grown on different substrates. *International Journal of Agricultural Research*. Academic Journals Inc., 2012. Vol. 7, № 2. P. 100–106. <https://doi.org/10.3923/ijar.2012.100.106>.

65. Вдовенко С.А. Особливості культивування гливи звичайної на солом'яних субстратах. Збірник наукових праць ВНАУ. Овочівництво. №8 (48). 2011. С.75–80.

66. Phillips R. Mushrooms. Pan Macmillan, London, UK. 2006. P. 276–277.

67. Jang K.-Y., Jhune C.S., Park J.S., Cho S.M., Weon H.Y., Cheong J.C., Sung J.M. Characterization of fruitbody morphology on various environmental conditions in *Pleurotus ostreatus*. *Mycobiology*. Taylor & Francis, 2003. Vol. 31, № 3. P. 145–150. <https://dx.doi.org/10.4489/MYCD,3>.

68. Abdulgani R., Lau C.C., Abdullah N., Vikineswary S. Morphological and molecular characterization of *Pleurotus pulmonarius* hybrids with improved sporophore features and higher biological efficacy. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2017. Vol. 19, № 4. P. 707–712. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0343>.

69. Бандура, І.І., Кулик А.С. Особливості зберігання грибів роду глива. Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: друга міжнародна науково-практична конференція, 5–7 вересня 2017 р., матеріали конференції, під заг. ред. Г. В. Дейниченка, Харків: ХДУХТ, 2017. С. 213–214.

70. Helbling A., Brander K.A., Horner W.E., Lehrer S.B. Allergy to basidiomycetes. *Chemical immunology*. Basel; New York: Karger, 2002. Vol. 81. P. 28–47.

71. Гунько С.М., Тринчук О.О. Якість грибів глива звичайна залежно від тривалості та температури зберігання. *Научные труды SWorld*. 2014. №8 (2). С. 68–71.

72. Firdaus S.M., Bahri A. R. S., Rahijan M., Wahab A., Rahman A., Rohana M. Z., Ibrahim R. Growth performance and postharvest quality of grey oyster mushroom (*Pleurotus sajor caju*) subjected to different sound intensity treatments prior to fruiting body formation. *Advances in Life Science and Technology*. 2015. Vol.28. P. 51–59.

73. Das N., Mishra S., Biswas L., Karmakar N.C. Comparative study of five *Pleurotus* species cultivated in warm temperature on non-sterilized rice straw. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2015. P. 749–755.

74. Burton K., Surapareddy (Prasad) Sreenivasaprasad, Eastwood D., Rama T., Beecher T., Molloy S. The science of mushroom quality. *Mushroom Sci*. 2000. Vol. 15. P. 715–720.

75. Akinfemi A. Nutritive value and in vitro gas production of fungal treated maize cobs. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 2010. Vol. 10, № 8. P. 2944–2955. <https://doi.org/10.4314/ajfand.v10i8.60878>.

76. Jafari M.A., Nikkhah A., Sadeghi A.A., Chamani M. The effect of *Pleurotus* spp. fungi on chemical composition and in vitro digestibility of rice straw. *Pak J Biol Sci.* 2007. Vol. 10, № 15. P. 2460–2464.

77. Jonathan S.G., Esho E.O., Ajayi I.A. Chemical compositions of oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius*) under storage. *Natural Products.* NPAIJ, 2011. Vol.7, №1. P. 33–38.

78. Бандура І.І. Кулик А.С., Макогон С.В., Синяговський С.С. Дослідження особливостей інтродукції продуктивних штамів екзотичних грибів *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini та *Pleurotus eryngii* (DC.) Qué. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету.* 2019. №8(2), <http://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/116/113>.

79. Moonmoon M., Uddin M.N., Ahmed S., Shelly N.J., Khan M.A. Cultivation of different strains of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) on saw dust and rice straw in Bangladesh. *Saudi J Biol Sci.* 2010. Vol. 17, № 4. P. 341–345.

80. Szarvas J., Gyórfi J. Comparative cultivation experiments of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) isolates. *Kertgazdasag - Horticulture. Magyar Mezógazdaság KFT,* 2011. Vol. 43, № 3. P. 3–14.

81. Wanzenböck E., Apprich S., Tirpanalan Ö., Zitz U., Kracher D., Schedle K., Kneifel W. Wheat bran biodegradation by edible *Pleurotus* fungi – A sustainable perspective for food and feed. *LWT.* 2017. Vol. 86. P. 123–131.

82. Sardar H., Ali M.A., Anjum M.A., Nawaz F., Hussain S., Naz S., Karimi S.M. Agro-industrial residues influence mineral elements accumulation and nutritional composition of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*). *Scientia Horticulturae.* 2017. Vol. 225. P. 327–334.

83. Xie C., Yan L., Gong W., Zhu Z., Tan S., Chen D., Hu Z., Peng Y. Effects of different substrates on lignocellulosic enzyme expression, enzyme activity, substrate utilization and biological efficiency of *Pleurotus eryngii*. *Cellular Physiology and Biochemistry.* 2016. Vol. 39, № 4. P. 1479–1494. <https://doi.org/10.1159/000447851>.

84. Ha T.-M., Ju, Y.C., Jeon D.H., Choi J.I., Lee T.S. Characteristics and breeding of a new variety *Pleurotus eryngii*, Gonji No. 3. *Journal of Mushroom Science and Production*. 2011. Vol. 9. № 1. С. 22–26. <https://doi.org/10.14480/JM.2011.9.1.022>.

85. Anderson N.M., Walker P.N. Quality comparison of continuous steam sterilization segmented-flow aseptic processing versus conventional canning of whole and sliced mushrooms. *Journal of Food Science*. 2011. Vol. 76, № 6. P. E429–E437. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02221.x>.

86. Kalita M.K. Impact of various sterilization methods on growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus florida*). *IJAS*. 2015. Vol. 11, № 1. P. 104–107.

87. Carrasco J., Tello M.L., Perez M., Preston G. Biotechnological requirements for the commercial cultivation of macrofungi: substrate and casing layer. *Biology of macrofungi*. Springer, Cham, 2018. С. 159– 175. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02622-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02622-6_7).

88. Ponmurugan P., Nataraja Sekhar Y., Sreesakthi T.R. Effect of various substrates on the growth and quality of mushrooms. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2007. Vol. 10, № 1. P. 171–173.

89. Ковальов М.М., Сиволап А.В. Ферментації соломяного субстрату ем препаратами при вирощування гливи лимонно-шляпкової. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції». Кропивницький: ЦНТУ. 2020. P. 22–23.

90. Rosnina A. G., Tan Y. S., Abdullah N., Vikineswary S. Morphological and molecular characterization of yellow oyster mushroom, *Pleurotus citrinopileatus*, hybrids obtained by interspecies mating. *World J Microbiol Biotechnol*. 2016. Vol. 32, № 2. P. 18.

91. Швиндіна К.С., Демченко С.І., Дерев'яно А.Є. Дослідження індивідуальної мінливості природних штамів *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. 2011. № 1 (11). С.221–229.

92. Круподьорова Т.А., Барштейн В.Ю., Пешук Л.В., Гащук О.І., Костенко Є.Є. Культивування *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Kumm. на рослинних відходах. *Biotechnologia Acta*. 2014. V. 7, № 4. С. 92–99.

93. Gürgen A.Y., Sevindik M., Yildiz S., Akgül H. Determination of antioxidant and oxidant potentials of *Pleurotus citrinopileatus* mushroom cultivated on various substrates. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*. 2020. Vol. 23, № 3. P. 586–591. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.626803>.

94. Jeong S.-C., Koyyalamudi S.R., Hughes J.M., Khoo C., Bailey T., Marrisudi K., Park J. P., Kim J. H., Song C.H. Antioxidant and immunomodulating activities of exo-and endopolysaccharide fractions from submerged mycelia cultures of culinary-medicinal mushrooms. *IJM*. Begel House Inc., 2013. Vol. 15, № 3. P. 251–266.

95. Kimiaetalab M.V., Cámara L., Goudarzi S.M., Jiménez-Moreno E., Mateos G.G. Effects of the inclusion of sunflower hulls in the diet on growth performance and digestive tract traits of broilers and pullets fed a broiler diet from zero to 21 d of age. A comparative study. *Poultry Science*. 2017. Vol. 96(3). P. 581–592.

96. Collins S.R., Wellner N., Martinez Bordonado I., Harper A.L., Miller C.N., Bancroft I., Waldron K.W. Variation in the chemical composition of wheat straw: the role of tissue ratio and composition. *Biotechnology for Biofuels*. 2014. Vol. 7. P. 1–4.

97. Medany G.M. Cultivation possibility of golden oyster mushroom (*Pleurotus citrinopileatus*) under the Egyptian conditions. *Egyptian Journal of Agricultural Research*. Ministry of Agriculture and Land Reclamation. Agricultural Research Center (ARC), 2014. Vol. 92, № 2. P. 749–762.

98. Miyazawa M., Dejima Y., Takahashi T., Matsuda N., Ishikawa R. Characteristic odor components of essential oil from dried fruiting bodies of golden oyster mushroom (*Pleurotus citrinopileatus*). *Journal of Essential Oil Research*. Taylor & Francis, 2011. Vol. 23, № 3. P. 58–63. <https://doi.org/10.1080/10412905.2011.9700459>.

99. Bandura I., Kulyk A., Baibierova S., Zhukova V., Sukharenko, O. (2019). Оцінка впливу технік культивування на зміну морфологічних ознак зростків

плодових тіл *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. *Науковий журнал «Рослинництво та ґрунтознавство»*. 2019. № 286. С. 283–293.

100. Бандура І.І., Кулик А.С., Гапріндашвілі Н.А., Макогон С.В. Аналіз морфологічних характеристик гливи легеневої штаму *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quéf. 2314 ІВК як складових якості грибною сировини. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. 19 (3). С. 241–250.

101. Bandura I., Isikhuemhen O.S., Kulik A., Bisko N., Serduik M., Khareba V., Khareba O., Ivanova I., Tsyz O., Makohon S., Chausov S. Mushroom fruiting body yield and morphological characteristics from different strains of *Pleurotus eryngii*. *J Appl Biol Biotech*. 2022. Vol.10, №01. С.1–8. <https://doi.org/10.7324/JABB.2021.100101>.

102. Bandura I., Isikhuemhen O.S., Kulik A., Serduk M., Sucharenko O., Jukova V., Koliadenko V., Gaprindashvili N. Effect of perforation size and substrate bag fruiting position on the morphology of fruiting bodies and clusters in *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*. 2021. Vol. 9, № 3. P. 35–40. <https://doi.org/10.7324/JABB.2021.9305>.

103. Bandura, I., Kulyk, A., Khareba O., Khareba V., Kovtuniuk Z. Factors of increasing the efficiency of the technology of cultivation and processing of mushrooms of the genus oyster mushroom *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. *Vegetable and Melon Growing*. 2021. №69. С. 63–78. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2021-69-63-78>.

104. Bandura, I., Kulyk, A. S., Makohon, S. V., Khareba, O. V., & Khareba, V. V. (2021). Influence of the substrate composition on the yield and nutritional value of the fruiting bodies of the edible mushrooms *Pleurotus citrinopileatus* and *Cyclocybe aegerita*. *Plant Varieties Studying and Protection*. №17(2). С. 130–138. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236519>.

105. Бандура І.І., Кулик А.С., Бісько Н.А., Хареба О.В., Цизь О.М., Хареба В.В. Analysis of the biological efficiency and quality factors of mushrooms of the genus *Pleurotus* (Fr.) P.Kumm as a model of effective cultivation of lignicolous fungi with high functional value. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. №16(4). P.334–342. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.4.2020.224047>.



106. Бандура І., Кулик А., Хареба О., Хареба В., Цизь О., Чаусов С., Макогон С. Вплив складу субстратів на морфологічні та біохімічні показники *Pleurotus citrinopileatus* Singer. *Вісник аграрної науки*. 2021. №99(2). С.11–18. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202102-02>.

107. Бандура І.І., Кулик А.С., Isikhuemhen O.S.. Оцінка мікробіоти рослинних субстратів для промислового культивування їстівних грибів. Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв: міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 24 листопада 2020 р., матеріали конференції під заг. ред. В.М. Кюрчева, Мелітополь: ТДАТУ. 2020. С.188–191.

108. Bandura I., Kulyk A., Khareba O., Khareba V., Tsyz, O. Assessment of the fruiting chamber microbiota during oyster mushroom cultivation as a factor of the crop quality. *Vegetable and Melon Growing*. 2021. №70. P. 6–15. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2021-70-6-15>.

109. Bandura I., Myronycheva O., Karlsson O. Assessment of raw plant material and substrate for efficient production of oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.). *Technická univerzita vo Zvolene*, 2016. P. 27–33.

## РОЗДІЛ IV

### ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАСАД ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ВРОЖАЮ ОПЕНЬКА ЗИМОВОГО *FLAMMULINA VELUTIPES* (CURTIS) SINGER

#### 4.1 Скринінг штамів *Flammulina velutipes* щодо перспектив впровадження у промислове виробництво.

Одним з найважливіших факторів для введення штаму у промислове виробництво є його зовнішня привабливість для споживача. У країнах Азії перевагу віддають грибам світлого кольору, тоді як в Україні насиченість кольору шапинки вважається необхідною складовою успішного продажу. Місцеві виробники стверджують, що покупці звертають увагу на колір ніжки, який у деяких штамів опенька зимового з настанням біологічної стиглості стає насичено-темним. Така біологічна особливість відштовхує потенціальних клієнтів.

За результатами порівняння технічних та морфологічних показників 10 штамів з Колекції культур шапинкових грибів ІВК визначено відмінності у тривалості вегетаційного розвитку (ТВР), біологічній ефективності та комплексі морфологічних ознак (табл. 4.1).

Найкоротшу вегетацію визначено у штамів 2337 ( $26 \pm 4$  доби), 2039 ( $30 \pm 2$ ) та 2347 ( $30 \pm 3$ ), тоді як для штамів 1974 та 1994 інкубація тривала у середньому за 3 цикли культивування  $45 \pm 2$  та  $45 \pm 3$  діб відповідно. Найшвидший морфогенез у 8 діб зафіксовано для штаму 2039, тоді як плодові тіла штамів 1860 та 1885 розвивалися від примордіїв до комерційного розміру 19 діб.

Найвищий показник БЕ ( $52,6 \pm 4,1\%$ ) було визначено при культивуванні штаму 2337, що в 2 рази перевищувало результат штаму 1994.

За даними літератури, штами *F. velutipes* поділяють на дві «раси»: білу та золоту, але, на нашу думку, така класифікація не дає повного уявлення про морфологічні особливості культиварів та потребує розширення стосовно інтенсивності забарвлення шапинок та ніжок, та рівномірності розподілу кольору.

**Результати скринінгу штамів *Flammulina velutipes* (середнє ± ст. помилка за 3 цикли культивування, 2015 - 2018 рр.)**

№	Штам	ВЦ	ТМ	БЕ, %	Колір шапинки	Колір ніжки	БН
1	1860	38±2	19±1	29,7±2,1	с-жовтий	т-коричневий	-
2	1880	37±1	18±1	32,8±1,9	жовтий	т-коричневий	+
3	1884	35±2	11±1	34,6±3,3	с-жовтий	т-коричневий	-
4	1885	38±3	19±1	39,8±2,7	с-жовтий	т-коричневий	-
5	1974	45±2	12±2	39,8±1,7	я-жовтий	т-коричневий	-
6	1994	45±3	17±1	25,7±2,4	білий	білий	+
7	2038	35±4	10±1	45,4±1,8	білий	білий	-
8	2039	30±2	8±1	51,3±3,2	с-жовтий	жовтий	-
9	2337	26±4	12±1	52,6±4,1	я-жовтий	т-коричневий	-
10	2347	30±3	10±3	47,4±2,0	бежевий	с-коричневий	-
<i>p-value</i>		<0,001	<0,001	0,017	-		

*Примітки:* с – світло, т – темно, я – яскраво; ВЦ - вегетаційний цикл, ТМ – тривалість морфогенезу, БЕ – біологічна ефективність, БН – «бактеріальна нестійкість» або відсутність супротиву бактеріальним інфекціям [1,2]

Тому за визначеними морфологічними показниками перевірені штами умовно розділили на три групи:

а) забарвлення ніжки відсутнє або слабо виражене (1994, 2038, 2039);

б) забарвлення ніжки інтенсивного кольору, але шапинка має пастельне забарвлення (1860, 1884, 1885, 2347);

в) ніжка темна, шапинка має яскраве забарвлення (1880, 1974, 2337).

Морфологічні особливості цього виду мають вагомий вплив на ефективність реалізації грибів у свіжому вигляді. Відомо, що поціновувачі віддають перевагу *F. velutipes* з довгою ніжною, яку виробники формують за рахунок спеціальних технік [3, 4]. Плодові тіла зі скороченими розмірами ніжки є бажаною сировиною для виготовлення консервів, бо не потребують подрібнення та візуально привабливо виглядають у банках (Додаток Г.1, рис. Г.1, г).

За результатами аналізу морфологічних характеристик найбільш продуктивних штамів 2038, 2039, 2337 та 2347 (рис. 4.1) визначено масштаби

варіативності вибірок та доведено суттєві відмінності між культиварами (табл. 4.2).

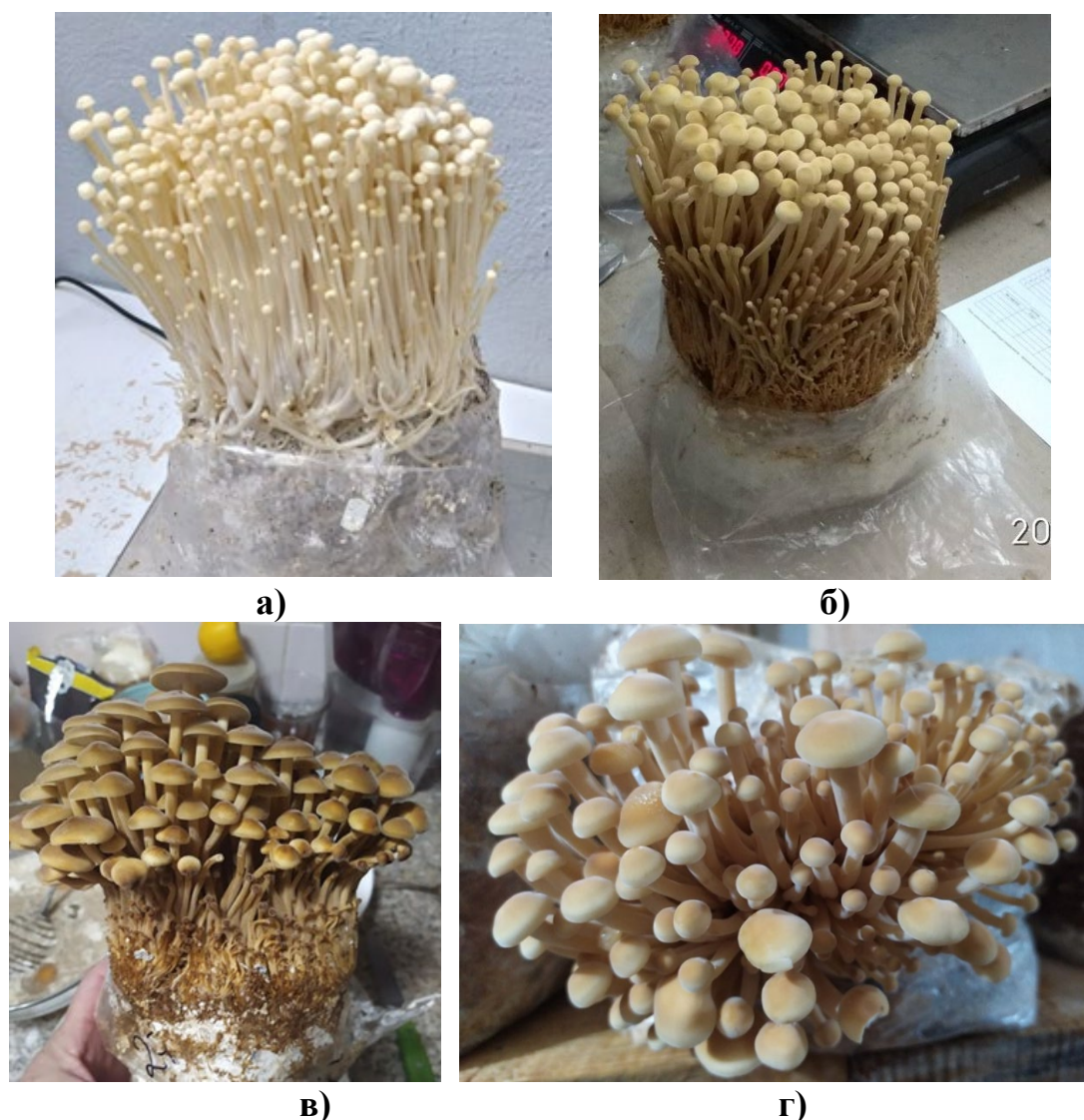


Рис. 4.1. Плодоношення штамів

2038 (а), 2039 (б) та 2337 (в), 2347 (г) *Flammulina velutipes*

Таблиця 4.2

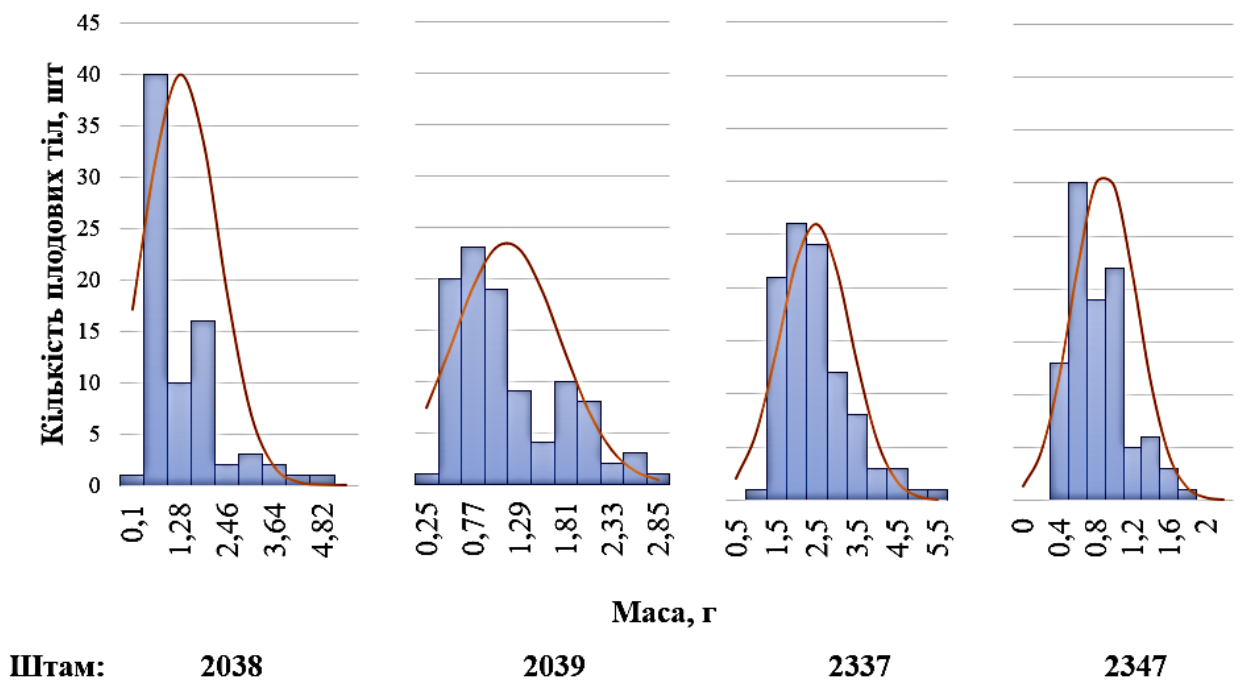
Морфологічні ознаки плодових тіл штамів *Flammulina velutipes* (середнє  $\pm$  ст. помилка за 3 цикли культивування, 2015-2018 рр.)

Штам	Довжина ніжки, мм	$K_v$ , %	Діаметр шапинки, мм	$K_v$ , %	Маса ПТ, г	$K_v$ , %
2038	115,6 $\pm$ 3,9	29,6	12,3 $\pm$ 1,2	83,2	1,01 $\pm$ 0,11	91,4
2039	98,6 $\pm$ 1,7	17,4	13,9 $\pm$ 0,9	63,5	1,02 $\pm$ 0,06	58,0
2337	76,9 $\pm$ 1,0	12,5	14,2 $\pm$ 0,4	29,3	0,79 $\pm$ 0,04	44,7
2347	126,7 $\pm$ 1,1	8,8	20,3 $\pm$ 0,7	35,9	2,22 $\pm$ 0,09	39,4
<i>p-value</i> *	<0,001		<0,001		<0,001	

Примітка: \**p-value* значення імовірності або асимптотична значимість,  $K_v$  – коефіцієнт варіації

Найбільші плодові тіла отримували при культивуванні штаму 2347, а штам 2337 характеризувався найменшою вагою та довжиною ніжки, тоді як за діаметром шапинки поступався лише штаму 2347. Найменший діаметр шапинок мав штам 2038 ( $12,3 \pm 1,2$  мм), втім за довжиною ніжки займав друге місце.

Найбільшу мінливість визначено для показників маси плодових тіл, де коефіцієнт варіативності набував значень від 39,4 % (2347) до 91,4 % (2038). За кумулятивним показником найменшою мінливістю морфологічних ознак характеризувався штам 2347 (рис. 4.2 – 4.4). Усі проаналізовані вибірки за показником маси мали додатну асиметрію, втім найвищий коефіцієнт визначено для штаму 2038 (1,85), а найменший - для штаму 2039 (0,84). 40 % плодових тіл штаму 2038 мали масу близько 1 граму, тоді як вибірки інших штамів характеризувалися більш рівномірним розподілом даних (рис. 4.2).

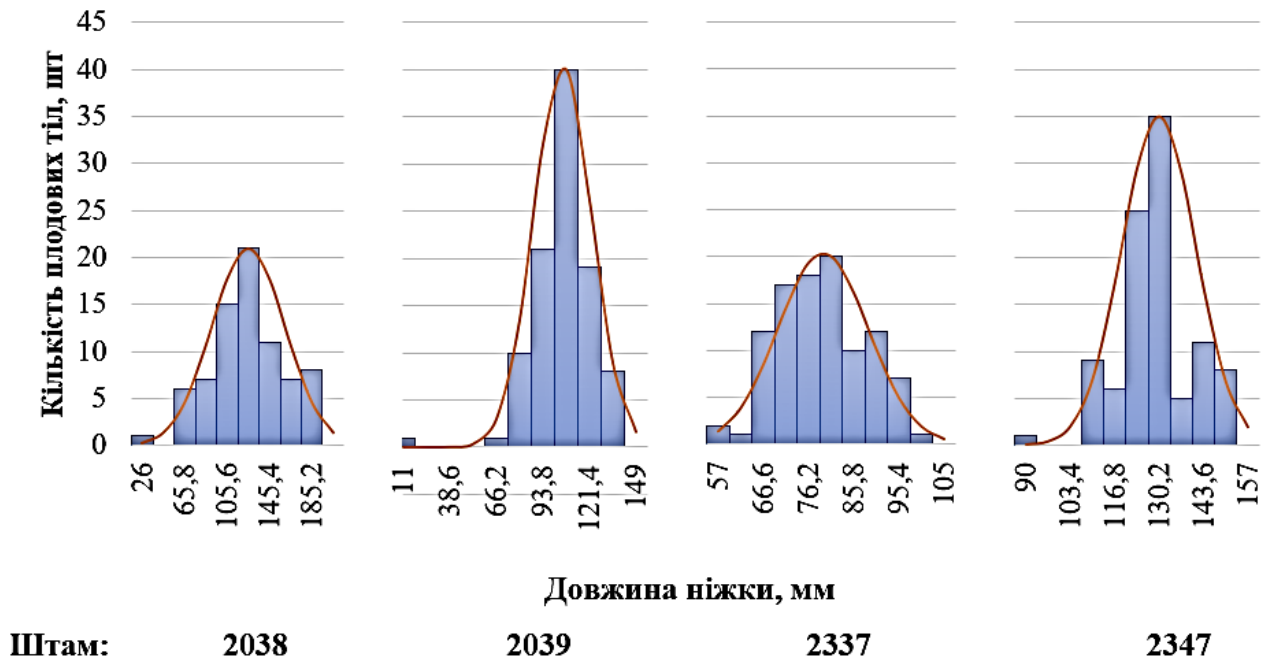


**Рис. 4.2.** Варіативність маси ПТ штамів *Flammulina velutipes* ( $n = 100$ ,  $HP_{05}=0,2$ ; середнє за 3 цикли культивування, 2015-2018 рр.)

Мінливість довжини ніжки є важливим фактором формування якості плодових тіл у відповідності до вимог споживачів. Втім, коефіцієнт варіації цієї ознаки у досліджених штамів був відносно низьким. Слабку мінливість довжини ніжки визначено у штаму 2347 (8,8 %), тоді як штам 2038 відзначався високою

мінливістю довжини ніжки (29,6 %). Інші штами характеризувалися середньою мінливістю: 2039 (17,4 %) та 2337 (12,5 %).

Графіки варіативності цього показника більшості штамів мали незначну позитивну асиметрію:  $K_{ac} = 0,005$  (2038),  $0,07$  (2347) та  $0,11$  (2337) за виключенням штаму 2039 ( $K_{ac} = -1,25$ ) з від'ємною асиметрією вибірки (рис.4.3).

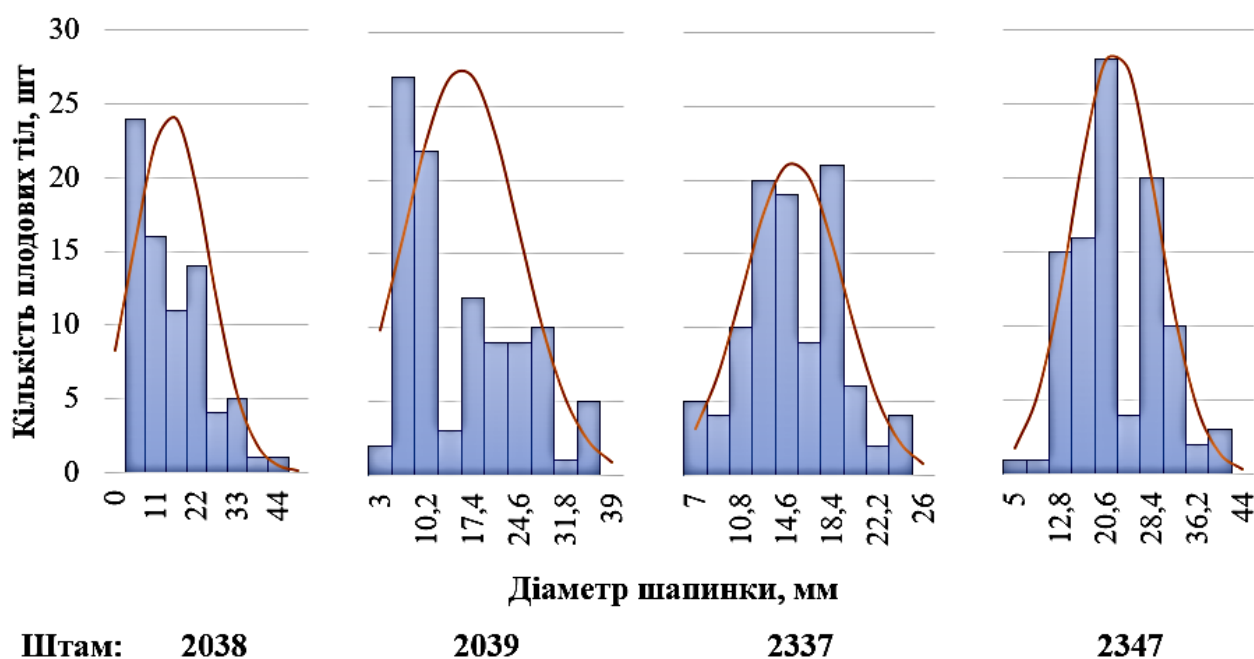


**Рис. 4.3.** Варіативність довжини ніжки штамів *Flammulina velutipes* ( $n = 100$ ,  $HP_{05}=5,36$ ; середнє за 3 цикли культивування, 2015-2018 рр.)

Штами 2038 та 2337 характеризувалися нормальним розподілом вибірки за показником довжини ніжки, тоді як графіки варіативності цього показника штамів 2039 та 2347 були гостроверхими з позитивними ексцесами (5,83 та 0,41 відповідно). Це говорить про можливість отримання більшості плодових тіл означених штамів з довжиною ніжки 110-130 мм, що є важливим фактором для вибору розмірів пакування та підвищення його візуальної привабливості.

Шапинки *F. velutipes* мають сталу округлу з загнутими до ніжки краєчками і лише за настання біологічної стиглості шапинки стають плоскими, краєчки вирівнюються, стають тонкими та крихкими. Такі шапинки механічно пошкоджуються при пакуванні, що зумовлює скорочення термінів зберігання. Тому діаметр шапинок вимірювали лише в стадії технічної стиглості, щоб

визначити розміри, за якими можливо визначити технологічні режими збирання врожаю. Штам 2347 характеризувався найбільшим діаметром шапинок ( $20,3 \pm 0,7$ ), що є негативною комерційною ознакою, бо споживачі звикли бачити на прилавках фламуліну з «булавочною» голівкою. 80 % плодових тіл у вибірці 2347 мала шапинку більше 15мм в діаметрі, тоді як більше 40 % плодових тіл штаму 2038 мали діаметр шапинку до 11 мм (рис. 4.4).



**Рис. 4.4.** Варіативність діаметру шапинки штамів *Flammulina velutipes* ( $n = 100$ ,  $HP_{05}=2,17$ ; середнє за 3 цикли культивування, 2018-2019 рр.)

Всі штами, за виключенням 2347, мали негативний ексцес у вибірках за діаметром шапинки, що говорить про більш пологую функцію розподілу ознаки на графіках. Втім, всі штами мали незначну позитивну асиметрію функції розподілу вибірок: від  $K_{ac} = 0,25$  (2337) до  $K_{ac} = 0,61$  (2039). Це свідчить про загальну тенденцію до низьких значень цієї ознаки. Отже, морфологічні ознаки перевірених штамів мали достатньо сталі характеристики, що дає змогу розширити асортимент культиварів, впроваджених а промислову культуру та підбирати штам за вимогами ринку (Додаток Г.1, рис. Г.1). З іншої сторони, візуальні переваги того чи іншого штаму можливо підкреслити відповідною упаковкою. Більш крупні, незвичні для сучасного споживача плодові тіла штаму 2347 привабливо

виглядають у коробочках, на додаток таке пакування дає змогу зберегти плодові тіла від механічних ушкоджень (рис. 4.5 - а).



**Рис. 4.5.** Пакування зростків плодових тіл *Flammulina velutipes* відповідно до морфологічних ознак штаму: а) плодові тіла штаму 2347 від вітчизняного виробника ФОП Гончаров С.М., б) варіанти стандартного пакування ( фото з інтернет-ресурсів).

Для довгих витягнутих ніжок штаму 2038 з невеликими шапинками і плодовими тілами білого кольору підходить пакування у недорогу поліпропіленову плівку, що є стандартом для світового ринку свіжих грибів (рис. 4.5 – б). Українські споживачі звикли до природнього вигляду опеньків, що мають темну шапинку та коротку ніжку, тому, за свідченнями вітчизняних виробників, з обережністю купують зростки фламуліни з витягнутими ніжками. Але недоліком «темних» штамів є висока щільність ніжок, тому їх необхідно видаляти для виготовлення страв. Морфологічні показники вибраних культиварів відповідають вимогам сучасного вітчизняного ринку та надають можливість задовільнити вподобання різних споживачів, як тих, хто має класичні погляди на українські страви, так і тих, хто любить китайську чи японську кухню.



## 4.2 Визначення впливу складу субстратних композицій на технічні показники штамів *Flammulina velutipes* 2038, 2039, 2337.

Тривалість вегетаційного періоду, врожай та біологічна ефективність є найважливішими факторами економічної доцільності впровадження штамів в промислову культуру. Відомо, що склад субстратних композицій має вплив як на технічні, так і фізико-хімічні показники отриманого врожаю, які формують його смакові та, навіть, лікарські властивості. Хімічний склад рослинних залишків, з яких готують субстрати для культивування *F. velutipes*, визначає вміст сухих речовин в отриманих плодкових тілах, вміст органічних речовин, та впливає на вміст біоактивних речовин, зокрема, полісахаридів з глікозидними зв'язки як  $\alpha$ -, так і  $\beta$ -типу [5–8]. Тому адаптація технології до використання локальних агровідходів та рослинної сировини потребує детального аналізу формул субстратних композицій щодо відповідності їх до загальних параметрів якості субстратів: рН, вмісту вологи, вмісту органічних елементів, їх співвідношення, і золи (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

### Фізико-хімічний склад субстратних композицій для культивування досліджених штамів *Flammulina velutipes*

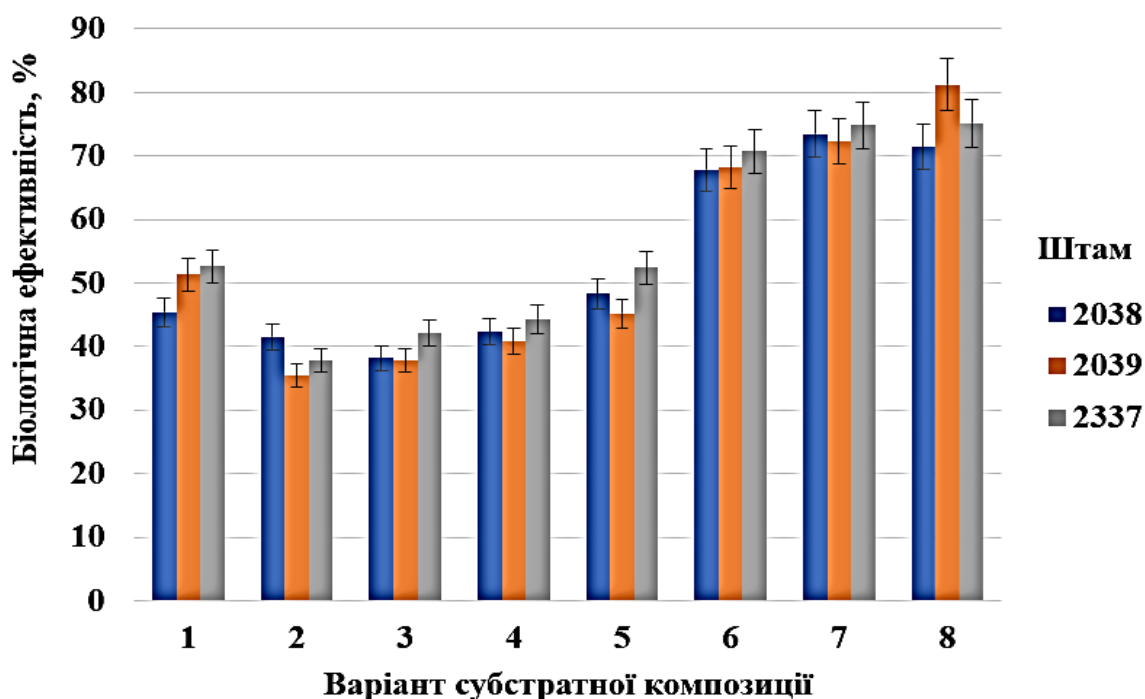
Варіант субстрату	Співвідношення C/N	Зола, %	N загальний, %	Вологість, %	pH
1(контроль)	63	3,67	0,79	66,9	5,9
2	88	3,48	0,57	67,1	5,8
3	83	2,25	0,61	66,7	6,4
4	58	3,8	0,87	65,2	6,1
5	51	4,7	0,97	63,8	5,6
6	50	3,8	1	68,3	5,8
7	41	5,4	1,2	69	6,1
8	31	9,3	1,53	71,9	6

Примітка: 1 (контроль) тирса 400 г, солома подрібнена 400 г, висівки пшеничні 180 г, крейда 20г на один кг сухої суміші [30]; 2) солома (400 г), лушпиння сояшнику (590 г), крейда (10 г); 3) лушпиння сояшнику (990 г), крейда (10 г); 4) тирса (500 г), лушпиння сояшнику (490 г), крейда (10 г); 5) тирса (800 г), пшеничні висівки (100 г), подрібнені кукурудзяні початки (90 г), крейда (10 г); 6) лушпиння сояшнику (500 г), гранули з лушпиння сояшнику (300 г), кукурудзяна мука (190 г), крейда (10 г); 7) лушпиння сояшнику (500 г), гранули з лушпиння сояшнику (300 г), зерно ріпаку (190 г), крейда (10 г); 8) лушпиння сояшнику (400 г), гранули з лушпиння сояшнику (300 г), кукурудзяна крупа (200 г), зерно ріпаку (90 г), крейда (10 г).

На думку дослідників, збалансованість вмісту карбону та нітрогену є найбільш вагомим фактором для отримання високих врожаїв *F. velutipes*. Наприклад, оптимальним для ефективного культивування фламуліни зазначається співвідношення цих елементів на рівні 30/1 [3]. Серед дослідних варіантів лише композиція 8, у складі якої 70 % складала відходи виробництва соняшнику, 20 % цільнозернової кукурудзи та 9 % зерна ріпаку відповідала цьому показнику. Втім, інші дослідники доводять, що субстрати з більш високим співвідношенням C/N можуть бути застосовані у промисловому виробництві цього виду [9,10]. За критеріями виготовлені варіанти субстратів знаходилися в межах оптимальних показників, які опубліковано в науковій літературі [11].

У роботах дослідників різних країн зазначалась необхідність підтримання показника вологості субстрату на рівні 60-70 % [5,12]. Треба зазначити, що використання гранул з лушпиння соняшнику або соломи надає можливість легко контролювати цей показник. З урахуванням початкової вологості гранул на рівні 7%, додавання розрахункової кількості води з температурою 36-40 °C давало змогу отримати рівномірно зволожену фракцію субстрату впродовж кількох хвилин. Використання звичайної соломи локальних сортів потребує попереднього подрібнення до часточок розміром 2-3 мм, що з оглядом на високий вміст силікатів у її структурі є енерговитратною операцією. Отже, відходи соняшника, що є доступними рослинними залишками на більшості території України, мають найбільші перспективи щодо використання у вітчизняному виробництві *F. velutipes*.

Це ствердження обґрунтовано статистичним аналізом показників біологічної ефективності (БЕ) вивчених штамів (рис.4.6). Використання субстратів з варіантами формул 6,7 та 8 дозволяло отримати достовірно вищі результати. Наприклад, штам 2039 на субстраті №8 мав 81,2 % БЕ, що в 2,3 рази вище ніж на субстраті №2. Відповідно до результатів двофакторного дисперсійного аналізу доведено суттєве збільшення цього показника за використання формул 6-8, що містили від 30% гранул з лушпиння. З оглядом на інші показники складу субстратів, саме фактор природи інгредієнтів виявився найбільш впливовим.

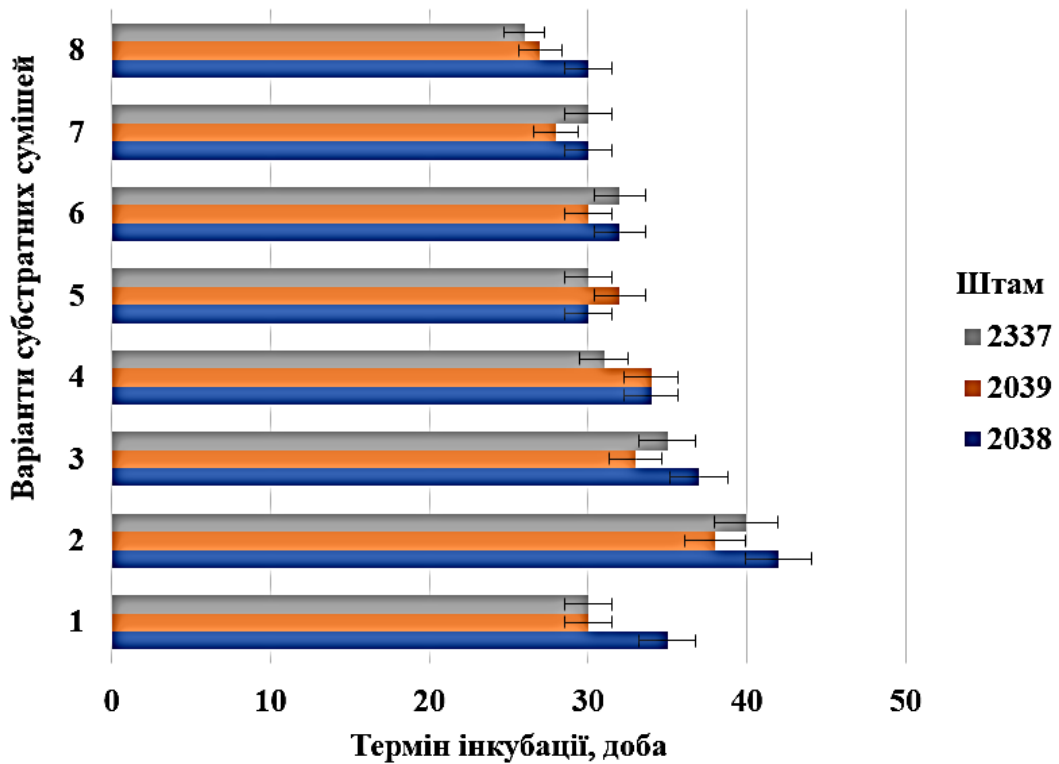


**Рис. 4.6.** Біологічна ефективність досліджених штамів *Flammulina velutipes* на субстратах різного складу, (див. у примітках до табл. 4.3); контроль (1)

Співвідношення С/Н в формулах 5 і 6 практично не відрізнялося, але інгредієнти мали різну природу полісахаридного складу. Тому, наукове обґрунтування оптимальної формули субстрату для вирощування грибів потребує врахування не тільки загальноприйнятих біохімічних критеріїв, а також молекулярної будови сировини. Істотних відмінностей між варіантами 6, 7 та 8 не визначено, втім збагачення субстрату №8 декількома інгредієнтами різної природи (кукурудза та ріпак) позитивно вплинуло на БЕ штаму 2039, який в інших варіантах дослідів мав нижчу ефективність як порівняти зі штамом 2337. Штам *F. velutipes* 2337 мав найвищу БЕ в усіх варіантах дослідів, за виключенням варіантів 2 та 8, але статистично доведених відмінностей між штамми у досліді не визначено.

Термін інкубації є основною характеристикою вегетативної стадії розвитку культури. Спостерігали повну колонізацію субстратів з 38-ї до 42-ї доби, що відповідає опублікованим раніше фактам [5,13]. Втім, треба зазначити, що швидкість засвоєння субстратів була співставною на всіх субстратах, за виключенням субстрату №2 (рис.4.7). Фактор культури виявився несуттєвим, за

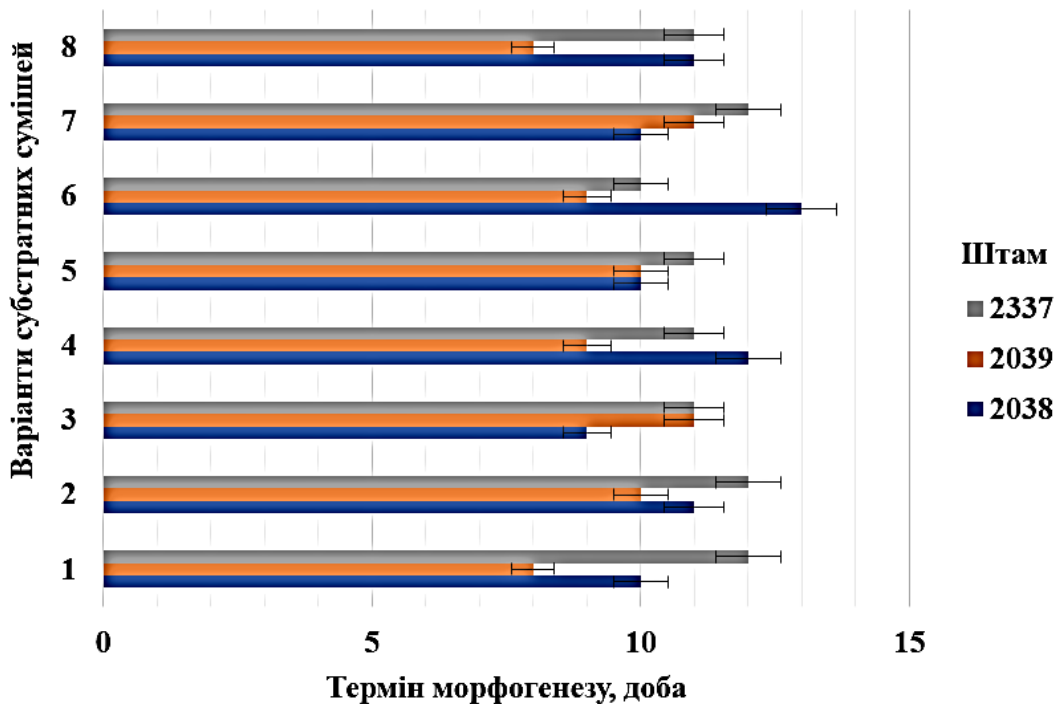
виключенням росту *F. velutipes* 2038 на контрольному варіанті субстрату, де поява примордій відбувалася на 5 діб пізніше порівняно з двома іншими штамми. Треба додати, що цей штам на субстратах 2,3 та 8 також відрізнявся найнижчою швидкістю вегетативного росту.



**Рис. 4.7** Тривалість інкубації досліджених штамів *Flammulina velutipes* на субстратах різного складу (див. у примітках до табл. 4.3); контроль (1)

За порівнянням середніх (*U*- тест *Mann-Whitney*) загальний показник швидкості вегетативного росту на різних субстратах виявився найкращим у *F. velutipes* 2337. Перехід до генеративної стадії був найкоротшим на субстраті формули 8 для штамів 2337 та 2039 з терміном 27 і 28 діб відповідно, тоді як на субстраті 2 зафіксовано появу примордій цих штамів лише на 39-42 добу. Отже, у загальному підсумку, субстрат формули №8 (лушпиння соняшнику / гранули з лушпиння соняшнику / кукурудзяна крупа / зерно ріпаку / крейда у співвідношенні 40:30:20:9:1) виявилася найбільш ефективним для культивування досліджених штамів.

Важливою технологічною ознакою штамів є тривалість морфогенезу плодових тіл. За статистичним аналізом даних цього показника не виявлено відмінностей між штамами у досліді, тобто термін морфогенезу не залежав від формули субстратних композицій (рис.4.8). Загальна тривалість формування плодових тіл складала від 7 до 13 діб.



**Рис. 4.8.** Тривалість морфогенезу досліджених штамів *Flammulina velutipes* на субстратах різного складу (див. у примітках до табл. 4.3); контроль (1)

За порівнянням середніх даних загальна тривалість формування плодових тіл була найнижчою у *F. velutipes* 2039. Отже, загальний цикл вирощування цього штаму був найкоротшим, порівняно з іншими, і за найкращим результатом тривав у цілому 34 доби за застосування субстрату формули 8. Відповідно до результатів аналізу отриманих результатів, штам *F. velutipes* 2039 обрали для подальших дослідів, націлених на визначення ефективності технологічних заходів у формуванні якості урожаю опенька зимового, а субстратну композицію з лущиння соняшнику/ гранул з лущиння соняшнику/ кукурудзяної крупи/ зерна ріпаку/ крейди у співвідношенні 400:300:200:90:10 г взяти за основу для виготовлення субстратів у промисловому грибівництві.

### 4.3 Оцінка впливу складу субстратних композицій на вихід напівфабрикатів *Flammulina velutipes* 2039 у післязбиральних процесах.

У попередніх дослідях з вивчення впливу складу субстрату на технічні показники гливи, було визначено суттєві відмінності результатів очищення та сортування, та відсутність різниці між варіантами дослідів після сушіння та бланшування [14,15]. Подібні тенденції спостерігали також у досліді з *F. velutipes* 2039. За вирощування на субстратних композиціях різного складу отримували урожай, який мав суттєві відмінності показників первинної переробки: коефіцієнти виходу напівфабрикатів після очищення, сушіння та бланшування (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

**Коефіцієнти залишку сировини *Flammulina velutipes* 2039 на етапах первинної переробки та виготовлення напівфабрикатів (середнє  $\pm$ ст. помилка за 3 цикли вирощування 2019-2020 рр.)**

Субстратна композиція (СК)	Очищення та сортування	Сушіння	Бланшування
1	0,84 <sup>a</sup> $\pm$ 0,04	0,123 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,001	1,21 <sup>a</sup> $\pm$ 0,01
2	0,85 <sup>a</sup> $\pm$ 0,02	0,120 <sup>b</sup> $\pm$ 0,002	1,09 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,08
3 (контроль)	0,64 <sup>b</sup> $\pm$ 0,04	0,127 <sup>a</sup> $\pm$ 0,002	1,03 <sup>b</sup> $\pm$ 0,01
<i>p-value</i>	0,002	0,086	0,089

*Примітки:* СК – субстратна композиція; статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми; співвідношення солома/лушпиння соняшнику/ паливні гранули з лушпиння соняшнику/ насіння ріпаку/ борошно кукурудзяне/ крейда/ вода у СК1: 250:311:563:164:138:8:2100; в СК2: 333:0:688:182:188:8:2600; в СК3: 0:522:625:164:213:8:2300.

Зростки грибів, які збирали з СК3 (найбільш щільної) мали цупке з'єднання субстратом, що змушувало відрізати основу зростку. Така додаткова процедура зумовлювала втрату часу та необхідність використання відповідної тари – коротких лотків, яка забезпечувала відсутність перемішування плодкових тіл та візуальну привабливість пакування. Зрозуміло, що це суттєво знижувало коефіцієнт виходу напівфабрикату ( $K_{nf}$  - 0,64), як порівняти з іншими варіантами дослідів, результати яких не мали між собою відмінностей. Втім, найбільш продуктивним виявилось сушіння грибів, отриманих з використанням СК3, бо по

закінченню процесу залишалось 12,7 % від початкової маси грибною сировини, тоді як за вирощування на СК2 – лише 12,0 %.

За результатами дослідження доведено перспективність використання сировини з плодів тіл *F. velutipes* 2039 для отримання маринадів, фаршу або начинок. Так, вихід напівфабрикату після бланшування в усіх варіантах дослідження був вищим за одиницю, але найкращий результат було отримано за використання грибів, вирощених на СК1. За короткотривалого відварювання цієї сировини отримували збільшення маси у середньому на 21,2 %, тоді як результат варіанту СК3 не перевищував 3 %.

Отже, склад субстратних композицій істотно впливає не тільки на ефективність вирощування, але й визначає результати виходу напівфабрикатів після переробки. Тому у вирішенні системних завдань з підвищення показників якості грибною сировини пошук оптимальних субстратних формул є важливою змінною, для визначення якої потрібно враховувати як технічні показники вирощування, так і результати післязбиральних процедур.

#### **4.4 Визначення впливу маси субстратного блоку на технічні показники штаму *Flammulina velutipes* 2039.**

Формування субстратних брикетів є однією з важливих технологічних складових промислового вирощування. Визначена у попередніх дослідженнях ефективність стерилізації рослинної сировини спонукала до пошуку оптимальних розмірів пакетів, які б забезпечували повне знезараження в умовах промислових автоклавів. Для перевірки впливу маси субстратного блоку на ефективність штаму 2039 проводили випробовування на пакетах з субстратом, ефективність використання якого було доведено у попередніх експериментах (п. 4.2): лущиння соняшнику/ гранули з лущиння соняшнику/ кукурудзяна крупа / зерно ріпаку / крейда у співвідношенні 40:30:20:9:1. Субстратні одиниці (пакети) виготовляли масою 3 та 1,5 кг.

Визначено, що маса субстратних одиниць обумовлює достовірне ( $p < 0,05$ ) скорочення терміну інкубації та збільшення показника біологічної ефективності

Так, з одиниць субстрату меншої маси урожай отримували к середньому на 5 діб раніше, а ефективність використання субстрату була на 45 % вищою (табл. 4.4, рис.4.9).

Таблиця 4.4

**Технічні показники штаму *Flammulina velutipes* 2039 при використанні одиниць субстрату різної маси(середнє ±ст. помилка за 3 цикли вирощування 2019-2020 рр.)**

Показники	Маса субстрату, г		<i>p-value</i>
	1535 ±51	3078 ±39	
Тривалість інкубації, доба	28 ±3	32 ±2	0,02
Тривалість морфогенезу, доба	11 ±3	12 ±3	0,71
Біологічна ефективність, %	121,2 ±17,3	75,8 ±9,4	0,001
Втрати маси субстрату під час інкубації, %	2,24 ±0,2	2,27 ± 0,1	0,08
Втрати маси субстрату після першої хвили плодоношення, %	24,3 ±5,3	19,2 ±4,3	0,16



а)



б)

**Рис. 4.9. Плодоношення штаму *Flammulina velutipes* 2039 за використання одиниць субстрату різної маси: а) 1535 ±51 г; б) 3078 ±39 г**

За рахунок використання поліпропіленових пакетів з повітряними фільтрами під час інкубації загальний показник втрати маси в обох варіантах досліджу не відрізнявся. Після відкриття пакетів для формування плодових тіл та подальших технологічних операцій, пов'язаних з отриманням врожаю втрати маси



субстрату на пакетах різної маси були несхожими, хоча суттєвих відмінностей диференційним аналізом не визначено.

Тривалість інкубації в пакетах різної маси мала суттєві відмінності. У пакетах масою 1500г повне засвоєння субстрату та утворення примордіїв відбувалося на 4 доби раніше. Втім, за даними літератури, зменшення маси субстрату до 500...800 г у технології автоматичного наповнення банок, не зменшує цей показник, тому про пряму кореляцію між масою субстрату та терміном утворення примордіїв говорити не можна. На думку науковців, питання оптимальної маси пакування більш залежить від технологічних особливостей процесу [4, 16].

Не визначено впливу маси субстрату на тривалість морфогенезу. З оглядом на результати попередніх дослідів, можливо припустити, що цей технічний показник більш залежить від індивідуальних особливостей штаму, ніж від застосованих технік вирощування.

За результатами статистичного аналізу доведено вплив маси субстрату на біологічну ефективність досліджуваного штаму. У варіанті з пакетами масою 1,5 кг цей показник був у 1,6 раза вищим як порівняти з варіантом маси 3 кг. З оглядом на отримані дані зрозуміло, що питання пошуку оптимальної маси пакету з урахуванням собівартості та зменшення технологічних операцій потребує подальшого вивчення. Наприклад, відсутність автоматизації процесів в умовах малооб'ємних виробництв обумовлює необхідність збільшення маси субстратної одиниці для прискорення процесу та зменшенню витрат на пакування. Отже, для оцінки ефективності будь-якої технології потрібно порівнювати отримані результати за комплексом технічних показників культивування та локальною вартістю елементів технології (вартістю обладнання, заробітної платні, пакувальних матеріалів, тощо).

За результатами проведених досліджень було впроваджено технологією культивування опенька зимового штаму *F. velutipes* 2039 в умовах ТОВ ЕСМАШ – 3 (м. Київ) з економічним ефектом 97333 грн на 1000 кг свіжих грибів за умови реалізації за ціною 150 грн/кг (рентабельність 184,8%) (Додаток Г.2, рис. Г.1).

## Висновки до Розділу IV

1. За результатами скринінгу 10 штамів *F. velutipes* з Колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. Н. Г. Холодного НАН України визначено технічні характеристики та особливості морфологічних ознак культиварів, придатних для промислового виробництва плодових тіл. Штами 2038 (біла раса), 2039 та 2337 (жовта раса) з успіхом пройшли інтродукцію в умовах господарств КФК «Жовтневе», ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» та ФОП Гончаров С.М. (Додаток М, рис. М1 - М3)

2. Визначено, що загальна тривалість колонізації субстратів на основі лушпиння сояшнику та паливних гранул з лушпиння сояшнику культурами *F. velutipes* 2038, 2039 та 2337 складала від 28 до 32 діб, що збігається з результатами китайських дослідників та дає змогу адаптувати класичну технологію вирощування опенька зимового до використання доступної сировини.

3. Найвищий показник біологічної ефективності *F. velutipes* 2039 (81,2 %) отримано на субстраті формули: лушпиння сояшнику/паливні гранули з лушпиння сояшнику /кукурудзяне борошно/зерно ріпаку/крейда у співвідношенні 40:30:20:9:1.

4. Доведено вплив складу субстрату на показники первинної переробки плодових тіл *F. velutipes* 2039. Найвищий коефіцієнт виходу напівфабрикату (1,21) отримано після бланшування плодових тіл, вирощених на субстраті солома/лушпиння сояшнику/гранули з лушпиння/ріпак/кукурудза/крейда у співвідношенні 31:39:108:21:17:1.

5. Виявлено, що зменшення маси субстратних одиниць позитивно впливає на біологічну ефективність *F. velutipes* 2039 та зменшує тривалість вегетаційного циклу. Втім, пошук оптимальної маси пакетів для промислового вирощування опенька зимового має ґрунтуватися на підрахунках сумарної доходності технологічних змін: збільшення врожаю та підвищення його якості повинно компенсувати підвищення трудовитрат на виготовлення субстрату в пакетах меншої маси, витрат на тару, тощо.

Результати досліджень Розділу IV опубліковані в роботах:

1) Вплив складу рослинних субстратів на ефективність культивування їстівних грибів *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.), *Pleurotus eryngii* (DC.) Quel., *Pleurotus citrinopileatus* Singer та *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer [17];

2) Технологічні засади впровадження опенька зимового *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer у промислову культуру [18];

3) Ксилотрофні гриби як джерело біоактивних речовин для функціонального харчування [19].

4) Бандура І.І., Кулик А.С., Макогон С.В. Особливості інтродукції лікарських ксилотрофних грибів в промислову культуру. *Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій*: матеріали восьмої Міжнародної науково–практичної конференції. 29–30 червня 2020 р., м. Полтава. РВВ ПДАА, 2020. С. 262 <http://doi.org/10.5281/zenodo.4054586> С.15-17.

#### Список використаної літератури до розділу IV

1. Han H.-S, Jhune C.S., Cheong J.C., Oh J.A., Kong W.S., Cha J.S., Lee C.J. Occurrence of black rot of cultivated mushrooms (*Flammulina velutipes*) caused by *Pseudomonas tolaasii* in Korea. *Eur J Plant Pathol.* 2012. Vol. 133, № 3. P. 527–535. <https://doi.org/10.1007/s10658-012-9941-4>.

2. Liu Z.H., Sossah F.L., Li Y., Fu Y.P. First report of *ewingella americana* causing bacterial brown rot disease on cultivated needle mushroom (*Flammulina velutipes*) in China. *Plant Disease. Scientific Societies.* 2018. Vol. 102, № 12. P. 2633–2633. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-18-0351-PDN>.

3. Dowom S.A., Rezaeian S., Pourianfar H.R. Agronomic and environmental factors affecting cultivation of the winter mushroom or Enokitake: achievements and prospects. *Applied microbiology and biotechnology.* Springer, 2019. Vol. 103, № 6. P. 2469–2481.

4. Yamanaka K. I. Production of cultivated edible mushrooms. *Food Reviews International.* Taylor & Francis, 1997. Vol. 13, № 3. P. 327–333.

5. Harith N., Abdullah N., Sabaratnam V. Cultivation of *Flammulina velutipes* mushroom using various agro-residues as a fruiting substrate. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Embrapa Informação Tecnológica, 2014. Vol. 49, № 3. P. 181–188. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000300004>.
6. Liu Y., Zhang B., Ibrahim S.A., Gao S.S., Yang H., Huang W. Purification, characterization and antioxidant activity of polysaccharides from *Flammulina velutipes* residue. *Carbohydrate Polymers*. 2016. Vol. 145. P. 71–77. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.03.020>.
7. Osińska-Jaroszuk M., Jaszek M., Sulej J., Stefaniuk D., Urbaniak M., Siwulski M., Janusz G. Complex biochemical analysis of fruiting bodies from newly isolated Polish *Flammulina velutipes* strains. *Polish J Microbiol*. 2016. Vol. 65. P. 295–305.
8. Rezaeian S., Pourianfar H.R. A comparative study on bioconversion of different agro wastes by wild and cultivated strains of *Flammulina velutipes*. *Waste Biomass Valor*. 2017. Vol. 8, № 8. P. 2631–2642.
9. Zervakis G.I., Koutrotsios G. Solid-state fermentation of plant residues and agro-industrial wastes for the production of medicinal mushrooms. *Medicinal Plants and Fungi: Recent Advances in Research and Development*. ed. Agrawal D.C. et al. Singapore: Springer, 2017. P. 365–396.
10. Zied D.C., Pardo-Giménez A. Edible and medicinal mushrooms: technology and applications. John Wiley & Sons, 2017. 600 p.
11. Chang S.T., Hayes W.A. The biology and cultivation of edible mushrooms. Academic Press, 2013. 841 p.
12. Xie C., Gong W., Yan L., Zhu Z., Hu Z., Peng, Y. Biodegradation of ramie stalk by *Flammulina velutipes*: mushroom production and substrate utilization. *AMB Express*. 2017. Vol. 7, № 1. P. 1–8.
13. Leifa F., Pandey A., Soccol C.R. Production of *Flammulina velutipes* on coffee husk and coffee spent-ground. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. Tecpar, 2001. Vol. 44, № 2. P. 205–212.
14. Бандура І., Кулик А., Хареба О., Хареба В., Цизь О., Чаусов С., Макогон С. Вплив складу субстратів на морфологічні та біохімічні показники *Pleurotus*

*citrinopileatus* Singer. *Вісник аграрної науки*. 2021. №99(2). С.11–18. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202102-02>.

15. Бандура І.І., Кулик А.С. Особливості виготовлення напівфабрикатів з плодових тіл гливи золотої та опенька тополевого. Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, 22 квітня 2021 р. Актуальні питання виробництва плодоовочевої продукції та винограду. ТДАТУ. 2021. С. 136–139.

16. Zhou F., Li Q., Song C., Li Z., Tan Q., Shang X., Li Y. High-yield cultivating techniques of *Flammulina velutipes*. *Agricultural Science & Technology*. Wu Chu (USA-China) Science and Culture Media Corporation, 2017. Vol. 18, № 6. P. 1010–1015.

17. Бандура І.І., Кулик А.С., Чаусов С.В., Цизь О.М. Вплив складу рослинних субстратів на ефективність культивування їстівних грибів *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.), *Pleurotus eryngii* (DC.) Quel., *Pleurotus citrinopileatus* Singer та *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. №3. С.64–70. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3\(107\)](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3(107)).

18. Bandura I., Bisko N., Kulik A., Tsyz O., Chausov S., Vasylenko O., Goncharov S. Технологічні засади впровадження опенька зимового *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer у промислову культуру. Наукові доповіді НУБіП України. 2020. №05 (87).<http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.05.004>.

19. Бандура І.І., Кулик А.С., Коляденко В.В. Ксилотрофні гриби як джерело біоактивних речовин для функціонального харчування. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету ім. Д. Моторного*. ТДАТУ. Мелітополь. 2020. № 20 (2). С. 132–140. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-20-2-132-141>.

## РОЗДІЛ V

### ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАСАД ПРОМИСЛОВОГО КУЛЬТИВУВАННЯ ОПЕНЬКА ТОПОЛЕВОГО *CYCLOCYBE AEGERITA*

Перші спроби культивування опенька тополевого відбувались на субстратах, які використовувати для вирощування печериці та гливи, але справжній зліт наукового розвитку цього напрямку грибівництва стартує зі скринінгу популяції 27 дикаріонів *Agrocybe aegerita* (Brig.) Singer, виділених з природніх зразків [1] (п.1.3.4). Сучасні дослідження з пошуку шляхів удосконалення промислового культивування цього виду мають загальну для ксилотрофних грибів структуру, але численні наукові публікації підтверджують особливі перспективи саме *C. aegerita*, з оглядом на унікальність хімічного складу плодових тіл та, відповідно, фактурних і смакових переваг перед іншими грибами, що вирощуються штучно [2,3].

Відомо, що субстрати для вирощування опенька тополевого готують з доступної рослинної сировини, відходів деревообробної промисловості або технічних культур, зернових залишків відгодовування птиці, тощо [4–6]. Втім, неодноразово доведено, що склад субстратних композицій суттєво впливає на показники ефективності культури, хімічний склад отриманих плодових тіл та морфологічні особливості штамів [7–9]. У розділі представлені результати дослідження шляхів адаптації та удосконалення існуючих технологічних засад культивування *C. aegerita* з використанням доступної сільськогосподарської сировини.

#### **5.1 Порівняльна характеристика штамів *Cyclocybe aegerita* 2229, 2230, 2231 щодо перспективи впровадження у промислове виробництво**

За результатами промислових дослідів (3 цикли культивування) найвищу втрату маси субстрату (3,3 %) визначили після 25 діб інкубації штаму 2229, а найменшу (1,61 %) за цієї ж тривалості інкубації штаму 2231 (табл. 5.1).

**Коефіцієнт виходу інкубованого субстрату *Cyclocybe aegerita* штамів 2229, 2230, 2231 ІВК за три цикли культивування з різним терміном інкубації (середнє ± ст. помилка, 2018-2020 рр.)**

Тривалість інкубації, доба	Штам			<i>p-value</i>
	2231	2230	2229	
25 (1 цикл)	0,9839 ±0,0012	0,9734 ±0,0086	0,9670 ±0,0087	0,26
28 (2 цикл)	0,9836 <sup>a</sup> ±0,0008	0,9703 <sup>b</sup> ±0,0023	0,9794 <sup>a</sup> ±0,0010	<0,0001
32 (3 цикл)	0,9833 ±0,0007	0,9794 ±0,0019	0,9801 ±0,0008	0,083
Середнє	0,9746 ±0,0042	0,9771 ±0,0015	0,9810 ±0,0008	0,223
<i>p-value</i>	0,15	0,42	0,87	

*Примітка:* статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми, відсутність індексів свідчить про відсутність відмінностей.

Статистичним аналізом не виявлено суттєвого впливу факторів А – штамових особливостей ( $p = 0,339$ ) та В – тривалості інкубації ( $p = 0,061$ ) на втрати маси після інкубації. Втім, у партіях субстрату, що інкубувалися 28 діб втрати маси субстрату з культурою штаму 2230 виявилися істотно вищими ( $p < 0,0001$ ) та склали 3% проти інших варіантів досліджу з 2 % втрати маси.

Аналіз цього показника в науковій літературі представлено вперше. На нашу думку його визначення є важливим для практичного грибівництва з високими об'ємами виробництва, бо полягає у можливості прогнозування виходу субстрату для комерційної реалізації. З оглядом на промислові умови, втрата 1 % з 10 тон щоденного виробництва субстрату складатиме 100 кг або від 2 до 3 тон на місяць, що безсумнівно матиме певний вплив на підвищення собівартості інкубованого субстрату. Визначений показник, на нашу думку, допоможе обрати оптимальний варіант продажу субстрату: у вигляді, так званого, «чорного» або неінкубованого, чи «білого» - повністю колонізованого культурою гриба.

Аналізування показника дати отримання плодових тіл не виявило суттєвого впливу подовження тривалості інкубації (фактор В) на технічні показники штамів (табл. 5.2). Отже, затримка інкубації після 25 доби є недоцільною, але за

технологічних потреб, пов'язаних, наприклад, з логістичними затримками або додатковими операціями з санітарної підготовки камер вирощування, може подовжуватися до 8 діб без суттєвого впливу на кінцевий результат.

Таблиця 5.2

**Технічні показники за три цикли культивування досліджених штамів  
*Cyclocybe aegerita* (середнє ± ст. помилка, 2018-2020 рр.)**

Штам	Цикл	Дата отримання ПТ, доба	Врожайність, г/кг субстрату	Біологічна ефективність, %
2231	1	42,6 <sup>bc</sup> ±0,6	219,5 <sup>a</sup> ±11,3	59,32 <sup>a</sup> ±3,04
	2	42,9 <sup>bc</sup> ±0,4	216,8 <sup>a</sup> ±15,1	58,54 <sup>a</sup> ±2,85
	3	43,3 <sup>b</sup> ±0,3	220,1 <sup>a</sup> ±9,7	60,42 <sup>a</sup> ±3,31
2230	1	41,1 <sup>c</sup> ±0,3	215,5 <sup>a</sup> ±9,5	57,89 <sup>a</sup> ±2,37
	2	42,2 <sup>bc</sup> ±0,5	218,1 <sup>a</sup> ±10,1	58,89 <sup>a</sup> ±3,14
	3	42,7 <sup>bc</sup> ±0,4	214,4 <sup>a</sup> ±9,8	57,63 <sup>a</sup> ±1,97
2229	1	48,7 <sup>a</sup> ±1,2	73,2 <sup>b</sup> ±12,5	19,87 <sup>b</sup> ±3,37
	2	49,2 <sup>a</sup> ±1,3	75,1 <sup>b</sup> ±10,2	20,2 <sup>b</sup> ±4,06
	3	48,8 <sup>a</sup> ±0,8	72,8 <sup>b</sup> ±14,1	19,78 <sup>b</sup> ±3,88
<i>p-value</i>		< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

*Примітка:* статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.

Між технічними характеристиками штамів були виявлені істотні відмінності ( $p < 0,0001$ ). Так, штам 2229 відрізнявся більш тривалим вегетаційним циклом, який закінчувався на 6 діб пізніше ніж у штамів 2231 та 2230. Найкоротшу вегетацію у досліді мав штам 2230, плодові тіла якого починали збирати після 41,1 ±0,3 доби у першому циклі вирощування. У середньому за три повторення вегетаційні цикли штамів 2230 та 2231 суттєво не відрізнялися між собою та тривали 42 доби. Такий час вегетації є значно нижчим ніж результати Нео та ін. (2019), які отримували плодові тіла штамів «Cham» та JBAC15-1 на 64 добу за подібної температури вирощування (18 °C). Втім, початок плодоношення досліджуваних штамів співпадав з даними Ухарт та ін. (2008), які під час скринінгу



4 промислових та 8 природніх штамів отримували плодові тіла на 46 – 64-ту добу залежно від поживності субстратів. [10,11].

Штам 2229 мав більш низькі, як порівняти зі штамми 2230 та 2031, показники врожайності та біологічної ефективності. Найвищу врожайність у досліді ( $220,1 \pm 9,7$  г/кг) було визначено для штаму 2231, найменшу ( $72,8 \pm 14,1$  г/кг) для штаму 2229, що відповідало біологічній ефективності:  $60,42 \pm 3,31$  % (2231) та  $9,78 \pm 3,88$  % (2229). Ці результати цілком узгоджуються з опублікованими раніше даними та підтверджують висновки Ухарт (Uhart) та ін., що за оптимальних умов вирощування біологічна ефективність штаму є залежною від його індивідуальних природніх особливостей. Німецькі дослідники отримували від 21 % (штам 313/00) до 70 % (штам 621/04) біологічної ефективності на субстраті з пшеничної соломи, збагаченої висівками [11].

Вивчення та аналіз морфологічних показників є важливою складовою оптимізації технології вирощування та формування споживчої якості плодових тіл, планування та організації післязбиральних заходів щодо реалізації чи зберігання сировини. У досліджених штамів було визначено декілька фенотипічних ознак, за якими їх можливо було розрізнити візуально (рис. 5.1). Зокрема плодові тіла штамів відрізнялися за насиченістю кольору шапинок, фактурою поверхні шапинок та ніжок, мали певні особливості покривала (табл.5.3).



**2231**

**2230**

**2229**

**Рис. 5.1. Зовнішній вигляд зростків плодових тіл першої хвилі**

**плодоношення штамів *Cyclocybe aegerita***

Морфологічні характеристики плодових тіл досліджених штамів *Cyclocybe aegerita*

Характеристики	2231	2230	2229
Форма шапинки	Опукла, кругла, з віком стає плоскою, але краєчок закруглений до ніжки	Опукла, кругла, з віком стає плоскою, краєчок потоншений, часто тріскається	У молодому віці конусоподібна, до технічної стиглості стає округло-опуклою, краєчок загнутий до ніжки
Колір шапинки	Яскраво коричневий, білий на краєчку, з віком шапинка світлішає, але без суттєвого розподілу відтінків	Темно-коричневий, без поділу на відтінки на початку розвитку, з віком від насиченого темного коричневого на верхечку до майже білого по краю шапинки	Колір розподіляється шарами від темно коричневого на верхечку до яскраво білої спіднички на початку розвитку. З віком змінюється до кольору пряженого молока
Фактура	Бархатиста	Бархатиста	Спочатку бархатиста, потім гладенька
Колір ніжки	Молочний, з віком бежевого відтінку	Бежевий	Молочно-білий
Колір гіменію	Бежевий з віком темнішає до коричневого	Бежевий, з віком більш насичений	Молочно-білий, з віком стає бежевим
Наявність покривала	Присутнє, залишає кільці на ніжці, часто темного кольору	Присутнє, залишає кільце на ніжці, яке з віком зникає	Присутнє, у молодих плодових тіл з краю шапинки має кільце-спідничку з повітряного міцелію
Характеристика лусочок	Наявні незначні лусочки (менше 1 мм) по всій поверхні плодового тіла	Лусочки до 2мм, у верхній та середній частині ніжки, у основи ніжки практично відсутні	Лусочки маленькі, практично не помітні, але створюють бархатистість

Візуальна форма плодових тіл, характерні особливості щодо прикріплення шапинки до ніжки, розташування гіменію, розвитку та прикріплення покривала, наявності кільця на ніжці після досягнення біологічної стиглості у вивчених штамів не відрізнялися. Втім, за результатами статистичного аналізу були виявлені достовірні відмінності між показниками маси та розмірів плодових тіл (табл. 5.4, рис.5.2).

Таблиця 5.4

**Морфологічні параметри плодових тіл першої хвилі плодоношення досліджених штамів *Cyclocybe aegerita* (середнє ± ст. помилка, 2018-2020 рр.)**

Штам	Довжина ПТ, мм	Довжина ніжки, мм	Діаметр ніжки, мм	Діаметр шапинки, мм	Маса ПТ, г
2231	78,2 ± 2,3 <sup>b</sup>	68,6 ± 2,1 <sup>b</sup>	8,3 ± 0,3 <sup>b</sup>	28,6 ± 1,2 <sup>a</sup>	5,5 ± 0,6 <sup>b</sup>
2230	91,0 ± 1,8 <sup>a</sup>	81,1 ± 1,7 <sup>a</sup>	7,8 ± 0,2 <sup>b</sup>	29,5 ± 0,9 <sup>a</sup>	4,9 ± 0,3 <sup>b</sup>
2229	74,7 ± 1,5 <sup>b</sup>	64,2 ± 1,4 <sup>b</sup>	10,8 ± 0,3 <sup>a</sup>	25,4 ± 0,7 <sup>b</sup>	7,5 ± 0,4 <sup>a</sup>
<i>p-value</i>	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,007	< 0,0001

*Примітки:* ПТ-плодове тіло; статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.



2231

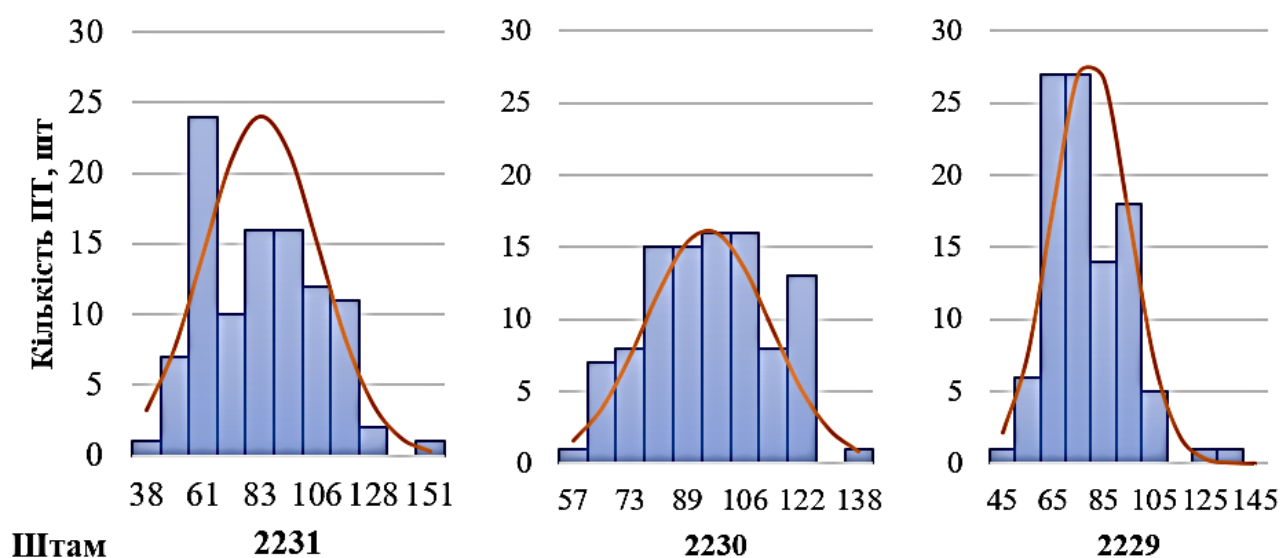
2230

2229

**Рис.5.2. Плодові тіла досліджених штамів *Cyclocybe aegerita* першої хвилі плодоношення**

Найбільшу висоту було визначено у плодових тіл штаму 2230, що істотно відрізняло цей культивар від інших за даним показником ( $p < 0,0001$ ). Потрібно додати, що варіативність цієї ознаки штаму 2230 була найменшою: плодові тіла мали висоту від 57 мм до 138 мм, тоді як вибірка ПТ штаму 2231 мала найбільший

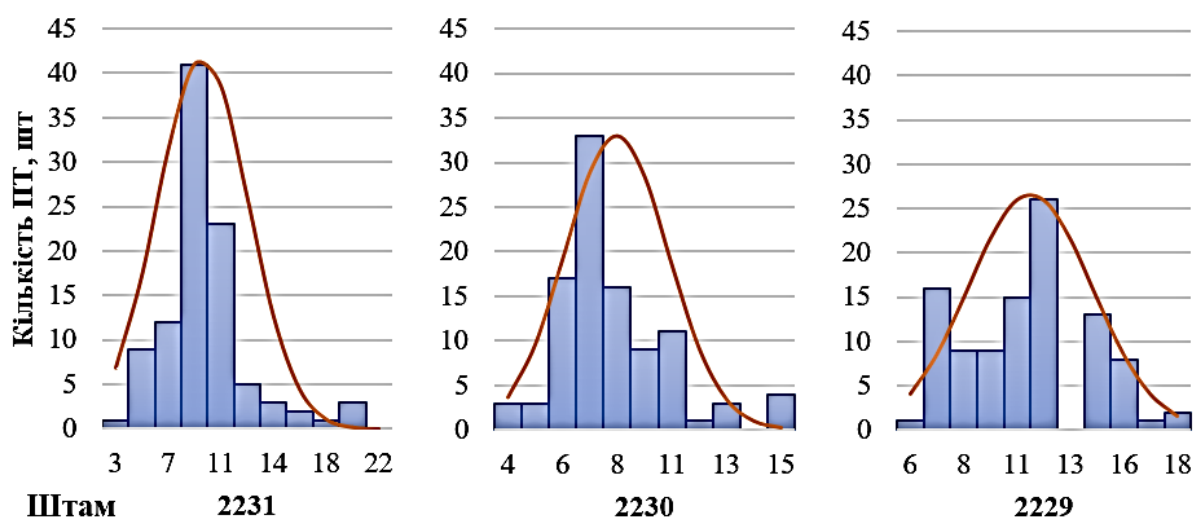
розмах (від 38 мм до 151 мм). Коефіцієнт асиметрії ( $K_{ac}$ ) вибірки штаму 2230 склав «- 0,006», що говорить про високу симетричність графіку розподілу, але негативний знак визначає незначне відхилення до більш високих значень. Найнижчу висоту у досліді мали плодові тіла штаму 2229 ( $74,7 \pm 1,5$  мм), що статистично не відрізнялось від цієї характеристики штаму 2231 ( $78,2 \pm 2,3$  мм), з відповідними значеннями коефіцієнтів:  $K_{ac}$  2229 = 0,97 та  $K_{ac}$  2231 = 0,2 з тенденцією до більш низьких величин (рис.5.3).



**Рис. 5.3. Варіативність висоти плодових тіл (мм) досліджених штамів *Cyclocybe aegerita*,  $n=100$  ( $HP_{05}=5,25$ , середнє за 3 цикли культивування, 2018-2020 рр.)**

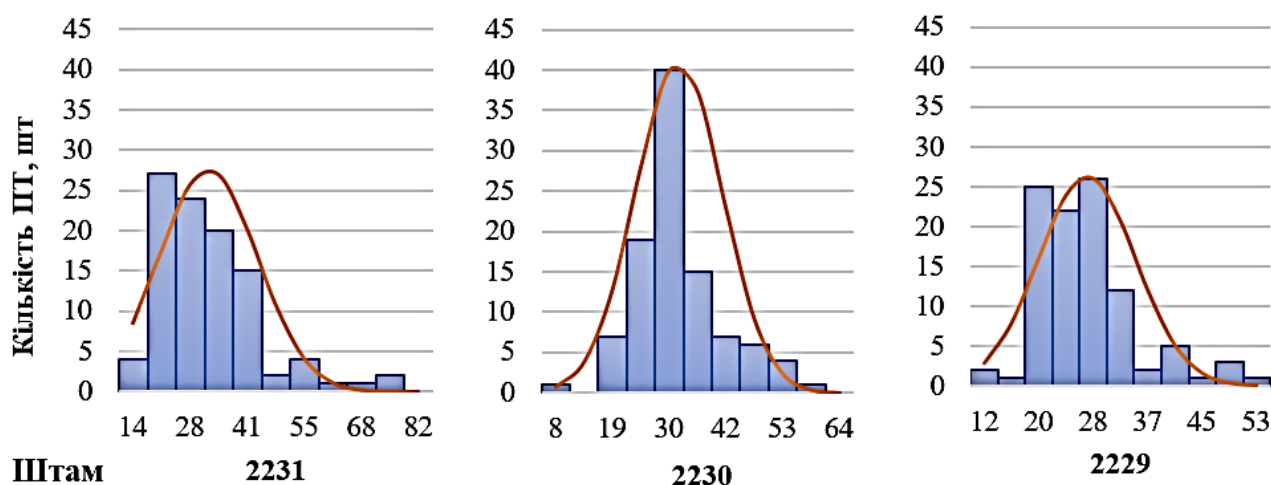
За однакової товщини шапинки, що складала  $10 \pm 1$  мм в усіх штамів, у загальній висоті плодових тіл штамів визначною була довжина ніжки, відповідно найбільша у штаму 2230 ( $81,1 \pm 1,7$  мм), а найменша у штаму 2229 ( $64,2 \pm 1,4$  мм), а розподіли вибірок були збіжними з результатами аналізування довжини ПТ.

Найбільший діаметр ніжки  $10,8 \pm 0,3$  мм мали плодові тіла штаму 2229 (від 6 до 18 мм), чим істотною відрізнялися від інших штамів. Найменший результат отримано у вибірці штаму 2230 ( $7,8 \pm 0,2$  мм). Асиметричність розподілу значень у вибірці 2229 було незначною ( $K_{ac}$  2229 = 0,21), тоді як  $K_{ac}$  2231 та  $K_{ac}$  2230 мали значення 1,51 та 1,12 відповідно, але кожен розподіл мав позитивний характер (рис.5.4).



**Рис. 5.4.** Варіативність діаметра ніжки (мм) досліджених штамів *Cyclocybe aegerita*,  $n = 100$  ( $HP_{05} = 0,77$ , середнє за 3 цикли культивування, 2018-2020 рр.)

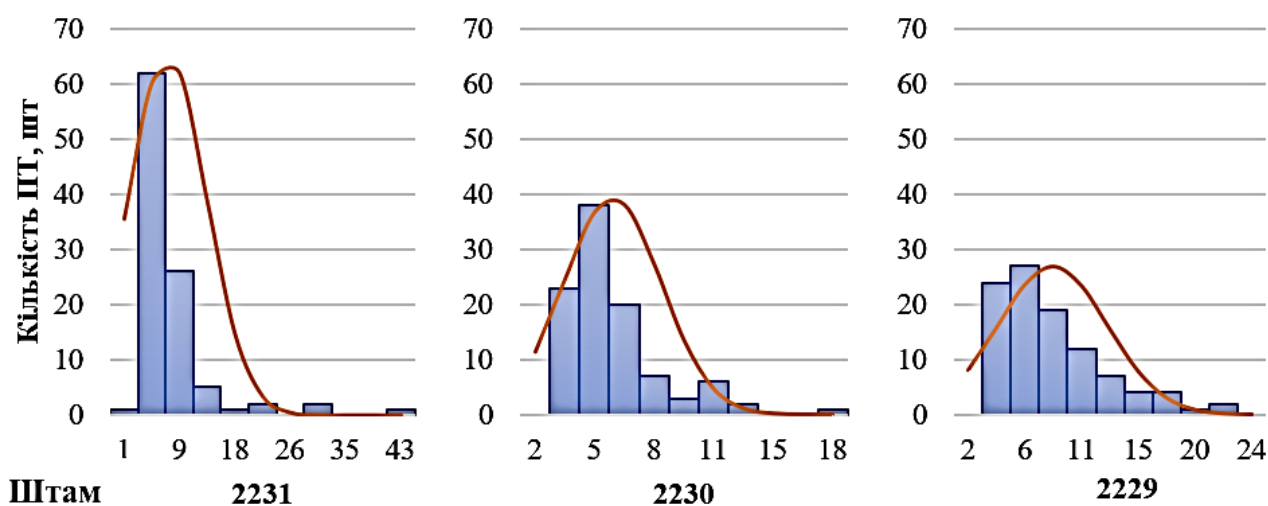
Штами 2231 та 2230 мали суттєво ширшу шапинку, хоча варіативність цього показника була вищою як порівняти зі штамом 2229 (рис. 5.5). Найбільший діаметр шапинки у досліді мав штам 2230 ( $29,47 \pm 0,86$  мм), не відрізнявся штам 2231 ( $28,59 \pm 1,17$ ), а шапинки штаму 2229 були у середньому на 4...5 мм вузкими ( $25,43 \pm 0,73$ ).



**Рис. 5.5.** Варіативність діаметра шапинки (мм) досліджених штамів *Cyclocybe aegerita*,  $n = 100$  ( $HP_{05} = 2,62$ , середнє за 3 цикли культивування, 2018-2020 рр.)

Найбільшу середню масу плодових тіл було визначено для штаму 2229 ( $7,46 \pm 0,42$  г), тоді як плодові тіла штамів 2231 та 2230 важили у середньому на 2 грами

менше ( $5,53 \pm 0,59$  та  $4,91 \pm 0,27$  відповідно). Варіативність цього показника у досліді була достатньо високою, але для всіх штамів коефіцієнти асиметрії були вище одиниці ( $K_{ac} 2231 = 3,34$ ;  $K_{ac} 2230 = 1,60$ ;  $K_{ac} 2229 = 1,28$ ). Цей факт свідчить про загальну тенденцію вибірок до низьких показників маси плодових тіл, які у досліді мали значення від 1 до 43 грамів (рис.5.6).



**Рис.5.6. Варіативність маси плодового тіла (г) досліджених штамів *Cyclocybe aegerita*,  $n = 100$  ( $HP_{05} = 1,25$ , середнє за 3 цикли культивування, 2018-2020 рр.)**

Дослідження варіативності морфологічних ознак штамів дає змогу оцінити їхню сталість та, відповідно, надає змогу прогнозувати загальну кількість плодових тіл певного розміру в загальному обсязі врожаю, що є важливим для пакування продукції та маркетингових операцій. Плодові тіла вивчених штамів за масою та розмірами співпадали з результатами морфологічної оцінки штамів інших дослідників за подібних умов культивування. Зокрема, науковці з Кореї отримували плодові тіла *A. cylindracea* штамів JBAC15-1 та Cham масою від 3,0 до 5,5 г відповідно. Однак, вони підкреслюють залежність морфологічних ознак від температурних режимів плодоношення, зокрема збільшення діаметру шапинки штаму JBAC15-1 від  $32,2 \pm 0,7$  мм за вирощування при  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $43,0 \pm 2,3$  мм - при  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  та висоти ніжки від  $70,1 \pm 1,8$  ( $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) до  $85,1 \pm 1,9$  ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) [10]. Визначені показники діаметрів шапинок також мали збіжність з результатами аналізу трьох штамів *C. aegerita*, що досліджувалися вченими з Аргентини, які отримували діаметр шапинки від найменшого  $26 \pm 5$  мм (штам 9/98) до максимального у досліді

розміру у  $42 \pm 8$  мм (штам 621/04) [11]. Втім, науковці з Польщі підкреслювали вплив складу субстрату на цей показник, який набував значень від 27мм (бук) до 31мм (береза), що співпадає з результатами нашого дослідження [28]. Але, потрібно додати, що результати останнього дослідження польських учених є значно вищими: середні діаметри шапинок різних штамів АЕ06 та АЕ02 визначено на рівні 40,7мм та 59,0 мм відповідно. Така розбіжність даних може бути пов'язаною не тільки з означеними факторами впливу, а також з різними строками проведення замірів. Ми проводили заміри у плодових тіл технічної стиглості, а за наведеними у публікації фото можливо припустити, що вчені вивчали морфологію грибів, що досягли біологічної стиглості [12]. На жаль, відсутність загальних світових стандартів щодо методики визначення морфологічних ознак грибів, що вводяться в промислову культуру, значно ускладнює співставлення та аналіз фенотипів комерційних та природніх штамів, що є перспективними для введення у промислове виробництво.

Визначені середні показники маси та висоти ніжок дослідних штамів були значно вищими, ніж результати Ясинської та ін. (2012), які отримували плодові тіла масою 3,7 г на субстраті з тирси берези, та масою 2 г на субстраті з тирси буку [29]. За їх даними, плодові тіла досягали максимальної висоти у 48 мм на субстраті з суміші тирси буку та вільхи. Але ж знову, у наступному досліді, вони отримували плодові тіла штаму АЕ06 з довжиною ніжки 59, а АЕ02 – 79 мм на субстратах з додаванням крейди, що цілком збігається з результатами нашого дослідження та підтверджує висновки про важливу роль складу субстратів у формуванні морфологічних показників плодових тіл [12].

Отже, за всебічним аналізом характеристик ефективності вирощування та морфологічних параметрів *C. aegerita*, що узгоджуються з результатами інших дослідників, було підтверджено, що прояви фенотипічних показників пов'язані не тільки з унікальними властивостями штамів, на морфологічні ознаки плодових тіл впливають технологічні параметри вирощування: використання субстратів з різної рослинної сировини, відмінності в мікрокліматичних умовах, тощо.

Визначення хімічного складу плодових тіл штамів є важливим елементом формування їхньої якості під час інтродукції в промислову культуру. За результатами однофакторного аналізу було виявлено суттєві відмінності між дослідженими штамми за вмістом сухих речовин (СР), основних нутрієнтів та золи в плодових тілах (табл.5.5).

Таблиця 5.5

**Хімічний склад плодових тіл досліджених штамів *Cyclocybe aegerita*,**

(середнє ± ст. помилка за 3 цикли культивування, 2018-2020 рр.)

Штам	Суха речовина, %	Вміст, % (суха речовина)			
		Протеїни	Ліпіди	Вуглеводи	Зола
2231	8,49 <sup>b</sup> ± 0,49	19,36 <sup>a</sup> ± 0,17	2,59 <sup>ab</sup> ± 0,08	70,73 <sup>b</sup> ± 0,04	7,33 <sup>a</sup> ± 0,22
2230	10,95 <sup>a</sup> ± 0,33	12,31 <sup>b</sup> ± 1,76	3,29 <sup>a</sup> ± 0,34	79,85 <sup>a</sup> ± 1,32	4,54 <sup>b</sup> ± 0,42
2229	11,23 <sup>a</sup> ± 0,38	13,37 <sup>b</sup> ± 1,61	2,31 <sup>b</sup> ± 0,09	77,50 <sup>a</sup> ± 1,23	6,83 <sup>ab</sup> ± 0,53
<i>p-value</i>	0,006	0,023	0,04	0,002	0,007

*Примітка:* статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.

Найвищий вміст сухих речовин  $11,23 \pm 0,38$  % було визначено у ПТ штаму 2229, найменший – в грибах штаму 2231 ( $8,49 \pm 0,49$  %). Отримані результати співпадають з висновками науковців з Польщі які отримували гриби штаму AE11 з вмістом СР 8,5 %, а в плодових тілах штаму AE06 цей показник сягав 10,1 % (Jasinska & Siwulski, 2021). Однак, визначені дані на 4 – 6 % перевищують вміст сухих речовин в плодових тілах трьох штамів, що вивчалися науковцями з Аргентини (Uhart и др., 2008).

Цікаво, що вміст протеїнів в ПТ штаму 2231 на 6 – 7 % перевищував цей показник інших штамів у досліді та складав у середньому  $19,36 \pm 0,17$ %. Отримані дані узгоджуються з результатами попередніх дослідів, що свідчить про стабільність цієї ознаки та можливий зв'язок з генетичними особливостями штаму [13,14]. Отримані результати також збігаються з даними інших експериментаторів, які порівнювали склад плодових тіл різних штамів цього виду



та зазначали, що вміст сирих протеїнів коливається від 1,1 % до 38,8 %, та залежить як від індивідуальних особливостей штамів, так і субстратів, на яких вони вирощуються [11, 15–18].

Плодові тіла штаму 2230 відрізнялися підвищеним вмістом ліпідів 3,29 %, що в 1,4 раза більше ніж в ПТ інших штамів у досліді та підтверджує раніше опубліковані результати. Найменшу кількість ліпідів 2,31 % визначено у плодових тілах штаму 2229, проте цей показник збігається з найвищими результатами Ісікьюмена та ін., які отримували від 1,02 до 2,3 % ліпідів на субстратах з соломи (80 та 70 % відповідно), збагачених відходами відгодовування бройлерів [5].

У сухій речовині грибів штаму 2230 було визначено вміст вуглеводів на рівні  $79,85 \pm 1,32$  %, що більш ніж на 9 % перевищувало цей показник штаму 2231, який суттєво відрізнявся ( $p=0,002$ ) від інших варіантів досліді. Загальна кількість вуглеводів була нижчою результатів Іванни Петрович (Jovana Petrović) та ін. ( $84,50 \pm 0,24$  г/100 г СР), які розраховували вміст вуглеводів подібним методом [12]. Але з урахуванням усіх складових формули, зокрема вмісту протеїнів на рівні  $6,68 \pm 0,26/100$  г СР така різниця між значеннями стає зрозумілою [17].

Було встановлено суттєво вищий вміст золи у ПТ штаму 2231 ( $7,33 \pm 0,22$  %), як порівнювати зі штамом 2330 ( $4,54 \pm 0,42$  %) ( $p=0,007$ ), тоді як відмінностей зі штамом 2229 за цим показником у обох штамів не виявлено. Всі результати збігаються з опублікованими раніше даними, але за їх аналізом та оглядом на результати попередніх досліджень, потрібно погодитись, що цей показник залежить не стільки від індивідуальних особливостей штамів, скільки від складу субстратів [16–18].

Надзвичайна тендітність свіжих плодових тіл *C. aegerita* зумовлює зниження строків зберігання такої сировини. Тому оптимізація післязбиральних операцій, а також первинної та теплової підготовки грибів *C. aegerita* до переробки є нагальною потребою. Втім, у науковій літературі відсутні дані щодо особливостей подібних процесів, тому ми не змогли знайти інформацію щодо коефіцієнтів виходу напівфабрикату для *C. aegerita*. Можливо, це пов'язано з короткою історією культивування даної культури у загальному досвіді світового

грибівництва та складністю проведення промислових дослідів, де б аналізувалися великі об'єми сировини. У досліді було зібрано понад 400 кг свіжих грибів, 250 з яких перероблено у консерви. Отже, результати спостережень та урахування втрати сировини після очищення, відварювання та сушіння дозволили виявити суттєві відмінності між штамми за коефіцієнтами виходу напівфабрикатів на кожному з етапів виробництва (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

**Коефіцієнти виходу грибних напівфабрикатів на етапах переробки плодкових тіл досліджених штамів *Cyclocybe aegerita* (середнє ± ст. помилка за 3 цикли культивування, 2018-2020 рр.)**

Штам	Очищення	Варіння	Сушіння
2231	0,956 <sup>b</sup> ±0,004	0,803 <sup>c</sup> ±0,006	0,092 <sup>b</sup> ±0,005
2230	0,971 <sup>a</sup> ±0,001	1,020 <sup>a</sup> ±0,013	0,119 <sup>a</sup> ±0,004
2229	0,946 <sup>c</sup> ±0,002	0,902 <sup>b</sup> ±0,017	0,122 <sup>a</sup> ±0,004
<i>p-value</i>	0,001	< 0,0001	0,006

*Примітка:* статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.

Так, найвищий коефіцієнт виходу очищених плодкових тіл було визначено за культивування штаму 2230 ( $K = 0,971$ ), з втратою початкової маси сировини лише 2,9 %, тоді як розділення та очищення зростків плодкових тіл від залишків субстрату штаму 2229 зумовлювало втрату 5,4 % сировини ( $K = 0,946$ ). Цікаво, що за відварювання плодкових тіл штаму 2230 втрати маси не відбувалося ( $1,020 \pm 0,013$ ), отже цей штам може стати придатною сировиною для виробників консервів, бо за нашими попередніми даними відомо, що у процесі відварювання гливи звичайної впродовж 5 хвилин втрачається від 2 до 8 % маси сировини технічної стиглості, а за відварювання печериці впродовж 1,5 хвилини - від 3,0 до 6,2 % початкової маси залежно від кислотності розчину [19,20]. Штам 2231 мав найнижчий у досліді коефіцієнт виходу напівфабрикату після відварювання (0,803), що говорить про велику кількість розчинних речовин у плодкових тілах

цього штаму, а з урахуванням найнижчого показника сухих речовин ефективність використання цього штаму для переробки викликає певні сумніви.

Усі види їстівних грибів відрізняються високим вмістом вологи, тому втрати сировини після висушування перевищують 80 %, а для печериці та гливи звичайної складають більше 90 % [21–23]. Плодові тіла вивчених штамів *C. aegerita* не були винятком, втрати сировини після сушіння також варіювали в означеному діапазоні. Так, суттєво ( $p=0,006$ ) вищий коефіцієнт виходу напівфабрикату після сушіння ( $K=0,122$ ) визначено в плодових тілах штаму 2229 з відповідною втратою маси сировини 87,8 %, а найнижчий – для штаму 2231 ( $K=0,092$ ) з відсотком втрати маси 90,8 %. Підсумовуючи отримані результати, можливо констатувати, що ефективність будь якої переробки грибів штаму 2231 буде нижчою, як порівняти з іншими штамами, що вивчалися.

З оглядом на сучасний дефіцит та, відповідно, високу вартість грибів *C. aegerita*, дослідження процесів їхньої переробки здаються передчасними. Втім, за попередніми лабораторними експериментами доведено значну привабливість страв та консервів з плодових тіл цього виду (рис. 5.7). Особливий інтерес з оглядом на економічні перспективи мають консерви на основі більш доступної гливи з додаванням лише 10 - 20% плодових тіл опенька. Значними перевагами органолептичних показників якості плодових тіл *C. aegerita* проти інших відомих видів грибів, що культивуються, є стійке забарвлення шапинок (штами 2230 та 2231) і збереження хрумкої текстури після термічної обробки та відварювання у кислому середовищі.

Зважаючи на особливі смакові властивості та унікальний аромат, прояв якого збільшується після температурного впливу, цей вид викликає незаперечний інтерес у рестораторів та виробників консервів [2, 9, 24]. Вважаємо, що вивчення процесів переробки грибів опенька тополевого, динаміки змін їхнього складу у процесі виготовлення напівфабрикатів і страв, обґрунтування функціональної придатності таких продуктів є актуальним напрямом розвитку практичної мікології.



а



б



в



г

**Рис. 5.7.** Зростки плодових тіл досліджених штамів *Cyclocybe aegerita* перед очищенням (а); відварені плодові тіла штаму 2231 (б); збереження форми плодових тіл штаму 2229 після запікання впродовж 20 хвилин (в); зразки маринадів з плодових тіл штаму 2230 (г).

## **5.2 Аналіз впливу складу субстратних композицій на загальні показники культивування штаму *Cyclocybe aegerita* 2231.**

Дослідження впливу субстратних композицій (СК) з рослинних агровідходів проводили з використанням методу стерилізації підготовлених та зволжених матеріалів (табл.2.7). Теоретично розраховували співвідношення С/Н на рівні 20...25/1 відповідно до рекомендацій дослідників, використовуючи дані попередніх аналізів складу рослинної сировини [5]. Виготовлені субстрати мали суттєві відмінності за показниками вмісту зольних елементів та щільності (табл. 5.7).

**Склад субстратних композицій (СК) для культивування *Cyclocybe aegerita***2231 (середнє  $\pm$  ст. помилка, за 5 циклів вирощування 2018 - 2020 рр.)

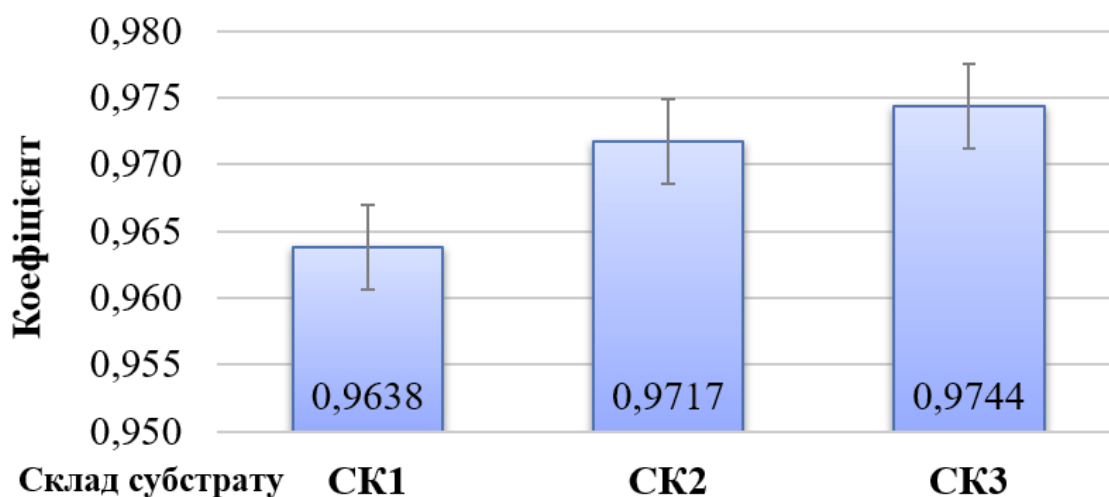
СК	Вологість (%)	Нітроген загальний (%)	Зола (%)	Співвідношення C/N	Щільність (кг/м <sup>3</sup> )
1	63,4 $\pm$ 1,8	2,25 $\pm$ 0,21	4,6 <sup>a</sup> $\pm$ 0,4	21,2 $\pm$ 0,8/1	337 <sup>b</sup> $\pm$ 29
2	65,9 $\pm$ 1,7	2,38 $\pm$ 0,15	4,8 <sup>a</sup> $\pm$ 0,7	20,0 $\pm$ 1,3/1	315 <sup>b</sup> $\pm$ 42
3	63,9 $\pm$ 2,1	2,29 $\pm$ 0,29	3,6 <sup>b</sup> $\pm$ 0,5	21,1 $\pm$ 1,0/1	568 <sup>a</sup> $\pm$ 21

*Примітки:* СК – субстратна композиція; статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми; співвідношення солома/лушпиння соняшнику/ паливні гранули з лушпиння соняшнику/ насіння ріпаку/ борошно кукурудзяне/ крейда/ вода у СК1: 250:311:563:164:138:8:2100; в СК2: 333:0:688:182:188:8:2600; в СК3: 0:522:625:164:213:8:2300.

У субстратах СК1 (солома ячменю /лушпиння соняшнику / гранули з лушпиння соняшнику/ зерно ріпаку/ кукурудза подрібнена / крейда /вода у співвідношенні за масою 30:40:70:20:20:1:263) та СК2 (солома ячменю /лушпиння соняшнику / гранули з лушпиння соняшнику/ зерно ріпаку/ кукурудза подрібнена / крейда /вода у пропорції за масою 40:90:20:25:1:325, до складу яких входила солома, було визначено вищий рівень вмісту золи проти даного показника субстрату СК3 (лушпиння соняшнику / гранули з лушпиння соняшнику/ зерно ріпаку/ кукурудза подрібнена / крейда /вода у співвідношенні 60:110:20:30:1:288), у якому використовували лише відходи соняшнику, що узгоджується з літературними даними стосовно складу сировинних матеріалів [25].

Також субстратна композиція СК3 суттєво відрізнялась від інших за щільністю (568  $\pm$ 21 кг/м<sup>3</sup>), що могло бути пов'язано з відсутністю соломи, часточки якої мали більші розміри та пружність як порівняти з іншими рослинними складовими. За показниками вологості та вмісту нітрогену статистична відмінність між субстратами була відсутньою, що говорить про можливість теоретичного розрахунку формули за результатами попереднього аналізу окремих компонентів сировини.

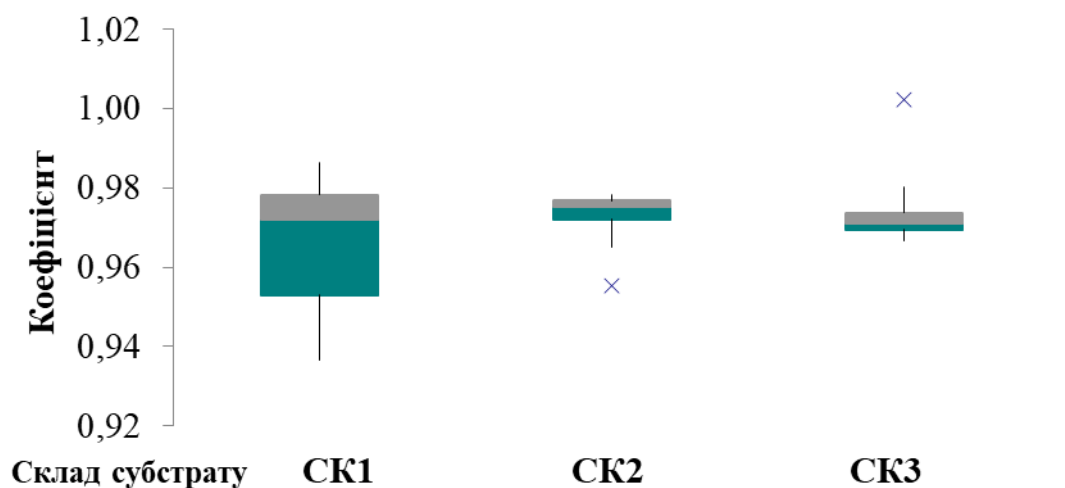
Важливою складовою промислового вирощування грибів є показник втрати маси субстрату (або за ДСТУ 7316:2013 – «міцелію їстівних грибів субстратного») після інкубації (рис.5.8).



**Рис. 5.8.** Коефіцієнт виходу субстрату різного складу після інкубації штаму *Cyclocybe aegerita* 2231 ( $HP_{05}=0,0064$ , середнє за 5 циклів вирощування  $\pm$  ст. помилка, 2018-2020 рр.)

Відомо, що цей показник залежить як від мікрокліматичних умов в приміщенні, де проводять інкубацію, так від складу субстратів та, відповідно, змін у фізіологічних процесах культури: інтенсивності дихання, теплового розігрівання субстрату під час метаболічних процесів засвоєння поживних речовин, тощо [26]. За результатом аналізу коефіцієнтів виходу субстрату ( $K_{ec}$ ) після інкубації найвищий показник було отримано для варіанту СК3 ( $0,9744 \pm 0,0065$ ) з втратою маси відповідно 2,56 %, тоді як втрати СК1 склали 3,62 % ( $K_{ec} = 0,9638 \pm 0,0171$ ), що було істотно більше як порівняти з іншими даними ( $HP_{05} = 0,0064$ )

Для кращого розуміння процесів інкубації з використанням різних субстратів важливою інформацією є варіативність показника  $K_{ec}$ , яка також суттєво відрізнялась за варіантами дослідження (рис. 5.9, Додаток Д1, рис. Д1 - д,е). Однорідність процесу колонізації субстрату та стабільність фізіологічних процесів культури характеризується низькою варіативністю, що ми спостерігали у варіантах СК2 та СК3. У варіанті СК1 показник  $K_{ec}$  набував значень від 0,9343 до 0,9842, що відповідало 5 % різниці між втратою маси окремих субстратних одиниць.



**Рис. 5.9.** Варіативність коефіцієнта виходу субстрату різного складу після інкубації штаму *Cyclocybe aegerita* 2231 ( $HP_{05}=0,0064$ ; середнє за 5 циклів вирощування  $\pm$  ст. помилка, 2018-2020 рр.)

Для індустріального виробництва субстратів такі коливання є негативним фактором, тому що ускладнюють прогнозування виходу продукції. Втрати маси після інкубації у середньому на перевищували 3 % у варіантах СК2 та СК3 з мінімальним коефіцієнтом  $K_{вс}=0,953$ (СК2) та  $0,964$  (СК3) та максимальним  $0,976$  (СК2) та  $0,999$  (СК3).

У досліді не визначено кореляції між втратою маси субстрату на інкубації та врожайністю:  $r$ (СК1) =  $0,26$  ;  $r$ (СК2) =  $0,34$  та  $r$ (СК3) =  $0,18$ , але за загальними результатами культивування *C. aegerita* на субстратах СК2 та СК3 характеризувалося більш високими показниками біологічної ефективності та подовженим вегетативним циклом (табл. 5.8). Тому цей показник потребує додаткового вивчення.

За результатами однофакторного аналізу ANOVA доведено суттєвий вплив складу субстратних композицій на тривалість вегетаційного періоду культивування, закінчення якого визначалося датою утворення перших примордіїв, а також на тривалість морфогенезу плодкових тіл (збір урожаю), на показники загальної врожайності та біологічної ефективності *C. aegerita* (табл. 5.8).

Показники культивування штаму *Cyclocybe aegerita* 2231(середнє  $\pm$  ст. помилка за 5 циклів вирощування, 2018-2020 рр.)

СК	Утворення примордіїв (доба)	Збір урожаю (доба)	Загальна врожайність (г/кг)	Біологічна ефективність (%)
1	25,3 <sup>b</sup> $\pm$ 1,5	35,2 <sup>b</sup> $\pm$ 1,7	116,1 <sup>b</sup> $\pm$ 6,9	33,18 <sup>b</sup> $\pm$ 1,96
2	29,8 <sup>a</sup> $\pm$ 0,8	38,6 <sup>a</sup> $\pm$ 0,4	173,5 <sup>a</sup> $\pm$ 8,0	49,57 <sup>a</sup> $\pm$ 2,29
3	28,2 <sup>a</sup> $\pm$ 0,4	38,2 <sup>a</sup> $\pm$ 1,4	123,5 <sup>b</sup> $\pm$ 22,7	35,28 <sup>b</sup> $\pm$ 6,48
<i>p-value</i>	0,001	0,033	0,013	0,032

Примітки: СК – субстратна композиція; статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми; співвідношення солома/лушпиння соняшнику/паливні гранули з лушпиння соняшнику/ насіння ріпаку/ борошно кукурудзяне/ крейда/ вода у СК1: 250:311:563:164:138:8:2100; в СК2: 333:0:688:182:188:8:2600; в СК3: 0:522:625:164:213:8:2300.

Найкоротший термін утворення примордіїв виявлено при вирощуванні *C. aegerita* з використанням субстратної композиції СК1, а найдовший - на субстраті СК2 (25,3  $\pm$  1,5 та 29,8  $\pm$  0,8 доби відповідно). За рахунок аналогічної тривалості морфогенезу, яка складала 9-10 діб, найкоротший вегетаційний цикл опенька тополевого також було визначено за використання СК1 (35,2  $\pm$  1,7 діб). Потрібно додати, що дати утворення примордіїв та збору врожаю з варіантів СК2 та СК3 суттєво не відрізнялися за термінами та у середньому на 3 доби затримувалися як порівняти з СК1.

Визначені показники є значно нижчими ніж результати Хео та ін., які отримували плодові тіла штамів «Cham» та JBAC15-1 опенька тополевого на 64 добу за температури вирощування 18 °C із застосуванням «баночної» технології [10]. Також більш тривалий вегетаційний цикл виявили дослідники з Аргентини, які проводили скринінг 4 промислових та 8 природніх штамів опенька тополевого та отримували плодові тіла на 46 – 64-ту добу відповідно до складу субстратів та його збалансованості [11]. Втім, дати плодоношення досліджуваних штамів співпадають з даними німецьких дослідників, які отримували плодові тіла через 5 тижнів (35 діб) після інкубації [27]. На наш погляд, такі відмінності пов'язані з



індивідуальними особливостями культиварів, результати дослідження яких представлені у наступному підрозділі (п.п. 5.2).

Було виявлено, що застосування субстрату СК1 прискорювало отримання плодових тіл, але з нього збирали врожаю на 57 г менше як порівняти з найвищим результатом продуктивності у варіанті СК2:  $173,5 \pm 8,0$  г свіжих грибів з кілограму субстрату (табл. 5.8). Однак, урожайність штаму у варіантах СК1 та СК3 істотно не відрізнялись. Кореляційний та регресійний аналіз зв'язку між тривалістю інкубації та врожайністю в усіх варіантах дослідження не виявив ( $r < 0,6$ ), але це важливе практичне питання потребує більш детального вивчення.

За визначеною відсутністю різниці між вмістом вологи в досліджених субстратах показники біологічної ефективності за варіантами відповідали ранжуванню показників урожайності: найвищий результат було отримано на субстраті СК2 ( $49,57 \pm 2,29$  %), найменший на субстраті СК1 ( $33,18 \pm 1,96$  %), який не мав відмінностей з СК3 ( $35,28 \pm 6,48$  %).

Отже, субстратну композицію СК2 можна рекомендувати для впровадження в промислове виробництво *C. aegerita* як варіант, що дозволяє отримати високі показники ефективності виробництва свіжих грибів цього виду. Цей висновок підтверджується співставленням з результатами інших дослідників. Наприклад, за використання подібної композиції з соломи пшениці, твердих відходів вирощування бройлерів та насіння проса у співвідношенні 70:20:10 отримували до  $770,5 \pm 118,4$  г свіжих грибів з 5 кг субстрату, що у перерахунку складає 154 г/кг. Отримані у досліді результати в 2 рази перевищували показники врожайності за вирощування на березовій тирсі 87 г/кг, в 1,6 раза - на рисовій соломі та збігалися з показниками ефективності культивування цього виду на цукровій тростині (177,1 г/кг) [28, 29].

Наші дані цілком збігаються з висновками попередніх експериментаторів, які вважають склад субстрату одним з найголовніших чинників, що визначають ефективність виробництва. Так, аналізуючи застосування 12 варіантів субстратних композицій, дослідники отримували плодові тіла масою від 96 г/кг з рослинних залишків після екстракції медичних речовин до 113 г зі збагаченої

відходами гороху (10 %) тирси тополі [30]. Відомо, що ефективність культивування можливо підвищити у 2 рази за рахунок збагачення поживності субстрату. За результатами дослідження аргентинських дослідників доведено, що біологічна ефективність штаму 621/04 виростала до 140 % за додавання до соломи 20 % соєвого борошна [11]. Отже, адаптація існуючої технології вирощування опенька тополевого до використання доступних агровідходів та рослинних компонентів: соломи, лушпиння соняшнику, ріпаку, тощо є перспективною. Також виявлено певні переваги використання паливних гранул з лушпиння соняшнику для коригування поживності та щільності субстратних композицій.

За аналізом отриманих даних визначено суттєвий вплив складу субстратних композицій на вміст сухих речовин, а також на баланс ліпідів, вуглеводів та зольних елементів в сухій речовині плодових тіл *C.aegerita* (табл. 5.9).

Таблиця 5.9

**Хімічний склад плодових тіл *Cyclocybe aegerita* 2231 (середнє за 3 цикли культивування  $\pm$  ст. помилка, 2018-2020 рр.)**

Показники, % (за СР)	СК			<i>p-value</i>
	1	2	3	
Сирий протеїн	19,62 $\pm$ 0,30	20,53 $\pm$ 0,6	21,78 $\pm$ 0,52	0,111
Ліпіди	2,59 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,08	2,77 <sup>a</sup> $\pm$ 0,56	2,30 <sup>b</sup> $\pm$ 0,1	0,021
ЕнПС	3,38 <sup>bc</sup> $\pm$ 0,89	1,38 <sup>c</sup> $\pm$ 0,25	6,81 <sup>a</sup> $\pm$ 0,41	0,001
Інші ПС	72,79 <sup>a</sup> $\pm$ 1,15	73,86 <sup>a</sup> $\pm$ 0,83	61,45 <sup>b</sup> $\pm$ 1,12	0,012
Зола	1,64 <sup>b</sup> $\pm$ 0,55	1,47 <sup>b</sup> $\pm$ 0,35	7,47 <sup>a</sup> $\pm$ 0,17	<0,0001
Суха речовина	8,67 <sup>b</sup> $\pm$ 0,49	10,52 <sup>a</sup> $\pm$ 0,15	10,11 <sup>a</sup> $\pm$ 0,23	<0,0001

*Примітки:* СР – суха речовина, ЕнПС – ендополісахариди, ПС – полісахариди, СК – субстратна композиція; статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння або відсутність букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.

Потрібно підкреслити, що суттєвого впливу на вміст протеїнів не виявлено, що може бути пов'язано зі збалансованістю складу композицій за вмістом нітрогену та карбону. Вміст протеїнів визначено з урахуванням перетравлюваного білка, тому цей показник на 30 % менше, ніж у більшості попередніх публікацій.

Так, Ісікьюмен та ін., чії результати по врожайності співпадали з нашими, отримували від 27,1 % до 37,6 % за умов використання композиції солома/відходи/просо у співвідношенні 70/10/20, що узгоджується з отриманими нами даними у разі перерахунку застосованих коефіцієнтів [5,13]. Однак, наші результати були значно вищими ніж показники вмісту сирого протеїну у плодових тілах опенька тополевого за даними Коутротсиоса та ін. [16]. Вони стверджували, що вміст сирих протеїнів коливався від  $1,1 \pm 0,3$  % за використання субстрату з соломи пшениці до  $15,2 \pm 0,4$  % на субстраті з суміші залишків переробки винограду та бавовни.

Вміст ліпідів в плодових тілах *S.aegerita* суттєво відрізнявся за варіантами досліду ( $p = 0,021$ ). Максимальну кількість ліпідів ( $2,77 \pm 0,56$  %) містили плодові тіла *S.aegerita*, отримані з СК2, а найменшу - з СК3 ( $2,30 \pm 0,1$  %). Однак за кількістю ендopolісахаридів отримували протилежний ефект: найбільший вміст було визначено в плодових тілах з СК3 ( $6,81 \pm 0,41$  %), а найменший – з СК2 ( $1,38 \pm 0,25$  %). Отримані результати за вмістом ліпідів співпадають з раніше опублікованими даними щодо коливання цього показника від  $3,1 \pm 0,4$  % в плодових тілах, які отримували на субстраті з залишків переробки винограду та бавовни до  $0,1 \pm 0,0$  % на субстраті з суміші пальмового листя та соломи пшениці. [16]. Аналіз вмісту ендopolісахаридів було проведено вперше, тому можливість підвищення вмісту цих речовин в плодових тілах *S. aegerita* за рахунок оптимізації формул субстратної композиції потребує подальшого вивчення.

У досліджених плодових тілах, отриманих з субстратів різного складу, визначено суттєві відмінності за вмістом золи ( $p < 0,0001$ ). Найвищий показник  $7,47 \pm 0,17$  % отримали в плодових тілах, вирощених на СК3, що практично у 5 раз перевищувало результат із застосуванням СК2 ( $1,47 \pm 0,35$  %) та у 4,6 раза – з СК1 ( $1,64 \pm 0,55$ ), різниці між якими не виявлено. Відомо, що вміст золи в плодових тілах опенька тополевого коливався від  $1,22 \pm 0,08$ % до  $25,2 \pm 1,1$  % відповідно до складу використаних субстратів (рисова солома та хвоя сосни) [16]. За використання деревини тополі дослідники отримували  $6,69 \pm 0,33$  %, а на тирсі

берези  $1,9 \pm 0,2$  %, що впевнено доводить вплив складу субстрату на вміст зольних речовин в грибах *C. aegerita*: [16,17,31]

Загальна кількість сухих речовин (СР) в плодових тілах *C. aegerita* також істотно відрізнялась ( $p < 0,0001$ ). Найвищий вміст СР мали гриби з субстрату СК2 ( $10,52 \pm 0,15$  %), а найменший виявлено в грибах, зібраних з субстрату СК1 ( $8,67 \pm 0,49$  %). У цілому отримані результати підтверджують висновки попередників щодо суттєвого впливу складу субстратів на склад плодових тіл грибів *C.aegerita*, а отже, на їхню якість. Субстратна композиція 2 з суміші агровідходів та рослинних компонентів солома ячменю / гранули з лушпиння соняшнику / насіння ріпаку / подрібнена кукурудза / крейда / вода у співвідношенні за масою 40:90:20:25:1:325 виявилася оптимальною з точки зору продуктивності дослідженого виду та загальної характеристики хімічного складу його плодових тіл. Але, з оглядом на останні публікації інших дослідників, які запевняють, що навіть вміст крейди у субстраті може суттєво змінити фізіологічні показники культури опенька тополевого та якісні показники плодових тіл, пошуки оптимізованої формули субстратних композицій та визначення можливості корегування вмісту основних нутрієнтів та біоактивних речовин в плодових тілах опенька тополевого мають бути продовжені [12].

### **5.3 Оцінка впливу техніки відкриття пакетів на показники вирощування штаму *Cyclocybe aegerita* 2231**

До визначених факторів, що визначають ефективність культивування та впливають на морфологію плодових тіл досліджених штамів *C. aegerita* потрібно додати результати спостережень та додаткового аналізу даних, що доводять можливість підвищення результатів вирощування за рахунок впровадження прикладних технік. У попередніх дослідках визначили, що зовнішній вигляд зростків і плодових тіл, та навіть урожай гливи звичайної позитивно змінюються за рахунок положення субстратного блоку [32]. Відомо також, що збільшується маса та покращується форма ніжки і шапинки гливи степової за рахунок техніки видалення надлишкових плодових тіл [33]. Звичайно, для вирощування опенька

тополевого застосовують техніку повного відкриття поверхні одиниць субстрату. Втім, такий підхід вимагає підтримання високої відносної вологості повітря, що, в свою чергу, ускладнює процес дихання, а отже і живлення плодових тіл культивуару. Під час промислового дослідження нам вдалося збільшити ефективність культивування *C. aegerita* 2231 на 10 % лише за рахунок змін у техніці відкривання пакетів (рис. 5.10).



**Рис. 5.10. Вплив техніки відкриття пакетів на характер утворення плодових тіл *Cyclocybe aegerita* 2231:** а) відкриття методом відвертання плівки, б) пакети відкриті методом розрізу; в) окремі зростки плодових тіл у разі відвертання плівки; г) плодоношення по всій поверхні у варіанті розрізання плівки.

У досліді «Аналіз впливу складу субстратних композицій на загальні показники культивування *C. aegerita* 2231» (п.п. 5.2). застосовували техніку

відвертання плівки або зрізання верхньої частини пакету, яка відповідала операції відкриття кришки у відомій «баночній» технології (рис. 5.10 – а) [30, 34]. У промисловому експерименті «Порівняльна характеристика штамів *C. aegerita* 2229, 2230, 2231 щодо перспективи впровадження у промислове виробництво» (п.п. 5.1.) застосували техніку створення «коміру», яка є достатньо вивченою у технології вирощування опенька зимового [35, 36]: поліпропіленову плівку над поверхнею субстрату лише розрізали та відвертали на бік, щоб утворився отвір розміром 20-30 мм за шириною та від 150 до 300 мм за висотою (рис. 5.10 – б).

Під час формування плодових тіл отвір розширювався природним шляхом до 80-120 мм за рахунок тиску грибів на стінки (Додаток Д.1, рис. Д.1 - а, б). За характером утворення примордіїв та розвитку плодових тіл (рис. 5.10 в, г) визначили позитивний вплив такого заходу, який підтверджено за порівнянням технічних та морфологічних показників плодових тіл *C. aegerita* 2231, отриманих у двох дослідках (табл. 5.10).

Таблиця 5.10

**Результати статистичного порівняння показників вирощування *Cyclocybe aegerita* 2231 за різної техніки розкриття пакетів (середнє ± ст. помилка за 3 цикли культивування, 2018-2020 рр.)**

Показник	Техніка		<i>p-value</i>
	відвертання	надріз	
Втрати маси субстрату після плодоношення, г	873,2 <sup>a</sup> ±48,0	681,6 <sup>b</sup> ±35,5	0,003
Біологічна ефективність, %	49,57 <sup>b</sup> ±2,29	59,43 <sup>a</sup> ±0,6	0,018
Маса ПТ, г	7,4 ±0,9	6,3 ±0,6	0,312
Висота ПТ, мм	70,7 <sup>b</sup> ±2,2	78,2 <sup>a</sup> ±2,3	0,001
Діаметр шапинки, мм	34,1 <sup>a</sup> ±0,9	28,6 <sup>b</sup> ±1,2	0,0001
Діаметр ніжки, мм	9,7 <sup>a</sup> ±0,2	8,3 <sup>b</sup> ±0,3	0,042
Вміст СР, %	10,52 <sup>a</sup> ±0,15	8,49 <sup>b</sup> ±0,49	0,015

*Примітки:* ПТ – плодове тіло, СР – сухі речовини; статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння або відсутність букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.

Було визначено вагому різницю (189 г) у результатах дослідів між втратами маси субстрату після збирання врожаю. Навіть з урахуванням відмінностей у масі

врожаю, такий результат свідчить про недостатність рекомендованої попередніми дослідниками висоти стінок над поверхнею субстрату у 30 - 50 мм, якої досягали відвертанням чи зрізуванням [37]. Цей факт додатково підтверджувався розвитком грибів у пристінній зоні (рис. 5.10 - в). Напроти, додатковий простір у 150 – 300 мм заввишки над поверхнею субстрату пом'якшував певні коливання температурного режиму та відносної вологості, які є неминучими за умов індустріального вирощування у великих за площею приміщеннях, що дало змогу зберегти субстрат від надлишкового випаровування. Поява примордіїв та розвиток зростків проходили по всій поверхні субстрату (рис.5.10 - г)..

Суттєво відрізнялись результати дослідів за показником біологічної ефективності штаму: техніка розрізу верхньої частини пакету сприяла підвищенню БЕ на 10 %, можливо, за рахунок розвитку плодових тіл по всій поверхні субстрату. З іншої сторони, велика кількість плодових тіл обумовила зміни їхніх морфологічних ознак. Зокрема, у грибів, зібраних з пакетів з відвернутою або зрізаною плівкою (до 30 мм над поверхнею субстрату), діаметри шапинки та ніжки були істотно більшими, тоді як висота плодового тіла меншою (табл. 5.10, додаток Д.1, рис. Д.1 - в, г).

Порівняння вмісту сухих речовин у плодових тілах *C. aegerita* 2231, зібраних за різних технік відкриття пакетів, підтвердило висновки попередніх дослідників, що у плодових тілах, отриманих в умовах підвищеної вологості, цей показник зменшується до 5 – 9 % [38–40]. Втім, зрозуміло, що харчова цінність такої сировини також буде зниженою. Отже, застосування певних технічних засад, що сприяють підвищенню ефективності культивування, не завжди мають позитивний вплив на споживчу якість грибів, а пошук балансу потребує додаткового вивчення. Втім, за результатами промислово впровадження технології культивування штаму *C. aegerita* 2231 в умовах ТОВ ЕСМАШ-3 (м. Київ) економічний ефект складав близько 28660 грн на 1000 кг свіжих грибів, реалізованих за ціною 186 грн/кг (Додаток Д.2, рис. Д.2).

## Висновки до розділу V:

1. Отримані результати підтверджують загальні закономірності впровадження в культуру їстівних шапинкових грибів, дають змогу розширити список придатних для культивування штамів *S. aegerita*, що мають адаптований до певної кліматичної зони екотип та прогнозувати практичні результати їх впровадження, визначають шляхи подальших досліджень.

2. Доведено доцільність визначення коефіцієнту виходу субстрату ( $K_{вс}$ ) після інкубації та виявлено вплив складу субстрату на цей показник. За результатом аналізу коефіцієнтів виходу субстрату після інкубації найвищий показник  $0,9744 \pm 0,0065$  було отримано при застосуванні субстратної композиції з лущиння соняшнику / гранули з лущиння соняшнику/ зерно ріпаку/ кукурудза подрібнена / крейда / вода у співвідношенні 60:110:20:30:1:288, що обумовлювало збільшення виходу продукції в 1,4 раза. Отримані результати дозволили скорегувати існуючу практику розрахунку собівартості інкубованих субстратів.

3. Обґрунтовано можливість впровадження в промислову культуру трьох штамів *S. aegerita* 2229, 2230 та 2231 ІВК за порівнянням їх технічних, морфологічних та хімічних характеристик. Визначено фенотипічні ознаки плодових тіл досліджених штамів та їх варіативність, що дозволяє забезпечити оптимізацію процесів пакування та зберігання продукції.

4. Визначено, що штам *S. aegerita* 2231 з тривалістю вегетації та морфогенезу 42 - 43 доби мав найвищу біологічну ефективність (59 - 60 % за I хвилину плодоношення) у досліді, тому може бути рекомендованим для промислового вирощування. Штам *S. aegerita* 2230, який мав найвищі коефіцієнти виходу напівфабрикатів після очищення та сортування ( $0,971 \pm 0,001$  та  $1,020 \pm 0,013$  відповідно), має високі перспективи для виготовлення маринадів. Органолептичні та біохімічні показники штаму *S. aegerita* 2229 свідчать про високу харчову цінність цього культивару та розкривають перспективи для застосування його врожаю у ресторанній справі.

5. Статистично доведено можливість теоретичного збалансування формули субстратної композиції за результатами попереднього аналізу окремих



компонентів сировини. Так, застосування субстрату з соломи ячменю, паливних гранул лушпиння соняшнику, насіння ріпаку, подрібненої кукурудзи, крейди та води у співвідношенні за масою 40:90:20:25:1:325 сприяло підвищенню біологічної ефективності культури *C. aegerita* 2231 на 14 %.

6. Застосування техніки верхнього розрізу на висоті 300 мм над поверхнею субстрату обумовлювало збільшення біологічної ефективності *C. aegerita* 2231 на 10 %. Втім, такий захід зумовлював негативні морфологічні зміни плодових тіл: збільшення висоти ніжки на 7,5 мм, зменшення діаметру шапинки 5,5 мм та діаметру ніжки на 1,5 мм. Отже, за рахунок гнучкості технологічних заходів можливо забезпечити відповідну якість урожаю культивару: техніку відкритої поверхні застосовувати з метою збільшення плодових тіл для реалізації у свіжому вигляді, тоді як для отримання максимального врожаю для подальшої переробки більш ефективною буде техніка надрізів.

*Результати досліджень Розділу V опубліковані у роботах:*

1. Бандура І.І., Кулик А.С., Чаусов С.В., Цизь О.М. Вплив складу рослинних субстратів на ефективність культивування їстівних грибів *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.), *Pleurotus eryngii* (DC.) Quel., *Pleurotus citrinopileatus* Singer та *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. 3(107). С. 62-70. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3\(107\)-8](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3(107)-8)

2. Бандура І., Кулик А., Макогон С., Сияговський С. Дослідження особливостей інтродукції продуктивних штамів екзотичних грибів *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini та *Pleurotus eryngii* (DC.) Qué. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Retrieved із <http://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/116>. 2018. №8 (2). С.1-11

3. Bandura I., Kulyk A.S., Makohon S.V., Khareba O.V., Khareba V.V. (2021). Influence of the substrate composition on the yield and nutritional value of the fruiting bodies of the edible mushrooms *Pleurotus citrinopileatus* and *Cyclocybe aegerita*. *Plant Varieties Studying and Protection*. №17(2). С. 130–138. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236519>

4. Bandura I., Kulyk A., Makohon S., Tsyz O., Khareba O., Khareba V., Kovtuniuk Z.. Якісні характеристики гриба *Cyclocybe aegerita* штамів 2229, 2230, 2231 ІВК за умов промислового культивування. *Науковий журнал «Рослинництво та ґрунтознавство»*. 2021. №12(3). С.85–99. doi: <http://dx.doi.org/10.31548/agr2021.03.085>

5. Ксилотрофні гриби як джерело біоактивних речовин для функціонального харчування Бандура І.І., Кулик А. С, Коляденко В. В. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету : ім. Д. Моторного / ТДАТУ. - Мелітополь: ТДАТУ, 2020. №20(2). С.32–140. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-20-2-132-141>.

6. Бандура І.І., Кулик А.С. Особливості виготовлення напівфабрикатів з плодових тіл гливи золотої та опенька тополевого. Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, 22 квітня 2021 р. *Актуальні питання виробництва плодоовочевої продукції та винограду*. ТДАТУ. 2021. С.136–139.

#### **Список використаної літератури до розділу V**

1. Marmeisse R. Genetic variation in basidiocarp production within wild and controlled dikaryotic populations of the edible basidiomycete *Agrocybe aegerita*. *Mycological Research*. 1989. Vol. 92, № 2. P. 147–152.

2. Diyabalanage T., Mulabagal V., Mills G., DeWitt D.L., Nair M.G. Health-beneficial qualities of the edible mushroom, *Agrocybe aegerita*. *Food Chemistry*. 2008. Vol. 108, № 1. P. 97–102.

3. Zhang C., Chen X., Orban A., Shukal S., Birk F., Too H.P., Rühl M. *Agrocybe aegerita* serves as a gateway for identifying sesquiterpene biosynthetic enzymes in higher fungi. *ACS Chem Biol*. 2020. Vol. 15, № 5. P. 1268–1277.

4. Huaqi H., Gang W., Changru C., Guoshi L. Test on the cultivation of *Agrocybe aegerita* with corncobs. *Quarterly of Forest By-product and Speciality In China*. 2004.

5. Isikhuemhen O.S., Mikiashvili N.A., Kelkar V. Application of solid waste from anaerobic digestion of poultry litter in *Agrocybe aegerita* cultivation: mushroom

production, lignocellulolytic enzymes activity and substrate utilization. *Biodegradation*. 2009. Vol. 20, № 3. P. 351–361.

6. Muthu N., Shanmugasundaram K., Subramanian K. Comparative study of various substrate supplements in the growth and yield of *Agrocybe aegerita*, Black poplar mushroom. *World Journal of Pharmaceutical Research*. University of Maroua, 2014. Vol. 3, № 8. P. 487–496.

7. Бандура І.І., Кулик А.С., Чаусов С.В., Цизь О.М. Вплив складу рослинних субстратів на ефективність культивування їстівних грибів *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.), *Pleurotus eryngii* (DC.) Quel., *Pleurotus citrinopileatus* Singer та *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. №3. С.64–70. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3\(107\)](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3(107)).

8. Noonsong V., Puttakun N., Tinsirisuk M., Seephueak P. Recycling of spent *Pleurotus* compost for production of the *Agrocybe cylindracea*. *Mycosphere*. 2016. Vol.7 № 1. P. 36–43. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/7/1/4>.

9. Surup F., Hennicke F., Sella N., Stroot M., Bernecker S., Pfütze S., Stadler M., Rühl M. New terpenoids from the fermentation broth of the edible mushroom *Cyclocybe aegerita*. *Beilstein J. Org. Chem. Beilstein-Institut*. 2019. Vol. 15, № 1. P. 1000–1007. <https://doi.org/10.3762/bjoc.15.98>.

10. Heo B.-S., Seo S.Y., Choi K.H., Choi Y.M., Kwon S.J., Jang K.Y., Yoo Y.J. Development of a safe culture technique for *Agrocybe cylindracea*. *Journal of Mushroom*. The Korean Society of Mushroom Science, 2019. Vol. 17, № 1. P. 1–6.

11. Uhart M., Piscera J.M., Albertó E. Utilization of new naturally occurring strains and supplementation to improve the biological efficiency of the edible mushroom *Agrocybe cylindracea*. *J Ind Microbiol Biotechnol*. 2008. Vol. 35, № 6. P. 595–602.

12. Jasinska A., Siwulski M. Impact of substrate supplemented with CaCO<sub>3</sub> on mycelial growth, yield, morphological features and storability of fruiting bodies of black poplar mushroom *Agrocybe cylindracea* (DC.) Marie. *International Journal of Horticultural Science*. 2021. Vol. 27. P. 76–86.

13. Бандура І.І., Кулик А.С., Чаусов С.В., Цизь О.М. Вплив складу рослинних субстратів на ефективність культивування їстівних грибів *Cyclocybe*

*aegerita* (V. Brig.), *Pleurotus eryngii* (DC.) Quel., *Pleurotus citrinopileatus* Singer та *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer. Вісник аграрної науки Причорномор'я. №3. С.64–70. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3\(107\)](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3(107))..

14. Бандура І.І. Кулик А.С., Макогон С.В., Синяговський С.С. Дослідження особливостей інтродукції продуктивних штамів екзотичних грибів *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini та *Pleurotus eryngii* (DC.) Qué. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. 2019. №8(2), <http://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/116/113>.

15. Buswell J., Chang S.T. Edible mushrooms: attributes and applications. 2018. P. 297–324.

16. Koutrotsios G., Mountzouris K.C., Chatzipavlidis I., Zervakis G.I. Bioconversion of lignocellulosic residues by *Agrocybe cylindracea* and *Pleurotus ostreatus* mushroom fungi – Assessment of their effect on the final product and spent substrate properties. *Food chemistry*. Elsevier, 2014. Vol. 161. P. 127–135.

17. Petrović J., Glamočlija J., Stojković D., Ćirić A., Barros L., Ferreira I.C., Soković M. Nutritional value, chemical composition, antioxidant activity and enrichment of cream cheese with chestnut mushroom *Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing. *J Food Sci Technol*. 2015. Vol. 52, № 10. P. 6711–6718. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1783-6>.

18. Seo S.-Y., Ahn M.S., Choi S.R., Song E.J., Choi M.K., Kim Y.S. Analysis of nutritional compositions and biological activity of *Agrocybe aegerita*. *Journal of Mushroom*. The Korean Society of Mushroom Science, 2011. Vol. 9, № 3. P. 116–122. <https://doi.org/10.14480/JM.2011.9.3.116>.

19. Нестеренко Н.А., Іванюта А.О., Мостика К.В. Вплив бланшування на якість заморожених культивованих печериць. *Технічні науки та технології*. 2018. № 2(12). P. 228–235.

20. Bandura, I., Kulyk, A., Khareba O., Khareba V., Kovtuniuk Z. Factors of increasing the efficiency of the technology of cultivation and processing of mushrooms of the genus oyster mushroom *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. *Vegetable and Melon Growing*. 2021. №69. С. 63–78. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2021-69-63-78>.

21. Пасічний В.М., Ястреба Ю.А. Перспективи використання грибного порошку в технологіях м'ясопереробної галузі. *М'ясні технології світу*. 2010. № 12. С. 52–55.
22. Tian Y., Zhao Y., Huang J., Zeng H., Zheng B. Effects of different drying methods on the product quality and volatile compounds of whole shiitake mushrooms. *Food Chemistry*. 2016. Vol. 197. P. 714–722.
23. Xu D., Wei L., Guangyue R., Wenchao L., Yunhong L. Comparative study on the effects and efficiencies of three sublimation drying methods for mushrooms. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2015. Vol. 8, № 1. P. 91–97.
24. Cohen N., Cohen J., Asatiani M.D., Varshney V.K., Yu H.T., Yang, Y. C., Li Y.-H., Mau J.-L., Wasser S.P. Chemical composition and nutritional and medicinal value of fruit bodies and submerged cultured mycelia of culinary-medicinal higher basidiomycetes mushrooms. *IJM*. Begel House Inc., 2014. Vol. 16, № 3. P. 273–291. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v16.i3.80>.
25. Павленко С.І. Результати експериментальних досліджень біотермічних процесів компостування підстилкового посліду на основі лушпиння соняшнику в натурних буртах. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.* - Кропивницький: ЦНТУ, 2017. № 47(1). С. 186–195.
26. Myronycheva O., Bandura I., Bisko N., Gryganskyi A., Karlsson O. Assessment of the growth and fruiting of 19 oyster mushroom strains for indoor cultivation on lignocellulosic wastes. *BioResources*. 2017. Vol. 12, № 3. P. 4606–4626.
27. Kleofas V., Sommer L., Fraatz M.A., Zorn H., Rühl M. Fruiting body production and aroma profile analysis of *Agrocybe aegerita* cultivated on different substrates. *Natural Resources*. Scientific Research Publishing, 2014. Vol.5 № 6. 8 p. <https://doi.org/10.4236/nr.2014.56022>.
28. Jasińska A., Siwulski M., Sobieralski K. Mycelium growth and yielding of black poplar mushroom-*Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing. on different substrates. *Journal*

*of Agricultural Science and Technology* A. David Publishing Company, 2012. Vol. 2, № 9. P. 1040–1047.

29. Carrasco J., Zied D.C., Pardo J.E. Diego C., Preston G.M., Pardo-Giménez A. Supplementation in mushroom crops and its impact on yield and quality. *AMB Expr.* 2018. Vol.8, №146. P. 1–9. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0678-0>.

30. Lee H.-D., Kim Y.G., Kim H.G., Han G.H., Moon C.S., Hur I.B. Bottle cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Agrocybe aegerita* using agricultural by-product. *The Korean Journal of Mycology*. The Korean Society of Mycology, 1998. Vol. 26, № 1. P. 47–50.

31. Muthu N., Shanmugasundaram K. Proximate and mineral compositions of edible mushroom *Agrocybe aegerita*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2016. Vol. 5., №. 1. C. 116–119.

32. Bandura I., Isikhuemhen O.S., Kulik A., Serduk M., Sucharenko O., Jukova V., Koliadenko V., Gaprindashvili N. Effect of perforation size and substrate bag fruiting position on the morphology of fruiting bodies and clusters in *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*. 2021. Vol. 9, № 3. P. 35–40. <https://doi.org/10.7324/JABB.2021.9305>.

33. Kim M.-K., Ryu J.-S., Yoo Y.-B. Characterization of a new cultivar. *The Korean Journal of Mycology*. 2011. Vol. 39., № 1. C. 39–43. <https://doi.org/10.4489/KJM.2011.39.1.039>.

34. Tonomura H. *Flammulina velutipes*. The biology, cultivation of edible mushrooms. 1978. P. 409–421.

35. Sharma V., Barh A., Bairwa R.K., Annepu S.K., Kumari B., Kamal S. Enoki Mushroom (*Flammulina velutipes* (Curtis) Singer) Breeding. *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops*. 2021. C. 423–441. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-66969-0\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-66969-0_11).

36. Zhao G.J. Directive cultivation of *Flammulina velutipes*. *Zhongguo Shiyongjun*. Edible Fungi of China. 1990. Vol. 9, № 3. P. 23–24.

37. Stamets P. Growing gourmet and medicinal mushrooms. third edition. Berkeley, California: Ten Speed Press, 2000. 574 p.

38. Gormley T.R. Texture studies on mushrooms. *International Journal of Food Science & Technology*. 2007. Vol. 4, № 2. P. 161–169.
39. Rezaeian S.H., Pourianfar H.R., Shahtahmasbi S.H. Cultivation of black poplar mushroom, *Cyclocybe aegerita*, on woody and non-woody lignocellulosic substrates with a high biological efficiency. *Asian Journal of Mycology*. 2022. Vol. 5, № 1. C. 31–39. <https://doi.org/10.5943/ajom/5/1/3>.
40. McKnight K.B., Estabrook G.F. Adaptations of sporocarps of the basidiomycete *Flammulina velutipes* (*Agaricales*) to lower humidity. *Botanical Gazette*. The University of Chicago Press, 1990. Vol. 151, № 4. P. 528–537.

## РОЗДІЛ VI

### ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ІНТРОДУКЦІЇ ТРОПІЧНОГО ГРИБА CALOCYBE INDICA PURKAY. & A. CHANDRA У ПРОМИСЛОВЕ ВИРОБНИЦТВО

Світові тенденції до розширення асортименту грибів, що вирощуються штучно, лімітовані високими витратами на підтримання мікроклімату у процесі культивування та зберігання отриманої продукції, формування якісних зовнішніх ознак, тощо. Тому тропічний гриб *C. indica*, який має привабливий зовнішній вигляд та вирощується за температури 28-38 °С, і, на додаток, не потребує холодильного обладнання для збереження врожаю, має високі перспективи для впровадження в промислову культуру в регіонах, де за рахунок глобального потепління рівень температури та відносної вологості повітря значно підвищився в останні десятиліття [1] (Додаток Е, рис. Е1).

#### **6.1 Дослідження впливу складу субстратних композицій та методу термічної обробки рослинної сировини на технічні показники культивування *Calocybe indica***

Формули субстратів було розраховано таким чином, щоб отримати поступове підвищення вмісту нітрогену за рахунок додавання сіна люцерни та насіння ріпаку. Статистичним аналізом технічних показників виготовлених субстратних композицій за три цикли підготовки визначено суттєві відмінності за вмістом нітрогену та співвідношенням органогенних елементів С/Н, які відповідали теоретичним розрахункам. Субстрати, отримані методом стерилізації також відрізнялись від субстратів виготовлених методом виготовлених методом аеробної ферментації у високому шарі (АФВШ) за вмістом золи та показником рН, хоча за складом рослинної сировини у початковій формулі субстрати СК1 та СК2 були ідентичними (табл. 6.1). Так вміст золи у ферментованому субстраті був більшим на 1,2 %, а рН вищим на 2,33 одиниці, що можливо пояснити



результатами активної метаболічної діяльності мікробіологічних сукцесій, що розвиваються у таких субстратах, зокрема, катаболічними реакціями розкладу органічних речовин [1, 2].

Таблиця 6.1

**Технічні показники субстратних композицій (СК), середнє ± ст. помилка за три цикли культивування *Calocybe indica* (2017, 2019, 2020 рр.)**

Методи виготовлення	АФВШ	Стерилізація		
		Варіанти		
Показники	СК1	СК2 (контроль)	СК3	СК4
Вологість, %	70,0 <sup>b</sup> ±4,8	72,4 <sup>a</sup> ±0,40	69,7 <sup>b</sup> ±0,3	71,5 <sup>ab</sup> ±0,3
Загальний нітроген, %	0,74 <sup>c</sup> ±0,12	0,75 <sup>c</sup> ±0,02	1,09 <sup>b</sup> ±0,03	1,36 <sup>a</sup> ±0,07
Зола, %	6,52 <sup>a</sup> ±1,22	5,35 <sup>b</sup> ±0,04	4,98 <sup>c</sup> ±0,10	5,28 <sup>b</sup> ±0,10
pH	7,70 <sup>a</sup> ±0,27	5,37 <sup>b</sup> ±0,08	5,44 <sup>b</sup> ±0,04	5,46 <sup>b</sup> ±0,12
Відношення C/N	65,3 <sup>a</sup> ±5,6/1	65,4 <sup>a</sup> ±1,2/1	45,5 <sup>b</sup> ±1,1/1	36,5 <sup>c</sup> ±1,8/1

*Примітки:* статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми. Формули субстратних композицій: СК1, виготовлена методом АФВШ та СК2 (контроль) – методом стерилізації мали однакові формули солома ячменю/ лушпиння соняшнику/ гранули з лушпиння соняшнику/ насіння ріпаку/ кукурудзяне борошно/крейда у співвідношенні 30:40:70:20:17:1. Збагачені сіном люцерни СК3 та СК4 (стерилізація) мали співвідношення вищеперахованих складових: 30:40:60:20:17:10 (люцерна):1 та 30:40:50:20:17:20 (люцерна):1 відповідно.

Потрібно додати, що субстрати, виготовлені за однією формулою, але різними методами (СК1 та СК2) не мали суттєвої різниці за показниками вологості, вмісту нітрогену, золи та співвідношення C/N, втім відрізнялися за вмістом нітрогену та C/N від інших варіантів субстратних композицій. Найвищий вміст нітрогену (1,36 % по СР) мала СК4 за рахунок додавання 10 % люцерни від маси сухих складових. Підвищення вмісту нітрогену зміщувало баланс C/N, за яким субстрати виготовлені методом стерилізації також суттєво відрізнялись ( $p > 0,05$ ).

За результатами комплексного статистичного аналізу отриманих даних визначено істотний вплив методу термічної підготовки субстрату та складу субстратних композицій на технічні показники промислового культивування *C. indica* (табл. 6.2). Так, найкоротший вегетативний цикл ( $29,3 \pm 0,9$  доби),

закінчення якого фіксували за появою перших примордіїв, культура мала за використання стерильного субстрату СК4 наступного складу: солома / лушпиння / люцерна (сіно) / кукурудза (борошно) / ріпак (насіння) у співвідношенні сухих складових 30:57:10:2:1, а найдовший (34,7±1,2 доби) на ферментованому субстраті (солома / лушпиння / люцерна (сіно) / кукурудза (борошно) у співвідношенні 30:67:1:2).

Таблиця 6.2.

**Технічні показники культивування *Calocybe indica* в умовах промислового виробництва, середнє ± ст. помилка за 3 цикли культивування (2017 - 2020 рр.)**

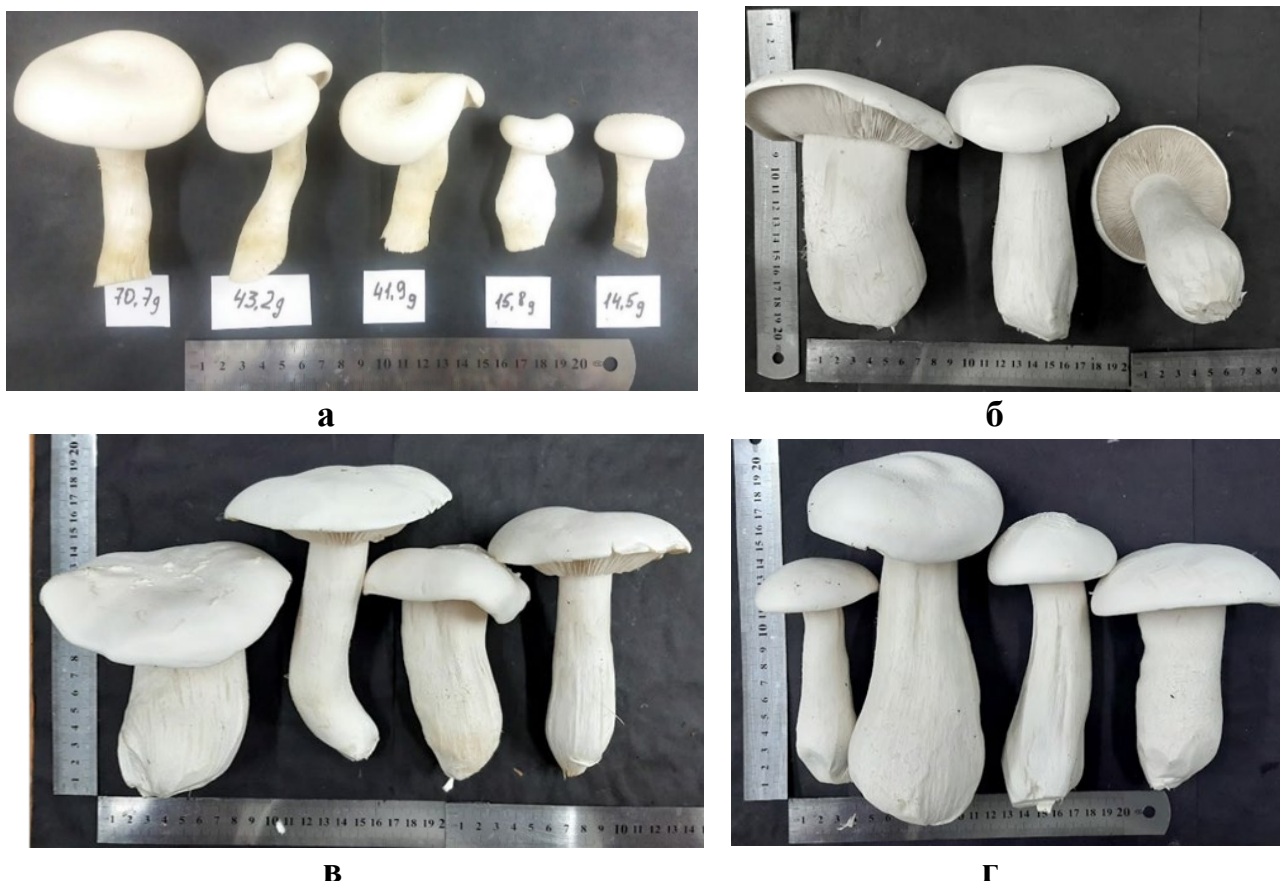
Показник	Варіант субстратної композиції				<i>p-value</i>
	СК1(АФВШ)	СК2 (к)	СК3	СК4	
Дата утворення примордіїв, доба	34,7 <sup>a</sup> ±1,2	30,7 <sup>b</sup> ±0,9	30,3 <sup>b</sup> ±0,3	29,3 <sup>b</sup> ±0,9	0,03
Дата отримання ПТ, доба	44,7±4,5	42,0±2,5	44,7±2,9	42,7±3,2	0,32
Тривалість технологічного циклу, доба	83,7±2,7	84,3±1,7	85,7±1,2	83,7±1,8	0,81
Біологічна ефективність, %	60,1 <sup>d</sup> ±8,0	95,6 <sup>c</sup> ±2,1	120,6 <sup>b</sup> ±1,7	134,4 <sup>a</sup> ±7,2	0,00

*Примітки:* СК – субстратні композиції (див. примітки до табл.6.1); ПТ – плодові тіла; статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.

Потрібно зазначити: якщо інкубація субстрату відбувалася за постійної температури 32 °С, то під час формування плодових тіл підтримання необхідної температури було неможливим, за рахунок відсутності системи опалення влітку. Інколи в камерах вирощування температура знижувалася до 23 °С, що впливало на тривалість морфогенезу плодових тіл, результати якого значно відрізнялися за роками . Можливо, такі умови вплинули на результати дослідження, і тому за датою отримання плодових тіл, як і за загальною тривалістю вегетативного циклу суттєвих відмінностей між варіантами дослідження не визначено.

Втім, тривалість морфогенезу у варіанті ферментованого субстрату (СК1) була коротшою, як порівняти з стерильними субстратами, і складала від 6 до 11 діб проти 12...14 діб у варіантах СК2 - СК4. Плодові тіла цього варіанту починали

збирати раніше, бо нижня частина ніжок починала темніти, набуваючи неприємного жовтуватого відтінку (рис. 6.1- а). Такі вади спостерігали лише за зниження температури, а за оптимальної температури культивування у 28...32 °С погіршення морфологічних характеристик плодових тіл не відбувалося (рис. 6.1 - б). Втім, на субстратах, виготовлених методом стерилізації візуальних дефектів плодових тіл за зниження температури не спостерігали, а лише незначне зменшення розмірів (рис. 6.1 - в, г).



**Рис. 6.1. Морфологія плодових тіл *Calocybe indica*, отриманих за різної температури: а, в – 24 ± 1 °С; б, г - 30 ± 2 °С, на субстратах різної термічної підготовки: а, б – ферментовані субстрати; в, г – стерильні субстрати**

Відмінностей у тривалості технологічного циклу між варіантами досліду не визначено, закінчували збір урожаю на 84...86 добу. Втім, за цей час на різних субстратах відбувалося від 2х (СК1, СК2) до 3х (СК3, СК4) хвиль плодоношення, чітких границь між якими не було. За однакових умов культивування така різниця може бути пов'язаною лише з оптимальністю складу субстратних композицій,

збільшення азотовмісних сполук у яких обумовило істотне підвищення біологічної ефективності культивуру. Так, найвищий результат ( $BE = 134,4 \pm 7,2 \%$ ) отримали у варіанті СК 4 (вміст нітрогену  $1,36 \pm 0,07 \%$ ), а найнижчий ( $BE = 60,1 \pm 8,0 \%$ ) у варіанті СК1 (вміст нітрогену  $0,74 \pm 0,12$ ). Додатковим негативним фактором у технології було застосування техніки АФВШ для термічної підготовки субстрату, бо біологічна ефективність культивуру на стерилізованому субстраті аналогічного складу підвищувалась у середньому на 35,5 %. Ми пов'язуємо це зі значними втратами врожаю в умовах знижених температур, де на ферментованих субстратах спостерігали появу осередків з плісневими ураженнями (рис. 6.2 -а), тоді як на стерильних субстратах таких випадків за три цикли культивування не спостерігали жодного разу, навіть за зниження температури в камерах. Втім, за температури  $24 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  деякі з зачатків плодових тіл на стерильних субстратах також зазнавали ураження плісневими грибами (рис. 6.2 -б)



а)

б)

**Рис. 6.2. Зони контамінації плісневими грибами:**

а) на СК1, виготовленому методом АФВС, ще до нанесення покривного ґрунту;

б) на зачатках плодових тіл *Calocybe indica* (СК2).

Втім, впродовж трьох циклів вирощування жодного разу не спостерігали проявів бактеріальних уражень, які часто зустрічаються при порушенні мікрокліматичних умов в технології вирощування *P. eryngii* та *F. velutipes*

(стрибків температурного режиму чи відносної вологості повітря (ВВП)) (Додаток Ж.2, рис. Ж.2.1)

Незважаючи на високі температури в дослідних камерах вирощування та за їх межами, ми не спостерігали критичної кількості комах-шкідників грибів: грибної мухи сімейства *Phoridae* та комариків сімейств *Sciaridae* та *Cecidomyidae*, які в цей час є основною причиною зупинки малих грибних підприємств. Для контролю чисельності комах було достатньо профілактичної обробки інсектицидами «Імідон Флоу», до складу якого входить дозволені в Україні речовини імідаклоприд та лямбда-цигалотрін або препаратом «Кассент». Обробку стін та поверхонь проводили перед завантаженням камер субстратом. Таким чином, можна говорити про потенційну можливість успішного отримання якісних плодівих тіл *C. indica* в умовах промислового виробництва без використання речовин, здатних вплинути на безпеку харчової грибної сировини.

За результатами апробації трьох циклів вирощування *C. indica* на субстратах різного складу та термічної підготовки було розроблено виробничий регламент, який складається з наступних етапів:

- 1) підготовка посівного матеріалу на зерні, тривалість  $30 \pm 2$  доби;
- 2) виготовлення субстрату методом стерилізації – 1 доба;
- 3) інокуляція субстрату зерновим міцелієм в асептичних умовах та інкубація субстратів при  $28...32$  °C впродовж  $23 \pm 2$  доби;
- 4) розташування субстрату у камерах вирощування та нанесення шару підігрітого до температури приміщення ( $25...35$  °C) покривного матеріалу – 1 доба;
- 5) підтримання умов мікроклімату: ВВП –  $90...98$  %,  $CO_2$   $1200...1500$  ppm ( $0,12...0,15$  %), температура  $28 \pm 2$  °C, та полив (800-1000 мл води кімнатної температури на квадратний метр поверхні субстрату) впродовж  $9 \pm 3$  доби;
- 6) розвиток плодівих тіл (морфогенез) –  $6 \pm 2$  доби;
- 7) збирання врожаю – від  $4 \pm 1$  доба (тільки по першій хвилі) до  $30 \pm 5$  (за 3-х хвиль плодоношення).

## 6.2 Аналіз впливу мікрокліматичних умов на формування якості плодових тіл *Calocybe indica*

За аналізом отриманих даних визначено суттєвий вплив температури інкубації на тривалість вегетаційного циклу *C. indica*. Найшвидше ( $20 \pm 2$  доби) примордії почали з'являтися за температури  $30 \pm 1$  °C. (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

**Тривалість вегетації *Calocybe indica* відповідно до температурних умов**  
(середнє  $\pm$  ст. помилка 3 цикли культивування, 2017-2020 рр.)

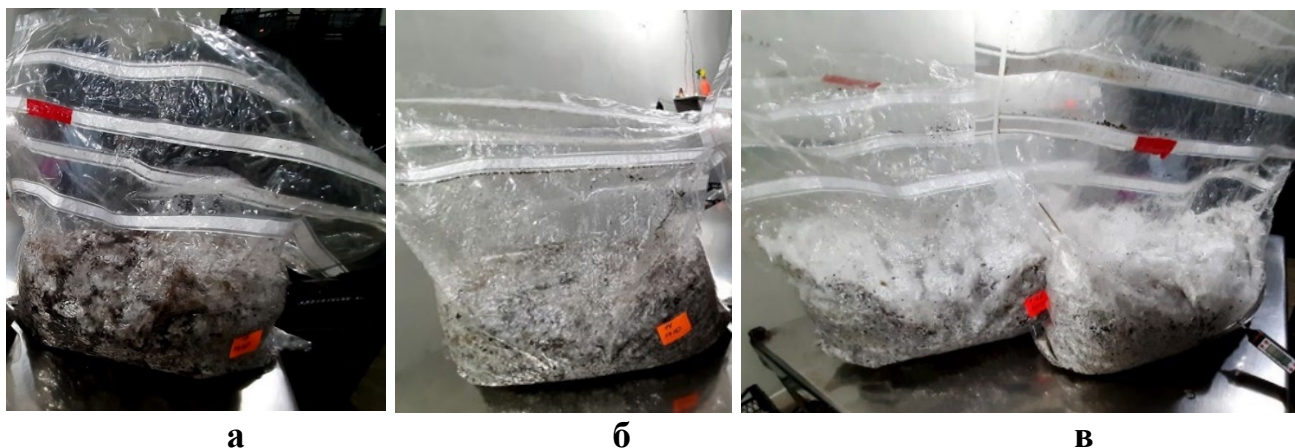
Цикл культивування (рік)	Температура, °C			<i>p-value</i>
	$26 \pm 1$	$30 \pm 1$	$34 \pm 2$	
2018, кількість діб	$29^a \pm 3$	$21^c \pm 1$	$25^b \pm 3$	0,02
2019, кількість діб	$25^b \pm 1$	$19^c \pm 2$	$28^a \pm 5$	0,01
2020, кількість діб	$28^a \pm 4$	$21^b \pm 3$	$26^a \pm 3$	0,04
Середнє, кількість діб	$27 \pm 3$	$20 \pm 2$	$26 \pm 3$	0,02

*Примітка:* статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.

За таких умов уже на 8 добу інкубації спостерігали повну колонізацію субстрату, тоді як при  $26 \pm 1$  °C у цей час злиття окремих колоній ще не відбувалося (рис. 6.3 – а). Температура субстрату  $34 \pm 2$  °C зумовлювала активний розвиток повітряного міцелію та, інколи, появу ексудату на поверхні субстрату (рис. 6.3 – б). За цієї температури зачатки плодових тіл не з'являлися до переносу субстрату у камери плодоношення.

За нашими спостереженнями, у технології вирощування *C. indica* відсутня необхідність змінювати мікрокліматичні умови камер для другої і наступних хвиль плодоношення, що значно спрощує технологію. Відомо, що для підвищення біологічної ефективності вирощування цього виду використовують покривний ґрунт різного складу [4,5]. Однак, необхідність цієї операції обґрунтовується лише

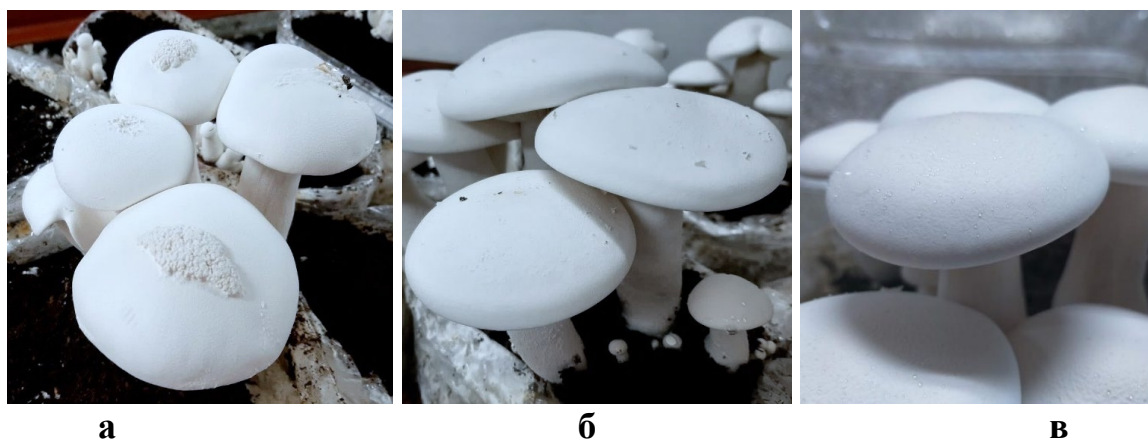
метою збереження постійного режиму вологості та освітлення, на відміну від печериці (*Agaricus bisporus* (J.E.Lange) Imbach), якій покривний матеріал є суто необхідним для переходу від вегетативної до генеративної стадії. У період плодоношення культура потребує підтримання температури вище 25 °С та відносної вологості повітря (ВВП) не нижче 85 %.



**Рис. 6.3. Субстрат з культурою гриба *Calocybe indica*, інкубований 8 діб за різної температури оточуючого середовища:**

а)  $26 \pm 1$  °С; б)  $30 \pm 1$  °С, в)  $34 \pm 2$  °С

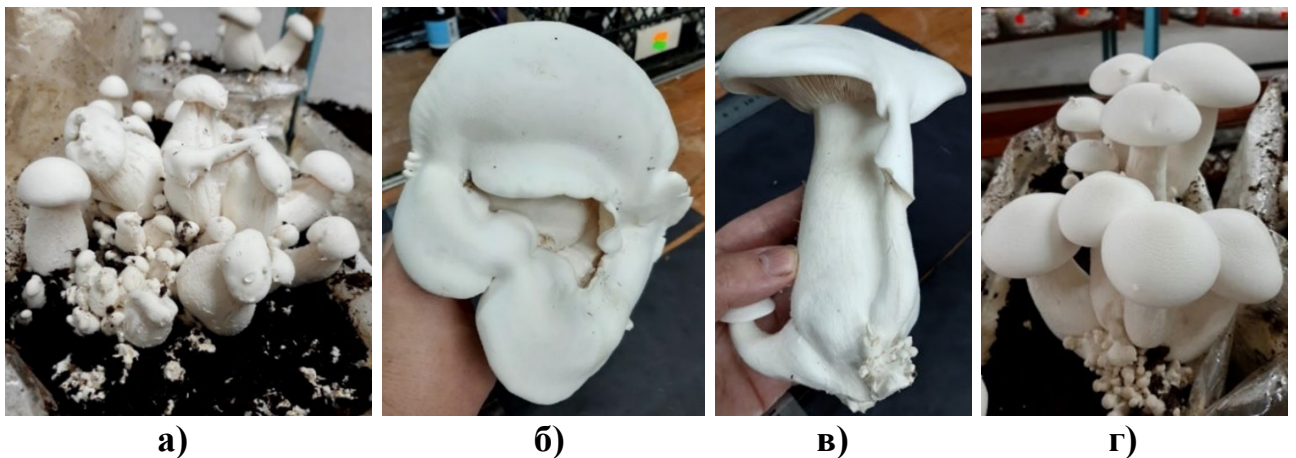
За більш низької ВВП поверхня шапинки вкривається наростами, які нагадують бородавки, що значно погіршує зовнішній вигляд плодових тіл (рис. 6.4 – а). Цікаво, що такі ж зміни спостерігаються на поверхні шапинок *P. eryngii* за умов низького рівня ВВП у камері вирощування та швидкого руху навколишнього повітря (Додаток Ж.2, рис. Ж.2.2).



**Рис. 6.4. Поверхня шапинок *Calocybe indica* за різної відносної вологості повітря: а)  $76 \pm 1$  %, б)  $86 \pm 2$  %, в)  $95 \pm 3$  %**

Поступове підвищення ВВП до 86...88 % в період активного розвитку плодових тіл дозволяє виправити ситуацію та «бородавки» зникають (рис. 6.4 – б). Втім, оптимальним рівнем ВВП при вирощуванні *C. indica* є 95...98 %, коли поверхня шапинки стає оксамитовою, ніжною, молочно-білого кольору (рис. 6.4 – в).

Важливою складовою формування якості плодових тіл є підтримання оптимальної вологості покривного ґрунту. За вологості вище 83 % відбувається деформація примордіїв шляхом злиття поверхневих тканин, часткова відсутність диференціації на вегетативні та генеративні тканини, розтріскування ніжки під тиском внутрішньої вологи (рис. 6.5 – а). Такі проблеми на стадії морфогенезу призводять до суттєвих вад плодових тіл: злиття декількох шапинок (рис. 6.5 – б) або повної деформації форми плодового тіла (рис. 6.5 – в).



**Рис. 6.5. Зовнішній вигляд плодових тіл *Calocybe indica* за порушень режиму вологості покривного ґрунту: а) деформація зачатків плодових тіл та розтріскування ніжок за різких змін вмісту вологи у ґрунті (перелив); б), в) вади плодових тіл за відносної вологості ґрунту 80-85 %; г) зниження тургору поверхневих тканин шапинок за зниження вмісту вологи у ґрунті до 65 %.**

Втім за зниження вологості покривного шару нижче 65% спостерігали в'янення поверхні шапинок: утворення легких зморшок та втрату еластичності, оксамитовості, навіть за оптимальних режимів відносної вологості повітря (рис. 6.5 – г). Отже, підтримання оптимального вмісту вологи (70...75%) у



покривному ґрунті є важливим фактором формування якості плодових тіл *C. indica*.

Відомо, що вміст вуглекислого газу в оточуючому середовищі суттєво впливає на зовнішній вигляд грибів, що культивуються штучно. Наприклад, підвищення рівня  $\text{CO}_2$  призводить до зупинки розвитку шапинки у гливи степової, зміни її форми у гливи звичайної, швидкого відкриття покривала у печериці, подовження ніжок в усіх означених видів, тощо [6–9]. Плодові тіла *C. indica* нормально розвиваються за підвищення вмісту вуглекислого газу у приміщенні до 3000 ppm (0,3 %), що є абсолютним рекордом серед видів, що культивуються. Втім, за таких умов ми спостерігали легке пожовтіння поверхні шапинок та розрихлення гіменію упродовж 3...4 діб навіть за нерозвинутої шапинки, тоді як за оптимального рівня  $\text{CO}_2$  у 1200...1500 ppm (0,12...0,15 %) гіменіальний шар шапинок набував видимих змін лише на 9...10 добу (рис. 6.6).



**Рис. 6.6. Гіменій плодових тіл *Calocybe indica* на 6-ту добу розвитку в умовах різного рівня  $\text{CO}_2$  у повітрі камер вирощування:**

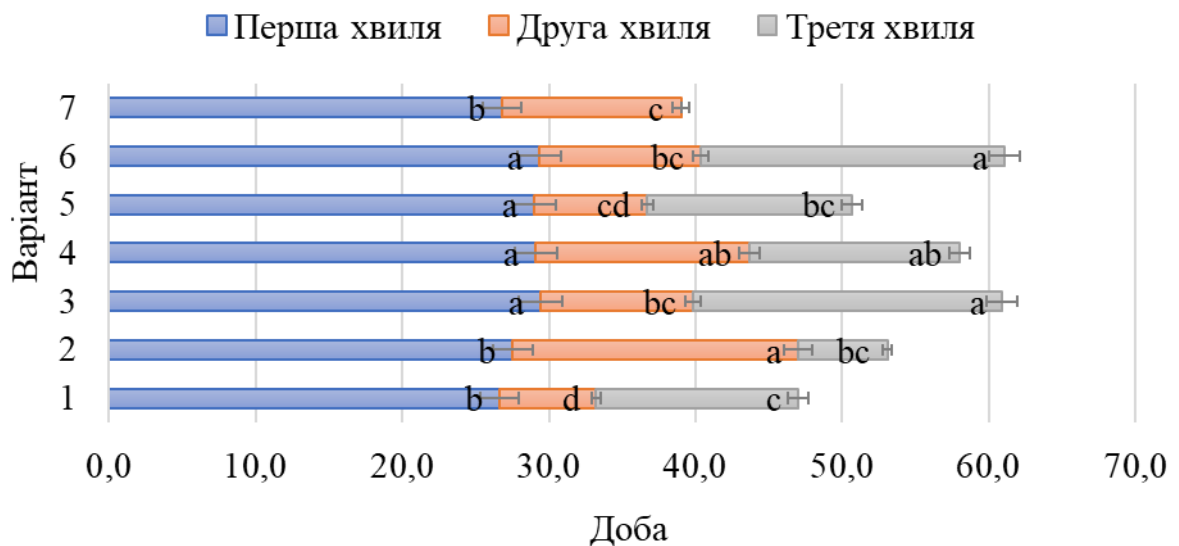
а)  $0,13 \pm 0,01$  % , б)  $0,25 \pm 0,03$  %

Отже, вміст  $\text{CO}_2$  у повітрі камер вирощування також є одним з важливих елементів формування якості плодових тіл *C. indica*, але його вплив на морфологію та, можливо, хімічний склад грибів цього виду потребує більш детального вивчення з оглядом на можливість зниження витрат на енергопостачання, потрібне для примусової вентиляції приміщень. Потрібно додати, що плодові тіла калоцібе індійського не втрачали якості за невеликих

коливань мікрокліматичних умов в камері, якщо температура не знижувалась нижче 24 °С.

### 6.3 Оцінка впливу висоти покривного ґрунту та техніки «скретчингу» на технічні характеристики *Calocybe indica*

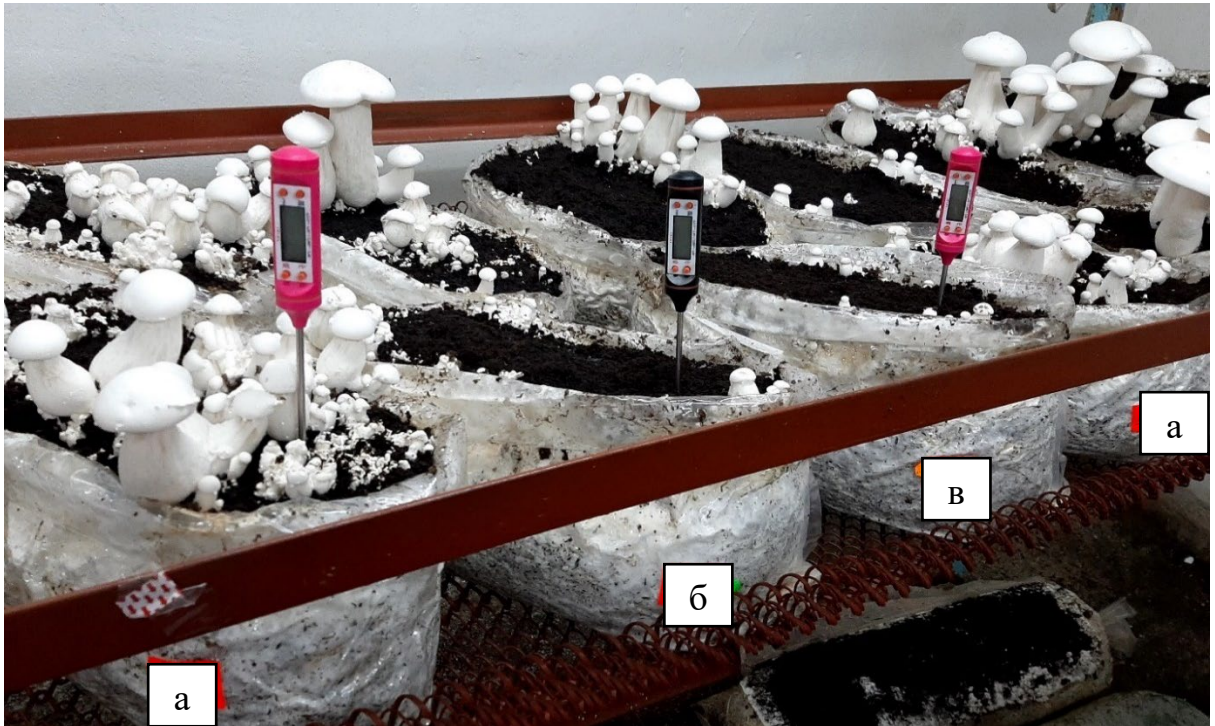
Аналізом отриманих результатів доведено вплив обох досліджених факторів на тривалість циклу вирощування. Найшвидше, через  $26,6 \pm 0,2$  доби, отримували врожай з варіанту (В) нанесення 10 мм покривного ґрунту (ПГ) без проведення скретчингу (В1), що істотно відрізнялось ( $p < 0,001$ ) від результатів варіанту з нанесенням 30 мм ПГ та застосуванням техніки скретчингу, де було визначено найдовшу тривалість вегетації ( $V_6 = 29,4 \pm 0,4$  доби) (рис.6.7).



**Рис. 6.7. Вплив висоти покривного ґрунту (ПГ) на тривалість загального циклу вирощування *Calocybe indica* (три хвилі) за варіантами дослідів за 3 цикли культивування, 2017-2020 рр.:** 1 - висота ПГ 10 мм; 2 - 20 мм; 3 - 30 мм, без скретчингу; 4 - 10 мм ПГ + скретчинг (Ск); 5 - 20 мм + Ск ; 6 - 30 мм + Ск та 7 – без нанесення ПГ та проведення Ск; статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.

Втім по першій хвилі врожаю не виявлено відмінностей між варіантами 1, 2 та 7, де гриби починали збирати на 27...28 день незалежно від висоти ПГ. Більший

вплив мав фактор проведення скретчингу, це приводило до затримки врожаю першої хвилі на 2..3 доби також без залежності від збільшення висоти ПГ. Порівнянням середніх у групах (*U*-тест *Mann-Whitney*) визначено тенденцію до подовження тривалості отримання врожаю першої хвилі зі збільшенням шару покривного ґрунту у варіантах без скретчингу (рис. 6.8). Найкоротший термін отримання врожаю, як зазначено вище, було зафіксовано при нанесенні 10 мм ПГ, тоді за 30 мм ПГ збирання грибів відстрочувалось на 3 доби.



**Рис. 6.8. Початок першої хвилі плодоношення *Calocybe indica* за різної висоти покривного ґрунту: а) 10 мм, б) 20мм; в) 30мм**

Отримані результати співвідносяться з даними науковців, які займаються вивченням особливостей промислового культивування *C. indica* в країнах з тропічним кліматом (Індія, Малайзія, південний Китай). Так, Маурія та співавтори (2019) повідомляли про отримання першої хвилі врожаю на 25 та 31 добу після інокуляції субстратів з соломи пшениці та відходів бавовни відповідно. Інші дослідники звітували про тривалість вегетаційного періоду від 32 до 45 діб при вирощуванні *C. indica* на різних за складом субстратах [4, 9,10]. Однак, результати досліджень, які мають подовжений термін першого врожаю плодівих тіл,

базуються на даних, які отримані з субстратів, де використовували хімічну обробку для виготовлення субстратів. Що додатково підтверджує наші попередні висновки про ефективність методу теплової стерилізації рослинних матеріалів (121 °C). Науковці впевнені, що такий метод підготовки субстратів дозволяє скоротити час колонізації субстратів та утворення примордіїв до 17...21 доби за умов збалансування складу субстрату та використання оптимального рівня ПГ [12, 13]. Також, отримані нами дані щодо тривалості морфогенезу плодових тіл співпадають з опублікованими результатами інших дослідників, які визначили, що від появи примордіїв до повного формування плодових тіл потрібно 4...6 діб [5].

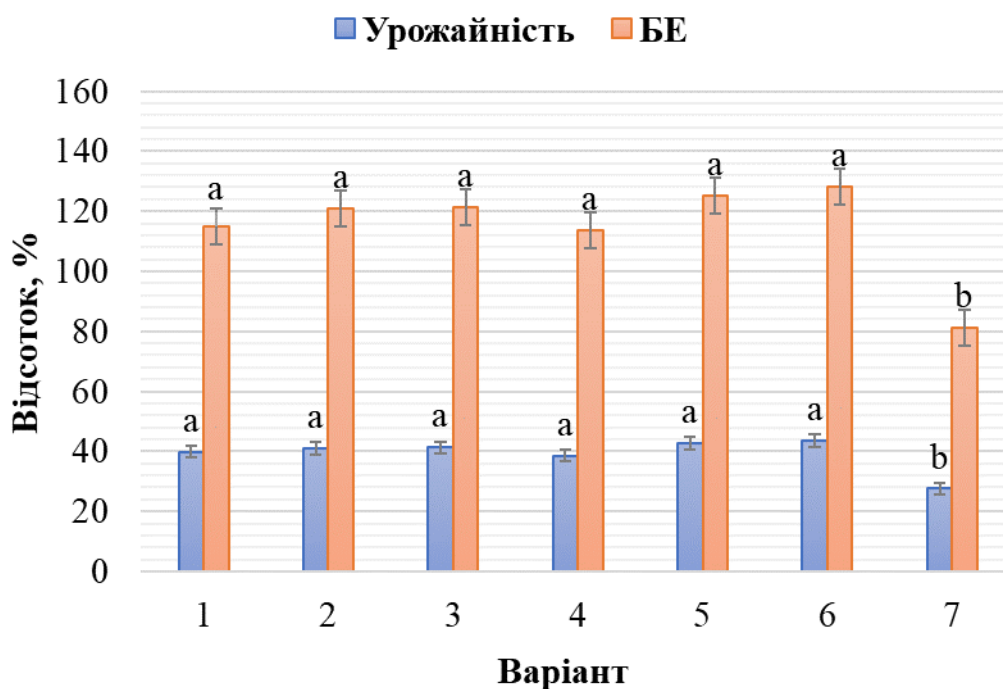
Як зазначалося вище, важко було визначити перехід між хвилями плодоношення, тому дані щодо тривалості другої хвилі плодоношення важко порівнювати, їх визначали за масовим збором (більше 80 % усіх грибів з поверхні субстрату). Втім, найкоротший збір другої хвилі врожаю проведено в 1 варіанті досліджу (10 мм ПГ без скретчингу), а найдовше – у варіанті 2 (20 мм ПГ без скретчингу).

Більш важливим показником стала тривалість загального технологічного циклу (дата закінчення збору грибів). Найкоротший цикл (39 діб) було визначено у варіанті 7, де не наносили ПГ та не проводили скретчинг, тоді як шар покривного ґрунту у 30мм сприяв значному ( $p < 0,001$ ) подовженню збору врожаю до 61 доби як з технікою скретчингу, так і без неї ( $B3 = 60,9 \pm 2,4$  і  $B6 = 61,1 \pm 1,7$  доби). Отже, висота покривного ґрунту виявилась більш вагомим фактором, що впливає на загальний цикл культивування *C. indica*. Але якщо для варіантів 1-3 було визначено позитивну кореляцію ( $R^2 = 0,78$ ) між висотою ПГ та тривалістю технологічного циклу ( $B1 = 47,0 \pm 2,0$ ;  $B2 = 53,1 \pm 5,4$  і  $B3 = 60,9 \pm 2,4$ ), то для варіантів з проведенням скретчингу така залежність була відсутньою ( $R^2 = 0,37$ ).

Подібний аналіз проведено вперше, тому наразі усі механізми процесу формування врожаю не вивчені і потребують додаткових досліджень. Втім, отримані дані узгоджуються з результатами інших науковців, які повідомляли про загальну тривалість технологічного циклу від 44 діб при нанесенні 10 мм ПГ до 64,5 доби за висоти ПГ у 50 мм [5]. Аналогічні результати отримували дослідники

з Кореї, які встановили тривалість циклу у 43,5 доби при нанесенні 15 мм ПГ та 52,3 доби - для 35 мм ПГ [13]. Отже, визначена подібність тенденції подовження тривалості технологічного циклу зі збільшенням висоти покривного ґрунту має враховуватися технологом при плануванні технологічних операцій та маркетингових зобов'язань [14].

Найвищий врожай плодівих тіл -  $43,6 \pm 1,7$  г зі 100 г субстрату (сирої ваги), отримали з варіанту 6 (ПГ- 30 мм, скретчинг). Втім, суттєвих відмінностей між варіантами досліду за врожайністю та біологічною ефективністю не визначено, за виключенням результатів варіанту 7 (без ПГ та скретчингу), з якого було зібрано у 1,6 раза або на 37% менше грибів ( $27,6 \pm 2,3$  г) як порівнювати з варіантом 6 (рис. 6.9)



**Рис. 6.9. Врожайність та біологічна ефективність (БЕ) *Calocybe indica* за різної висоти покривного ґрунту (ПГ) та застосування техніки скретчингу: за 3 цикли культивування, 2017-2020 рр.; 1 - висота ПГ 10 мм; 2 - 20 мм; 3 - 30 мм, без скретчингу; 4 - 10 мм ПГ + скретчинг (Ск); 5 - 20 мм + Ск ; 6 - 30 мм + Ск; 7 – без нанесення ПГ та проведення Ск; статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.**

Потрібно додати, що за порівнянням середніх  $U$ -тестом у групах за фактором скретчингу визначено загальну тенденцію збільшення біологічної ефективності відповідно до підвищення висоти ПГ. Але якщо у варіантах з застосуванням скретчингу різниця між 10 мм та 30 мм висоти ПГ за показниками БЕ була суттєвою ( $113,7 \pm 3,7$  та  $128,1 \pm 5,0$  відповідно,  $\text{НІР}_{05} = 13,2$ ;  $p = 0,04$ ), то без застосування скретчингу тенденція збільшення БЕ була менше вираженою та статистично не доказаною ( $115,1 \pm 2,8$  та  $121,4 \pm 4,3$  відповідно,  $\text{НІР}_{05} = 15,4$ ;  $p = 0,32$ ).

Найвищу БЕ *C. indica* отримували за нанесення 30 мм ПГ та проведення скретчингу (В6 -  $128,1 \pm 5,0$  %), а найменшу у В7 ( $81,1 \pm 6,9$  %), там, де не застосовували жодної техніки.



**Рис. 6.10. Розвиток плодівих тіл *Calocybe indica* першої хвилі плодоношення на поверхні субстрату з різною висотою покривного ґрунту:**

а) 20 мм, б) 30 мм

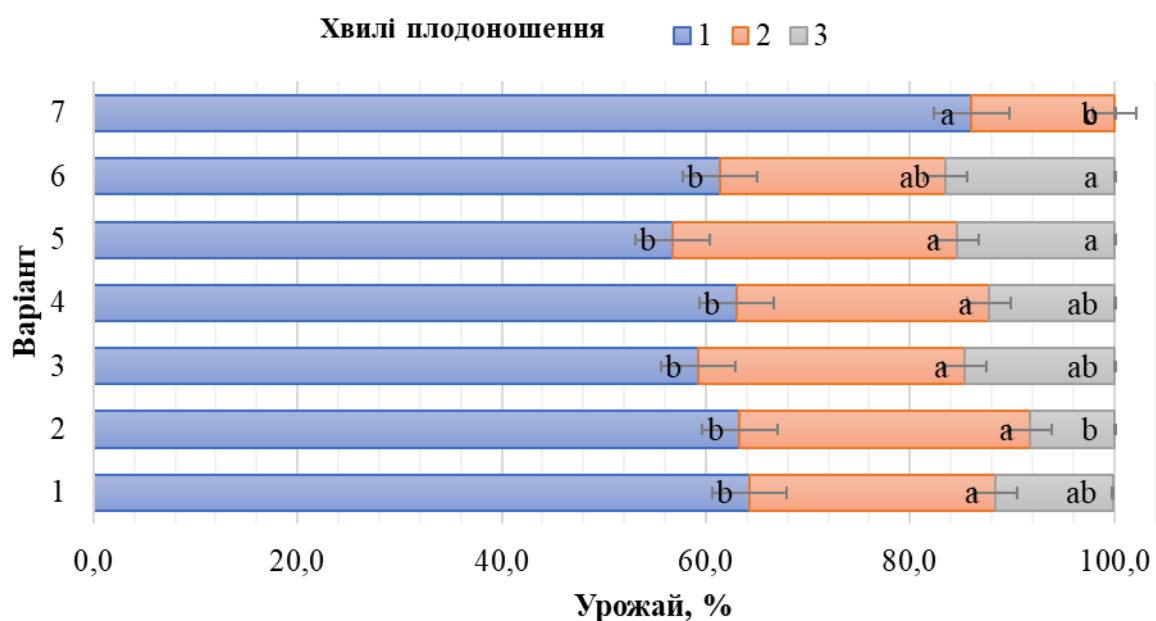
Двохфакторним аналізом даних (ANOVA) не визначено істотного впливу ( $p = 0,55$ ) на показники врожайності та БЕ сукупності вивчених факторів. Однак, за результатами однофакторного аналізу (ANOVA) у групах доведено значний

( $p = 0,002$ ) вплив фактору висоти покривного ґрунту як на тривалість загального циклу вирощування, так і біологічну ефективність (рис. 6.7 та 6.9). Додаткове порівняння груп середніх за допомогою U-тесту Манна-Уїтні ( $p = 0,04$ ) також доводить тенденцію до збільшення біологічної ефективності *C. indica* після застосування техніки скретчингу.

Отримані результати узгоджуються з даними Amin R. та ін. (2010), які зазначали істотне збільшення ВЕ *C. indica* з 24,7 % за висоти ПГ у 10 мм до 86,76 % при висоті шару 50 мм [13]. Втім, інші автори повідомляли, що найвищі врожаї було отримано при нанесенні 15 і 20 мм ПГ, де ВЕ сягала відповідно 136,4 та 140,3 %, тоді як за висоти ПГ у 35 мм, цей показник знижувався до 124,3 % [5]. Наразі існує висока розбіжність даних у публікаціях різних авторів, втім це може бути пов'язано з різноманітною структурою та природою матеріалів, що використовуються у якості покривного ґрунту [10, 12]. Таке пояснення підтверджується результатами досліджень Наватхе (Navathe et al.), за якими 79,94 % ВЕ *C. indica* отримано за використання у якості ПГ суміші піску та звичайного ґрунту (1: 1), тоді як додавання відходів виробництва біогазу у співвідношенні пісок/ ґрунт/відходи (1: 1: 1) сприяло підвищенню ВЕ 180,32 % [15]. Однак, потрібно визначити, що *C. indica* – достатньо молода культура на ринку грибів і, відповідно, в сфері наукових інтересів практичної мікології. Наразі невідомо про походження, кількість та особливості штамів, які використовуються для промислового вирощування у різних країнах, відсутня інформація щодо їх генетичного аналізу, морфологічних та фізіологічних особливостей у період адаптації до вирощування на різних субстратах та в різних умовах навколишнього середовища. Тому аналіз факторів, які мають вплив на врожайність і ВЕ культиварів *C. indica* потребує подальших досліджень для розробки чіткої та прогнозованої технології їх вирощування.

Зокрема, відсотковий розрахунок отриманого врожаю за хвилями плодоношення дає змогу оцінити доцільність підтримання відповідних мікрокліматичних умов впродовж циклу культивування. Аналізом отриманих даних доведено істотну різницю між хвилями плодоношення за масою отриманого

врожая. Так, на субстраті без ПГ та скретчингу маса першої хвилі складала 86 % від загального врожаю, маса другої відповідно 14 %, бо третьої хвилі врожаю вже не було (рис.6.11). Такий метод вирощування *C. indica* досліджено вперше, у літературі відсутні дані про вирощування цього виду без покривного ґрунту, тому з оглядом на наведені вище показники культивування такий метод може бути достатньо ефективним у разі високої вартості ПГ та оплати працівників, задіяних у технічних заходах.



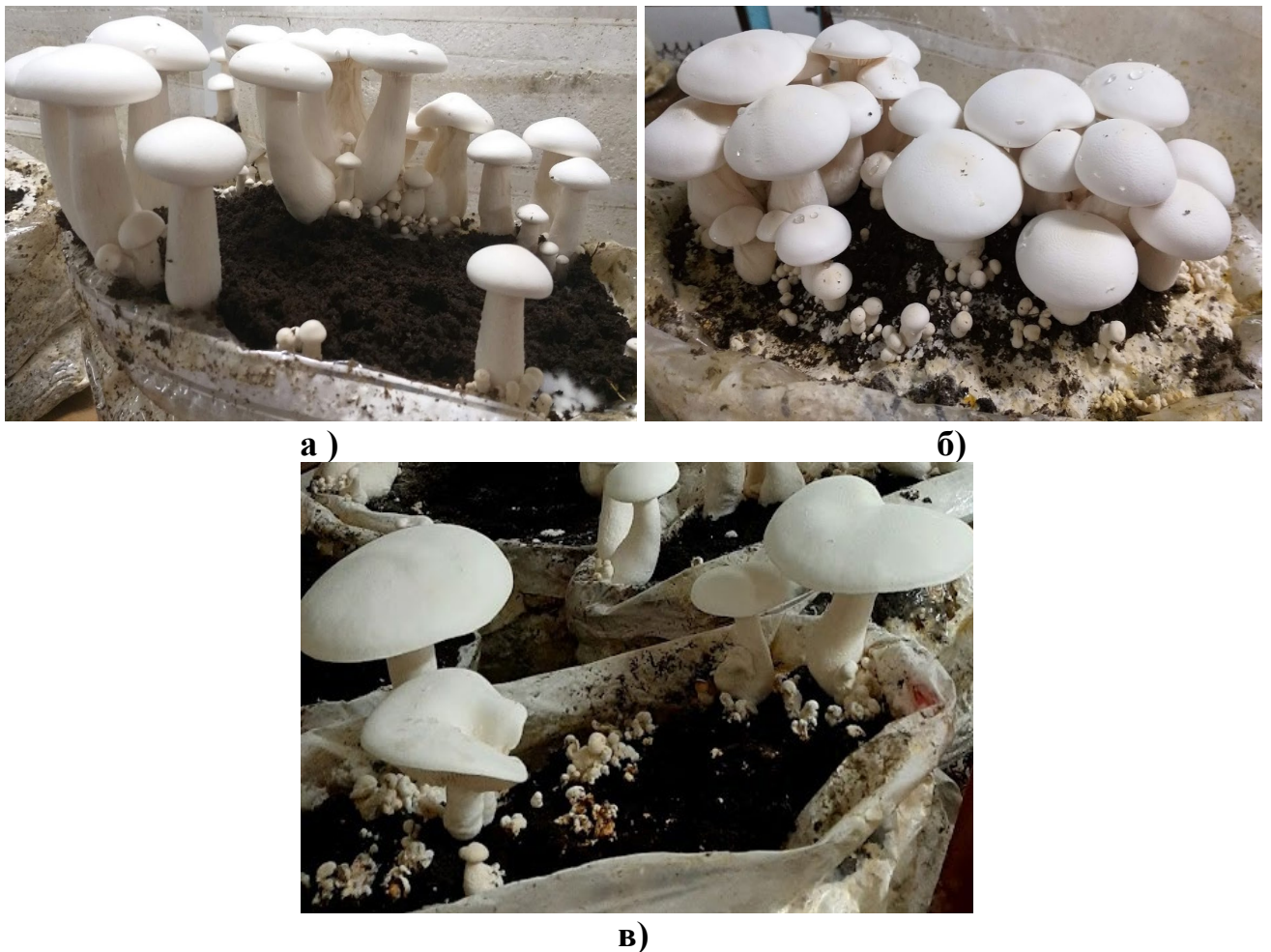
**Рис. 6.11. Розподілення врожаю *Calocybe indica* за хвилями плодоношення, варіанти дослідів:** за 3 цикли культивування, 2017-2020 рр.; 1 - висота ПГ 10 мм; 2 - 20 мм; 3 - 30 мм, без скретчингу; 4 - 10 мм ПГ + скретчинг (Ск); 5 - 20 мм + Ск; 6 - 30 мм + Ск; 7 – без нанесення ПГ та проведення Ск; статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.

Для інших варіантів дослідів суттєвих відмінностей у розподіленні врожаю за хвилями не визначено, втім була присутня загальна тенденція до зменшення маси зібраних грибів з наступними хвилями плодоношення, що є характерною для будь-яких видів що культивуються. Так, відомо, що найбільша частина врожаю



збирається на першій та другій хвилях плодоношення таких грибів як *A. bisporus*, *Coprinus cinereus*, *Pleurotus flabellatus* та *Volvariella volvacea* [16,17].

Маса першої хвилі плодоношення *C. indica* коливалась від 56,7 (B5) до 63,3 % (B1- 2), а вихід плодових тіл на другій хвилі складав 22,1 (B6) до 28,4 % (B2). Третя хвиля плодоношення в усіх варіантах досліду була найменшою та набувала від 8,2 (B2) до 16,5 % (B6). За результатами статистичного аналізу не визначено суттєвого впливу як окремих факторів, так і їх сукупності ( $p = 0,62$ ) на розподілення маси врожаю за хвилями. Втім, візуально характер плодоношення розрізнявся (рис. 6.10, 6.12). Наприклад, за нанесення 10-20 мм покривного ґрунту плодові тіла утворювалися по всій поверхні субстрату (рис. 6.10 -а), тоді як за висоти у 30 мм перша хвиля плодоношення відбувалася лише по периметру пакетів з субстратом (рис. 6.10 – б, 6.12 – а).



**Рис. 6.12. Зовнішній вигляд плодових тіл *Calocybe indica*, вирощених з покривним ґрунтом шаром 30 мм, відповідно до хвиль плодоношення:**

а) перша хвиля; б) друга хвиля; в) третя хвиля.

Потрібно додати, що таке розташування грибів обумовлювало значні морфологічні зміни, зокрема збільшення ніжок у грибів, що росли по периметру пакетів. Втім, на другій хвилі плодоношення спостерігали розвиток плодових тіл по всій поверхні субстрату незалежно від застосованих технік культивування. Отже, висота покривного ґрунту має більший вплив на характер розподілення грибів, ніж техніка скретчингу, що було неочікуваним з оглядом на результати культивування інших видів, де після скретчингу розподілення грибів по поверхні субстрату було рівномірним та сприяло підвищенню ефективності вирощування [18, 19].

Зовнішній вигляд грибів третьої хвилі відрізнявся від попередніх за рахунок потоншення ніжки та шапинки, яка навіть у молодому віці мала більш плоску форму (рис. 6.12. – в). Цей факт потребує додаткових практичних спостережень та введення коректив з оглядом на розрахунок ефективності мікрокліматичного підтримання третьої хвилі плодоношення та у світі збереження якості отриманої сировини.

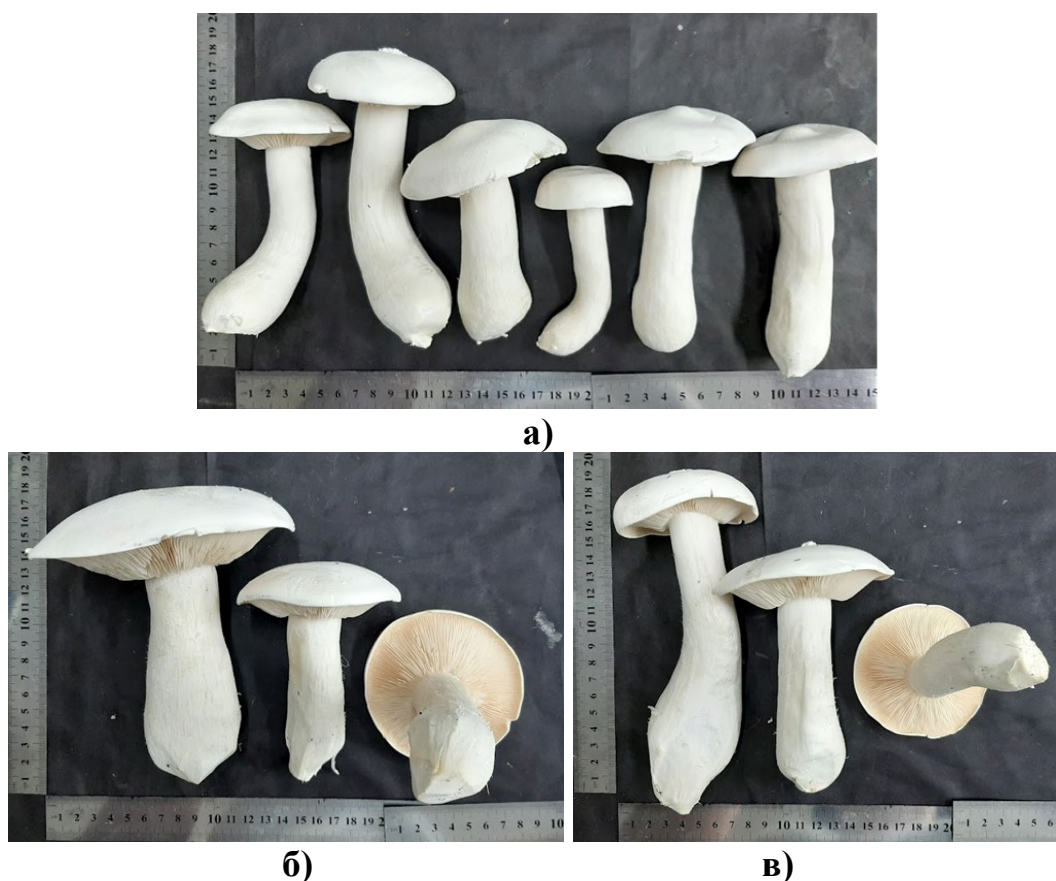
Отримані результати відрізнялися від опублікованих раніше даних, які свідчать про відносно рівномірне розподілення врожаю за хвилями, яке складало 41 та 40 % по першій та другій хвилі відповідно за висоти ПГ у 15 мм, та 42 і 48 % якщо шар ПГ досягав 25 мм [20]. Однак за застосування ПГ шаром 35 мм розподілення врожаю за хвилями мало схожу з нашими результатами тенденцію 47 та 38 % по першій та другій хвилі відповідно [5]. За результатами іншого дослідження з вирощування *C. indica* на субстратах з рисової соломи розподілення між трьома хвилями врожаю складало 51,4, 30,2 та 18,4 % відповідно [11].

Цікаво, що відсоток третьої хвилі плодоношення в усіх експериментах був подібним та не перевищував 19% від загальної маси врожаю, що підтверджує наші висновки щодо необхідності економічного обґрунтування доцільності отримання третьої хвилі врожаю. Постійне зростання цін на енергію та воду може звести нанівець прибутки підприємства за подовження циклу вирощування *C. indica* до 60 діб з використанням систем підтримання постійного мікроклімату. Отже, в економічних розрахунках слід враховувати вартість очікування третьої хвилі

врожаю, яке, за відомими та отриманими у представленому експерименті даними може тривати від 6 до 21 доби [5].

За результатами статистичного аналізу (ANOVA Two Factor) не визначено суттєвого впливу досліджених факторів ( $p = 0,55$ ) на масу плодових тіл *C. indica* першої хвилі плодоношення, можливо за широкої варіативності вибірок за цим показником. Цікаво, що за у варіантах без проведення скретчингу найбільшу середню масу ( $90,7 \pm 4,4$  г) мали плодові тіла зібрані з субстрату, де ПП наносили шаром 30 мм, тоді як за проведення скретчингу – навпаки, найважчі плодові тіла збирали у варіанті з найменшою висотою ПП (10 мм). У цілому, плодові тіла цього культивару були істотно важчими, як порівнювати з іншими видами грибів, що культивуються: гливою звичайною, легеневою чи золотою, опеньками, навіть з гливою степовою, чії плодові тіла важать 55...60 г [21]. За результатами проведених досліджень можливо говорити, що *C. indica* на даний час є абсолютним лідером за масою окремих плодових тіл, яка у досліді набувала значень від 79 до 91 г. Інші морфологічні характеристики плодових тіл *C. indica* мали певні відмінності за варіантами досліду, які можливо було спостерігати навіть візуально (рис. 6.13).

Найбільший діаметр шапинки ( $86,0 \pm 3,3$  мм) було визначено у плодових тіл, отриманих з субстрату без скретчингу та нанесення покривного ґрунту (В7), тоді як суттєво ( $p = 0,03$ ) менший діаметр шапинки ( $75,8 \pm 1,8$  мм) мали плодові тіла з субстрату, де наносили 10 мм ПП та не проводили скретчингу (В1). За відсутності скретчингу шапинки грибів були ширшими з підвищенням шару ПП, що могло б бути пояснено більшою сталістю оточуючого водного режиму, втім за проведення скретчингу спостерігали протилежну закономірність, зі збільшенням шару ПП зменшувався діаметр шапинки (табл. 6.4). Отже, статистичного доведеного впливу взаємодії факторів на цю морфологічну характеристику не визначено, втім кожен окремий фактор мав певний вплив у рамках групи.



**Рис. 6.13. Зовнішній вигляд плодових тіл *Calocybe indica* першої хвилі плодоношення без застосування скретчингу:**

а) висота ПГ – 10мм, б) 20 мм, в) 30 мм.

Таблиця 6.4

**Морфологічні характеристики плодових тіл *Calocybe indica* (середнє ± ст. помилка 3 цикли культивування, 2017-2020 рр.)**

Варіант досліджу	Параметр (середнє ± ст. помилка)				
	Маса, г	Діаметр шапинки, мм	Товщина шапинки, мм	Висота ніжки, мм	Діаметр ніжки, мм
1	87,8 ± 5,3	75,8 <sup>c</sup> ± 1,8	27,5 <sup>c</sup> ± 0,7	99,7 <sup>bc</sup> ± 2,3	39,5 <sup>a</sup> ± 1,3
2	84,9 ± 4,7	83,9 <sup>ab</sup> ± 2,0	28,0 <sup>c</sup> ± 0,6	98,5 <sup>c</sup> ± 2,0	34,2 <sup>b</sup> ± 1,1
3	90,7 ± 4,4	82,5 <sup>ab</sup> ± 1,7	31,7 <sup>b</sup> ± 1,1	108,4 <sup>a</sup> ± 2,3	32,9 <sup>bc</sup> ± 0,9
4	86,0 ± 5,2	83,3 <sup>ab</sup> ± 2,2	29,4 <sup>bc</sup> ± 1,2	95,3 <sup>c</sup> ± 2,6	34,9 <sup>b</sup> ± 1,2
5	78,9 ± 4,3	80,5 <sup>b</sup> ± 1,9	30,1 <sup>b</sup> ± 0,6	97,1 <sup>c</sup> ± 2,5	32,8 <sup>c</sup> ± 1,0
6	79,7 ± 4,7	78,0 <sup>bc</sup> ± 2,0	30,1 <sup>b</sup> ± 0,7	105,0 <sup>ab</sup> ± 2,2	31,1 <sup>cd</sup> ± 1,0
7	90,0 ± 3,2	86,0 <sup>a</sup> ± 3,3	43,3 <sup>a</sup> ± 1,6	80,6 <sup>d</sup> ± 1,3	29,0 <sup>d</sup> ± 1,6
<i>p-value</i>	0,60	0,03	0,0001	0,0001	0,0001

*Примітка:* Варіанти досліджу: 1 - висота ПГ 10 мм; 2 - 20 мм; 3 - 30 мм, без скретчингу; 4 - 10 мм ПГ + скретчинг (Ск); 5 - 20 мм + Ск; 6 - 30 мм + Ск; 7 – без нанесення ПГ та проведення Ск. статистично доведена відмінність ( $p < 0,05$ ) між результатами показана різними буквами латинського алфавіту, співпадіння букв означає відсутність суттєвої різниці між середніми.

Товщина шапинки варіювала від максимуму  $43,3 \pm 1,6$  мм (B7) до мінімуму  $27,5 \pm 0,7$  мм (B1). Існувала тенденція до збільшення товщини шапинки за збільшення висоти ПГ у групі (B1-B3), тобто без застосування скретчингу, тоді як у групі зі скретчингом ця тенденція була незначною (B4-B6). Отримані дані підтверджують результати Amin (2010)., за якими який максимальну товщину шапинки (18,2 мм) отримували за висоти ПГ у 50 мм, а мінімальну - 13,3 мм за висоти шару ПГ у 10 мм [13]. Цікаво, що найбільші плодові тіла за масою, діаметром та товщиною шапинки отримували у варіанті без ПГ та скретчингу, втім вони мали найнижчі за висотою та найтонші за діаметром ніжки:  $80,6 \pm 1,3$  та  $29,0 \pm 1,6$  мм відповідно, і суттєво відрізнялися від інших варіантів досліду.

За порівнянням середніх за допомогою *U-тесту Манна-Уїтні* визначено тенденцією позитивного впливу висоти ПГ на висоту ніжки в обох групах досліду, отже цей фактор потрібно враховувати при прогнозуванні необхідних параметрів цієї ознаки. Так, плодові тіла, вирощені з шаром ПГ у 30 мм мали ніжки з висотою  $108,4 \pm 2,3$  (B3) та  $105,0 \pm 2,2$  (B6) мм, тоді як за нанесення 10 мм ПГ їх висота досягала лише  $99,7 \pm 2,3$  (B1) та  $95,3 \pm 2,6$  (B4). При цьому фактор застосування скретчингу негативно впливав на висоту ніжки і за порівнянням середніх *U-тестом* між групами доведено суттєвість цього впливу ( $p = 0,01$ ). Потрібно сказати, що ніжки плодових тіл *C. indica* мали ніжну текстуру і певні технічні переваги у процесі виготовлення слайсів для салатів. Отже, з оглядом на подальшу переробку отримання плодових тіл з довгими та товстими ніжками є переважним. Отримані результати узгоджуються з даними Amin et al., які отримували плодові тіла з мінімальною висотою у 26,8 мм з субстратів, де було нанесено 10 мм ПГ, і максимальною – у 95,1 мм – там, де застосовували шар ПГ у 30 мм [13].

За результатами статистичного аналізу було визначено суттєвий вплив висоти ПГ на діаметр ніжки з тенденцією зменшення цього морфологічного показника зі збільшенням висоти ПГ, яку спостерігали в обох групах досліду: найбільший діаметр мали плодові тіла зібрані при застосуванні 30 мм шару ПГ у варіантах 1 та 4 ( $39,5 \pm 1,3$  та  $34,9 \pm 1,2$  відповідно) , тоді як найменший діаметр ніжок у  $32,9 \pm 0,9$  (B3) та  $31,1 \pm 1,0$  (B6) мм отримували з висотою ПГ – 10 мм.

Втім, найнижчий результат у досліді за цією ознакою ( $29,0 \pm 1,6$  мм) отримано без застосування покривного ґрунту. Також U-тестом порівняння середніх між групами доведено, що проведення скретчингу додатково зумовлює зменшення діаметру ніжки та має суттєвий вплив ( $p = 0,01$ ) на цей показник.

Отримані результати є повністю протилежними до висновків Аміна та ін. (Amin R. et al.), які стверджували, що між діаметром ніжки та висотою ПГ існує пряма кореляція. Наприклад, ніжки з середнім діаметром у 23,9 та 30,5 мм отримували за висоти ПГ у 10 і 50 мм відповідно [13]. Ми пов'язуємо визначені відмінності з різними умовами дослідів, зокрема, використанням багатокомпонентних субстратів з високим рівнем поживності, тоді як опубліковані матеріали стосуються вирощування *C. indica* на однокомпонентних рослинних субстратів з рисової, кукурудзяної або пшеничної соломи [4, 11, 13]. Ми також не можемо стверджувати, що індивідуальні генетичні особливості культиварів та відміни в умовах оточуючого середовища не могли додатково вплинути на виявлені відмінності з даними інших авторів [20, 21].

Аналізом хімічного складу плодових тіл (ПТ) визначено, що відсутність ПГ (В7) зумовлювала суттєве зниження вмісту сухої речовини ( $p = 0,003$ ). Так, ПТ цього варіанту містили найменшу кількість сухих речовин ( $8,2 \pm 0,1$  %) у досліді, тоді як найвищий результат ( $12,6 \pm 0,5$  %) було отримано для В4 з висотою ПГ у 10 мм та застосуванням скретчингу (табл. 6.5). Цікаво, що проведення скретчингу обумовлювало підвищення вмісту сухих речовин у ПТ незалежно від висоти ПГ, тоді як без застосування цієї техніки спостерігали тенденцію зниження вмісту СР з підвищенням шару ПГ.

Не вдалося визначити закономірностей впливу досліджених факторів на вміст протеїнів, втім отримані результати суттєво відрізнялись. Найвищу кількість визначено у В4 (10 мм ПГ та скретчинг) з результатом 14,6 % по СР, найнижчу - у В1 (10 мм ПГ без скретчингу). За результатами порівняння середніх між групами визначено позитивний вплив застосування скретчингу на вміст вуглеводів у ПТ *C. indica*, хоча вплив фактору висоти ПГ виявився незначним в обох групах.

**Хімічний склад плодових тіл *Calocybe indica* (середнє ± ст. помилка 3 цикли  
культивування, 2017-2020 рр.)**

Варіант	Протеїни	Вуглеводи	ЕндоПС	Ліпіди	Зола	СР
1	8,1 <sup>c</sup> ±0,7	67,8 <sup>bc</sup> ±1,6	8,1 <sup>a</sup> ±0,4	7,8 <sup>a</sup> ±1,0	8,3 <sup>ab</sup> ±0,3	11,2 <sup>ab</sup> ±1,0
2	12,3 <sup>ab</sup> ±0,4	64,9 <sup>c</sup> ±0,3	5,9 <sup>b</sup> ±0,2	8,8 <sup>a</sup> ±0,2	9,1 <sup>a</sup> ±0,4	10,2 <sup>bc</sup> ±0,8
3	11,5 <sup>abc</sup> ±1,2	69,7 <sup>b</sup> ±1,5	5,2 <sup>c</sup> ±0,1	4,7 <sup>b</sup> ±0,6	8,7 <sup>a</sup> ±0,1	9,0 <sup>c</sup> ±0,6
4	14,6 <sup>a</sup> ±0,8	71,3 <sup>ab</sup> ±1,1	5,0 <sup>c</sup> ±0,7	3,3 <sup>c</sup> ±0,0	5,7 <sup>d</sup> ±0,1	12,6 <sup>a</sup> ±0,5
5	13,2 <sup>bc</sup> ±1,0	69,9 <sup>b</sup> ±1,0	5,8 <sup>bc</sup> ±0,3	4,3 <sup>bc</sup> ±0,7	6,7 <sup>c</sup> ±0,4	12,0 <sup>ab</sup> ±0,7
6	10,6 <sup>bc</sup> ±0,6	74,3 <sup>a</sup> ±1,2	4,9 <sup>c</sup> ±0,2	3,2 <sup>c</sup> ±0,8	6,7 <sup>c</sup> ±0,2	12,2 <sup>ab</sup> ±0,8
7	11,5 <sup>abc</sup> ±0,8	71,1 <sup>ab</sup> ±0,4	6,3 <sup>b</sup> ±0,3	3,6 <sup>bc</sup> ±0,2	7,4 <sup>bc</sup> ±0,1	8,2 <sup>c</sup> ±0,1
<i>p-value</i>	0,029	0,001	0,0001	0,0001	0,0001	0,003

*Примітка.* Вміст складових визначено у відсотках на суху речовину; ЕндоПС–ендополісахариди; СР – сухі речовини; *p-value* - значення імовірності або асимптотична значимість; варіанти досліду: 1 - висота ПГ 10 мм; 2 - 20 мм; 3 - 30 мм, без скретчингу; 4 - 10 мм ПГ + скретчинг (Ск); 5 - 20 мм + Ск; 6 - 30 мм + Ск; 7 – без нанесення ПГ та проведення Ск.

Найвищий результат у досліді отримано за застосування скретчингу та висоти ПГ у 30 мм (В6 = 74,3 ± 1,2 %), а найнижчий (64,9 ± 0,3 %) у В2 (висота ПГ 20 мм без скретчингу). Кількість ендopolісахаридів у ПГ з підвищенням рівня ПГ лінійно зменшувалась у варіантах без проведення скретчингу від 8,1 ± 0,4 % (найвищий результат у досліді – В1) до 5,2 ± 0,1 % (В3). Однак, такої чіткої тенденції за проведення скретчингу не спостерігали, але найменшу у досліді кількість полісахаридів (4,9 ± 0,2) визначено у ПГ з В6.

Порівнянням середніх між групами доведено, що проведення скретчингу суттєво зменшувало кількість ліпідів у ПГ *C. indica*. Так, найвищий результат вмісту ліпідів у В2 (20 мм ПГ без скретчингу) - 8,8 ± 0,2 % у 2,8 раза перевищував найменший у 3,2 ± 0,8 %, отриманий у В6 (30 мм ПГ зі скретчингом). Також низький вміст ліпідів мали плодові тіла, вирощені без ПГ (3,6 ± 0,2), втім за загальною оцінкою фактор висоти ПГ виявився не суттєвим для цієї характеристики.

Також, застосування техніки скретчингу суттєво впливало на вміст золи у ПГ ( $p = 0,0001$ ). У плодових тілах, зібраних у варіантах досліду без скретчингу вміст золи на 2-3 % був вищим як порівняти з результатами варіантів зі

скретчингом. Впливу фактору висоти ПГ на цю складову за статистичним аналізом не визначено.

Хімічний склад плодових тіл, отриманих в експерименті узгоджується з опублікованими раніше даними. Так, Сардар та ін. визначали вміст протеїну на рівні 19,32 - 23,67 %, але з використанням коефіцієнту перерахунку 6,25 [4]. Втім, вважається, що більш прийнятним є загальноприйнятий коефіцієнт 4,28, який враховує особливість грибів до утворення глюкан-протеїнових комплексів та визначає вміст чистих протеїнів [24]. Отже, за перерахунку відомих даних з іншими коефіцієнтами отримані нами результати є повністю співставними. Вміст мінеральних та органічних речовин в ПТ *C. indica*, визначений в проведеному експерименті, також узгоджувався з опублікованими раніше даними. Отримані результати доводять можливість ефективної адаптації технології вирощування тропічного виду *C. indica* в умови помірного клімату з можливістю отримання плодових тіл з необхідними характеристиками харчової цінності та задовільними морфологічними ознаками. Економічний ефект промислового культивування грибів *C. indica* 2589 середньому за 3 цикли культивування складав 11684 грн на 1000 кг свіжих грибів за середньою ціною 30 грн/кг (2019-2020 рр.) та рентабельністю виробництва 63 %, що у 21% вище як порівняти з гливою звичайною (Додаток Е.2, рис. Е.2).

#### **Висновки до розділу VI:**

1. Вперше в умовах помірного клімату проведено успішну апробацію технології промислового вирощування тропічного виду *Calocybe indica* або «Milky mushroom» з використанням субстратів, виготовлених з локальних агровідходів методами АФВШ та стерилізації, розроблено виробничий регламент культивації який дозволяє отримувати плодові тіла споживчої якості з низькою собівартістю.

2. Доведено підвищення біологічної ефективності культивару до  $134,4 \pm 7,2$  % при застосуванні стерильних субстратів, що більше ніж у 2 рази перевищує результат, отриманий при застосуванні субстратів, виготовлених методом АФВШ.



3. Виявлено позитивний ефект підвищення вмісту нітрогену в складі субстратних композицій на технічні показники культивування *C. indica*. За вмісту нітрогену 1,36 % у сухій речовині субстрату появу перших примордіїв спостерігали на 29 добу, тоді як за 0,75 % - тільки на 31 добу від дати інокуляції. За збагачення субстратів додаванням насіння ріпаку та кукурудзяного борошна біологічна ефективність культивару зростала на 38 %.

4. Визначено, що режим інкубації з температурою приміщення на рівні  $30 \pm 1$  °C позитивно впливає на вегетативний ріст міцелію *C. indica*: примордії почали формуватися на  $20 \pm 2$  добу, що на 7 та 6 діб скорочувало вегетаційний період як порівнювати з результатами інкубації за температури 26 та 34 °C відповідно.

5. Виявлено оптимальні параметри мікрокліматичних умов, які забезпечують формування задовільних морфологічних показників плодових тіл *C. indica*: відносна вологість повітря на рівні 95...98 %, вміст вологи у покривному ґрунті до 75 %, вміст CO<sub>2</sub> на рівні 0,125...0,15 % (1250-1500 ppm).

6. Визначено можливість отримання врожаю *C. indica* без застосування покривного ґрунту. Втім, такий регламент вирощування зумовлює зменшення загальної маси врожаю на 16 %, але може бути застосований з урахуванням економічної доцільності, бо обумовлює скорочення технологічного циклу на  $8 \pm 1$  діб як порівнювати з варіантом з 10 мм покривного ґрунту та на 22 доби ніж у варіанті з 30 мм. З іншої сторони усунення операції нанесення покривного ґрунту забезпечує зменшення витрат на технічні процедури формування врожаю та післязбиральні операції.

7. Доведено позитивний вплив висоти покривного ґрунту та застосування техніки скретчингу на біологічну ефективність *C. indica*, яка була найвищою ( $128,1 \pm 5,0$  %) в експерименті за нанесення 30 мм ПП та проведення скретчингу.

8. Збільшення висоти ПП також сприяло збільшенню товщини шапинки та висоти ніжок плодових тіл *C. indica*, але мало негативний вплив на діаметр ніжок. Допускаємо, що застосування досліджених технік може використовуватися для формування морфологічних характеристик врожаю відповідно до типорозмірів тари.

9. Визначено суттєвий вплив застосування техніки скретчингу на підвищення вмісту сухих речовин в плодових тілах культивару на 1...3 %, також ця операція зумовлювала зниження вмісту ліпідів в 2 та золи в 1,4 раза, тому може застосовуватися для певного коригування хімічного складу врожаю.

**Результати досліджень розділу VI опубліковані у роботах:**

1. Бандура И.И. Перспективы интродукции тропического гриба *Calocybe indica* Purkay. & A. Chandra в украинское грибопроизводство. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. 96 (1). С. 319–342, <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2020-96-1-319-342>.

2. 5. Bandura I., Isikhuemhen O.S., Kulik A., Bisko N.A., Serdyuk M., Khareb V., Khareba O., Ivanova I., Priss O., Tsyz O., Makohon S., Chaouf S. Biology and nutritional contents in the culinary-medicinal Milky white mushroom, *Calocybe indica* (*Agaricomycetes*), during cultivation involving casing and scratching treatments. *Int J Med Mushrooms*. 2021. Vol. 23, №12. С.53–63. <https://doi.org/10.1615/intjmedmushrooms.2021040535>.

3. Bandura, I., Kulik, A.. Effect of casing and scratching treatments on nutritional contents in cultivated *Calocybe indica*. *Новачії в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*: друга міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 23 листопада 2021 р., матеріали конференції під заг. ред. В.М. Кюрчева, Мелітополь, ТДАТУ, 2021. С. 152–154.

**Список використаної літератури до розділу VI**

1. Abou-Elftouh M.A., Eman O.H., Bekhit M.M.M., Hassan A.M. Morphological and molecular characterization of milky mushroom *Calocybe indica* Mutants. *Middle East J Agric Res*. 2016. Vol. 5, № 4. P. 739–751.

2. Бандура І.І. Удосконалення елементів технології промислового виробництва їстівних грибів роду *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. Київ: НУБіП, А.: дис. к. с.–г. н.: спец, 6(06). 2014. 227 с.

3. Бисько Н.А., Билай В.Т. Термофильные бактерии и селективность субстрата для выращивания видов рода вешенка. Комплексный подход к культивированию вешенки. Киев: ООО "Международная консультативно-производственная группа "ГРИБЫ," 2001. P. 21–30.

4. Sardar H., Anjum M.A., Nawaz A., Naz S., Ejaz S., Ali S., Haider S.A. Effect of different agro-wastes, casing materials and supplements on the growth, yield and nutrition of milky mushroom (*Calocybe indica*). *Folia Horticulturae*. De Gruyter Poland, 2020. Vol. 32, № 1. P. 115–124. <https://doi.org/10.2478/fhort-2020-0011>.

5. Subramanian K., Shanmugasundaram K. Optimization of casing process for enhanced bioefficiency of *Calocybe indica*, an indigenous tropical edible mushroom // *International Journal of Recent Scientific Research*. Citeseer, 2015. Vol. 6. P. 2594–2598.

6. Bellettini M.B., Fiorda F. A., Maieves H.A., Teixeira G.L., Ávila S., Hornung P.S., Júnior A.M., Ribani R.H. Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2016. Vol. 26, № 4, P. 633–646. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.005>.

7. Chang S.T., Wasser S.P. The Cultivation and Environmental Impact of Mushrooms. *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. 2017. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.231>.

8. Pavlík M., Fleischer P., Šuleková M. Evaluation of the carbon dioxide production by fungi under different growing conditions. *Current Microbiology*. 2020. Vol.77. P. 2374–2384. <https://doi.org/10.1007/s00284-020-02033-z>.

9. Rai A., Rai P.K., Singh S., Sharma N.K., Sharma N.K. Production Techniques of Tropical Mushrooms in India. Chapter: 3. Environmental factors affecting edible and medicinal mushroom production. 2021. P. 67–81.

10. Maurya A.K., John V., Murmu R., Simon S. Impact of different substrates for spawn production and production of milky mushroom (*Calocybe indica*). *Int J Pharma Bio Sci*. 2019. Vol. 10, № 3. P. 5–10. <http://dx.doi.org/10.22376/ijpbs.2019.10.3.b5-10>.

11. Patel P., Trivedi R. Yield performance of *Calocybe indica* on different agricultural substrate. *International Research Journal of Engineering, IT and Scientific*

*Research*. Scientific and Literature Open Access Publishing, 2016. Vol. 2, № 3. P. 66–71. <https://doi.org/10.21744/IRJEIS.V2I3.45>.

12. Alam N., Amin R., Khair A., Lee T.S. Influence of different supplements on the commercial cultivation of milky white mushroom. *Mycobiology*. 2010. Vol. 38, № 3. P. 184–188. <https://doi.org/10.4489/MYCO.2010.38.3.184>.

13. Amin R, Khair A, Alam N, Alam N, Lee TS. Effect of different substrates and casing materials on the growth and yield of *Calocybe indica*. *Mycobiology*. 2010. Vol. 38, № 2. P. 97–101. <http://dx.doi.org/10.22376/ijpbs.2019.10.3.b5-10>.

14. Kerketta A., Pandey N.K., Singh H.K., Shukla C.S. Effect of straw substrates and casing materials on yield of milky mushroom (*Calocybe indica* P&C.) strain CI-524. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 2018; Vol. 7, № 2. P. 317–322. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2018.702.041>.

15. Navathe S., Borkar P.G., Kadam J.J. Cultivation of *Calocybe indica* (P & C) in Konkan region of Maharashtra, India. *World J Agric Res*. 2014. Vol. 2. P. 187–191. <https://doi.org/10.12691/wjar-2-4-9>.

16. Muthangya M., Hashim S.O., Amana J.M., Mshandete A.M., Kivaisi A.K. Optimization of *Pleurotus* mushroom cultivation on saline sisal solid waste. *World Applied Sciences Journal*. Vol. 23 (9). P. 1146–1150.

17. Philippoussis A., Diamantopoulou P., Zervakis G. Calcium chloride irrigation influence on yield, calcium content, quality, and shelf-life of the white mushroom *Agaricus bisporus*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Wiley Online Library, 2001. Vol. 81, № 15. P. 1447–1454.

18. Györfi J., Hajdú C. Casing-material experiments with *Pleurotus eryngii*. *International Journal of Horticultural Science*. 2007. Vol. 13, № 2. P. 33–36.

19. Pardo-Giménez A., Pardo J.E., Zied D.C. Casing materials and techniques in *Agaricus bisporus* cultivation. *Edible and medicinal mushrooms: technology and applications*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons Ltd, 2017. P. 385–413.

20. Bokaria K., Balsundram S.K., Bhattarai I., Kaphle K. Commercial production of Milky Mushroom (*Calocybe indica*). *MRJASSS*. 2014. Vol.2, №2. P. 032-037.

21. Ha T.-M. Ju, Y. C., Jeon, D. H., Choi, J. I., & Lee, T. S. Characteristics, and breeding of a new variety *Pleurotus eryngii*, Gonji No. 8. *Journal of Mushroom Science and Production*. 2013. 2013. Vol. 11, №. 2. С. 82–86. <https://doi.org/10.14480/JM.2013.11.2.082>.

22. Alam N., Amin R., Khan A., Ara I., Shim M.J., Lee M.W., Lee T.S. Nutritional analysis of cultivated mushrooms in Bangladesh - *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor-caju*, *Pleurotus florida* and *Calocybe indica*. *Mycobiology*. 2008. Vol. 36, № 4. P. 228–232. <https://doi.org/10.4489/MYCO.2008.36.4.228>.

23. Anju R.P., Ukkuru M.P. Health impact and medicinal properties of nutritionally edible milky mushroom (*Calocybe indica*). *IJAERS*. 2016. Vol. 3, № 11. P.235-237. <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers/3.11.36>.

24. Бухало А.С., Бабицкая В. Г., Бисько Н. А., Вассер С. П., Дудка И. А., Митропольская Н. Ю., Поєдінок Н.Л., Михайлова О.Б., Соломко Э. Ф. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре: Сборник научных трудов в двух томах. Под ред. чл.-кор. НАН Украины С.П. Вассера. Киев: Альтерпрес, 2011. 212 с.

## РОЗДІЛ VII

### АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНОГО ЕФЕКТУ РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ ГРИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Енергоефективні технології вирощування грибів дозволяють утилізувати агровідходи, перетворюючи їх у високопоживний продукт з цінними їстівними та лікарськими властивостями. Грибний бізнес не має негативного впливу на довкілля за рахунок відсутності викидів та можливості використання відпрацьованих субстратів для підживлення сільськогосподарських культур і збагачення раціону домашніх тварин. Це сприяє стрімкому розвитку грибної галузі, який в Азії вже отримав назву - «незелена революція» (рис. 7.1) [1].



**Рис. 7.1.** Полиці китайського магазину в Грінсборо (Північна Кароліна, США, 2019 р., фото автора).

Втім, аналіз сучасних публікацій в країнах з розвинутим сектором штучного вирощування екзотичних грибів (КНР, США, Польща, Франція, Іспанія, тощо), та тих, що тільки розвивають цей напрямок (Росії, України, Індії, країн Африки), дає змогу говорити про суттєве уповільнення процесів глобалізації виробництва та перехід до напряму розвитку та модернізації компаній з невеликим обсягом

виробництва, але вузько спеціалізованих на виробництві певного виду [2–4]. Це пов'язано з рядом факторів, які суттєво відрізняють грибівництво від інших сільськогосподарських галузей та потребують врахування при організації виробництва:

1) культивування грибів має відбуватися за певних мікрокліматичних умов, які є особливими для кожного окремого виду;

2) грибівництво є високо енергоємним виробництвом за рахунок необхідності постійного підтримання мікроклімату безперервної роботи холодильного обладнання для зберігання врожаю;

3) зібраний врожай потребує швидкої реалізації або переробки за рахунок подовження метаболічних процесів у плодкових тілах навіть за знижених температур;

4) потреби сучасного ринку грибів залежать від сезонного коливання попиту та визначаються як культурними національними традиціями, так і певною модою;

5) виробництво грибів потребує високої кваліфікації персоналу, яку неможливо здобути без практичного досвіду, та яка потребує відповідної високої оплати праці.

## **7.1 Аналіз особливостей розвитку українського ринку ксилотрофних грибів**

Ефективність промислового виробництва грибів базується на стабільності результатів виробництва, зокрема, на передбачуваній врожайності та якості отриманих грибів. Тому на європейському ринку лідерські позиції продовжує займати печериця, яка в Європі за об'ємом складає більше 80 % ринку, бо має постійний та прогнозований рівень отримання врожаю, що чітко контролюється за рахунок науково обґрунтованої та економічно перевіреної технології.

Ще у 2018 році українські грибовиробники піднялись до 4 місця в Європі та на 11 місце в світі за кількістю реалізованих грибів. Приблизно 300 великих та малооб'ємних кампаній, більшість з яких вирощують не більше 10 тон грибів на місяць, досягли показника виробництва печериці в 51,3 тисячу тон на рік. У той

же час, виробництво гливи та екзотичних грибів залишається стабільно низьким та, за заявою інформаційного агентства «UMDIS», не перевищує 4,9 тисячі тон грибів на рік [5, 6]. Наукові дані про обсяг і якісні особливості вітчизняного ринку дереворуйнівних грибів недостатні і представлені поодинокими маркетинговими дослідженнями, які підтверджують зростаючий інтерес покупців до такої якісної продукції. За даними Косяк, в основному гриби купують в свіжому вигляді від 0,5 до 1 кілограма в одній покупці, причому середня частота закупівлі становить 1 раз на місяць [7]. Соловйов І.О. і Мудрак С.В. стверджували (2005), що головною вимогою до грибів є їх якість (60% респондентів) і лише потім - ціна (25 %) [8]. Однак, сезонні коливання в ціні на свіжі гриби, постійно зростаючі тарифи на енергоносії, складність отримання кредитів на розвиток грибного бізнесу та відсутність достовірної інформації про реальний обсяг ринку грибів в країні є серйозними обмеженнями розвитку вітчизняного виробництва екзотичних грибів. З іншої сторони – високі оптові ціни та позитивна адаптація існуючих технологій вирощування екзотів до використання локальних агровідходів викликають інтерес підприємців до цієї теми.

За результатами аналізу українського ринку екзотичних видів грибів з 2015 по 2020 рр. були визначені суттєві сезонні відмінності між обсягами виробленої продукції (рис. 7.2).

Так, у сезон, який починається з середини вересня та триває до квітня загальний обсяг ксилотрофних грибів коливався від 212 тон на місяць у квітні 2015 року до 486 тон на місяць у грудні 2019 року (максимум). Тоді як улітку загальне виробництво екзотів в Україні знижувалось до 18 тон на місяць у 2019 році (мінімум).

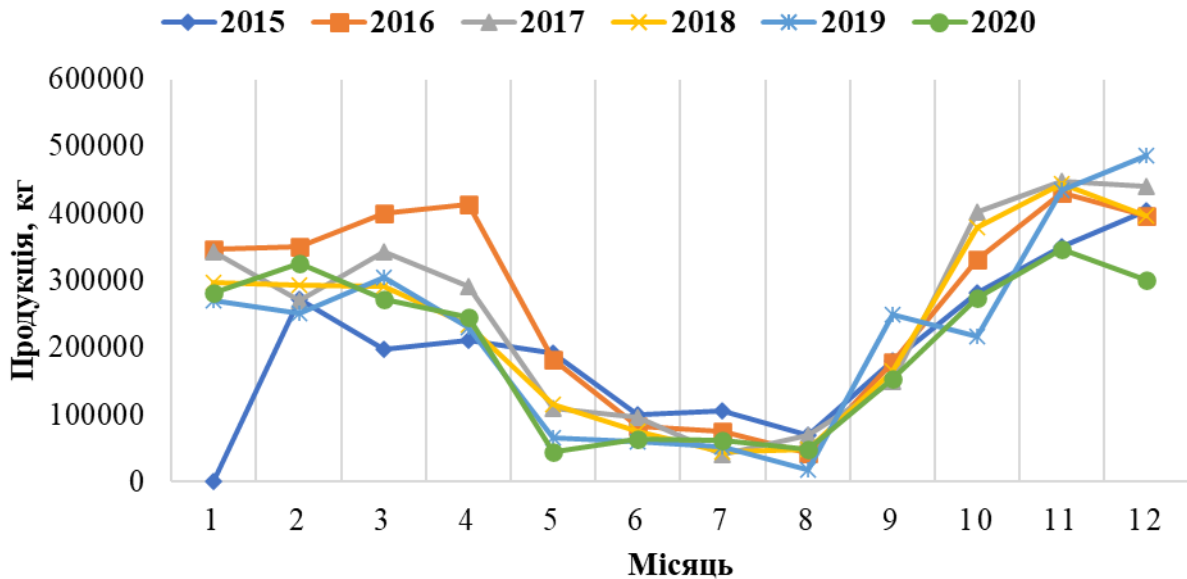
Підвищення температури навколишнього повітря потребує додаткових витрат на підтримання мікроклімату, що значно підвищує собівартість урожаю. Основними причинами зменшення попиту на гриби влітку виробники називають:

- 1) появу дешевої овочевої продукції навесні;
- 2) складність збереження якості грибів за високої температури;



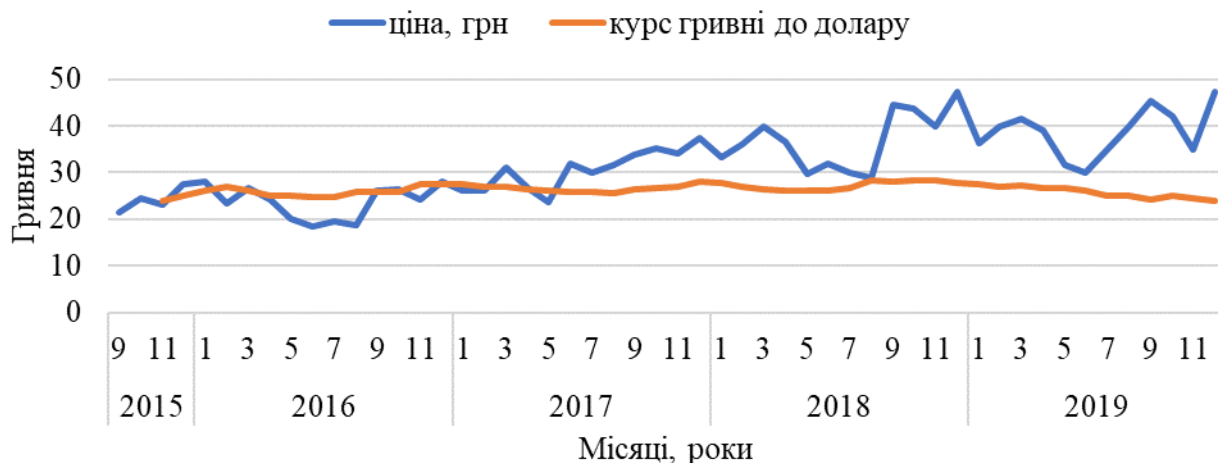
3) сезон відпусток, коли виготовлення домашніх страв зводиться до мінімуму.

Отже, виробництво грибів влітку значно знижує загальну рентабельність підприємства та змушує виробників зупинятися, що провокує важливі соціальні наслідки: постійну текучість кадрів, відсутність коштів на відкриття нового сезону, тощо.



**Рис.7.2. Аналіз сезонних коливань виробництва екзотичних видів грибів, у тому числі, гливи звичайної в Україні (2015-2020 рр.)**

Важливою особливістю ринку грибів є прив'язка до православної традиції дотримання посту та суспільних свят, зокрема, новорічних та Святого Воскресіння, що викликає надвиробництво грибів у цей період з метою отримання максимального прибутку, що, як наслідок, зумовлює значне падіння цін у січні та квітні (рис.7.3). У такі періоди виробники продають гриби навіть нижче собівартості, бо зберігання грибів відповідної якості потребує додаткових витрат на пакування, підтримання температури, тощо. Такий збитковий підхід значно погіршує економічний стан господарств, саме тому, на нашу думку, кількість малих виробництв, які займалися вирощуванням гливи, значно знизилася як порівнювати з 2015 роком



**Рис.7.3. Динаміка ціни на гливу звичайну в Україні за 2015-2019 рр.**

Це обумовило зниження пропозицій гливи на ринку та сприяло поступовому підвищенню ціни на гливу з 2017 року. Іншою причиною загального зниження виробництва екзотів з 2017 року, ми вважаємо погіршення попиту на гриби в цілому, яке пов'язано з підвищенням тарифів та загальних витрат на домогосподарство (табл. 7.1).

*Таблиця 7.1*

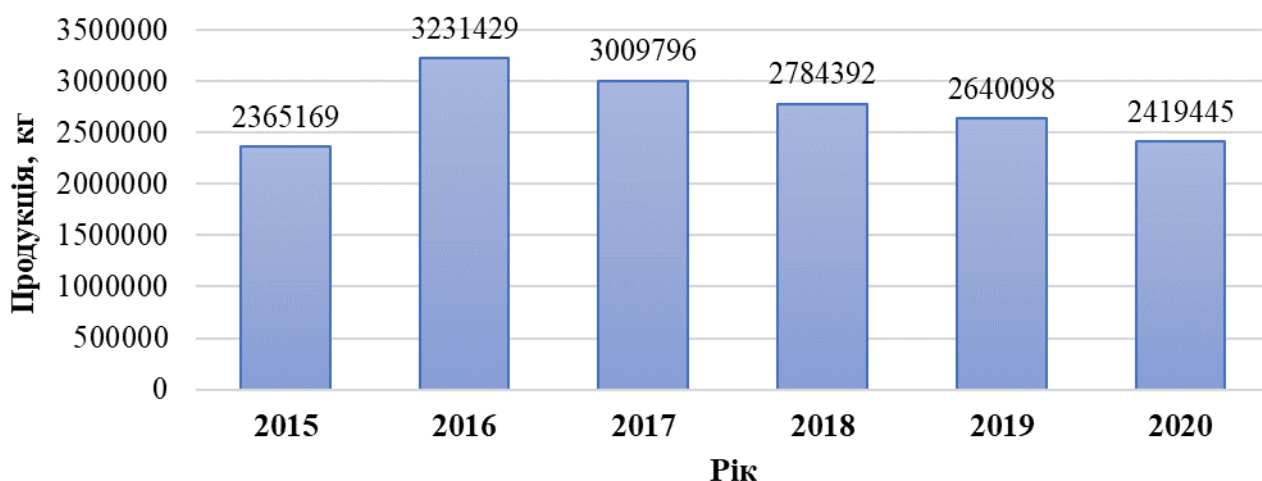
**Чинники впливу на собівартість та формування цін на гриби [9]**

Показник	2015	2016	2017	2018	2019	<i>Kp</i>
Прожитковий мінімум, грн /людина	2257,0	2642,4	2941,5	3262,7	3660,9	1,95
Середня заробітна плата, грн	3455	4362	6008	7711	9223	1,62
Витрати на сім'ю, грн	4952,0	5720,4	7139,4	8308,6	9670,2	1,86
Вартість електроенергії, грн/кВт	0,79	1,29	1,68	1,68	1,68	2,13
Вартість субстрату, грн/кг	1,7	2,3	2,4	3,5	3,63	2,10
Вартість міцелію, грн/кг	16	17	20	23	28	1,75
Ціна на гливу, середня за рік, грн/кг	24,1	23,6	30,6	36,8	38,6	1,60

*Примітки:* *Kp* – коефіцієнт зростання за відношенням показників 2019 та 2015 рр.

Так, середня заробітна плата однієї людини за досліджуваний період зросла у 1,6 раза, тоді як витрати на життя - у 1,8 раза. Тільки вартість електроенергії зросла в 2,1 раза, що не могло не позначитися на підвищенні ціни на гриби, виробництво яких, як відомо, є енергозалежним, та становить 29,1 МДж (8,1 кВт) на кілограм

грибного продукту [10]. Однак, потрібно визнати, що для українського споживача гриби не є обов'язковою складовою споживчого кошика, тому покупці змушені відмовлятися від регулярного споживання грибів, навіть якщо розуміють їх оздоровчі властивості. У підсумку, стале зниження виробництва гливи та інших дереворуйнівних грибів в Україні, яке ми спостерігаємо з 2017 року можливо пояснити наступними факторами (рис. 7.4):



**Рис. 7.4. Виробництво свіжих грибів гливи звичайної та інших екзотичних видів грибів в Україні**

- а) суттєве загальне зниження рентабельності виробництва грибів;
- б) погіршення споживчого інтересу до грибів за рахунок високої ціни на них;
- в) недосконалість планування бізнесу з урахуванням сезонних ритмів попиту та ціни на вироблену продукцію;
- г) відсутність можливостей тривалого зберігання продукції та досвіду ефективної переробки грибів;
- д) недостатня поінформованість населення про позитивні наслідки постійного споживання грибів та продуктів їхньої переробки.

Втім, спираючись на досвід зарубіжних колег, а також результати власних досліджень, наведених вище, ми бачимо реальні можливості підвищення ефективності виробництва екзотичних видів грибів за рахунок:

1) підготовки кваліфікованого персоналу, який розумітиме особливості грибного ринку та основні шляхи стабілізації цілорічного виробництва продукції у необхідному обсязі;

2) зниження собівартості грибної сировини шляхом впровадження енергозберігаючих технологій виробництва субстратів та технік, що підвищують їхню якість;

3) підвищення врожайності штамів шляхом вдосконалення адаптованих технологій культивування;

4) впровадження технології сезонної зміни видів (культivarів) відповідно до їх фенологічних характеристик та температурної толерантності;

5) збільшення ціни реалізації через підвищення якості грибів шляхом застосування відповідних технік, впровадження удосконалених технологій пакування та подовження термінів зберігання;

6) розширення асортименту ксилотрофних видів на полицях супермаркетів у різних цінових категоріях;

7) розвитку енергоефективних технологій переробки грибної сировини та виробництва функціональних продуктів широкого застосування в необхідному асортименті.

## **7.2 Практична реалізація отриманих результатів**

Для реалізації запропонованих шляхів були розроблені та отримані наступні Патенти України та Свідоцтва:

1) Патент №160350 на сорт рослин ІВК 2314 *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. «Глива легенева» Заявка № 13627001 Назва сорту: ІВК 2314 Заявник (код): 1957 Власник сорту (код): 1957; Дата державної реєстрації майнових прав інтелектуальної власності: 17.06.2016 Патент № 160350; Дата пріоритету: 17.10.2013; Автори: Бісько Н. А., Мироничева О. С., Бандура І.І.

2) Свідоцтво №160829 про державну реєстрацію сорту рослин ІВК 2314 *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. «Глива легенева» Дата державної реєстрації майнового права інтелектуальної власності на поширення: 25.04.2016; Свідоцтво

про державну реєстрацію № 160829; Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2019 рік; заявка 13627001, стор. 378 <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>; Бісько Н. А., Мироничева О. С., Бандура І.І.

3) Спосіб підготовки грибів роду Глива - *Pleurotus* (Fr.)P.Kumm до зберігання Патент № UA 127654 У. Україна, МПК51, А23В 7/16, А01F 25/14, В65В 25/02. заявлено u201803761 від 06.04.2018, опубліковано 10.08.2018; Бюл. №15/2018; Бандура І.І., Кулік А.С., Чаусов С.В., Прісс О.П

4) Свідоцтво №171270 від 12.10.17 р. про реєстрацію сорту рослин ІВК 2301 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm «Глива звичайна». Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2019 рік; с. 461 <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>; Бісько Н. А. Мироничева О. С., Бандура І.І.

5) Спосіб отримання зернового міцелію грибів Патент № UA 149075 У МПК51 А01G 18/20 (2018.01) заявлено u 2021 02929 від 01.06.2021 опубліковано 13.10.2021; Бюл. №41/2021. Бандура І.І, Севастьянович В.М., Кулік А.С., Макогон С.В., Чаусов С.В., Єременко О.А.

6) Спосіб вирощування дереворуйнівних грибів Патент № 149076 У МПК51, А23В 7/14 (2006.01) заявлено u 2021 02930 від 01.06.2021 опубліковано 13.10.2021; Бюл. №41/2021; Бандура І.І, Кулік А.С., Чаусов С.В., Макогон С.В.

Обґрунтування наукових засад формування якості ксилотрофних грибів представлено доповідями на наступних конференціях: III Міжнародній науково-практичній конференції «Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва», 24-25 травня 2017 р., м. Умань; Другій міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності» 5–7 вересня 2017 р., м. Харків; 9-й Міжнародній конференції медичних грибів («The 9th International medicinal mushroom conference»), 24-28 вересня 2017 р., м. Палермо, Італія (Palermo, Italy); Міжнародній конференції «Modern methodologies, innovations, and operational experience in the field of biological sciences», 27-28 грудня 2017 р., м. Люблін, Польща (Lublin, Republic of Poland); VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Харчові добавки. Харчування

здорової та хворої людини» 19-20 квітня 2018 р., м. Кривий Ріг; Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Сучасні тенденції розвитку харчових технологій в умовах європейської інтеграції», 16 травня 2018 р., м. Київ; III Международному микологическом форуме, 14 – 15 апреля 2015 р., г. Москва; Международной научно-практической конференции, посвященной памяти член-корр. КазАСХН, д.т.н., профессора Тулеуова Елемеса Тулеуовича, 1 марта 2016 г., г. Семей, Казахстан; III міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології та актуальні питання післязбиральної доробки плодоовочевої продукції як важіль підвищення економічної ефективності», 14-15 березня 2019 р., м. Херсон; III Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності», 4–6 вересня 2019 р. с.Кирилівка; 10-й Міжнародній конференції медичних грибів (The 10th International medicinal mushroom conference :IMMC-10), 19-22 вересня 2019 р. Нантонг, Китай (Nantong, China); 8-й Міжнародній науково–практичній конференції «Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій», 29–30 червня 2020 р., м. Полтава; Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв», 24 листопада 2020 р., м. Мелітополь; Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Актуальні питання виробництва плодоовочевої продукції та винограду», 22 квітня 2021 р., м. Мелітополь; Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якість і безпечність харчових продуктів», 13-14 травня 2021 р., м. Житомир; Другій міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв», 23 листопада 2021 р., м. Мелітополь; 11-й Міжнародній конференції медичних грибів (The 11th International medicinal mushroom conference :IMMC-11), 27-30 вересня 2022 р., Belgrad, Serbia.

Розроблено робочі регламенти адаптованих технологій вирощування та первинної переробки 15 культиварів малопоширених видів грибів: глива звичайна *P. ostreatus* 431, 2301, 2316, 2456 ; глива легенева *P. pulmonarius* 2314, глива стенова *P. eryngii* 2032, 2033, глива золотисто-жовта *P. citrinopileatus* 2161, опеньок зимовий *F. velutipes* 2038, 2039, 2337 ; опеньок тополевий *C.aegerita* 2229, 2230, 2231 ; молочний гриб *C. indica* 2598.

Регламенти впроваджені в промислові умови виробництва ксилотрофних видів грибів підприємств: ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (м. Мелітополь), ТОВ НВК "ЕКО-ГРИБ" (м. Добровеличківка), ТОВ «ЕСМАШ-3», ТОВ "Фунготерра", ТОВ АНСЕР-2007 (м. Київ), КФК Жовтневе (м. Дніпро), що підтверджено відповідними актами (Додатки В.2, В.4, В.7, В.8, В.9, В.14, В.16, Г.2, Д.2, Е.2). Запропоновані регламенти дають змогу запровадити цілорічне вирощування різних видів грибів за графіком, який забезпечуватиме суттєве зниження витрат на підтримку мікрокліматичних умов за рахунок відповідності температурних режимів культивування зовнішнім параметрам (Додаток В.7, Додаток К.1, табл. К.1). Така стабільна, прогнозована робота підприємства, на нашу думку, дає змогу зберегти кваліфікований персонал, отже підвищити перспективи отримання продукції найвищої якості. З іншої сторони, важливий соціальний ефект впровадження виробництва нових видів грибів проявляється у розширенні споживчого вибору відповідно до особистих смакових переваг або з оглядом на їхні функціональні особливості, у якості дієтичного або оздоровчого продукту.

### **7.3 Організація системи контролю якості процесу виробництва грибів**

Відповідно до положень ДСТУ ISO 9000:2007 «Системи управління якістю можуть сприяти організаціям у підвищенні задоволеності замовників. Замовники вимагають продукцію, характеристики якої задовольняють їхні потреби та очікування. Ці потреби та очікування оформляють у формі технічних умов на продукцію і загалом називають вимогами замовників. Вимоги замовників можуть зазначати замовники у контракті чи може визначати безпосередньо організація. У кожному з цих випадків саме замовник остаточно визначає прийнятність

продукції. Змінення потреб і очікувань замовників, а також конкурентний тиск і технічний прогрес змушують організації постійно вдосконалювати свою продукцію та процеси» [14]. Отже, щоб задовольнити високі вимоги сучасного ринку вітчизняні грибівники вимушені шукати баланс між витратами на формування якості врожаю грибів та суттєвим зниженням рентабельності виробництва. Такі протиріччя ми спостерігали на ринку їстівних грибів останні п'ять років (рис. 7.4). Причини такого стану були названі вище, а рішенням означених проблем, з оглядом на досвід інших країн, може стати розширення асортименту за рахунок цікавих для споживачів нових видів грибів, які мають унікальні органолептичні характеристики та доведені лікарські властивості. Підвищення рентабельності виробництва можливо за рахунок впровадження адаптивних технологій та високоефективних культиварів.

Для визначення переваг технологічних новацій у системі формування якості процесу виробництва грибів потрібно проаналізувати результати моніторингу наступних параметрів з занесенням в технічні карти (табл. 7.2):

а) *витрат на енергоспоживання для підтримки мікрокліматичних умов в камері вирощування: температурні режими (опалення); вологість повітря (насоси); склад повітря (вентилятори); освітлення (кількість на потужність ламп на тривалість їхнього використання). У разі застосування інших джерел енергії (тверде паливо) потрібно визначати витрати на організацію такої альтернативи: логістику (доставку, зберігання); заробітну плату, екологічні податки.*

б) *тривалості вегетації (технологічного циклу) культивару; цей показник впливає на кількість енергоспоживання (кВт/год) та заробітну плату обслуговуючого персоналу;*

в) *продуктивності культури (маса грибів до маси субстрату). Для розрахунку цього параметру, потрібно враховувати як витрати на виготовлення субстрату, так і логістичні операції:*

- 1) транспортування до виробничих потужностей
- 2) розташування в камерах, переміщення з камери інкубації до камери плодоношення (за двохзонального варіанту культивування);



Таблиця 7.2

## Технічна карта культивуру (з прикладом, щодо заповнення в Excel)

Хвилі	Варіант (штам)	Вартість мікроклімату, інкубації грн/доба	Вартість мікроклімату, плодоношення грн/доба	Тривалість інкубаційного періоду, доба	Тривалість плодоношення, доба	Вартість субстрату, грн	Вартість логістики, грн	Вартість технологічних операцій, грн	Вартість ремонтних робіт, грн	Витрати на санітарію, грн	Позапланові витрати, грн	Вартість утилізації субстрату, грн	% гривнів, реалізованих за оптовою ціною	Ціна оптової реалізації, грн/кг	% гривнів, реалізованих за роздрібною ціною	Ціна роздрібною реалізації, грн/кг	% гривнів, реалізованих зі знижкою, грн/кг	Ціна реалізації зі знижкою, грн/кг	Маса зібраного врожаю, кг	Прибуток
-	-	$a_1$	$a_2$	$b_1$	$b_2$	$c$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$k_1$	$f_1$	$k_2$	$f_2$	$k_3$	$f_3$	$y$	$x$
3	2301	700	1200	25	20	45000	10000	0	200	500	500	1000	60	60	30	85	10	50	3000	100800
1	2301	700	1200	16	7	45000	10000	0	200	500	500	300	60	60	30	85	10	50	2000	56900

Примітка: пояснення в Додатку Л.2

Таблиця 7.3

## Задача оптимізації вартості та складу субстратних композицій для вирощування гливи

Дані для розрахунків	Загальна масова частка	Сировина сири (масова доля у суміші)						Цільова функція, обмеження			
		вода	солома	лушпиння	сіно	шрот	ріпак	Вартість, грн/кг	Обмеження		
	<b>1,35</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,238</b>	<b>0,15</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>5,51</b>	мінімум	максимум	
Показники	нітроген,%	0	0,3	0,5	2,5	4	3,2	<b>0,80</b>	0,8	1,0	
	вміст вологи,%	100	12	8	15	5	12	<b>68,00</b>	60	70	
	вартість, грн	0,25	3	7	10	25	18	-	Без обмежень		
	зола,%	0	4	2	7	12	4	-	Без обмежень		
	співвідношення	0	160	98,0	18,6	11	15	<b>74,89</b>	40	80	
Обмеження, частка	мінімум	0,6	0,15	0,15	0,05	0,005	0,005	-			
	максимум	0,7	0,3	0,4	0,15	0,03	0,03	-			

3) витрат на забезпечення умов плодоношення, таких як: відкриття пакетів, виконання скретчингу чи рафлінгу, нанесення покривних матеріалів, проведення поливів, тощо;

4) вивезення відпрацьованого субстрату та його переробку (утилізацію);

г) *витрат на виконання санітарно-гігієнічних вимог*: забезпечення технічним одягом та засобами захисту; проведення регулярної та позапланової дезінфекції та мікробіологічного контролю; обробку інсектицидами та дератизацію тощо;

д) *витрат на ремонт та обслуговування технічного парку та обладнання*, що складаються як з витрат на придбання запасних частин, які не враховуються в загальну амортизацію обладнання, так і оплати праці виконавців. Часто до виконання таких робіт залучаються тимчасові найманці, тому їх заробітну плату враховують окремою складовою.

е) *витрат на утилізацію субстрату*: які розраховують за сумою транспортних витрат, заробітної плати, податку на використання сміттєховищ та екологічного податку. Якщо відпрацьований субстрат використовується для реалізації чи для переробки, в цей стовпчик додається баланс підрахованих витрат і прибутку. Прибуток записують зі знаком «мінус» для коректного розрахунку;

ж) *позапланові витрати*, які виникають за необхідності закупівлі необхідного інструментарію, який буде використано лише один раз для даного циклу: пакувальних матеріалів, живильних середовищ для контролю, залучення консультантів, тощо;

з) *ціна (u) реалізації*, яку (i) розшаровують (додатковими стовпчиками) за необхідності врахувати варіанти різних цінових категорій (оптова, роздрібна, знижена тощо). Втім, за такого рішення для коректного розрахунку потрібно вводити відповідні коефіцієнти або відсоток (%) маси грибів, реалізованих за відповідною ціною, віднесений до 100;

і) *прибуток від реалізації продукції*, який визначають за формулою (1): Загальну вартість реалізованої продукції у випадку розшарування за цінами розраховувати за скорегованою формулою (2) (табл.7.2):

$$x = y \times f - \sum a_1 \times b_1, a_2 \times b_2, c, d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6 \quad (1)$$

$$x = y \times (k_1 \times f_1 + k_2 \times f_2 + k_3 \times f_3 + k_n \times f_n) - \sum a_1 \times b_1, a_2 \times b_2, c, d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_n \quad (2)$$

де  $x$  – прибуток;

$y$  – маса отриманого врожаю (загальна, по всім хвилям);

$f$  – ціна реалізації;

$f_1..f_n$  – ціни реалізації у тому випадку, якщо необхідно їх розшарувати за категоріями: оптова, роздрібна, акційна, тощо;

$k_1..k_n$  – коефіцієнт реалізації (відсоток реалізованої продукції за відповідною ціною, розділений на 100);

$a_1$  – вартість організації мікроклімату на етапі інкубації;

$a_2$  – вартість організації мікроклімату на етапі плодоношення;

$b_1$  – тривалість етапу інкубації;

$b_2$  – тривалість етапу плодоношення;

$c$  – вартість субстрату (виготовлення);

$d_1$  – вартість логістичних операцій;

$d_2$  – вартість технологічних операцій;

$d_3$  – вартість ремонтних робіт;

$d_4$  – витрати на санітарно-гігієнічні заходи;

$d_5$  – позапланові витрати;

$d_6$  – вартість утилізації субстрату

$d_n$  – невраховані вище витрати, які можуть бути суто індивідуальними для конкретного виробництва.

Перевірка використання таких карт та їх модифікованих варіантів впродовж 3-5 циклів вирощування в промислових умовах ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» та інших підприємствах України дозволила визначити економічні показники вирощування перевірених культиварів і порівняти їх з класичними технологіями чи результатами вирощування відомих культиварів (контролем), отже, визначити доцільність їхнього впровадження (Додатки К.1-К.8).

Формування системи управління якістю майбутнього врожаю потребує забезпечення якості основних складових технологічного процесу вирощування. В першу чергу - це якість субстратів, яка базується на їхній елективності. Для цього необхідно:

а) розрахувати та забезпечити баланс основного нутрієнтного складу, мінеральних речовин та води шляхом моделювання та апробації отриманих результатів, віддавати перевагу багатоконпонентним сумішам, зокрема: соломі зернових культур, лущиння соняшнику, насіння ріпаку, кукурудзяної крупи чи борошна, тощо (табл.7.3). Усі розрахунки проводити на основі результатів хімічного аналізу складу рослинної сировини та води за стандартизованими методиками [15];

б) провести процес термічної обробки рослинної сировини до досягнення мікробіологічної чистоти (для стерильних субстратів) чи формування необхідної бактеріальної сукцесії термофільних мікроорганізмів (для субстратів отриманих методом аеробної ферментації у високому шарі) відповідно до рекомендованих режимів [15];

в) створити асептичні умови інокуляції готового субстрату: проводити обов'язкову фізичну (опромінення) та хімічну дезінфекції перед початком інокуляції, механічну (видалення органічних залишків з обладнання та приміщення) і хімічну після роботи; забезпечити безпечність працівників цеху інокуляції шляхом дотримання режимів вентиляції приміщення очищеним повітрям (НЕРА фільтр не менше 12 класу) після дезінфекційних заходів та під час роботи, використовувати для дезінфекції лише речовини, які дозволені чинним законодавством;

г) для інокуляції субстрату використовувати якісний посівний матеріал, який забезпечує чисту культуру культивару необхідним живленням у період адаптації до складу субстрату та має достатню кількість точок росту. Тому, за результатами проведених досліджень потрібно віддавати перевагу багатоконпонентним зерновим сумішам, які мають збалансований хімічний склад

та необхідні мінеральні речовини, необхідні для сталого функціонування ферментного комплексу грибною культурою [16];

д) забезпечити досягнення певною щільності субстратів, які відповідають біологічним особливостям культиварів. За результатами досліджень цей показник має бути на рівні: для гливи звичайної, легеневої та золотої, калоцибе індійського не менше 400 кг/м<sup>3</sup> та не більше 600 кг/м<sup>3</sup>; для опеньків зимового, тополевого та гливи степової (королівської) не менше 600 кг/м<sup>3</sup> та не більше 800 кг/м<sup>3</sup>;

е) виготовляти субстратні одиниці з масою, яка відповідає біологічним особливостям культиварів: за отриманими даними - для опеньків (тополевого та зимового), гливи степової оптимальною масою субстратної одиниці є 1,5...2 кг. Однак, для гливи звичайної, легеневої, золотої та калоцибе індійського обмеження за масою субстрату у проведених дослідах не визначено. Необхідно підкреслити, що під час експериментів застосовувати опубліковані раніше рекомендації, де зазначається, що маса субстратної одиниці має забезпечувати сталість термодинамічних процесів у субстраті на рівні оптимальної температури вегетативного розвитку культивару, відповідно для перерахованих вище культур маса субстратних одиниць (циліндричних чи сплюснених блоків) не перевищувала 14 кг, з діаметром (висотою) не вище 250 мм. Довжина субстратних одиниць не обмежується біологічними факторами, але для виробництв, де операції по розташуванню субстрату у камерах вирощування здійснюються вручну, довжина субстратної одиниці має бути не більше 900 мм.

Другою важливою складовою формування якості врожаю є забезпечення оптимальних умов вегетативного розвитку грибною культурою у субстраті (інкубації). Тому мікрокліматичні умови цього етапу вирощування потрібно підтримувати у особливу відповідності до біологічних особливостей базидіоміцетів, які для більшості видів мають загальні закономірності: вимоги до відносної вологості повітря не менше 75 %, відсутність освітлення, температура в приміщенні  $24 \pm 2$  °C, рівень CO<sub>2</sub> до 7000 ppm. Втім, потрібно пам'ятати, що деякі культивари мають певні особливості інкубаційного періоду. Так, для

вегетативного росту міцелію калоцибе індійського потрібно підвищувати температуру приміщення до  $30 \pm 1$  °С.

Третім важливим фактором формування якості майбутнього врожаю є правильне розташування субстратних одиниць у камерах вирощування. Для гливи звичайної, легеневої та золотої рекомендуємо розташовувати субстратні одиниці циліндричної форми на полицях з нахилом  $60...75^\circ$ , що забезпечує оптимальні умови морфогенезу плодових тіл цих видів. Потрібно пам'ятати, що за горизонтального розташування довжина ніжок окремих плодових тіл збільшується, тому такий врожай краще продавати у зростках.

При розташуванні субстратних одиниць в камерах вирощування потрібно також враховувати необхідність забезпечення ефективного проведення планових технологічних операцій, таких як: формування зони плодоношення методом перфорацій, відкриття чи видалення плівки, створення «комірців», нанесення покривного ґрунту, тощо.

За результатами досліджень, представлених у цій роботі (розділ III), було доведено, що просторове положення субстратних одиниць та розмір перфорацій впливає на морфологію зростків гливи і може бути інструментом для отримання зростків запланованої маси і розміру для спрощення процесу пакування чи за вимогами ринкових вподобань. Найбільші за розміром зростки отримували з перфорацією 150 мм з горизонтальним розташуванням, тоді як з вертикального положення та перфорацією 50 мм отримували зростки середньої маси  $404 \pm 44$  г, що оптимально відповідає ємності стандартною тари для пакування гливи.

Четвертим важелем у системі управління якістю майбутнього врожаю є обов'язковий моніторинг мікробіологічного стану підприємства. Проаналізовані особливості динаміки розвитку мікробіоти у камерах вирощування та на поверхні плодових тіл грибів свідчать про необхідність постійного мікробіологічного контролю та проведення регулярних санітарно-гігієнічних заходів з метою забезпечення харчової безпеки та захисту здоров'я працівників.

П'ятою складовою системи управління якістю грибної сировини є організація своєчасного збору врожаю та його збереження. Проведеними

дослідженнями визначено зміни хімічного складу плодових тіл грибів 4-х родів вищих базидіоміцетів під час морфогенезу. Відповідно до отриманих даних, якість урожаю для реалізації у свіжому вигляді є вищою, якщо його збирати на стадії технічної стиглості плодових тіл. Втім, для подальшої переробки у напівфабрикати: заморожений фарш, бланшовані чи засолені гриби, грибний порошок чи борошно, або готові продукти: чіпси, маринади тощо, краще доводити врожай до біологічної стиглості (початок спороношення).

Визначені наукові засади формування якості врожаю грибів екзотичних видів дають змогу організувати систему ефективного контролю за проведенням необхідних технологічних операцій на сучасних потужностях різного рівня виробництва грибної продукції та забезпечити вимоги споживачів щодо якості та асортименту їстівних грибів, що підтверджено 10-ма актами впровадження та листами підтримки від закордонних компаній (див. Додатки).

#### **7.4 Розв'язання задачі оптимізації виготовлення багатокomпонентних субстратів**

Для прогнозування якості субстратної композиції для вирощування грибів важливим є попереднє теоретичне моделювання можливості використання доступної рослинної сировини чи сільськогосподарських залишків. Цільовою функцією таких розрахунків може бути вміст певних інгредієнтів, зокрема, нітрогену або співвідношення карбону до нітрогену (C/N), що звичайно розраховують практики у MS Excel (Додаток В.1, табл. В.1).

Втім, з оглядом на постійні коливання цін на сировинні матеріали та на кінцеву продукцію – свіжі гриби, вважаємо найважливішим результатом таких розрахунків оптимізацію вартості субстратів, що є найбільш вагомою витратою у загальній формулі розрахунку загального прибутку виробництва. Якщо технічні складові вартості субстратів є постійними та розраховуються за енергетичними витратами та заробітною платою, то знаходження оптимальної рівноваги між вартістю сировини та балансом необхідних поживних речовин підлягає під стандарти задач оптимізації (табл. 7.3).

Алгоритм такого моделювання представлено на прикладі складання субстратної композиції з соломи пшениці озимої, лушпиння соняшнику, сіна люцерки, шроту соняшнику, насіння ріпаку та води

Завдання оптимізації визначити такий склад суміші сировинних матеріалів з водою у масових долях, який матиме найменшу вартість та необхідний баланс поживних речовин: нітрогену не менше 0,8 %, співвідношення C/N не менше 40 та не більше 80/1, вологість на рівні 65...75 % (вміст води відповідно від 60 до 70 % з урахуванням вмісту води у сировині).

Необхідні показники окремих складових отримуємо за результатами аналізів (ціни 2021 р.):

- солома пшениці озимої за ціною 3 грн/кг, вміст нітрогену 0,3 % , вміст золи 4 % , вологість 12 % (0,12);
- лушпиння соняшнику, за ціною 7 грн/кг, вміст нітрогену 0,5 % , вміст золи 2 % , вологість 8 % (0,08);
- сіно люцерки, за ціною 10 грн/кг, вміст нітрогену 2,5 % , вміст золи 7 % , вологість 15 % (0,15);
- шроту соняшнику, за ціною 25 грн/кг, вміст нітрогену 4,0 % , вміст золи 4 % , вологість 12 % (0,12);
- насіння ріпаку за ціною 18 грн/кг, вміст нітрогену 3,2 % , вміст золи 12 % , вологість 5,0 % (0,05);
- вода за ціною 0,25 грн/кг, вміст нітрогену 0 % , вміст золи 0 % , вологість 100 % (1,0);

Додаємо рядки з обмеженнями у відсотках для нітрогену та масовими частками для співвідношення C/N та сировинних матеріалів, які мають забезпечувати необхідну структуру композиції, допустимі мінімуми чи максимуми.

Нехай  $a_{ij}$  ( $i = 1, \dots, m, j=1, \dots, n$ ) - це кількість речовин  $i$ : нітрогену (1), золи (2), води (3), співвідношення C/N (4) в одиниці  $j$ -го виду сировини

Вартість сировини  $c_j$  ( $j=1, \dots, n$ ).



Позначаємо через  $b_{N \min}$  найменшу припустиму кількість нітрогену  $b_{N \max}$  найбільшу припустиму кількість нітрогену;  $b_{C/N \min}$  найменше припустиме співвідношення C/N,  $b_{C/N \max}$  найбільше припустиме співвідношення C/N,  $d_{j \min}$  найменшу припустиму кількість  $j$ -ої сировини,  $d_{j \max}$  найбільшу припустиму кількість  $j$ -ої сировини.

Тоді  $x_j$  – кількість сировини  $j$ -го виду, яку необхідно використати для складання суміші.

$$F(x) = \sum_{j=1}^n c_j \times x_j \text{ (min)}$$

при обмеженні на вміст нітрогену:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \times (b_{N \min} \leq x_j \leq b_{N \max})$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \times (b_{C/N \min} \leq x_j \leq b_{C/N \max})$$

Обмеження на вміст сировини у такому разі:

$$d_{j \min} \leq x_j \leq d_{j \max}, j = 1, \dots, n$$

$$x_j \geq 0 (j = 1, \dots, n)$$

У загальному вигляді математична модель матиме такий вигляд:

$$F(x) = \sum_{j=1}^n c_j \times x_j \text{ (min)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n a_{ij} \times (b_{N \min} \leq x_j \leq b_{N \max}) \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} \times (b_{C/N \min} \leq x_j \leq b_{C/N \max}) \\ d_{j \min} \leq x_j \leq d_{j \max}, j = 1, \dots, n \\ x_j \geq 0 (j = 1, \dots, n) \end{array} \right.$$

Вводимо необхідну базу даних, отриманих за попередніми аналізами варіантів рослинної сировини та сільськогосподарських залишків, вводимо цільову функцію та обмеження в інструмент MS Excel (табл. 7.3) та за допомогою функції «Розв'язувач» знаходимо рішення: загальна кількість масових часток у суміші 1,35; з них води - 0,6; соломи озимої пшениці - 0,3; лущиння соняшнику

0,238; сіно люцерки - 0,15; шрот соняшнику - 0,03; насіння ріпаку 0,03 з загальною вартістю 5,51 грн/кг. У запропонованому розв'язанні виконано задані обмеження щодо вмісту нітрогену (0,8 %), співвідношення C/N ( $74,89 \approx 75/1$ ) з вмістом води 0,68 частки або 68 %.

За необхідності можливо змінювати як складові (на доступні варіанти сировини), так і межі обмежень за необхідності збалансування складу суміші та досягнення необхідної структури. Отже, запропонований спосіб моделювання дозволяє технологу (власнику малооб'ємного виробництва) передбачити можливі витрати матеріалів, спрогнозувати показники хімічного складу субстрату, а також визначити вартість суми складових частин субстрату для подальших економічних розрахунків.

### **7.5 Оцінка економічних особливостей розширення асортименту ксилотрофних видів грибів в Україні.**

Відомо, що проблема оптимізації асортименту в умовах сучасного ринку стає, насамперед, об'єктом перспективного (стратегічного) управління підприємством, одним з головних важелів розвитку бізнесу, але потребує врахування двох точок зору - як споживача, так і виробника. Споживач має задовольняти свої потреби та мати корисний ефект від використання, а виробник має досягти оптимальних витрат ресурсів, забезпечити підвищення ефективності виробництва та економічну доцільність випуску продукції [11].

Економічний ефект застосування адаптованих технологій вирощування досягається за рахунок суттєвого зниження собівартості продукції. Наприклад, порівняння результатів вирощування екзотичних видів грибів на субстратах, виготовлених за різними технологіями, довело вагому перевагу стерильного методу. Собівартість одиниці (1 кг) продукції, отриманої за різних методів підготовки субстрату та середні витрати на підтримання умов культивування (за 1 добу), для окремої культури розраховували за даними по середній врожайності культур, отриманої на підприємствах ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (Мелітополь), ТОВ НВП «ЕКО-ГРИБ» (м. Добровеличківка) та ТОВ «Фунгітера»

(м. Київ), де було впроваджено адаптовані технології, та за результатами власних дослідів. Для розрахунків узагальнювали витрати на електроенергію (вентиляція, освітлення), опалення (газ) та воду для умовної камери вирощування площею 100 м<sup>2</sup> за низького рівня заповнення субстратом у 50 кг /м<sup>2</sup> (5 тон субстрату у камері). Вважається, що такі умови не потребують додаткових витрат на підтримання мікроклімату та дозволяють вирощувати гриби з високою ефективністю [12]. Також враховували середню заробітну плату двох робітників (1000 грн/доба), які можуть контролювати параметри та самостійно зібрати об'єм врожаю з такої площі.

Загальні витрати розраховували за формулою:

$$W_{total} = W_{sub} + T \times W,$$

де  $W_{total}$  витрати на повну загрузку камери (вартість субстратів з урахуванням логістики)

$T$  - кількість днів технологічного циклу

$W$  – середні витрати на мікроклімат за одну добу (електроенергія, вода та зарплата працівників за 1 добу)

Собівартість отриманого врожаю розраховували за відношенням загальних витрат (грн) до маси отриманої продукції (кг) без врахування витрат на логістичні операції, які є аналогічними для досліджених видів. Для спрощення розрахунків не враховували витрати на обладнання, його амортизацію, тощо, бо вони будуть загальними для культиваційних камер.

Собівартість субстратів, виготовлених методом АФВШ у розрахунку на тарифи 2022 року, складала 6,61 грн/кг, тоді як стерильних субстратів - 7,36 грн/кг.

Середні витрати електроенергії, яка забезпечує безперервну вентиляцію умовної камери складають у середньому 9,6 кВт /добу, витрати на освітлення 0,3 кВт/добу, забезпечення найбільш ефективного в таких умовах ультразвукового зволоження - 2,5 кВт на добу, що у цілому складатиме 12,4 кВт/добу.

Витрати води для підтримання необхідної відносної вологості повітря в умовній камері складають у середньому 0,5 м<sup>3</sup>/добу.

Витрати газу на опалення складали у середньому до 13 м<sup>3</sup>/добу, але за рахунок запропонованих адаптивних технологій їх можливо знизити у 10 разів (в розрахунках враховано максимальні витрати).

Отже, для розрахунків використовували середній показник витрат на обслуговування камери вирощування  $W = 1776,98$  грн/доба, та узагальнені показники витрат на виробництво ферментованих та стерильних субстратів  $W_{total}$  (ферм.) = 6,61 грн/кг × 5000 кг = 33050 грн,  $W_{total}$  (стер.) = 7,36 грн/кг × 5000 кг = 36800 грн (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

**Порівняння ефективності використання ферментованих та стерильних субстратів для культивування ксилотрофних видів грибів (за рекомендованими тарифами на енергоносії та прогнозовану вартість сировини у 2022 р.)**

Вид	Технологія	Середня врожайності, %	Маса врожаю з 5 тон субстрату, кг	Тривалість ВЦ, доба	Витрати на цикл, тис. грн	Собівартість, грн/кг	Ціна, грн/кг*	Вартість валового продукту, тис. грн	Умовно чистий дохід, тис. грн	Рентабельність, %	Збільшення рентабельності, %
<i>P. ostreatus</i>	<i>ф</i>	25,0	1250	25	77,5	62,0	50	62,5	-15,0	-19,3	13,8
	<i>с</i>	28,0	1400	21	74,1	52,9	50	70,0	-4,2	-5,6	
<i>P. eryngii</i>	<i>ф</i>	3,0	150	63	145,0	966,7	100	15,0	-130,0	-89,7	160,3
	<i>с</i>	35,0	1750	37	102,6	58,6	100	175,0	72,5	70,7	
<i>C. aegerita</i>	<i>ф</i>	9,0	450	57	134,3	298,5	150	67,5	-66,9	-49,8	74,8
	<i>с</i>	17,4	870	38	104,3	119,9	150	130,5	26,2	25,1	
<i>F. velutipes</i>	<i>ф</i>	7	350	50	121,9	348,3	200	70,0	-51,9	-42,6	229,9
	<i>с</i>	31	1550	40	107,9	69,6	200	310,0	202,1	187,4	
<i>C.indica</i>	<i>ф</i>	28	1400	30	86,4	61,7	70	98,0	11,6	13,5	50,7
	<i>с</i>	38,1	1905	25	81,3	42,6	70	133,4	52,1	64,2	

Примітки: *ф* – ферментація, *с* – стерилізація; ВЦ – вегетаційний цикл, \* - прогнозована ціна на початок 2022 року.

Наведені результати враховують оголошене підвищення тарифів на енергоносії тому визначена собівартість є значно вищою, ніж у минулому році. Найперспективніший варіант визначено за культивування *F. velutipes* на субстратах, виготовлених методом стерилізації. Існуюча оптова ціна на гливу виявилася нижчою за її собівартість, що має відповідний негативний ефект, який

свідчить про недоцільність культивування гливи за існуючої ситуації на ринку. Виробникам, що вирощують гливу, потрібно шукати шляхи для зниження собівартості та підвищення ціни, вводити нові форми реалізації або закривати підприємство через його неефективність. Вражаючими виявилися результати вирощування абсолютно нового для українського ринку тропічного виду *C. indica*, врожай якого мав найнижчу собівартість за результатами порівняння.

Втім, привабливий вигляд, можливість збереження якості без застосування холодильного обладнання, високі смакові властивості дають змогу говорити про високі перспективи цього виду не тільки на вітчизняному ринку грибів, а й можливості експорту в Європейські країни, де технологія його культивування відсутня.

За аналізом отриманих результатів визначено суттєві переваги субстратів, виготовлених методом стерилізації: значно скорочувалась тривалість технологічного циклу та підвищувалась урожайність культур. Цікаво, що собівартість грибів різних видів, отриманих за цим методом, суттєво не відрізнялась, за виключенням культури *C. aegerita*, де за рахунок низької врожайності (у середньому 17 %) собівартість продукту була у 2 рази вищою. Виявлено, що для культивування *P. eryngii*, *C. aegerita* та *F. velutipes* потрібно використовувати лише стерильні субстрати, бо застосування методу АФВШ збільшує собівартість отриманої продукції від 2 до 16 разів, та наразі є непридатним для ефективного вирощування досліджених культиварів, бо витрати на вирощування перевищують валовий дохід. Втім, показники собівартості продукції, отриманої за стерильної технології, дають змогу говорити про високу конкурентоздатність української продукції на європейському ринку. Отже, застосування стерильного методу виробництва субстратів є базовим елементом технології, націленої на розширення асортименту їстівних грибів та можливості їх реалізації поза межами країни.

Результати ефективності впровадження стерильних технологій виготовлення субстратів не враховують показники окремих технік вирощування, які є індивідуальними для окремих культиварів та потребують обов'язкового

аналізу при проектуванні нових підприємств або реновації існуючих. Втім, скорочення вегетаційного періоду та збільшення врожайності за сталих витрат є основними факторами підвищення ефективності виробництва грибів.

За допомогою створеної програми розрахунків рентабельності виробництва підтверджено зниження в 1,6 раза витрат на підтримання мікрокліматичних умов за рахунок сезонної зміни резистентних до підвищених температур штамів, яка дозволила розраховувати доцільність вирощування певних штамів відповідно їх врожайності та визначати умови беззбитковості виробництва. Сезонні зміни та використання високопродуктивних штамів з коротким циклом вирощування дало змогу підвищити рентабельність виробництва грибів влітку в 1,5 раза, навіть, з урахуванням сезонного зниження загрузки камер вирощування на 8 тон, а ціни на 20 грн. (Додаток К.1, табл. К.2).

Введення у графік зимового виробництва грибів культури *P. pulmonarius* 2314 з урахуванням підвищення попиту на гриби з 15 по 25 грудня дозволило що за рахунок реалізації за максимальної ціни сезону підвищити рентабельність виробництва на 21 % (Додаток К.2, табл. К.3).

Впровадження штамів *P. eryngii* 2032 та 2033 у промислову культуру, урожай яких отримували швидше на 19 та 15 діб відповідно з біологічною ефективністю вищою на 22,4 % та 7,6 % відповідно, як порівнювати з комерційним штамом 2600М дозволило підвищити рентабельність виробництва на 123 та 50 % відповідно (Додаток К.3, табл. К.4).

Застосування багатокомпонентної субстратної композиції з соломи ячменю, паливних гранул з лущиння соняшнику, ріпаку, кукурудзяного борошна та крейди у співвідношенні 42:86:23:24:1 для вирощування *P. citrinopileatus* дозволило скоротити вегетаційний період цього культивару на 9 діб та підвищити біологічну ефективність у 4 рази, що сприяло збільшенню рентабельності виробництва на 100 % (Додаток К.4, табл. К.5). Збалансування субстратної формули для культивування *F. velutipes* 2039 обумовило підвищення біологічної ефективності штаму до 81,2 %, тобто в 1,8 раза з рентабельністю виробництва 185 % (Додаток К.5, табл. К.6).

Зменшення маси субстратних одиниць у 2 рази (1,5 кг) сприяло скороченню інкубаційного періоду вирощування та підвищенню біологічної ефективності *F. velutipes* 2039 до 121 %, що навіть за рахунку збільшення витрат на виробництво субстрату обумовило збільшення рентабельності на 100 % (Додаток К.7, табл. К.6).

За аналізом результатів промислового вирощування *S. aegerita* 2229, 2230 та 2231 визначено найнижчі ціни реалізації грибів з забезпеченням рентабельності виробництва у 30 %, яка складала на кінець 2021 року 186 грн/кг для штамів 2230 та 2231 та 565 грн/кг для штаму 2229 (Додаток К.8, табл. К.7).

Адаптація технології культивування тропічного виду *S. indica* дозволила отримати високоякісний продукт з привабливими органолептичними показниками за собівартості 18,3 грн/кг, яка є на 2,8 грн/кг нижчою, як порівнювати з результатами вирощування терморезистентного штаму *P. ostreatus* 431 (Д9). З урахуванням відсутності витрат на підтримання мікрокліматичних умов рентабельність виробництва цього виду за цінами на сировину та енергоносії 2021 року складала 64 %, що доводить доцільність його вирощування в умовах виробництв, що розташовані на півдні країни (Додаток К.8, табл. К.9).

Потрібно додати, що складність економічної оцінки впроваджених технологічних елементів полягає в існуючому різноманітті комплексу складових технологій культивування ксилотрофів, зокрема: індивідуальній доступності до джерел сировини, вартості нестандартних способів організації мікроклімату на різних підприємствах, фізіологічних та морфологічних особливостей різних культиварів, а також коливанні попиту на ринку залежно від локації та сезону. Отже, економічна ефективність сучасного виробництва грибів, як і інших напрямів сільського господарства, за ствердженням А. Надвиничного, визначається виробництвом максимальної кількості високоякісної продукції з одиниці площі за найменших витрат ресурсів з метою найповнішого задоволення потреб населення у цьому унікальному продукті харчування [13].

## Висновки до розділу VII:

1. Зменшення виробництва екзотичних грибів в Україні в останні роки обумовлено: погіршенням купівельної спроможності населення, слабкою поінформованістю споживачів про функціональні властивості та переваги грибів в оздоровчих дієтах, а, також, підвищенням собівартості грибів і відсутністю енергоефективних адаптованих технологій вирощування грибів у необхідному асортименті.

2. Економічні переваги сучасних технологій грибівництва базуються на поступовій адаптації до використання локальної сировини, застосуванні ефективних технологій виготовлення субстрату та технік вирощування, які дозволяють підвищити ефективність виробництва ксилотрофних видів грибів:

а) застосування методу стерилізації субстратів за рахунок досягнення їх максимальної елективності дало змогу підвищити рентабельність виробництва окремих культиварів від 14 до 230 %;

б) технологія сезонної зміни резистентних до підвищених температур штамів дало змогу підвищити рентабельність виробництва грибів влітку в 1,5 раза, а введення у «зимовий» графік штаму *P. pulmonarius* 2314 зі скороченим вегетаційним циклом обумовило зростання рентабельності на 21 %;

в) скринінг та впровадження в культуру високопродуктивних штамів досліджених ксилотрофних видів та збалансування субстратних композицій для їхнього промислового культивування збільшувало біологічну ефективність від 20 до 60 %, що сприяло підвищенню рентабельності;

г) адаптація культури тропічного виду *C. indica* у промислових умовах вирощування грибів на півдні України дозволила отримати високоякісний продукт з привабливими органолептичними показниками за низької собівартості 18,3 грн/кг, яка є нижчою проти результатів культивування гливи звичайної, на сьогодні найбільш поширеної на ринку екзотичних видів грибів культури.

3. Соціальний ефект впровадження цілорічного вирощування зі зміною видів та підвищенням якості врожаю полягає:



а) у розширенні асортименту їстівних грибів відповідно до зростаючих потреб споживачів у функціональних продуктах;

б) досягненні стабільності роботи підприємств за рахунок збереження кваліфікованих кадрів та економії енергоресурсів;

в) поступовому прищепленні культури споживання грибів та продуктів їхньої переробки, що в усьому світі вважається одним із способів оздоровлення населення.

4. Економічна оцінка собівартості грибів за впровадженими технологіями дає змогу говорити про обнадійливі перспективи розвитку вітчизняного виробництва ксилотрофних видів грибів у напрямку розширення асортименту, підвищення якості продукції та виходу з нею на зовнішні ринки.

#### ***Результати досліджень розділу VII опубліковані у роботах:***

1. Бандура І.І., Кулик А.С., Байберова С.С. Економічна ефективність зберігання грибів гливи звичайної. Сучасні підходи до післязбиральних технологій та маркетингу плодоовочевої продукції: матеріали Міжнародної студентської науково-практичної конференції, м. Мелітополь, 2018 р. 2018. С.30

2. Бандура І.І. Анализ особенностей рынка экзотических грибов в Украине. Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв, Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 24 листопада 2020 р., матеріали конференції під заг. ред. В.М. Кюрчева., Мелітополь, ТДАТУ. 2020. С.206–208.

3. Бандура І.І. Экзотические грибы в Украине. Анализ рынка. Каталог Дні українського грибівництва, IV Міжнародна виставка-конференція, Київ, Україна, 20-21 жовтня 2021 р.. С.17–20.

4. Бандура І. Грибоводство заменит тихую охоту. Агроиндустрия. 2018. №4. С.12-16.

5. Патент №160350 на сорт рослин ІВК 2314 *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quéл. «Глива легенева». Бісько Н.А., Мироничева О.С., Бандура І.І. Заявка № 13627001

Назва сорту: ІВК 2314 Заявник (код): 1957 Власник сорту (код): 1957. Дата державної реєстрації майнових прав інтелектуальної власності: 17.06.2016 Патент № 160350. Дата пріоритету: 17.10.2013.

6. Свідоцтво №160829 про державну реєстрацію сорту рослин ІВК 2314 *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quéf. «Глива легенева». Бісько Н.А., Мироничева О.С., Бандура І.І.. Дата державної реєстрації майнового права інтелектуальної власності на поширення: 25.04.2016. Свідоцтво про державну реєстрацію № 160829. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2019 рік; заявка 13627001, стор.378.

7. Пат № UA 127654 U. Україна, МПК51, А23В 7/16, А01F 25/14, В65В 25/02. Спосіб підготовки грибів роду Глива - PLEUROTUS (FR.)Р.КУММ до зберігання. Бандура І.І., Кулік А.С., Чаусов С.В., Прісс О.П.. Заявлено u201803761 від 06.04.2018, опубліковано 10.08.2018; Бюл. №15/2018.

8. Свідоцтво №171270 від 12.10.17 р. про реєстрацію сорту рослин ІВК 2301 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm «Глива звичайна». Бісько Н.А., Мироничева О.С., Бандура І.І.. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2019 рік; с. 461 <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.

9. Пат № UA 149075 U МПК51 А01G 18/20 (2018.01) Спосіб отримання зернового міцелію грибів. Бандура І.І, Севастьянович В.М., Кулік А.С., Макогон С.В., Чаусов С.В., Єременко О.А.: заявлено u 2021 02929 від 01.06.2021 опубліковано 13.10.2021; Бюл. №41/2021.

10. Пат № 149076 U МПК51, А23В 7/14 (2006.01). Спосіб вирощування дереворуйнівних грибів. Бандура І.І, Кулік А.С., Чаусов С.В., Макогон С.В. заявлено u 2021 02930 від 01.06.2021 опубліковано 13.10.2021; Бюл. №41/2021.

11. Bandura I., Isikhuemhen O., Kulyk A., Bisko N., Serdyuk M., Khareba V., Khareba O., Ivanova I., Tsyz O., Makohon S., Chausov S. Effect of different grain spawn materials on *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. mushroom cultivation under unregulated and regulated fruiting conditions. *Acta Agriculturae Slovenica*. 2022. Vol.118, №1. С.1–13. <http://dx.doi.org/10.14720/aas.2022.118.1.1862>.

12. Хареба О.В., Улянич О.І., Хареба В.В., Ковтунюк З.І., Бандура І.І., Воробйова Н.В., Цизь О.М., Яценко В.В. Малопоширені овочеві рослини та гриби: навчальний посібник. 2-е вид. допов. і перероб., Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2021. 256 с.

13. Бандура І.І., Кулик А.С., Вакасова К.А, Сокот О.Е. Основи ефективної технології вирощування та зберігання поживної цінності грибів родів *Pleurotus*, *Cystocube* та *Calocube*. Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання плодовоовочевої продукції: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 18 листопада 2020 р.. Миколаїв: МНАУ, 2020. С. 121–123.

14. Бандура И.И. Анализ технологических показателей зерновых смесей для изготовления посевного зернового мицелия. «*Инновационные подходы и технологии для повышения эффективности производств в условиях глобальной конкуренции*» международная научно-практическая конф-я, посв. памяти член-корр-а КазАСХН, д.т.н., профессора Тулеуова Елемеса Тулеуовича. 01 марта 2016 г., Семей: Государственный университет имени Шакарима, 2016. С. 339–341

15. Bandura I., Isikhuemhen O.S., Kulyk A., Bisko N., Makohon S. Microbiota in mushroom fruiting houses and the effect of isolated organisms on *P. ostreatus* mycelia growth and development in vitro. Abstract of the 11th International medicinal mushroom conference: *IMMC-11*. Belgrad, Serbia. 2022. С.69.

16. Бандура І.І., Бісько Н.А., Хареба В.В., Куц О.В., Хареба О.В., Цизь О.М., Кулик А.С. Методика наукових досліджень у грибівництві. За ред. докт. с.-г. наук, проф., академіка НААН України Хареби В.В. Інститут овочівництва і баштанництва НААН. Київ, 2022. 128 с.

## **Список використаної літератури до розділу VII**

1. Cheung P.C.K. Mini-review on edible mushrooms as source of dietary fiber: Preparation and health benefits. *Food Science and Human Wellness*. 2013. Vol. 2, № 3. P. 162–166.

2. Manjit S., Shwet K., Sharma V.P. Status and trends in world mushroom production. *Mushroom Research*. Mushroom Society of India, 2017. Vol. 26, № 1. P. 1–20.
3. Royse D.J. A global perspective on the high five: *Agaricus*, *Pleurotus*, *Lentinula*, *Auricularia* & *Flammulina*. Proceedings of 8th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP8), New Delhi, India, 19-22 November 2014. Vol. I. P. 1–6.
4. Wasser S.P. Medicinal mushroom science: history, current status, future trends, and unsolved problems. *International Journal of Medicinal Mushrooms*. Begel House Inc., 2010. Vol. 12, № 1. P. 1–16. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v12.i1.10>.
5. УМДИС: ринок грибів Восточної Європи. 2021. URL: <http://www.umdis.org/ob-em-proyzzvodstva-veshenky-v-ukrayne-postепенно-umenshaiutsia/> (дата звернення: 06.01.2022).
6. Українські фермери стрімкими темпами нарощують виробництво та експорт грибів. 2018. URL: <https://landlord.ua/news/ukrayinski-fermeri-strimkimi-tempami-naroshhuyut-virobnitstvo-ta-eksport-gribiv/> (дата звернення: 21.07.2021).
7. Косяк О.А. Розвиток світового ринку грибів і продуктів їх переробки // Економіка АПК. 2009. № 9. P. 146–149.
8. Соловійов І.О., Мудрак С.В. Маркетингові горизонти грибного бізнесу // Маркетинг в Україні. 2005. № 1. P. 18–22.
9. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 10.01.2022).
10. Robinson B., Winans K., Kendall A., Dlott J., Dlott F. A life cycle assessment of *Agaricus bisporus* mushroom production in the USA. *Int J Life Cycle Assess.* 2019. Vol. 24, № 3. P. 456–467. <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1456-6>.
11. Малюк С.О. Оптимізація управління асортиментом продукції. *Вісник ХНАУ*, Серія “Економічні науки.” 2014. С.1–8. URL: [https://visen.knau.kharkov.ua/visn\\_econom\\_2014\\_6\\_124.html](https://visen.knau.kharkov.ua/visn_econom_2014_6_124.html) (дата звернення: 10.01.2022).

12. Вдовенко С.А. Особливості формування врожаю гливи звичайної за інтенсивного вирощування. *Агробіологія*. Білоцерківський національний аграрний університет, 2011. № 6. Р. 87–90.

13. Надвиничний С.А. Методологія дослідження економічної ефективності виробництва сільськогосподарської продукції. *Економічний аналіз*. Тернопільський національний економічний університет, 2016. № 25 (2). С. 115–121.

14. ДСТУ ISO 9000:2007. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів.

15. Бандура І.І., Бісько Н.А., Хареба В.В., Куц О.В., Хареба О.В., Цизь О.М., Кулик А.С. Методика наукових досліджень у грибівництві. За ред. докт. с.-г. наук, проф., академіка НААН України Хареби В.В. Інститут овочівництва і баштанництва НААН. Київ, 2022. 128 с.

16. Bandura I., Isikhuemhen O., Kulyk A., Bisko N., Serdyuk M., Khareba V., Khareba O., Ivanova I., Tsyz O., Makohon S., Chausov S. Effect of different grain spawn materials on *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. mushroom cultivation under unregulated and regulated fruiting conditions. *Acta Agriculturae Slovenica*. 2022. Vol. 118 (1). С. 1–13. doi: <http://dx.doi.org/10.14720/aas.2022.118.1.1862>

## ВИСНОВКИ

У дисертації визначено наукові засади високоефективних методів формування якості плодових тіл ксилотрофних видів грибів з оглядом на шляхи подальшої переробки отриманого врожаю, обґрунтовано елементи адаптивних технологій вирощування грибів чотирьох родів *Pleurotus*, *Cyclocybe*, *Flammulina* та *Calocybe*.

1. Проведено скринінг 24 культиварів *P. ostreatus* (5 штамів), *P. eryngii* (3), *P. pulmonarius* (1), *P. citrinopileatus* (1), *F. velutipes* (10), *C. aegerita* (3), *C. indica* (1) в умовах промислових виробництв, за результатами якого визначено технічні характеристики продуктивності, параметри фенотипічних ознак, біохімічний склад плодових тіл, коефіцієнти виходу напівфабрикатів у післязбиральних операціях і первинної переробки, що дає змогу відібрати найбільш перспективні для промислового впровадження штамми.

2. Визначено, що елективність субстратних композицій, яка досягається збалансуванням складу органогенних та есенціальних елементів, відсутністю патогенних мікроорганізмів та відповідною структурою, є найважливішим загальним фактором формування якості врожаю ксилотрофних видів. Досліджені культивари мали індивідуальні потреби до ступеня елективності субстратів, які, насамперед, залежали від притаманних їм фізіологічних особливостей.

3. Доведено, що застосування відповідних технічних операцій: виготовлення субстратних одиниць необхідної маси, техніки розкриття пакетів, формування перфорацій певного розміру, розташування субстрату на полицях, нанесення оптимальної висоти покривного ґрунту, проведення «скретчингу» має суттєвий вплив на фенотипічні та біохімічні характеристики культиварів та може використовуватись для отримання врожаю з прогнозованими параметрами якості.

4. Виявлено, що впродовж морфогенезу *P. ostreatus* відбуваються зміни біохімічного складу плодових тіл, які є суто індивідуальними для кожного штаму, тому терміни збирання врожаю мають визначатися індивідуально відповідно до подальших шляхів його переробки. Було визначено загальну тенденцію зниження

протеїнів максимально на 8,6 % (*P. ostreatus* 2456) і збільшення кількості зольних елементів максимально на 4,9 % (*P. ostreatus* 2316) (по сухій речовині) при досягненні плодовими тілами біологічної зрілості. Зафіксовано значне (від 6 до 10% по сухій речовині) збільшення кількості біоактивних ендополісахаридів в плодкових тілах *P. ostreatus* 431, 2314 та 2456 при повному дозріванні.

5. Виявлено факт підвищення коефіцієнта виходу напівфабрикату після бланшування плодкових тіл біологічної стиглості більшості досліджених штамів на 3-6 % як порівнювати з переробкою сировини технічної стиглості.

6. Проведено кількісний та якісний аналіз мікробіологічних сукцесій у повітрі приміщень, де тривалий час культивуються *P. ostreatus* та розраховано динаміку збільшення титру КУО на поверхні плодкових тіл *P. ostreatus* залежно від стану мікробіологічної забрудненості культиваційних приміщень ( $y = 4148071 + 299 \times x$ ). Виявлено антагоністичний вплив виявлених видів *Cladobotryum mycophilum*, *Trichoderma pleuroticola*, *Tr. harzianum*, *Tr. atroviride* на розвиток *P. ostreatus* 2301.

7. Доведено доцільність цілорічного культивування штаму *P. pulmonarius* 2314 у широких температурних межах від 14 до 28 °С з показниками біологічної ефективності 80,6 % (16 ± 2 °С) та 79,5 % (26 ± 2 °С). За аналізом показників якості плодкових тіл, отриманих за різних температур, рекомендовано для реалізації у свіжому вигляді збирати їх на стадії технічної стиглості.

8. Науково обґрунтовано перспективи впровадження природних ізолятів *P. eryngii* 2032 та 2033 у промислову культуру, урожай яких отримували швидше ніж комерційного штаму 2600 на 19 та 15 діб відповідно, а біологічна ефективність була на 22,4 % та 7,6 % відповідно вищою, як порівнювати з культиваром 2600. Промисловою апробацією доведено економічну ефективність культивування штаму 2032 з рентабельністю 110 % (за цінами 2019 р.)

9. Визначено позитивний вплив багатокомпонентних субстратних композицій (солома ячменю, лушпиння соняшнику, ріпак, кукурудза) на показники продуктивності, морфологічні характеристики та вміст біоактивних речовин в плодкових тілах *P. citrinopileatus*, що дозволило скоротити вегетаційний період цього культивару на 9 діб, підвищити біологічну ефективність у 4 рази,

досягти збільшення маси окремих плодкових тіл в 1,7 раза та підвищення вмісту ендополісахаридів в 1,9 раза.

10. За результатами скринінгу 10 штамів *F. velutipes* було визначено перспективні для промислового культивування штами 2038 (біла раса) та 2039 (жовта раса) з найкоротшими вегетаційними періодами, які склали 45 та 38 діб відповідно, та мали найвищу біологічну ефективність: 45,4 та 51,3 % відповідно. Втім, збалансування субстратної формули додаванням ріпаку та кукурудзяної крупи сприяло підвищенню біологічної ефективності штаму 2039 до 81,2 % зі зростанням рентабельності виробництва у 3 рази (до 184 %).

11. Обґрунтовано регламенти впровадження в промислову культуру трьох штамів *C. aegerita* 2229, 2230 та 2231 за порівнянням їх технічних, морфологічних та хімічних характеристик: штам *C. aegerita* 2231 характеризувався найкоротшим вегетаційним циклом (43 доби) та найвищою БЕ - 59,4 % у досліді, штам *C. aegerita* 2230 мав найвищий коефіцієнт виходу сировини після очищення ( $0,971 \pm 0,001$ ) та виходу напівфабрикату після бланшування ( $1,020 \pm 0,013$ ); штам *C. aegerita* 2229 відрізнявся найвищим вмістом сухих речовин ( $11,23 \pm 0,38$  %).

12. Адаптовано технологію культивування тропічного виду *C. indica* з використанням субстратів, виготовлених методом стерилізації, з підвищеним вмістом нітрогену за рахунок комбінації локальних агровідходів. Це дозволило скоротити термін вегетації до 29 діб та підвищити біологічну ефективність на 38 %, що обумовило отримання грибів з собівартістю 18,3 грн/кг і рентабельністю виробництва 63 %.

13. Економічна ефективність сучасних технологій грибівництва формується на адаптації до використання доступної сировини, застосуванні енергоефективних технологій виготовлення субстрату та впровадженні інноваційних технік, які дозволяють підвищити результативність вирощування досліджених культиварів. Соціальний ефект запропонованих шляхів розширення асортименту їстівних грибів на вітчизняному та світовому ринку визначається зростаючими потребами споживачів у функціональних продуктах, сталим розвитком культури споживання грибів та продуктів їхньої переробки.



## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для формування якості майбутнього врожаю необхідно забезпечити організацію системи управління якістю основних складових технологічного процесу вирощування: виготовлення якісного субстрату, посівного матеріалу, створення оптимальних умов культивування та збору врожаю і післязбиральних операцій.

2. Для досягнення елективної якості субстратів необхідно розраховувати та забезпечувати баланс основного нутрієнтного складу, мінеральних речовин та води шляхом моделювання та апробації отриманих результатів, віддавати перевагу багатокomпонентним сумішам, таким як: солома ячменю, паливні гранули з лушпиння соняшнику чи власне лушпиння, насіння ріпаку, кукурудзяне борошно, крейда у співвідношенні 42:86:23:24:1. Усі розрахунки проводити на основі результатів хімічного аналізу складу рослинної сировини та води за стандартизованими методиками.

3. Проводити процес термічної обробки рослинної сировини до досягнення мікробіологічної чистоти (для стерильних субстратів) чи формування необхідної бактеріальної сукцесії термофільних мікроорганізмів (для субстратів отриманих методом аеробної ферментації у високому шарі) відповідно до рекомендованих раніше режимів. Стерилізацію субстратних одиниць масою 1,5 кг проводити за температури 125 °C впродовж 2х годин, якщо використовується термостійка поліпропіленова тара, а у разі використання пакетів з поліетилену, процес стерилізації проводити за температури 110 °C, подовжуючи режим до 3,5 годин. Експрес -контроль мікробіологічної чистоти або однорідності термофільної мікробіоти проводити методами прямої мікроскопії перед інокуляцією субстратів.

4. Інокуляцію субстратів різних методів виготовлення здійснювати в асептичних умовах, для досягнення яких проводити фізичну (опромінення) та хімічну дезінфекції перед початком інокуляції, механічну (видалення органічних залишків з обладнання та приміщення) і хімічну після роботи. Забезпечити безпечність працівників цеху інокуляції шляхом дотримання режимів вентиляції

приміщення очищеним повітрям (НЕРА фільтр не менше 12 класу) після дезінфекційних заходів та під час роботи, використовувати для дезінфекції лише речовини, які дозволені чинним законодавством.

5. Щільність матеріалів у субстратних одиницях повинна відповідати біологічним особливостям культиварів. Для вирощування гливи звичайної, легеневої та золотої, калоцибе індійського підтримувати щільність на рівні від 400 до 600 кг/м<sup>3</sup>; для опеньків зимового, тополевого та гливи степової (королівської) від 600 кг/м<sup>3</sup> до 800 кг/м<sup>3</sup>.

6. Масу субстратних одиниць обирати відповідно біологічним особливостям культиварів: для опеньків (тополевого та зимового), гливи степової рекомендуємо виготовляти субстратні одиниці масою до 2 кг. Для гливи звичайної, легеневої, золотої та калоцибе індійського масу субстратних одиниць (циліндричних чи сплюснених блоків) тримати до 14 кг, з діаметром (висотою) не вище 250 мм та довжиною не більше 900 мм.

7. Віддавати перевагу посівному матеріалу, виготовленому на основі багатокомпонентних зернових сумішей, зокрема: пшениці (ячменю), вівса та проса у співвідношенні 1:1:1 та з додаванням насіння ріпаку.

8. Мікрокліматичні умови інкубації підтримувати у відповідності до біологічних особливостей базидіоміцетів, що культивуються. Для більшості видів за відносної вологості повітря не менше 75 %, відсутності освітлення, з температурою в приміщенні  $22 \pm 2$  °С, рівень CO<sub>2</sub> до 7000 ppm. Для вегетативного росту міцелію калоцибе індійського потрібно підвищувати температуру приміщення до  $32 \pm 1$  °С.

9. Розташовувати субстратні одиниці циліндричної форми з культурами гливи звичайної, легеневої та золотої у камерах вирощування рекомендуємо на полицях з нахилом 60...70°. Для інших видів враховувати необхідність забезпечення ефективного проведення планових технологічних операцій, таких як: формування зони плодоношення методом перфорацій, відкриття чи видалення плівки, створення «комірців», нанесення покривного ґрунту, тощо

10. Нанесення перфорацій певної довжини чи діаметру є дієвим інструментом для отримання зростків запланованої маси і розміру. Для отримання зростків масою 700 г і більше потрібно робити перфорації довжиною 150 мм. Такий розмір рекомендовано лише за горизонтального розташування субстрату. Розрізи більше 100 см для блоків у вертикальному положенні робити небажано, бо покривна плівка розходиться і в містах отворів субстрат швидко втрачає вологу. Для отримання зростків масою 300...400 г, яка оптимально відповідає ємності стандартною тари рекомендуємо робити перфорації розміром до 50 мм на субстратних одиницях похилого розташування, що забезпечуватиме максимальний розвиток шапинкам.

11. Для забезпечення безперервного енергоефективного процесу культивування грибів гливи рекомендуємо сезонну зміну штамів: для вирощування за температури 11...14 °С штами *P. ostreatus* 2316, 2317; при 16...19 °С - штами *P. ostreatus* 2301 та 2456, вище 20 °С – штами *P. ostreatus* 431 та *P. pulmonarius* 2314.

12. Для збільшення маси врожаю у періоди максимального попиту рекомендуємо впровадити загальне культивування штамів *P. ostreatus* 2316, 2317; 2301 та *P. pulmonarius* 2314, свіжовиготовлені субстратні одиниці якого додають на 8...10 добу інкубації в однозональні камери вирощування. За рахунок швидкого вегетативного розвитку плодові тіла цього штаму отримують одночасно з початком плодоношення штамів *P. ostreatus*.

13. Рекомендуємо проводити збирання плодових тіл *P. pulmonarius* 2314 у технічній стиглості 2 -3 рази на добу за температури  $26 \pm 2$  °С, тоді як за  $16 \pm 2$  °С достатньо одноразового збору.

14. Для реалізації у свіжому вигляді гриби роду *Pleurotus* збирати на стадії технічної стиглості, до початку спороношення, а для переробки на консерви краще проводити збір урожаю за настання біологічної стиглості.

15. Для профілактики мікробіологічних захворювань культиварів та виконання вимог харчової безпеки запровадити постійний моніторинг мікробіологічної чистоти повітря в камерах вирощування. Після кожного циклу

виращування обов'язково проводити механічне очищення стін, вентиляційної системи та поверхні стелажів, білити вапном або обробляти дозволеними чинним законодавством хімічними препаратами. У період активного плодоношення міняти фільтри на вентиляційній системі 2-3 рази на добу, в інший час по мірі забруднення.

16. Для розширення асортименту їстівних грибів екзотичних видів для вітчизняного грибівництва рекомендуємо штами гливи степової *P. eryngii* 2032 та 2033; штама гливи золотої штама *P. citrinopileatus* 2161; штами опенька зимового *F. velutipes* 2038 (біла раса) та 2039 (жовта раса); штами опенька тополевого *C. aegerita* 2229, 2230 та 2231 з Колекції культур шапинкових грибів (ІВК) Інституту ботаніки імені М.Г. Холодного Національної академії наук України. Тропічний вид *C. indica* штама 2598 ІВК рекомендуємо вирощувати влітку без підтримання примусової вентиляції виробничих приміщень.

17. Для проведення аналітичних розрахунків щодо перспектив впровадження культивуру у виробництво, або аналізування перспектив виробництва рекомендуємо використання технічних карт, які були розроблені з урахуванням можливості автоматичного розрахунку прибутку з реалізації продукції за різними ціновими категоріями в Excel.

18. Цільовою функцією задачі оптимізації формули субстрату є зниження вартості сировини, а також збалансування за вмістом нітрогену та співвідношення карбону до нітрогену. Для її вирішення необхідно проводити попередній хімічний аналіз доступної сировини та застосовувати запропонований в роботі метод моделювання субстратних композицій.

## **ДОДАТКИ**



Рис. А.1. Патент на корисну модель № 149075 «Спосіб отримання зернового міцелію грибів».



Рис. А.2. Свідоцтво №160829 про державну реєстрацію сорту рослин ІВК 2314 *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. «Глива легенева». Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2019 рік; заявка 13627001, стор.378 <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.



Рис. А.3. Патент №160350 на сорт рослин ІВК 2314 *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. «Глива легенева»





Рис. А..4. Свідоцтво №171270 від 12.10.17 р. про реєстрацію сорту рослин ІВК 2301 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm «Глива звичайна». Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2019 рік; с. 461 <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.



а)



б)

**Рис. А.5. Промислове вирощування: а) штаму IBK 2314 *Pleurotus pulmonarius* в умовах ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (Мелітополь, Україна); б) штаму IBK 2249 *P. ostreatus* в умовах AGRIMUM GIDA ÜRETİM VE TARIM SAN. TİC.LTD.ŞTİ. (Çatalca İstanbul - Türkiye).**



а)

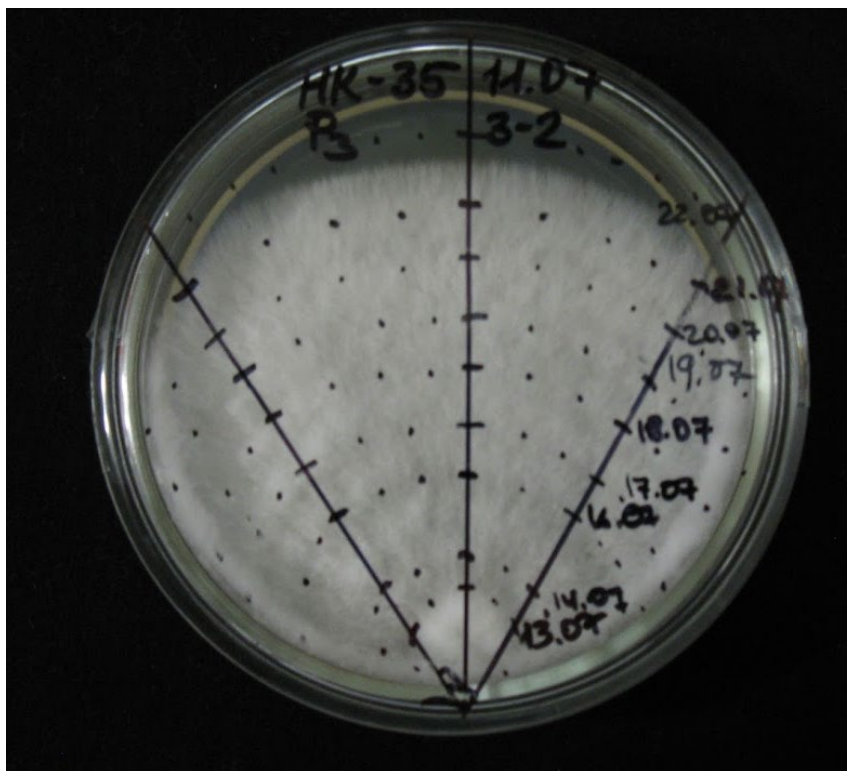


б)

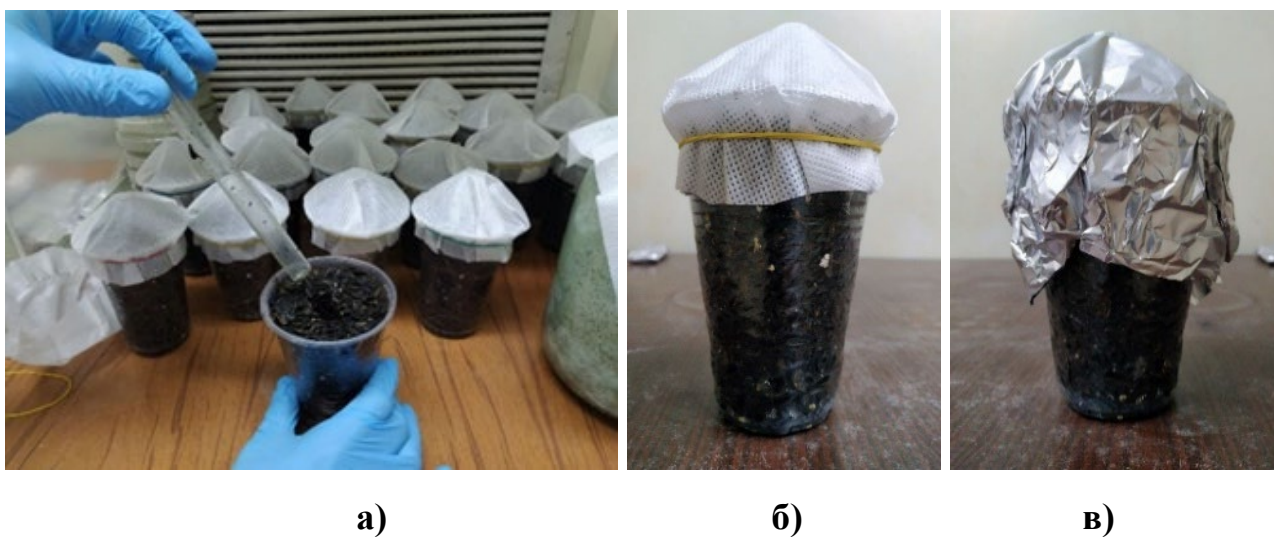
**Рис. А.6. Промислове вирощування а) штаму ІВК 431 *Pleurotus ostreatus* в умовах ФОП Бершацкий (Краматорск, Україна); б) штаму ІВК 2317 *P. ostreatus* в умовах ТОВ «NESON GRUP» (м. Кишинів, Молдова).**



Рис. А.7. Патент на корисну модель № 149076 «Спосіб вирощування дереворуйнівних грибів», який передбачає підвищення ефективності вирощування екзотичних видів за використання багатокомпонентних субстратних сумішей.



**Рис. Б.1.1. Спосіб нанесення ліній на чашку Петрі для визначення швидкості росту міцелію на живильних середовищах**



**Рис. Б.1.2. Техніка застосування поліпропіленових ємностей (стаканів) у якості субстратних одиниць для лабораторних дослідів: а) створення каналу для інокуляції за допомогою «хімічної» пробірки (10/120 мм);**



а)



б)



в)



г)



д)



е)

**Рис. Б.2. Розташування субстратних одиниць на полицях для визначення впливу положення на показники вирощування та морфологічні характеристики *Pleurotus ostreatus* 2301: симуляція промислового вирощування а) у похилому положенні; б) вертикальному, в) горизонтальному; г, д, е) повторення експериментів у промислових умовах ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР».**



а)



б)



в)

**Рис. Б.3. Метод визначення температурних режимів розвитку грибних культурів у виробничих приміщеннях ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР»:**  
а) однакові температури в центрі субстратної одиниці та на поверхні сигналізують про відсутність метаболічних процесів, що зумовлює відмирання плодових тіл; б) наявність різниці температур свідчить про нормальні фізіологічні процеси розвитку культурів; в) висота покривного ґрунту впливає на температуру в субстраті.

Таблиця Б.1

**Результати секвенування зразків чистих культур плісеневих грибів, виділених з повітря камер тривалого культивування видів *Pleurotus* за даними The National Center for Biotechnology Information (США)**

№ зразка	Вид	Ступінь співпадіння ДНК, %	Посилання на результат аналізу
1	<a href="#">Abortiporus biennis</a>	100	<a href="#">KP135300.1</a>
2	<a href="#">Cladobotryum mycophilum</a>	99	<a href="#">MH455262.1</a>
3	<a href="#">Alternaria alternata</a>	99	<a href="#">KY951909.1</a>
4	<a href="#">Coniothyrium pyrinum</a>	100	<a href="#">MH856053.1</a>
5	<a href="#">Trichoderma pleuroticola</a>	99	<a href="#">MF687194.1</a>
6	<a href="#">Trichoderma harzianum</a>	99	<a href="#">MH266422.1</a>
7	<a href="#">Penicillium cf. roqueforti</a>	99	<a href="#">KU987899.1</a>
8	<a href="#">Trichoderma harzianum</a>	99	<a href="#">MH266422.1</a>
9	<a href="#">Fusarium oxysporum</a>	99	<a href="#">MH575293.1</a>
10	<a href="#">Trichoderma atroviride</a>	99	<a href="#">MG972798.1</a>



**Trichoderma pleuroticola culture ICMP:20801 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA gene, and internal transcribed spacer 2, complete sequence; and large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence**

GenBank: MF687194.1

[FASTA](#) [Graphics](#) [PopSet](#)

Go to: 

```

LOCUS       MF687194                658 bp    DNA     linear   PLN 27-AUG-2017
DEFINITION Trichoderma pleuroticola culture ICMP:20801 small subunit ribosomal
            RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5.8S
            ribosomal RNA gene, and internal transcribed spacer 2, complete
            sequence; and large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence.
ACCESSION   MF687194
VERSION     MF687194.1
KEYWORDS    .
SOURCE      Trichoderma pleuroticola
  ORGANISM  Trichoderma pleuroticola
            Eukaryota; Fungi; Dikarya; Ascomycota; Pezizomycotina;
            Sordariomycetes; Hypocreomycetidae; Hypocreales; Hypocreaceae;
            Trichoderma.
REFERENCE   1 (bases 1 to 658)
  AUTHORS   Weir, B.S. and Park, D.
  TITLE     DNA sequence barcoding of New Zealand fungi
  JOURNAL   Unpublished
REFERENCE   2 (bases 1 to 658)
  AUTHORS   Weir, B.S. and Park, D.
  TITLE     Direct Submission
  JOURNAL   Submitted (17-AUG-2017) Mycology and Bacteriology, Landcare
            Research, 231 Morrin Road, St. Johns, Auckland 1072, New Zealand
COMMENT     ##Assembly-Data-START##
            Sequencing Technology :: Sanger dideoxy sequencing
            ##Assembly-Data-END##
FEATURES             Location/Qualifiers
     source            1..658
                     /organism="Trichoderma pleuroticola"
                     /mol_type="genomic DNA"
                     /isolation_source="dead wood"
                     /host="Pittosporum crassifolium"
                     /culture_collection="ICMP:20801"
                     /db_xref="taxon:504485"
                     /country="New Zealand: Auckland"
                     /collection_date="25-Oct-2014"
                     /collected_by="B.S. Weir"
     misc_RNA          1..658
                     /note="contains small subunit ribosomal RNA, internal
                     transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA, internal
                     transcribed spacer 2, and large subunit ribosomal RNA"
ORIGIN
1  cttggtcatt tagaggaagt aaaagtcgta acaaggcttc cgttggtgaa ccagcggagg
61  gatcattacc gagtttaca ctcctcaaac caatgtgaac gttaccaaac tgttgctctg
121 ggcgggatctc tgccccgggt gcgtcgcagc cccggaccaa ggcgcccgcc ggaggaccaa
181 ccaaaactct tattgtatac cccctcgcgg gttttttat aatctgagcc ttctcggcgc
241 ccctcgtggg cgtttcgaaa atgaatcaaa actttcaaca acggatctct tggttctggc
301 atcgatgaag aacgcagcga aatgcgataa gtaatgtgaa ttgcagaatt cagtgaatca
361 tcgaatcttt gaacgcacat tgcgcccgcc agtattctgg cgggcatgcc tgtccgagcg
421 tcatttcaac cctcgaacc ctcggggggg tcggcgttgg ggatcggccc tccctctgcg
481 ggggcctgct ccgaaatac gtggcggtct cgccgcagcc tctcctgcgc agtagtttgc
541 acactcgcac cgggagcgcg gcgctccac agcgttaaa caccacaact tctgaatgt
601 tgacctcgga tcaggtagga ataccgctg aacttaagca tatcaataag cgggaagga
//

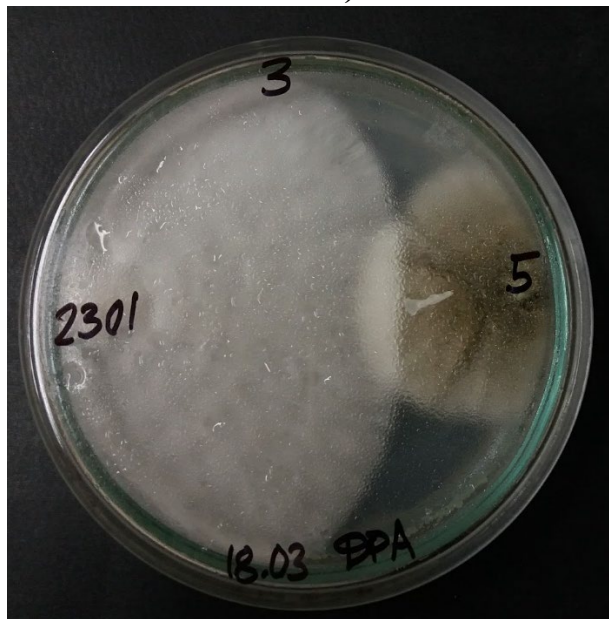
```

**Рис. Б.5. Скріншот екрану з результатами визначення послідовності ДНК зразку №5 (табл. Б1), що на 99% відповідає послідовності *Trichoderma pleuroticola*.**



а)

б)

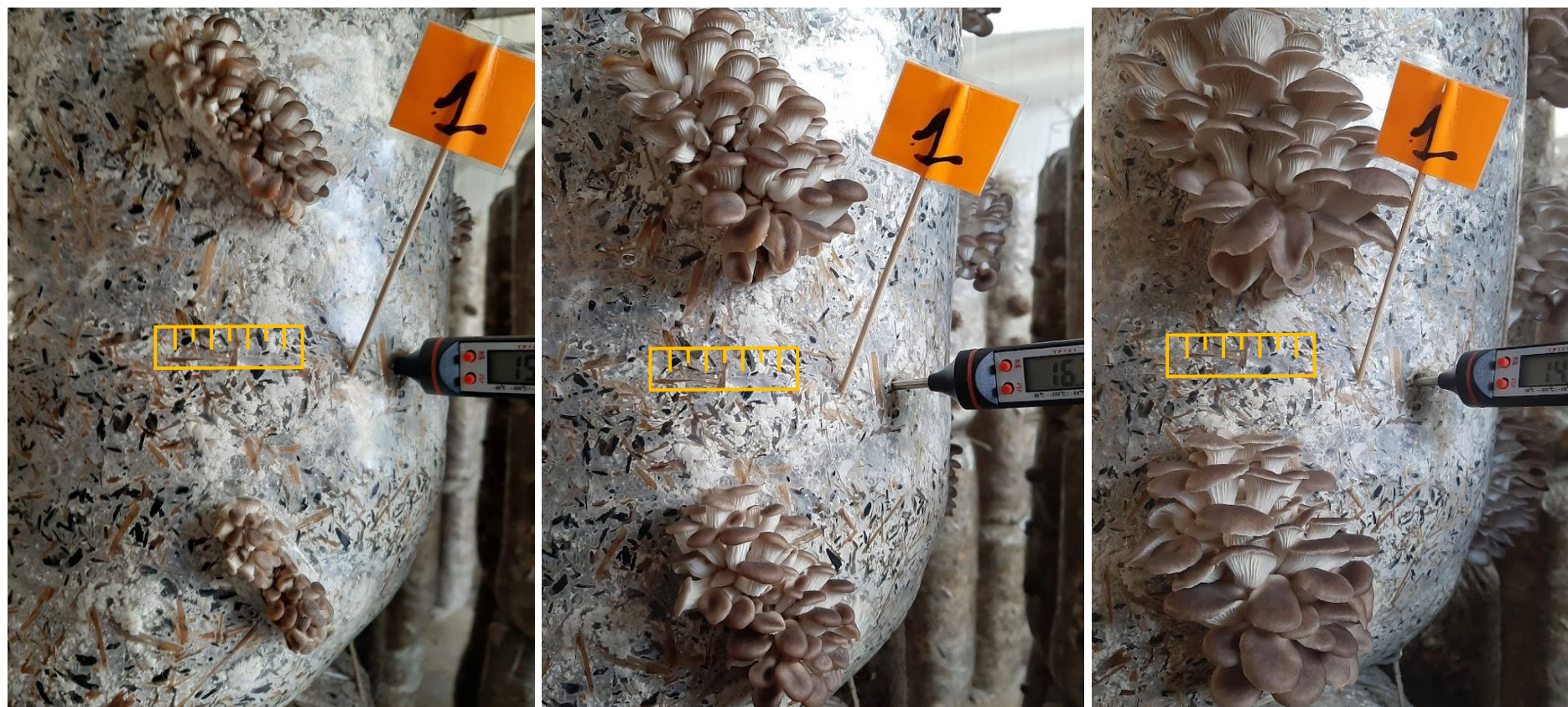


в)



г)

Рис. Б.6. Метод зустрічних культур *Pleurotus ostreatus* 2301 та плісневих грибів: а) з культурою *C. mucophilum* після 1-єї доба культивування за температури 24 °С; б) з *C. mucophilum* - станом на 4-ту добу; в) з *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. – станом на 8-му добу; г) з *Fusarium oxysporum* Schltdl. – станом на 8-му добу



а)

б)

в)

**Рис. Б.7. Метод визначення швидкості морфогенезу плодових тіл *Pleurotus pulmonarius* 2314 впродовж культивування за низьких температур  $14 \pm 2$  °С (березень 2020 р.): а) зростки плодових тіл о 8.00 ранку 30.03.20; б) зростки плодових тіл о 16.00 вечора 30.03.20; в) зростки плодових тіл о 8.00 ранку 31.03.20.**

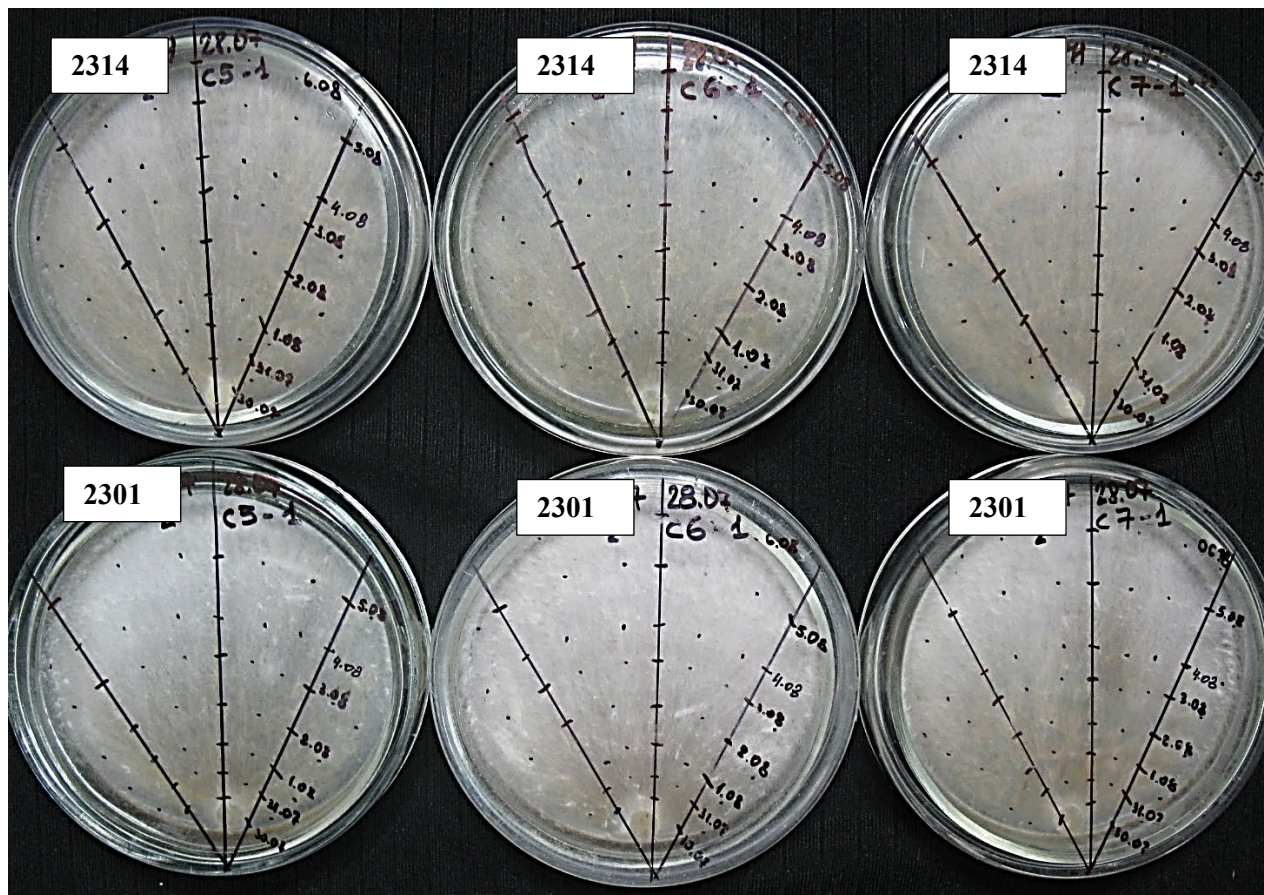


Рис. Б.8.1. Візуальні відмінності у щільності колоній штамів *Pleurotus ostreatus* 2301 та *P. pulmonarius* 2314 на середовищах з додаванням соломи ячменю та різним вмістом NaCl (с5 – 1%, с6 – 2%, с7 – 3%), 9-та доба.

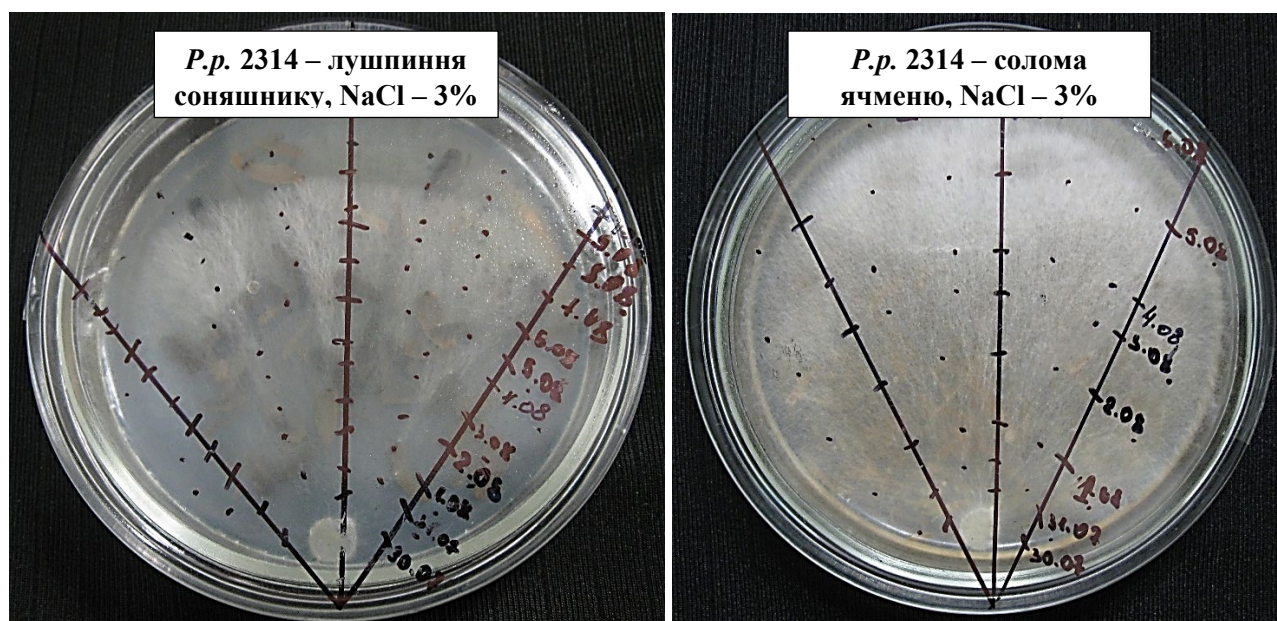


Рис. Б.8.2. Зовнішній вигляд колоній *Pleurotus pulmonarius* 2314 на середовищах з додаванням різної рослинної сировини, але з аналогічним вмістом NaCl (12 доба).

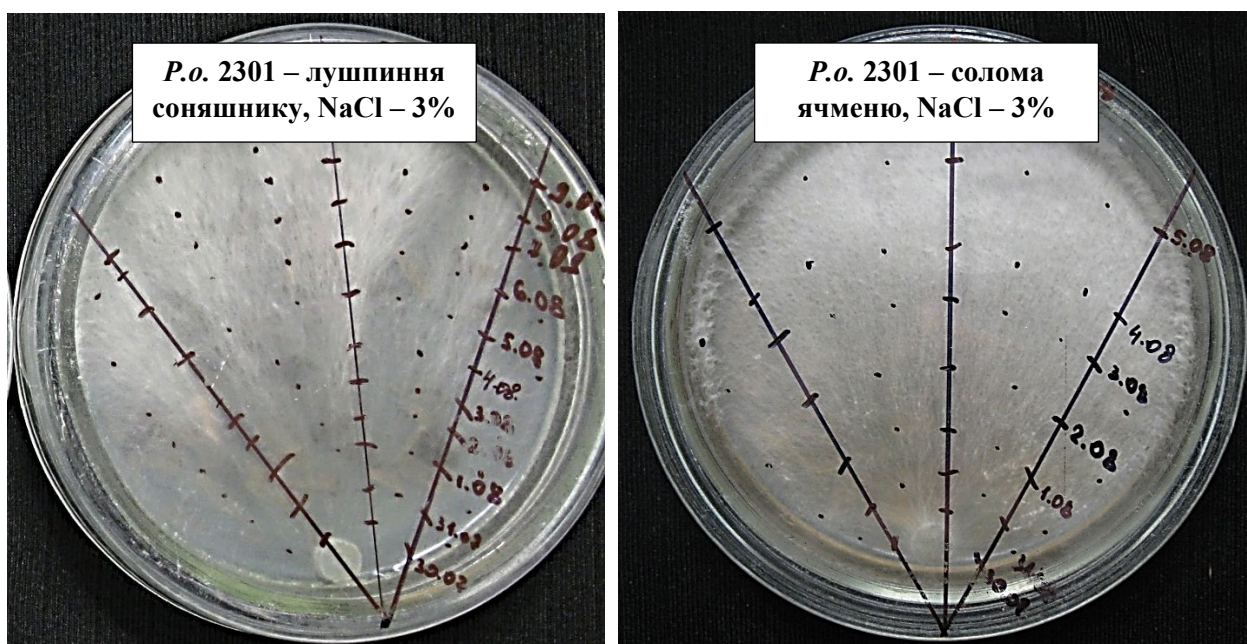


Рис. Б.9.1. Зовнішній вигляд колоній *Pleurotus ostreatus* 2301 середовищах з додаванням різної рослинної сировини, але з аналогічним вмістом NaCl, 12 дів культивування.

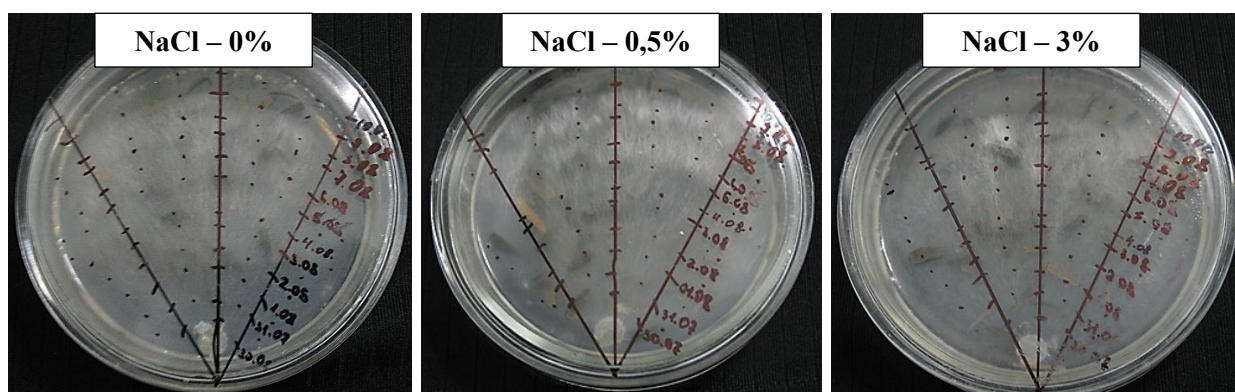


Рис. Б.9.2. Зовнішній вигляд колоній *Pleurotus pulmonarius* 2314 на середовищах з додаванням лущиння соняшнику з різною концентрацією NaCl, 12 дів культивування.



а)



б)



в)



г)



д)

**Рис. Б.10. Симуляція умов промислового вирощування плодових тіл *Pleurotus ostreatus* 2301 на субстратах з різним складом рослинних компонентів та додаванням олії: а) інкубація субстратів в штучній мікрокліматичній камері; б) плодові тіла гливи, отримані таким методом; в) початок плодоношення на субстраті з суміші соломи ячменю та лушпиння соняшнику у співвідношенні 1:3 з вмістом олії 0,3%; г) початок плодоношення на субстраті з суміші соломи ячменю та лушпиння соняшнику у співвідношенні 1:1 з вмістом олії 0,3%; д) початок плодоношення на субстраті з суміші соломи ячменю та лушпиння соняшнику у співвідношенні 3:1 з вмістом олії 0,3%.**

*Примітка.* Рис. Б11, в, г, д – фото зроблені на 20 добу після інокуляції субстратів, стаканчики в ящиках розташовані рандомно.

**Моделювання формули субстрату для культивування екзотичних видів грибів (Excel)**

Складові	Маса, кг (за сирою вагою)	W, %	DW, кг	N, %	Nm, кг	Зола, %	Зола, кг	Вміст складових, %	Передбачувана вологість субстрату, %	Вихід субстрату, кг
Тирса вільхи	120	8	110,4	0,1	0,1	7,9	8,7	55,4	60	498,1
Лушпиння соняшнику	40	7	37,2	0,7	0,3	7,0	2,6	18,7	65	558,7
Гранули з лушпиння соняшнику	30	9	27,3	2,5	0,7	10,5	2,9	13,7	70	664,1
Ріпак (насіння)	3	12	2,6	2,8	0,1	14,2	0,4	1,3	75	796,9
Пшениця (зерно)	20	10	18	1,4	0,3	4	0,7	9,0	Співвідношення C/N у субстраті	68,0
Крейда (CaCO <sub>3</sub> )	4	8	3,7	0	0	99,2	3,7	1,9	Вміст N у субстраті, %	0,69
<b>Разом</b>	<b>217</b>		<b>199,22</b>		<b>1,37922</b>		<b>18,95</b>	<b>100</b>		

*Примітки:* W – вміст води, DW – вміст сухої речовини, N – нітроген, Nm – маса нітрогену у сировині, C – карбон; зеленим кольором позначені колонки, куди вносяться результати попередніх аналізів щодо вмісту води, нітрогену та золи у компонентах формули; жовтим кольором позначено колонку з результатами розрахунків.

**Погоджено**  
Проректор з наукової роботи  
Панченко А.І.

«10» листопада 2022 р.



**Затверджую**  
Директор ТОВ НВП «ЕКО-ГРИБ»  
Попелюх С.Ю.

«08» листопада 2022 р.



**А К Т**

**про впровадження результатів науково-дослідних,  
дослідно-конструкторських та технологічних робіт**

Даним актом стверджується, що результати роботи за темою: «Оцінка впливу субстратів, виготовлених методом аеробної ферментації у високому шарі (АФВШ), на ефективність вирощування *Pleurotusostreatus*» впродовж 2016–2020 рр. згідно з планом науково-дослідної програми Науково-дослідного інституту агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного м. Мелітополь: «Обґрунтування та розробка нових і вдосконалення існуючих технологій охолоджених та консервованих рослинних продуктів» 2016–2020 рр. (ДР №0116U002734), виконаною кафедрою харчових технологій, факультету агротехнологій та екології були впроваджені в умовах промислового виробництва ТОВ НВП «ЕКО-ГРИБ», яке спеціалізується на виробництві субстратів та вирощуванні грибів роду *Pleurotus*.

1. Вид впроваджуваних робіт: *Технології виготовлення субстратів та вирощування штамів гливи звичайної з колекції шапинкових грибів ІВК Інституту ботаніки ім.М.Г.Холодного НАН України*
2. Масштаби впровадження *Камери вирощування загальною площею 2000 м<sup>2</sup>, субстратний цех з обсягом виробництва 60 тон ферментованого субстрату на тиждень.*
3. Новизна результатів науково-дослідних робіт:  
*За результатами досліджень модифіковано технологію виготовлення субстрату методом аеробної ферментації у високому шарі, техніку його виготовлення за попередніми розрахунками формули складу. Впроваджені технічні заходи з формування плодівих тіл гливи звичайної нових штамів з підвищеною біологічною ефективністю та високими органолептичними показниками.*
4. Дослідно-промислова перевірка  
*Випробування проводили з жовтня 2016 по червень 2020 р.р.. Протоколи досліджень за 10.10.2016, 14.03.17, 07. 02.18, 09.11.19, 14.06.20 р.р*



5. Річний економічний ефект у грошовому виразі (за ціною на 2020-21 р.р.)  
 Економічний ефект культивування штаму 2316 гливи звичайної у зимовий період складав 610 грн на 1000 кг свіжих грибів за умови реалізації за ціною 42 грн/кг по відношенню до результатів культивування штаму 2301. В цілому за 5 років культивування загальна урожайність штаму була на  $5,7 \pm 2,3$  % вищою як порівнювати з урожайністю штаму 2301. Показник рентабельності вирощування штаму 431 улітку був на  $5,5 \pm 1,2$  % вище ніж штаму 2314. Загальний економічний ефект культивування цього штаму складав 720 грн на 1000 кг свіжих грибів та 810 грн на 1000 кг маринованої продукції за ціною реалізації 35 грн/кг та 56 грн/кг відповідно.

#### 6. Соціальний і науково-технічний ефект

Відомо, що склад рослинної сировини, яка використовується для виробництва субстратів, залежить від кліматичних умов, кількості внесених добрив, навіть, від умов зберігання. Проведені дослідження підтверджують необхідність постійного коригування формул субстрату для підвищення сталості економічних показників підприємств з вирощування грибів. Ефективність розробленої програми теоретичного розрахунку формули субстрату підтверджено результатами лабораторних аналізів. Введення нових ефективних штамів *P. ostreatus* в промислово культуру дало змогу впровадити сезонну зміну штамів та безперервне отримання грибної продукції протягом року за рахунок значного зменшення витрат на підтримку мікрокліматичних умов в камерах вирощування.

Від підприємства  
 Директор ТОВ НВП «ЕКО-ГРИБ»

« 08 » листопада



2022 р

## Частина 2

**Рис. В.1. Акт впровадження результатів дослідження по визначенню впливу складу субстратів отриманих методом аеробної ферментації у високому шарі (АФВШ) з теоретичними моделюванням формул композицій на ефективність вирощування грибів роду *Pleurotus* (ТОВ НВП ЕКО-ГРИБ, м. Добровеличківка).**



а)



б)



в)

**Рис. В.2. Промислове вирощування плодових тіл *Pleurotus ostreatus* 2301 у виробничих приміщеннях ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (м. Мелітополь): а) масове плодоношення; б) зовнішній вигляд типових зростків плодових тіл; в) морфологічні особливості окремих плодових тіл культивару.**

Погоджено  
Проректор з наукової роботи  
Панченко А.І.

«10» листопада 2022 р.



Затверджую  
Директор ТОВ «Друїди»  
Лівенцев В.Ф.

« 8 » листопада 2022 р.



### А К Т

#### про впровадження результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських та технологічних робіт

Даним актом стверджується, що результати роботи за темою: «Оцінка впливу субстратів, виготовлених методом аеробної ферментації у високому шарі (АФВШ), на ефективність вирощування *Pleurotus ostreatus*» впродовж 2015–2020 рр. згідно з планом науково-дослідних програм Науково-дослідного інституту агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного м. Мелітополь: «Розробка технологій вирощування та первинної обробки продукції рослинництва в степовій зоні України за умов глобального потепління» 2011–2015 рр. (ДР №0111U002553), «Обґрунтування та розробка нових і вдосконалення існуючих технологій охолоджених та консервованих рослинних продуктів» 2016–2020 рр. (ДР №0116U002734), виконаною кафедрою харчових технологій, факультету агротехнологій та екології були впроваджені в умовах промислового виробництва ТОВ «Друїди», яке спеціалізується на виробництві субстратів для вирощування грибів роду *Pleurotus*.

1. Вид впроваджуваних робіт: *Технології виготовлення субстратів та вирощування штамів гливи звичайної з колекції шапинкових грибів ІВК Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України*
2. Масштаби впровадження: *Камери вирощування загальною площею 10 000 м<sup>2</sup>*
3. Новизна результатів науково-дослідних робіт: *За результатами досліджень модифіковано технологію виготовлення субстрату методом аеробної ферментації у високому шарі, техніку його виготовлення за попередніми розрахунками формули складу. Впроваджено сезонну зміну штамів з відповідними адаптивними характеристиками для безперервного культивування гливи звичайної протягом року.*
4. Дослідно-промислова перевірка  
*Випробування проводили з вересня 2015 по квітень 2020 р. з загальним обсягом виробництва приблизно 40000 кг субстрату на тиждень.. Протоколи досліджень за 28.09.15, 11.07.16, 05.11.19, 11.02.20 та 11.04.20 р.р.*

5. Річний економічний ефект у грошовому виразі (із зазначенням цін відповідного року)

Економічний ефект впровадження системи прогнозування складу субстратних композицій складає в середньому  $58 \pm 12$  грн на тону виготовленого субстрату, за ціною  $3,7 \pm 0,5$  грн/кг що в середньому за 5 років збільшило рентабельність виробництва субстратів на 7,5%. Впровадження сезонних змін культивування штамів гливи дозволило виробляти додатково від 75 до 100 тон субстратів на рік, що збільшувало річний загальний прибуток підприємства від 278 до 370 тис. гривень відповідно.

6. Соціальний і науково-технічний ефект

Вдосконалення формул субстратних композицій за рахунок комбінування доступних сільськогосподарських залишків з прогнозованим збалансуванням вмісту необхідних речовин дало зменшити логістичні витрати підприємства, забезпечити з однієї сторони необхідні технічні характеристики субстратів для вирощування гливи звичайної, а з іншої - біодеградації агровідходів на прилеглих територіях.

Впровадження безперервного функціонування підприємств з виробництва грибів без зупинки влітку дає змогу зберігати робочі місця, та відповідно кваліфіковані кадри, обумовлює стабільність доходів підприємства, зменшує негативний вплив на економічні показники підприємства сезонних коливань цін на свіжі гриби.

Від підприємства  
Директор ТОВ «Друїди»

В.Ф.Лівенцев

« 08»

листопада

2022 р



Частина 2

**Рис. В.3. Акт впровадження результатів дослідження по визначенню впливу складу субстратів отриманих методом (АФВШ) за теоретичного моделювання формул та сезонної зміни штамів на ефективність вирощування грибів роду *Pleurotus* (ТОВ «Друїди» м. Кривий Ріг)**



а)



б)

**Рис. В.4. Промислове вирощування плодових тіл *Pleurotus pulmonarius* 2314 у виробничих приміщеннях ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (м. Мелітополь): а) масове плодоношення; б) зовнішній вигляд типових зростків плодових тіл.**



а)



б)

**Рис. В.5. Культивування *Pleurotus pulmonarius* 2314 в різних країнах а) Молдова, ТОВ «NESON GRUP» м. Кишинів; б) Іспанія (Cooperativa Champinter, Villamalea, Albacete).**

**Погоджено**  
Проректор з наукових робіт  
Панченко А.І.

«16» лютого 2022 р.



**Затверджую**  
Директор ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР»  
Севастьянович В.М.

«08» лютого 2022 р.


**А К Т****про впровадження результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських та технологічних робіт**

Даним актом стверджується, що результати роботи за темою: «Визначення особливостей безперервного промислового культивування грибів роду *Pleurotus* та оптимізація якості грибної сировини» за планом науково-дослідної програми Науково-дослідного інституту агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного м. Мелітополь «Обґрунтування та розробка нових і вдосконалення існуючих технологій охолоджених та консервованих рослинних продуктів» 2016–2020 рр. (ДР №0116U002734), виконаною кафедрою харчових технологій та готельно-ресторанної справи, факультету агротехнологій та екології були впроваджені в умовах промислового виробництва грибів ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (директор: Севастьянович В.М.)

1. Вид впроваджуваних робіт: *Безперервна технологія отримання плодівих тіл грибів роду Pleurotus*
2. Масштаби впровадження: *Камери вирощування загальною площею 2000 м<sup>2</sup>*
3. Новизна результатів науково-дослідних робіт:  
*За результатами досліджень впроваджено енергоефективну технологію безперервного культивування грибів роду Pleurotus шляхом сезонної зміни штамів з відповідними адаптаційними характеристиками до умов знижених чи підвищених температур у камерах вирощування.*
4. Дослідно-промислова перевірка  
*Випробування проводили протягом п'яти років з 2017 по 2021 рік включно з загальним обсягом виробництва у середньому 800 кг свіжих грибів на добу. Протоколи досліджень: 15.01.2017; 21.04.17; 13.06.17; 28.09.17; 10.11.17; 24.01.18; 31.03.18; 25.05.18; 28.08.18; 30.10.18; 2.02.19; 18.04.19; 03.06.19; 17.09.19; 05.11.19; 13.02.20; 06.06.20; 27.09.20; 18.01.21; 30.04.21; 02.08.21.*
5. Річний економічний ефект у грошовому виразі (із зазначенням цін якого року)

Економічний ефект безперервного промислового культивування грибів роду *Pleurotus* складав 11850 грн на 1000 кг свіжих грибів за середньою ціною 50 грн у високий («зимовий» сезон) та 9716 грн/1000 кг за середньою ціною 30 грн у низький («літній» сезон) з рентабельністю виробництва 31,1 та 47,9% відповідно.

#### б. Соціальний і науково-технічний ефект

Технологія культивування грибів гливи передбачає підтримання оптимальних мікрокліматичних умов: температури, необхідного рівня освітлення, вологості та складу повітря, що зумовлює значне збільшення енерговитрат влітку - за необхідності охолодження, та взимку – для обігріву. Зміна штамів, що мають високі адаптивні характеристики, дозволила знизити енергомісткість виробництва гливи, стабілізувати графіки технологічних процесів, забезпечити еквівалентність виробництва грибів до сезонних потреб ринку та переробних підприємств. Впроваджена технологія зміни штамів призупинила плінність кадрів, що дозволило підвищити загальний кваліфікаційний рівень колективу.



Від підприємства  
Директор ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР»

В.М. Севаст'янович

08» листопада 2022 р

#### Частина 2

**Рис. В.6. Акт впровадження результатів впровадження технології безперервного вирощування грибів роду *Pleurotus* на підприємстві ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (м. Мелітополь).**



Погоджено  
Проректор з наукової роботи  
Панченко А.І.



2022 р.

Затверджую  
Директор ТОВ «Друїди»  
Урясьєв О.Ю.



« 20 » лютого 2022 р.

## А К Т

**про впровадження результатів науково-дослідних,  
дослідно-конструкторських та технологічних робіт**

Даним актом стверджується, що результати роботи за темою: «Визначення впливу розташування субстрату та розміру перфорацій на морфологію зростків та плодкових тіл *P. ostreatus* 2301» впродовж 2014–2020 рр. згідно з планом науково-дослідних програм Науково-дослідного інституту агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного м. Мелітополь: «Розробка технологій вирощування та первинної обробки продукції рослинництва в степовій зоні України за умов глобального потепління» 2011–2015 рр. (ДР №0111U002553), «Обґрунтування та розробка нових і вдосконалення існуючих технологій охолоджених та консервованих рослинних продуктів» 2016–2020 рр. (ДР №0116U002734), виконаною кафедрою харчових технологій, факультету агротехнологій та екології були впроваджені в умовах промислового виробництва ТОВ «Друїди», яке спеціалізується на виробництві субстратів для вирощування грибів роду *Pleurotus*.

1. Вид впроваджуваних робіт: *Технологія вирощування штаму *P. ostreatus* 2301 з колекції шапинкових грибів ІВК Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України*
2. Масштаби впровадження *Камери вирощування загальною площею 10 000 м<sup>2</sup>*
3. Новизна результатів науково-дослідних робіт: *За результатами досліджень модифіковано технологію виробництва субстратів та формування блоків для вирощування плодкових тіл глови, що дало змогу регулювати як розміри зростків, так і морфологічних параметрів шапинок відповідно до типорозмірів застосованої у процесі пакування тари.*
4. Дослідно-промислова перевірка

Випробування проводили з вересня 2015 по квітень 2020 р. з загальним обсягом виробництва приблизно 40000 кг субстрату на тиждень..  
Протоколи досліджень за 28.09.15, 14.11. 17, 12.12.18, 18.02.19 та 21.03.20 р.р.

5. Річний економічний ефект у грошовому виразі (із зазначенням цін відповідного року)

Економічний ефект культивування штаму 2301 гливи звичайної за удосконаленими техніками розташування субстратних блоків та їх перфорації складав 670 грн на 1000 кг свіжих грибів за умови реалізації за ціною 15 грн/кг (середня оптова ціна сезону 2015 р.), 0,75 грн/кг за ціною 22 грн/кг (сезони 2017-18 р.р.), 1,4 грн/кг за ціною 28 грн/кг (2019 р.) та 2,3 грн/кг за ціною 35 грн/кг (2020 р.).

6. Соціальний і науково-технічний ефект

Відомо, що зростки та плодові тіла грибів мають високу варіативність морфологічних ознак, які залежать як від генетичних особливостей штамів, так від умов культивування, пов'язаних зі складом поживних субстратів та факторами зовнішнього середовища: температурою, складом повітря, інтенсивністю та спектром освітлення тощо. Визначена можливість управління зовнішніми параметрами зростків та плодових тіл за рахунок регулювання розмірів перфорації та розташування блоків у похилому та горизонтальному положенні дозволяє зберігати цілісність грибів та спростити процес пакування, тим самим збільшити тривалість зберігання зібраного урожаю.

Від підприємства  
Директор ТОВ «Друїди»  
І.О. Урясьєв  
« 20 » лютого 2022 р.



Частина 2

**Рис. В.7. Акт впровадження результатів дослідження по визначенню впливу різного розташування субстрату у камерах вирощування та розмірів перфорацій на ефективність вирощування грибів роду *Pleurotus* (ТОВ «Друїди» м. Кривий Ріг).**




**Погоджено**  
 Проректор з наукової роботи  
 Надикто В.Т.  
 М.П.

**Затверджую**  
 Директор ФОП Севаст'янович  
 Севаст'янович В.М.  
 М.П.

« 14 » липня 2016р.

**А К Т**

**про впровадження результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських та технологічних робіт**

Даним актом стверджується, що результати роботи за темою: «Вплив додавання хлориду натрію до субстратів на основі соломи ячменю та лушпиння соняшнику на ефективність вирощування штаму гливи легеневої *Pleurotus pulmonarius* 2314 за планом науково-дослідної програми НДІ агротехнологій та екології «Розробка технологій вирощування та первинної обробки продукції рослинництва в степовій зоні України за умов глобального потепління» 2011–2015 рр. (ДР №0111U002553), виконаною кафедрою харчових технологій, факультету агротехнологій та екології були впроваджені в умовах промислового ПП Севаст'янович (с. Садове, Мелітопольського р-ну), яке спеціалізується на виробництві грибів роду *Pleurotus*.

1. Вид впроваджуваних робіт: *Технологія виготовлення субстратів для вирощування штаму 2314 з колекції шапинкових грибів ІВК Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України*
2. Масштаби впровадження *Камери вирощування загальною площею 2000 м<sup>2</sup>*
3. Новизна результатів науково-дослідних робіт:  
*За результатами досліджень модифіковано технологію отримання субстратів для вирощування плодових тіл гливи легеневої за рахунок підвищення концентрації хлориду натрію у воді, що використовується для зволоження рослинної сировини.*
4. Дослідно-промислова перевірка  
*Випробування проводили з вересня по березень в 2015-2016 р.р. з загальним обсягом виробництва приблизно 5000 кг субстрату на добу. Протоколи досліджень за 13.09.15, 12.12.15 та 23.03.2016 р.р.*
5. Річний економічний ефект у грошовому виразі (із зазначенням цін якого року)

За результатами 3-х циклів культивування доведено позитивний вплив використання 0,5% розчину кам'яної солі (NaCl) на ефективність культивування штаму *P. pulmonarius* 2314, що дозволило на 9% збільшити показник біологічної ефективності (БЕ%) у середньому за три цикли вирощування на субстраті з соломи. Загальний економічний ефект від впровадження зазначених мін за цінами на продукцію на 2016 р. склав 7290 грн або 113,5 %.

#### 6. Соціальний і науково-технічний ефект

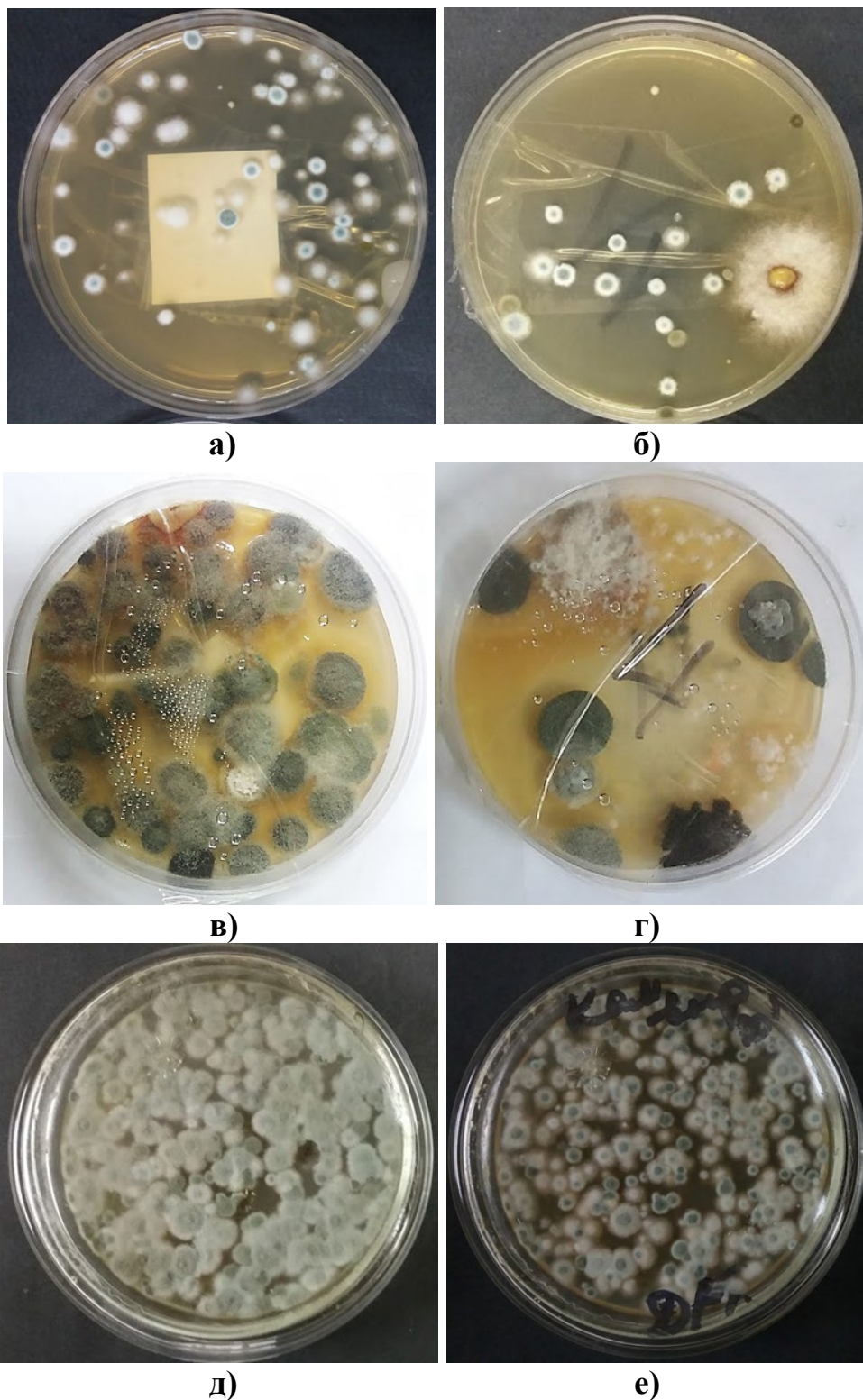
Проблеми підвищення концентрації мінеральних солей у природній джерелах води потребують додаткових витрат на спеціальну водопідготовку: очищення чи регулювання вмісту необхідних іонів. Удосконалення формули субстрату за рахунок підвищення концентрації NaCl у водному розчині до 0,5%, який використовувався для зволоження рослинної сировини в процесі виготовлення субстратів методом ферментації, дало змогу збільшити загальну урожайність штаму *P. pulmonarius* 2314 на 2,27% (відповідає 9% БЕ). З іншої сторони визначений позитивний ефект дозволяє використовувати у виробництві субстратів воду з природніх свердловин, які характеризуються вмістом NaCl на визначеному рівні без застосування спеціальних фільтрів та (або) устаткування.

Від підприємства  
 Директор ФОП Севастьянович  
 Севастьянович  
 Віталій  
 Семенович В.М.  
 «14» липня 2016р



Частина 2

**Рис. В.8.** Акт впровадження результатів роботи за темою: «Вплив додавання хлориду натрію до субстратів на основі соломи ячменю та лушпиння соняшнику на ефективність вирощування штаму гливи легеневої *Pleurotus pulmonarius* 2314 в умовах промислового виробництва ФОП Севастьянович у с. Садове Мелітопольського р-ну Запорізької обл.



**Рис. В.9. Результати седиментаційного аналізу повітря у камерах вирощування гриби звичайної різних господарств: а) ФОП Севастьянович (Мелітополь) ;б) ТОВ «ЕКО-ГРИБ» (с. Карбівка, Кіровоградської обл.) в) с. Хутірське Дніпропетровської обл.; г) ТОВ Дамато (м. Київ); д), е) ТОВ „NESON GRUP” Молдова, м. Кишинів у різних підземних камерах (катакомби).**

**Аналіз кількості КУО мікроорганізмів у повітрі робочих приміщень та на поверхні плодівих тіл гливи (впродовж трьох циклів культивування у 2015-2017 рр.)**

Назва господарства	№ камери	Кількість КУО на поверхні ЧП (седиментація)		Кількість КУО в куб. метрі повітря		Різниця	МП	Кількість КУО на поверхні ЧП (змив)	З урахуванням розведення 10 <sup>3</sup>
		початок	закінчення	початок	закінчення				
Хутірське (Дніпропетровська обл.)	1 стара	123 ± 34	396 ± 20	7380	23760	16380	3,2	198 ± 13	1,98×10 <sup>5</sup>
	2 стара	145 ± 18	512 ± 34	8700	30720	22020	3,5	232 ± 9	2,32×10 <sup>5</sup>
	1 нова	78 ± 9	282 ± 21	4680	16920	12240	3,6	138 ± 7	1,38×10 <sup>5</sup>
	2 нова	91 ± 7	313 ± 17	5460	18780	13320	3,4	146 ± 15	1,46×10 <sup>5</sup>
Дамато (м. Київ)	1	4 ± 1	14 ± 2	240	840	600	3,5	43 ± 7	0,43×10 <sup>5</sup>
	2	8 ± 3	28 ± 3	480	1680	1200	3,5	62 ± 7	0,62×10 <sup>5</sup>
	3	12 ± 3	41 ± 5	720	2460	1740	3,4	98 ± 6	0,98×10 <sup>5</sup>
ФОП Севастьянович (Мелітополь)	1	15 ± 3	51 ± 4	900	3060	2160	3,4	129 ± 11	1,29×10 <sup>5</sup>
	2	21 ± 6	68 ± 5	1260	4080	2820	3,2	181 ± 9	1,81×10 <sup>5</sup>
	3	13 ± 4	45 ± 8	780	2700	1920	3,5	103 ± 9	1,03×10 <sup>5</sup>
ФОП Бершацький м. Краматорськ)	1	8 ± 1	28 ± 3	480	1680	1200	3,5	52 ± 6	0,52×10 <sup>5</sup>
	2	11 ± 2	35 ± 5	660	2100	1440	3,2	78 ± 5	0,78×10 <sup>5</sup>
ТОВ Екогриб	1	4 ± 1	11 ± 2	240	660	420	2,8	28 ± 6	0,28×10 <sup>5</sup>
	2	10 ± 3	27 ± 2	600	1620	1020	2,7	45 ± 4	0,45×10 <sup>5</sup>
	3	7 ± 2	20 ± 3	420	1200	780	2,9	37 ± 4	0,37×10 <sup>5</sup>
ФОП Подереча І.І. (м. Херсон)	1	18 ± 4	54 ± 14	1080	3240	2160	3,0	124 ± 18	1,24×10 <sup>5</sup>
ТОВ «NESON GRUP» м. Кишинів (катакомби) Молдова	1	127 ± 12	614 ± 57	7620	36840	29220	4,8	241 ± 21	2,41×10 <sup>5</sup>
	2	181 ± 23	742 ± 54	10860	44520	33660	4,1	289 ± 19	2,89×10 <sup>5</sup>
Середнє	-	-	-	-	-	-	3,4	-	-

МП -мультиплікаційний показник, який визначається відношенням кількості КУО у повітрі приміщень після закінчення циклу до кількості КУО у повітрі камери вирощування перед початком культивуації; «нова», «стара»- назви приміщень або «камер», в яких вирощували гриби не більше 3-х років та понад 10 років відповідно.



а)



б)



в)

**Рис. В.11. Контамінація рослинних субстратів (а, б) та зростків плодових тіл гливи звичайної (в) різними видами плісневих грибів.**



**Рис. В.12. Результати промислового впровадження технології вирощування штаму *Pleurotus eryngii* 2032: а) плодоношення культивуру в умовах ТОВ ЕСМАШ-3 (м. Київ); б) плоді тіла, отримані в умовах ФОП Гончаров С.М. (м. Дніпрорудне); в) плодоношення культивуру в умовах ФОП Трояновський-Зеленчук С.В. (Київська обл., Фастівський р-н, с. Дорогинка); г) техніка прорідження (там же); д) підготовка плодівих тіл до пакування в умовах ТОВ ЕСМАШ-3; е) темний колір тари підкреслює ніжну текстуру плодівих тіл культивуру (там же). Фото а-б) зроблені Гончаровим С.М., інші – автором.**



**Погоджено**  
Проректор з наукової роботи ТДАТУ  
імені Дмитра Моторного  
Панченко А. І.

**Затверджую**  
Директор ТОВ ЕСМАШ - 3  
Бахлуков Д.О.



«10» лютого 2022 р.



### А К Т

#### про впровадження результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських та технологічних робіт

Даним актом стверджується, що результати роботи за темою: «Дослідження морфологічних особливостей штамів *Pleurotus eryngii*» за планом науково-дослідної програми Науково-дослідного інституту агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного м. Мелітополь «Обґрунтування та розробка нових і вдосконалення існуючих технологій охолоджених та консервованих рослинних продуктів» 2016–2020 рр. (ДР №0116U002734), виконаною кафедрою харчових технологій та готельно-ресторанної справи, факультету агротехнологій та екології були впроваджені в умовах промислового виробництва їстівних грибів екзотичних видів ТОВ ЕСМАШ – 3 (м. Київ).

1. Вид впроваджуваних робіт: *Технічні заходи для формування плодових тіл вирощування штамів гливи степової *Pleurotus eryngii* 2032 та 2033 з колекції шапинкових грибів ІВК Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України*
2. Масштаби впровадження: *Камери вирощування загальною площею 1000 м<sup>2</sup>*
3. Новизна результатів науково-дослідних робіт: *Розроблено рекомендації щодо технології комерційного виробництва плодових тіл *P. eryngii* штамів 2032 та 2033. Визначені морфологічні відмінності штамів обумовлюють розширення асортименту накованої продукції.*
4. Дослідно-промислова перевірка: *Випробування проводили з квітня по вересень в 2018-2019 р.р. з загальним обсягом виробництва приблизно 200 кг свіжих грибів на добу. Протоколи досліджень за 12.09.2018, 06.11.2018, 10.02.19, 08.04.19 та 12.10.2019 р.р.*
5. Річний економічний ефект у грошовому виразі (із зазначенням цін якого року)

*Економічний ефект культивування штаму 2032 гливи степової складає у середньому 78514 грн на 1000 кг свіжих грибів за умови реалізації за ціною 150 грн/кг (рентабельність 109,8%), тоді як штаму 2033 – 39971 грн на 1000 кг (рентабельність 36,3%).*

6. Соціальний і науково-технічний ефект

*Глива степова має привабливі органолептичні показники та доведені лікарські властивості. Введення в промислову культуру природніх ізолятів з високими адаптивними характеристиками дає змогу розширити лінійку промислових штамів цього виду з різними морфологічними ознаками, підвищити ефективність культивування. Впровадження спеціальних технік, що дозволяють сформувати плодові тіла певного розміру, спростили процес пакування та надали змогу подовжити тривалість зберігання плодових тіл.*

Від підприємства  
Директор ТОВ ЕСМАШ - 3  
 Д.О. Бахлуков  
лютого 2022р



Частина 2

**Рис. В.13. Акт впровадження результатів роботи з визначення продуктивності та морфологічних параметрів природніх ізолятів *Pleurotus eryngii* в умовах ТОВ ЕСМАШ-3 (м. Київ).**



**Рис. В.14. Результати промислової апробації технологічних засад культивування *Pleurotus citrinopileatus* в умовах ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (м. Мелітополь): а-в) стадії морфогенезу плодових тіл культивару; г) плодоношення на субстратах виготовлених методом АФВШ; д) Севастьянович Ю.М., комерційний директор ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» з урожаєм на субстраті, отриманому методом стерилізації; е) зросток плодових тіл *P. citrinopileatus*; ж) плодові тіла в пакуваннях, готові до реалізації.**

**Погоджено**  
 Проректор з наукової роботи  
 Панченко А.І.

**Затверджую**  
 Директор ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР»  
 Севастьянович В.М.

«08» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**А К Т**  
**про впровадження результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських та технологічних робіт**

Даним актом стверджується, що результати роботи за темою: «Визначення впливу складу стерильних субстратів на ефективність культивування та якість плодкових тіл *Pleurotus citrinopileatus* 2161» за планом науково-дослідної програми Науково-дослідного інституту агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного м. Мелітополь «Обґрунтування та розробка нових і вдосконалення існуючих технологій охолоджених та консервованих рослинних продуктів» 2016–2020 рр. (ДР №0116U002734), виконаною кафедрою харчових технологій та готельно-ресторанної справи, факультету агротехнологій та екології були впроваджені в умовах промислового виробництва грибів ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (директор: Севастьянович В.М.)

1. Вид впроваджуваних робіт: *Технологічні засади виготовлення субстратів для культивування гливи золотой *P. citrinopileatus* 2161*
2. Масштаби впровадження: *Камери вирощування загальною площею 1000 м<sup>2</sup>*
3. Новизна результатів науково-дослідних робіт: *Використання багатокомпонентного субстрату з соломи ячменю, паливних гранул з лушпиння соняшнику, насіння ріпаку та кукурудзяного борошна, з додаванням крейди у співвідношенні 42:86:23:24:1 (за масою) сприяло збільшенню біологічної ефективності у 4 рази, скороченню вегетаційного періоду до на 9 діб, збільшення маси окремих плодкових тіл в 1,7 раза, збільшення кількості ендополісахаридів в 1,9 раза.*
4. Дослідно-промислова перевірка: *Випробування проводили три цикли вирощування у 2020 році з загальним обсягом виробництва у середньому 150 кг свіжих грибів на добу. Протоколи досліджень від 13.03.20; 09.04.20; 05.05.20.*
5. Річний економічний ефект у грошовому виразі (із зазначенням цін якого року)

*Економічний ефект промислового культивування грибів *P. citrinopileatus* 2161 у середньому за 3 цикли культивування складає 1623 грн на 100 кг свіжих грибів за середньою ціною 70 грн/кг та рентабельністю виробництва 29,3%.*

**6. Соціальний і науково-технічний ефект**

*Глива золота *P. citrinopileatus* 2161, новий для вітчизняного ринка їстівний гриб з унікальними смаковими та ароматичними характеристиками з привабливим яскравим кольором. Завдяки його впровадженню у промислове виробництво розширюється асортимент їстівних грибів з доведеними функціональними властивостями. Визначені особливості переробки: короткий термін приготування, зміна ароматичного профілю дають змогу збільшити ефективність його реалізації у свіжому вигляді.*



Від підприємства  
Директор ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР»

*[Handwritten signature]*

В.М. Севастьянович

17 листопада 2022 р

*Частина 2*

**Рис. В.15. Акт впровадження результатів досліджень з розробки технологічного регламенту виготовлення субстратів для вирощування грибів *Pleurotus citrinopileatus* на підприємстві ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (м. Мелітополь).**



а)



б)



в)



г)



д)

Рис. Г.1. Адаптація технології культивування *Flammulina velutipes* на субстратах з доступної сільськогосподарської сировини: а) Севастьянович В.М., директор ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (м. Мелітополь) з урожаєм опеньків зимових; б) визначення впливу маси субстратних одиниць на біологічну ефективність *F. velutipes* 2039 (фото Гончарова С.М.); в) зростки *F. velutipes* 2039, отримані в умовах КФК Жовтневе (м. Дніпро)(фото Василенко О. Ю.); г) зразки консервів з плодових тіл *F. velutipes*; д) варіант пакування врожаю *F. velutipes* в умовах ТОВ ЕСМАШ-3 (м. Київ).

**Погоджено**  
Проректор з наукової роботи ТДАТУ  
імені Дмитра Моторного  
Панченко А.І.

**Затверджую**  
Директор ТОВ ЕСМАШ - 3  
Бахлуков Д.О.



\_\_\_\_\_

«10» лютого 2022 р.



**А К Т**

**про впровадження результатів науково-дослідних,  
дослідно-конструкторських та технологічних робіт**

Даним актом стверджується, що результати роботи за темою: «Обґрунтування технологічних засад формування якості урожаю опенька зимового *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer» за планом науково-дослідної програми Науково-дослідного інституту агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного м. Мелітополь «Обґрунтування та розробка нових і вдосконалення існуючих технологій охолоджених та консервованих рослинних продуктів» 2016–2020 рр. (ДР №0116U002734), виконаною кафедрою харчових технологій та готельно-ресторанної справи, факультету агротехнологій та екології були впроваджені в умовах промислового виробництва їстівних грибів екзотичних видів ТОВ ЕСМАШ – 3 (м. Київ).

1. Вид впроваджуваних робіт: *Технологія штучного вирощування шамірів опенька зимового Flammulina velutipes 2038, 2039, 2337 та 2347 з колекції шапинкових грибів ІВК Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України*
2. Масштаби впровадження: *Камери вирощування загальною площею 1000 м<sup>2</sup>*
3. Новизна результатів науково-дослідних робіт:  
*Впроваджено технологічні засади культивування двох рас опенька зимового: технічне прогнозування та виготовлення субстратних композицій з доступної рослинної сировини; аналізу якості субстратів; оптимізацію розмірів субстратних блоків.*
4. Дослідно-промислова перевірка  
*Випробування проводили в умовах камер вирощування ТОВ ЕСМАШ – 3 з жовтня по травень в 2018-2020 р.р. з загальним обсягом виробництва приблизно 150 кг свіжих грибів на добу. Протоколи досліджень за 10.10.2018, 03.12.2018, 21.03.19, 01.11.19 та 17.04.2020 р.р.*

5. Річний економічний ефект у грошовому виразі (із зазначенням цін якого року)

*Економічний ефект культивування опенька зимового штаму *F. velutipes* 2039 складав у середньому 97333 грн на 1000 кг свіжих грибів за умови реалізації за ціною 150 грн/кг з рентабельністю 184,8%.*

6. Соціальний і науково-технічний ефект

*Впровадження ефективних технологій культивування опенька зимового з доведеною функціональною придатністю на субстратах з доступної рослинної сировини обумовило можливість розширення вітчизняного асортименту їстівних грибів з відомими лікарськими властивостями. Наукове обґрунтування технологічних заходів збільшила рентабельність виробництва цього виду в 3 рази.*

Від підприємства  
Директор ТОВ ЕСМАШ - 3

 Д.О. Бахлуков



2022р

Частина 2

**Рис. Г.1. Акт впровадження результатів досліджень з обґрунтування ефективності адаптованої технології вирощування опенька зимового *Flammulina velutipes* в умовах ТОВ ЕСМАШ-3 (м. Київ).**





а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рис. Д.1. Промислові досліді по обґрунтуванню технологічних засад вирощування опенька тополевого (*Cyclocybe aegerita*): а, б) перевірка впливу технік відкриття пакетів в умовах ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (м. Мелітополь), в) в умовах ФОП Гончаров (м. Дніпрорудний, Україна) (фото Гончарова С.М.); г) в умовах ФОП Трояновський-Зеленчук С.В. (Київська обл., Фастівський р-н, с. Дорогинка); д, е) визначення коефіцієнту втрат субстрату після інкубації в умовах: д) ТОВ ЕСМАШ-3 (м. Київ); е) ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР».

**Погоджено**  
Проректор з наукової роботи ТДАТУ  
імені Дмитра Моторного  
Панченко А. І.

**Затверджую**  
Директор ТОВ ЕСМАШ - 3  
Бахлуков Д.О.



«10» лютого 2022 р.

«10» лютого 2022 р.



### А К Т

#### про впровадження результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських та технологічних робіт

Даним актом стверджується, що результати робіт за темою «Обґрунтування технологічних засад вирощування опенька тополевого (*C. aegerita*)» за планом науково-дослідної програми Науково-дослідного інституту агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного м. Мелітополь «Обґрунтування та розробка нових і вдосконалення існуючих технологій охолоджених та консервованих рослинних продуктів» 2016–2020 рр. (ДР №0116U002734), виконаною кафедрою харчових технологій та готельно-ресторанної справи, факультету агротехнологій та екології були впроваджені в умовах промислового виробництва істівних грибів екзотичних видів ТОВ ЕСМАШ – 3 (м. Київ).

1. Вид впроваджуваних робіт: *Технологічний регламент культивування штаму Cyclocybe aegerita 2231 з колекції шапінкових грибів ІВК Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України*
2. Масштаби впровадження: *Камери вирощування загальною площею 1000 м<sup>2</sup>*
3. Новизна результатів науково-дослідних робіт:  
*Розроблено регламент технологічних операцій промислового вирощування опенька тополевого. Визначені оптимальні формули субстратних композицій та метод формування зони плодоношення*
4. Дослідно-промислова перевірка:  
*Випробування проводили з вересня 2019 по грудень 2020 рр. з загальним обсягом виробництва приблизно 200 кг свіжих плодових тіл грибів опенька на добу. Протоколи досліджень від 14.09.2019, 12.11.2019, 18.02.20, 08.04.20 та 25.11.2020 рр.*

5. Річний економічний ефект у грошовому виразі (із зазначенням цін якого року):

*Економічний ефект культивування штаму 2231 опенька тополевого складав у середньому 28660 грн на 1000 кг свіжих грибів за умови реалізації за ціною 186 грн/кг (рентабельність 30,5%).*

6. Соціальний і науково-технічний ефект

*Розширено асортимент придатних для культивування штамів *C. aegerita* що мають адаптований до певної кліматичної зони екотип та визначено можливість використання доступних агровідходів для їх промислового вирощування. Визначено, що для отримання великих плодових тіл, з візуально привабливими характеристиками, потрібно застосовувати техніку відкриття поверхні субстрату (зрізання чи відвертання плівки), тоді як для отримання максимального урожаю більш ефективною буде техніка надрізів або штучного формування комірців*

Від підприємства  
Директор ТОВ ЕСМАШ - 3  
  
Д.О. Бахлуков  
лютого 2022р



Частина 2

**Рис. Д.2. Акт впровадження результатів досліджень з обґрунтування ефективності адаптованої технології вирощування опенька зимового *Flammulina velutipes* в умовах ТОВ ЕСМАШ-3 (м. Київ).**



а)



б)



в)



г)



д)



е)

**Рис. Е.1. Результати впровадження технологічних засад культивування *Calocybe indica* в умовах ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР». на субстратах різного способу виготовлення: а) оксамитова поверхня плодових тіл *C. indica*, вирощених на субстратах виготовлених методом АФВШ; б) симуляція промислового вирощування в лабораторії ТДАТУ; в) Севастьянович В.М., директор ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР», з урожаєм грибів на власному виробництві; г) дослід з визначення оптимальної висоти покривного ґрунту, серпень 2021 р.; д) - г) варіанти пакування плодових тіл *C. indica* з урахуванням особливостей їхнього зберігання без охолодження.**

**Погоджено**  
Проректор з наукової роботи  
Панченко А.І.

«15» листопада 2022 р.



**Затверджую**  
Директор ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛКАР»  
Севастьянович В.М.

« 08 » 2022 р.



**А К Т**  
**про впровадження результатів наукових, дослідно-конструкторських та технологічних робіт**

Даним актом стверджується, що результати роботи за темою: «Обґрунтування технологічних засад інтродукції тропічного гриба *Calocybe indica* Pugkay. & A. Chandra у промислове виробництво» за планом науково-дослідної програми Науково-дослідного інституту агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного м. Мелітополь «Обґрунтування та розробка нових і вдосконалення існуючих технологій охолоджених та консервованих рослинних продуктів» 2016–2020 рр. (ДР №0116U002734), виконаною кафедрою харчових технологій та готельно-ресторанної справи, факультету агротехнологій та екології були впроваджені в умовах промислового виробництва грибів ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛКАР» (директор: Севастьянович В.М.)

1. Вид впроваджуваних робіт: *Технологія культивування тропічного гриба Calocybe indica штам 2589 ІВК Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України*
2. Масштаби впровадження *Камери вирощування загальною площею 2000 м<sup>2</sup>*
3. Новизна результатів науково-дослідних робіт: *тропічний гриб Calocybe indica або «молочний» гриб широко культивується у країнах Південної Азії, але ця культура в Європі не впроваджена у промислове виробництво. Втім, простота технології вирощування, висока ефективність та привабливі споживчі характеристики обумовили можливість адаптації технології вирощування цього виду до умов вітчизняних грибовиробничих підприємств та отримати новий варіант доступної грибної сировини з високим показником рентабельності.*
4. Дослідно-промислова перевірка *Випробування проводили протягом трьох циклів вирощування у 2017, 2019 та у 2020 р.р. з загальним обсягом виробництва у середньому 100 кг свіжих грибів на добу. Протоколи досліджень від 08.07.17; 11.07.19; 28.06.20.*

5. Річний економічний ефект у грошовому виразі (із зазначенням цін якого року)

*Економічний ефект промислового культивування грибів *C.indica* 2589 середньому за 3 цикли культивування складав 11684 грн на 1000 кг свіжих грибів за середньою ціною 30 грн/кг (2019-2020 р.р.) та рентабельністю виробництва 63%, що у 21% вище як порівняти з гливою звичайною.*

6. Соціальний і науково-технічний ефект:

*Тропічний гриб *C. indica*, з привабливими морфологічними ознаками, оптимумом температури вирощування 28-38 °С, плоді тіла якого не потребують холодильного обладнання для збереження, має високі перспективи виробництва та реалізації в регіонах, де середні температури влітку досягають позначки 28-30 °С. Культура *C. indica* не потребує додаткових витрат на технологічні інновації, їй підходять як ферментовані так і стерильні субстрати, що значно спрощує отримання урожаю у різних умовах сучасних виробництв. Доведено функціональну придатність штаму для виготовлення консервів, грибного борошна, що дає змогу розширити асортимент оздоровчих продуктів з доступною ціною.*



Від підприємства  
ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР»

*В.М. Севастьянович*  
В.М. Севастьянович

« 06 » листопада 2022 р

Частина 2

**Рис. Е.2. Акт впровадження результатів досліджень на підприємстві ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (м. Мелітополь).**



а)



б)



в)



г)



д)



е)

**Рис. Ж.1. Результати впровадження технологій культивування грибів екзотичних видів силами українського грибівництва: а) власники ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР», брати Юрій та Віталій Севастьяновичи з різними видами грибів; б) засновник ФОП Трояновський-Зеленчук Сергій з урожаєм грибів опенька тополевого; в) автор з директором ТОВ ЕСМАШ-3 на виробництві з урожаєм гливи степової; Сергій Гончаров, головний технолог ТОВ «Фунготерра» (м. Київ) з урожаєм *Xerula longipes*; промислове культивування гливи степової (д) та гливи звичайної (е) в переобладнаних камерах вирощування для культивування печериці (ТОВ "УКРАЇНСЬКІ ПЕЧЕРИЦІ", м. Макарів, Київської обл.)**



а)



б)

Рис. Ж.2.1. Прояви значних бактеріальних уражень на зростках *Flammulina velutipes*: штами 1994 (а) 1880 (б)



а)



б)

Рис. Ж.2.1. Зміни будови шапинки *Pleurotus eryngii* 2033 за недостатньої відносної вологості (ВВ) повітря (85%) (а) та поява темних плям на шапинках в умовах підвищеної ВВ оточуючого повітря (99%)



Таблиця К.1

Економічний аналіз рентабельності виробництва штамів *Pleurotus ostreatus* 2317, 2316, 431 та *P. pulmonarius* 2314 в умовній камері вирощування загрузкою 5 тон субстрату за середніми цінами та вартості матеріалів у 2021 р.

Сезон.	Штам	Середній показник урожайності, %	Врожай, кг	Тривалість вегетаційного циклу, доба	Витрати на цикл, грн	Собівартість, грн/кг	Ціна, грн/кг	Вартість валового продукту, грн	Умовно чистий дохід	Рентабельність, %
Зима	2317	20	1250	32	76212,58	61,0	50	62500	-13712,6	-17,99
	2316	25	1250	24	62034,43	49,6	50	62500	465,6	0,75
Літо	2314	25	1250	20	42047,36	33,6	35	43750	1702,6	4,05
	431	28	1400	22	44302,1	31,6	35	49000	4697,9	10,60

Таблиця К.2

Аналіз ефективності вирощування гливи (*Pleurotus ostreatus*, *P. pulmonarius*) за сезонами на підприємстві ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» з максимальною загрузкою камер вирощування, (за середнім, 2017-2021 рр.)

Сезон	Вартість мікроклімату, грн/доба	Маса субстрату	Вартість інокульованого субстрату	Тривалість вегетаційного циклу, доба	Середній показник урожайності, %	Врожай, кг	Витрати на цикл, грн	Собівартість, грн/кг	Оптова ціна, грн/кг	Вартість валового продукту, грн	Умовно чистий дохід	Рентабельність, %
зима	<i>1772</i>	<i>18000</i>	3,2	45	20	3600	137340	38,2	50	180000	42660	31,1
літо	<i>1127</i>	<i>10000</i>	3,2	22	28	2800	56794	20,3	30	84000	27206	<b>47,9</b>

Примітки: курсивом позначено дані, що є змінними, але безпосередньо впливають на показники ефективності виробництва.

**Порівняння економічних показників культивування штамів *Pleurotus ostreatus* 2301, 2316 та штаму *P. pulmonarius* 2314 зі скороченим вегетаційним циклом з урахуванням підвищення попиту на гриби від 15 до 25 грудня (за даними ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР», 2021 рік)**

№ камери, штамп	маса субстрату, кг	вартість, грн (1 кг = 3,9 грн)	дата загрузки	інкубація, доба	дата збору 1 хвилі	врожайність 1 хвилі, %	маса врожаю, кг	дата збору 2 хвилі	врожайність, %	маса врожаю, кг	загальний урожай, кг	тривалість циклу, доба	витрати на клімат, грн (2400 грн/доба)	витрати на логістику, грн	ціна реалізації, грн	загальні витрати, грн	Прибуток, грн	чистий дохід, грн	Рентабельність, %
1 / 2316	15000	58500	05.11	27	02.12	18	2700	09.12	10	1500	4200	34	81600	200	50	140300	210000	69700	50
2 / 2301	15000	58500	10.11	30	10.12	15	2250	<b>17.12</b>	11	1650	3900	34	81600	1000	55	141100	214500	73400	52
3 / 2316	15000	58500	15.11	25	10.12	17	2550	<b>19.12</b>	8	1200	3750	33	79200	600	65	138300	243750	105450	76
4 / 2301	15000	58500	20.11	30	<b>20.12</b>	13	1950	27.12	10	1500	3450	37	88800	200	50	147500	172500	25000	17
Разом																<b>567200</b>	<b>840750</b>	<b>273550</b>	<b>48</b>
5 / 2316	15000	58500	05.11	27	02.12	18	2700	09.12	10	1500	4200	34	81600	200	50	140300	210000	69700	50
6 / 2301	15000	58500	10.11	30	10.12	15	2250	<b>17.12</b>	11	1650	3900	34	81600	1000	55	141100	214500	73400	52
7 / 2316	15000	58500	15.11	25	10.12	17	2550	<b>19.12</b>	8	1200	3750	33	79200	600	65	138300	243750	105450	76
8 / .2314	15000	58500	30.11	15	<b>15.12</b>	13	1950	<b>22.12</b>	10	1500	3450	22	52800	200	65	111500	224250	112750	101
Разом																<b>531200</b>	<b>892500</b>	<b>361300</b>	<b>68</b>
Різниця між ефективністю виробництва в камерах 1-4 та 5-8																<b>- 36000</b>	<b>51750</b>	<b>87750</b>	<b>20</b>

*Примітка:* враховували можливість зберігання врожаю у холодильнику не більше 5 діб за температури мінус 1 – плюс 1 °С

**Аналіз економічних показників впровадження штамів *Pleurotus eryngii* у ТОВ «ЕСМАШ-3» м. Київ  
(середнє за 2018 - 2019 рр.)**

Штами	Вартість мікроклімагу, грн/доба	Маса субстрату, кг	Вартість інокульованого субстрату, грн/кг	Тривалість вегетаційного циклу, доба	Середній показник урожайності, %	Врожай, кг	Витрати на цикл, грн	Собівартість, грн/кг	Ціна, грн/кг	Вартість валов продукту, грн	Умовно чистий дохід, грн	Рентабельність, %
2032	500	3000	3,7	49	16,6	498	35600	71,5	150	74700	39100	109,8
2033	500	3000	3,7	54	11,54	346,2	38100	110,1	150	51930	13830	36,3
2600М	500	3000	3,7	69	8,8	264	45600	172,7	150	39600	-6000	-13,2

**Економічна ефективність вирощування *Pleurotus citrinopileatus* 2161 на субстратах різного складу  
(середнє за 3 цикли вирощування, 2020 р., ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР»)**

Формула субстрату	Вартість мікроклімату, грн/доба	Маса субстрату, кг	Вартість інокульованого субстрату, грн/кг	Тривалість вегетаційного циклу, доба	Середній показник урожайності, %	Врожай, кг	Витрати на цикл, грн	Собівартість, грн/кг	Ціна, грн/кг	Вартість валового продукту, грн	Умовно чистий дохід, грн	Рентабельність, %
СК 1	1010	5000	3,2	31	16,7	835	47310	56,7	70	58450	11140	23,6
СК 2	1010	5000	3,2	30	17,1	855	46300	54,2	70	59850	13550	29,3
СК 3	1010	5000	3,2	39	4,6	230	55390	240,8	70	16100	-39290	-70,9

Примітки: СК- субстратна композиція (складові СК1 – СК3 у табл. 2.7)

**Економічна ефективність вирощування *Flammulina velutipes* 2039 на субстратах різного складу  
(середнє за 5 циклів вирощування, 2018-2020 рр., ТОВ ЕСМАШ-3 (м. Київ))**

Формула субстрату	Вартість мікроклімату, грн/доба	Маса субстрату, кг	Вартість інокульованого субстрату, грн/кг	Тривалість вегетативного циклу, доба	Середній показник урожайності, %	Врожай, кг	Витрати на цикл, грн	Собівартість, грн/кг	Ціна реалізації, грн/кг	Вартість валов продукту, грн	Умовно чистий дохід, грн	Рентабельність, %
стандартна	1700	5000	3,2	38	18	900	80600	89,6	150	135000	54400	67,5
збалансована	1700	5000	3,8	26	24	1200	63200	52,7	150	180000	116800	184,8

**Примітки:** стандартна - тирса 400 г, солома подрібнена 400 г, висівки пшеничні 180 г, крейда 20г на один кг сухої суміші; збалансована – лущиння (400 г), гранули з лущиння (300 г), кукурудзяна крупа (200 г), зерно ріпаку (90 г), крейда (10 г).

Таблиця К.7

**Економічна ефективність вирощування *Flammulina velutipes* 2039 з використанням субстратних одиниць різної маси(середнє за 5 циклів вирощування, 2020 р., ТОВ «Фунготерра» (м. Київ)**

Маса субстратної одиниці, г	Вартість мікроклімату, грн/доба	Маса субстрату, кг	Вартість інокульованого субстрату, грн/кг	Тривалість вегетаційного циклу, доба	Середній показник урожайності, %	Врожай, кг	Витрати на цикл, грн	Собівартість, грн/кг	Ціна реалізації, грн/кг	Вартість валового продукту, грн	Умовно чистий дохід, грн	Рентабельність, %
3078	1700	3000	5	32	25	750	69400	92,5	150	112500	43100	62,1
1535	1700	3000	7	28	40	1200	68600	57,2	150	180000	111400	162,4

**Оптимальна ціна реалізації врожаю культиварів *Cyclocybe aegerita* 2229, 2230, 2231 з рентабельністю не нижче 30% (середнє за 3 цикли вирощування, 2019-20 р., ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР»)**

Штам	Вартість мікроклімату, грн/доба	Маса субстрату, кг	Вартість інокульованого субстрату, грн/кг	Тривалість вегетаційного циклу, доба	Середній показник урожайності, %	Врожай, кг	Витрати на цикл, грн	Собівартість, грн/кг	Ціна реалізації, грн/кг	Вартість валов продукту, грн	Умовно чистий дохід, грн	Рентабельність, %
2231	1700	3000	7	43	22	660	94100	142,6	186	122760	28660	30,46
2230	1700	3000	7	42	21,6	648	92400	142,6	186	120528	28128	30,44
2229	1700	3000	7	49	8	240	104300	434,6	565	135600	31300	30,01

**Порівняльний аналіз результатів вирощування *Calocybe indica* 2598 та *Pleurotus ostreatus* 431 з липня по серпень 2019-2020 рр. (середнє за 3 цикли вирощування, ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР»)**

Штам	Вартість мікроклімату, грн/доба	Маса субстрату, кг	Вартість інокульованого субстрату, грн/кг	Тривалість вегетаційного циклу, доба	Середній показник урожайності, %	Врожай, кг	Витрати на цикл, грн	Собівартість, грн/кг	Ціна реалізації, грн/кг	Вартість валов продукту, грн	Умовно чистий дохід, грн	Рентабельність, %
<i>P.o.</i> 431	900	10000	3,2	30	28	2800	59000	21,1	30	84000	25000	42,4
<i>S.i.</i> 2598	700	10000	5	28	38	3800	69600	18,3	30	114000	44400	63,0



## Приклади статистичного обчислення первинних даних

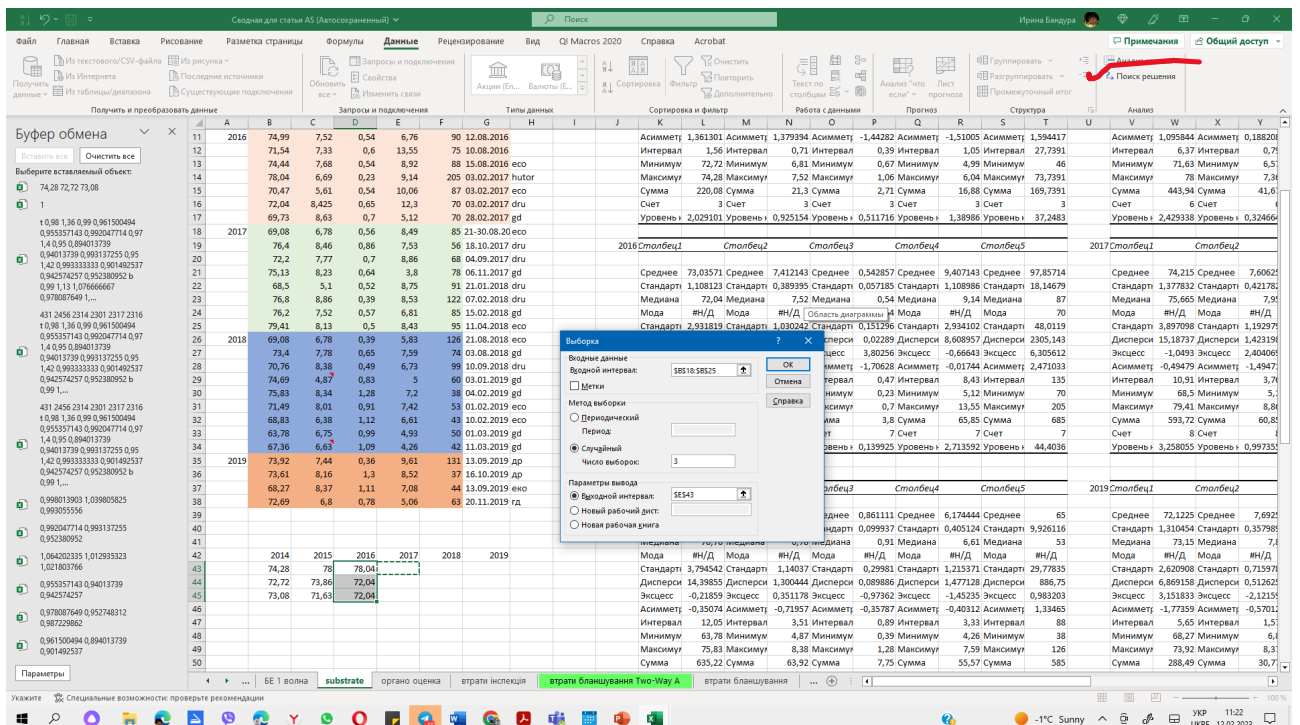
Таблиця Л1

## Підготовка даних до статистичного аналізу фізико-хімічних показників субстратів, виготовлених методом АФВШ за роками (Дослід 1)

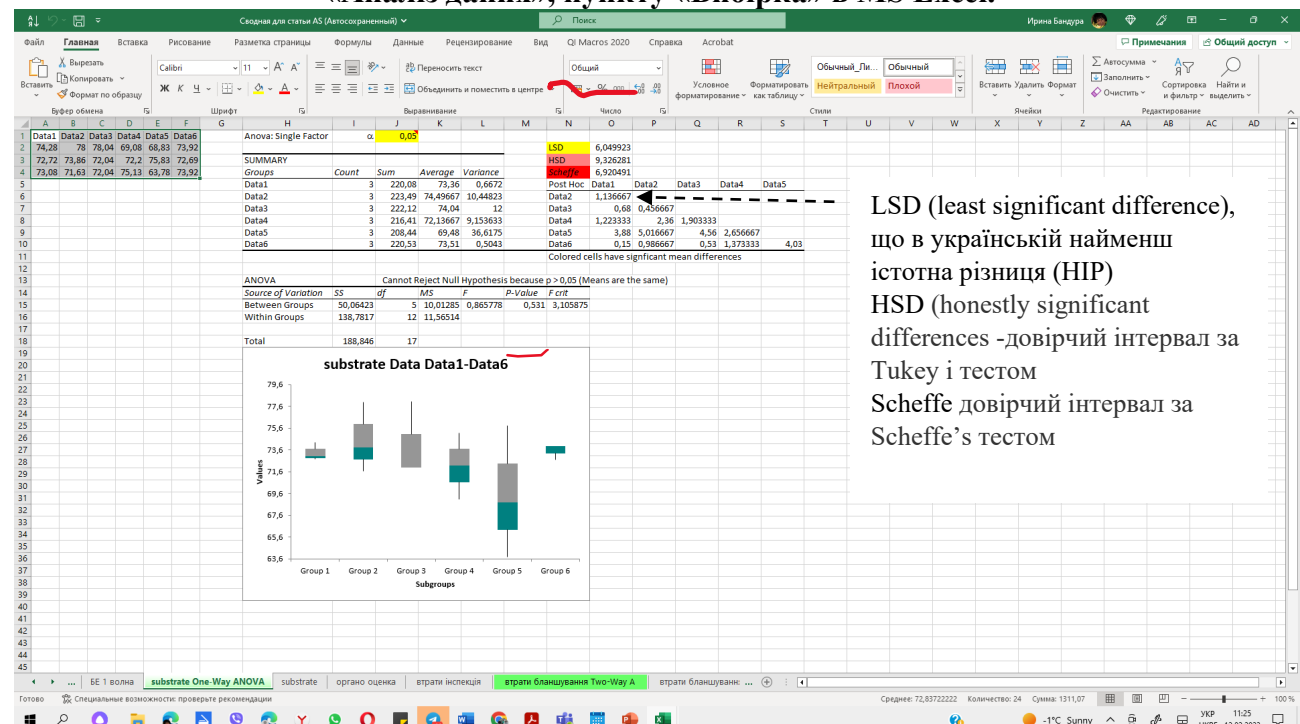
Рік	RH,%	pH	N,%	Зола, %	C/N	Дата аналізу	Код підприємства	
2014	74,28	6,81	1,06	5,85	46	08.01.2015	eco	
	72,72	7,52	0,98	6,04	50	10.01.2015	dru	
	73,08	6,97	0,67	4,99	74	25.01.2015	gd	
2015	73,86	6,89	0,81	5,24	61	10.06.2015	eco	
	78	7,36	0,86	8,15	56	12.06.2015	dru	
	75,03	7,23	1,09	7,12	44	22.10.2015	gd	
	73,33	6,57	0,86	9,42	55	08.02.2016	gd	
	71,63	6,66	0,8	4,54	62	01.03.2016	eco	
	72,09	6,96	0,78	6,59	62	16.03.2016	dru	
2016	74,99	7,52	0,54	6,76	90	12.08.2016	gd	
	71,54	7,33	0,6	13,55	75	10.08.2016	eco	
	74,44	7,68	0,54	8,92	88	15.08.2016	eco	
	78,04	6,69	0,23	9,14	205	03.02.2017	dru	
	70,47	5,61	0,54	10,06	87	03.02.2017	eco	
	72,04	8,425	0,65	12,3	70	03.02.2017	dru	
	69,73	8,63	0,7	5,12	70	28.02.2017	gd	
	2017	69,08	6,78	0,56	8,49	85	21-30.08.2017	eco (середнє за 3 аналіза)
	76,4	8,46	0,86	7,53	56	18.10.2017	dru	
	72,2	7,77	0,7	8,86	68	04.09.2017	gd	
	75,13	8,23	0,64	3,8	78	06.11.2017	gd	
	68,5	5,1	0,52	8,75	91	21.01.2018	dru	
	76,8	8,86	0,39	8,53	122	07.02.2018	dru	
	76,2	7,52	0,57	6,81	85	15.02.2018	gd	
	79,41	8,13	0,5	8,43	95	11.04.2018	eco	
2018	69,08	6,78	0,39	5,83	126	21.08.2018	eco	
	73,4	7,78	0,65	7,59	74	03.08.2018	gd	
	70,76	8,38	0,49	6,73	99	10.09.2018	dru	
	74,69	4,87	0,83	5	60	03.01.2019	gd	
	75,83	8,34	1,28	7,2	38	04.02.2019	gd	
	71,49	8,01	0,91	7,42	53	01.02.2019	eco	
	68,83	6,38	1,12	6,61	43	10.02.2019	eco	
	63,78	6,75	0,99	4,93	50	01.03.2019	gd	
	67,36	6,63	1,09	4,26	42	11.03.2019	gd	
2019	73,92	7,44	0,36	9,61	131	13.09.2019	dru	
	73,61	8,16	1,3	8,52	37	16.10.2019	dru	
	68,27	8,37	1,11	7,08	44	13.09.2019	eco	
	72,69	6,8	0,78	5,06	63	20.11.2019	gd	

Примітки: RH- вологість субстрату, N – вміст загального нітрогену за К'ельдалем, C/N - співвідношення карбон/нітроген, eco – підприємство ТОВ ЕКО-ГРИБ (сmt Добровеличківка Кіровоградської обл.), dru - ТОВ «Друїди» (м. Кривий Ріг Дніпропетровської обл.), gd - НВП ТОВ НВП «ГРИБНИЙ ЛІКАР» (с. Садове Мелітопольського р-ну, Запорізької обл.)

Дані до досліду 1 збирали в різні місяці, але за результатами аналізу сировини одного року отримання.



**Рис. Л.1. Формування вибірки для однофакторного аналізу (відмінність за роками) окремих показників субстратів (на прикладі аналізу вологості). Використання пакету «Аналіз даних», пункту «Вибірка» в MS Excel.**



LSD (least significant difference),  
що в українській найменш істотна різниця (HIP)  
HSD (honestly significant differences - довірчий інтервал за Tukey і тестом Scheffe довірчий інтервал за Scheffe's тестом

**Рис. Л.2. Результати однофакторного аналізу (ANOVA: Single Factor) відмінності за роками вологості субстратів, виготовлених методом АФВШ. Використання надбудови QIMacros до MS Excel.**

За результатами аналізу ( $P\text{-Value} > 0,05$ ) не визначено відмінностей між показниками якості субстратів, виготовлених методом АФВШ впродовж 6 років з 2014 по 2019.

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-Value	Fcrit
Sample	28105,64	2	14052,82	51,96743	0,000	3,097698
Колонки	1992,976	2	996,4881	3,68502	0,029	3,097698
Interaction	13867,03	4	3466,758	12,8201	0,000	2,472927
Within	24337,43	90	270,4159			
Total	68303,08	98				

**Рис. Л.3. Результати двохфакторного аналізу даних (ANOVA: Two Factor With Replication) порівняння біологічної ефективності штамів *P. ostreatus* 2301, 2317 та *P. pulmonarius* 2314 (фактор А) у різні роки вирощування (фактор В). Використання надбудови QIMacros до MS Excel.**

За результатами аналізу визначено істотний вплив окремих досліджених факторів та їх взаємодії ( $p < 0,05$ , підкреслено червоним), що говорить про важливість врахування у технології культивування як природи штаму, так і факторів, що формують якість субстратів (Дослід 1).

Приклад бази даних до Дослідю 2 «Оцінка можливості застосування води з підвищеною концентрацією NaCl у технології вирощування *Pleurotus*»

№ варіанту	Штам	Основа	NaCl, %	Повторності					
				1	2	3	4	5	6
1	2301	солонина	0 (к)	11,0	10,4	9,4	10,1	9,6	9,4
2			0,05	9,9	9,3	9,4	9,8	8,9	8,9
3			0,1	7,7	7,9	9,9	9,4	9,3	9,6
4			0,5	10,3	9,3	9,5	10,0	9,8	9,8
5			1,0	9,4	9,0	9,1	9,2	8,9	9,1
6			2	6,5	6,3	6,6	7,0	6,3	6,6
7			3	4,4	4,6	4,6	4,1	4,2	4,6
8			5	2,1	2,3	2,1	2,4	2,8	2,0
9		лушпиння	0 (к)	6,3	6,6	7,8	6,5	6,1	6,2
10			0,05	6,5	6,3	6,6	7,0	6,3	6,6
11			0,1	7,4	6,4	7,2	7,1	7,0	7,0
12			0,5	5,4	6,0	6,7	6,5	6,3	6,6
13			1,0	4,3	4,1	4,6	4,4	4,2	4,1
14			2	3,4	4,1	3,4	3,0	3,1	3,1
15			3	2,1	2,0	2,1	2,0	2,8	2,3
16			5	0,9	0,5	0,0	1,1	0,0	1,4
17	2314	солонина	0 (к)	8,3	8,4	8,3	7,0	7,5	8,2
18			0,05	9,4	9,3	9,1	9,6	8,6	9,1
19			0,1	9,7	9,0	9,3	9,7	9,7	9,6
20			0,5	10,4	9,3	10,4	10,1	9,9	10,0
21			1,0	9,0	8,8	8,1	8,2	8,9	8,1
22			2	6,1	5,3	6,0	5,7	6,3	5,6
23			3	4,0	3,6	3,6	3,1	3,4	4,3
24			5	1,1	1,3	1,1	1,4	1,8	1,0
25		лушпиння	0 (к)	6,9	6,0	7,0	6,7	6,5	7,1
26			0,05	6,3	6,0	6,1	6,2	6,3	6,1
27			0,1	6,0	5,5	5,6	6,4	5,5	6,0
28			0,5	5,3	4,9	5,0	5,2	5,0	5,2
29			1,0	4,0	3,8	4,1	4,2	4,9	4,1
30			2	3,1	3,3	3,5	3,7	3,3	3,6
31			3	2,0	2,6	1,6	2,1	2,1	2,3
32			5	0,5	0,3	0,5	0,7	0,8	0,3

Результати двохфакторного аналізу даних впливу підвищеної концентрації NaCl у живильному середовищі на лінійний ріст міцелію штаму *P. ostreatus* 2301 за Доспєховим (з використанням Надбудови до Excel статистичної оцінки й аналізу результатів польових і лабораторних дослідів)  
(фактор А – субстрат; фактор В – концентрація NaCl)

Результаты ДвухФакторного Дисперсионного Анализа						
Источ.вариации	Сумма кв.	ст. свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Фактор А	207,68108	1	207,6811	1021,30054	4	25,85
Фактор В	556,88257	7	79,5547	391,22104	2,1	69,31
Взаимодействие АВ	22,678543	7	3,2398	15,93213	2,1	2,82
Статистика по грациям факторов						
	Кол-во	Сумма	Среднее	Диспер-я	Ошибка	
А 1	48,0	362,7	7,6	7,5	0,4	
А 2	48,0	221,5	4,6	5,2	0,3	
В 1	12,0	99,5	8,3	3,5	0,5	
В 2	12,0	95,3	7,9	2,2	0,4	
В 3	12,0	95,9	8,0	1,5	0,3	
В 4	12,0	96,4	8,0	3,6	0,5	
В 5	12,0	80,4	6,7	6,4	0,7	
В 6	12,0	59,4	5,0	2,9	0,5	
В 7	12,0	39,8	3,3	1,4	0,3	
В 8	12,0	17,6	1,5	0,9	0,3	
Гр.моделирования...СНИИСХ. (8-253)3-22-04		2301				

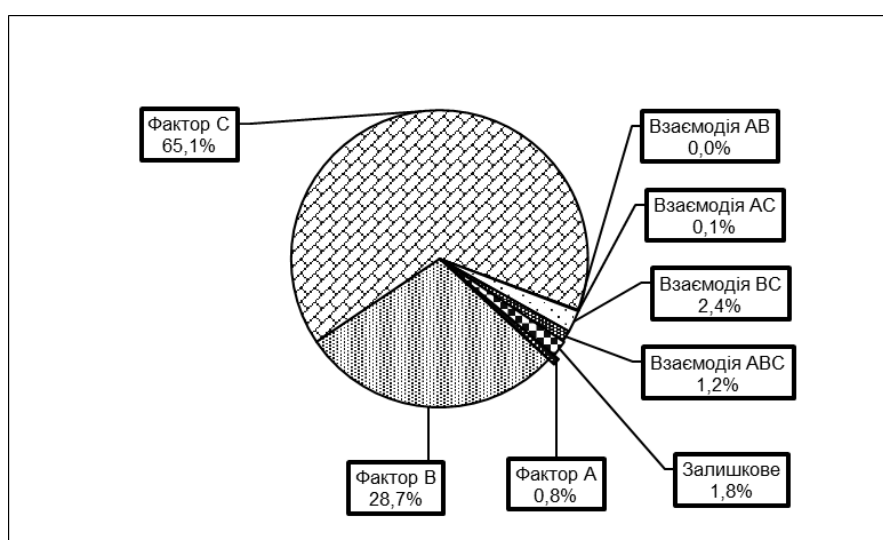


Рис. Л.5. Результати трьохфакторного аналізу даних впливу підвищеної концентрації NaCl у живильному середовищі на лінійний ріст міцелію штамів *P. ostreatus* 2301 та *P. pulmonarius* 2314 (фактор А – штам, фактор В – субстрат; фактор С – концентрація NaCl), отримані в Агростат.

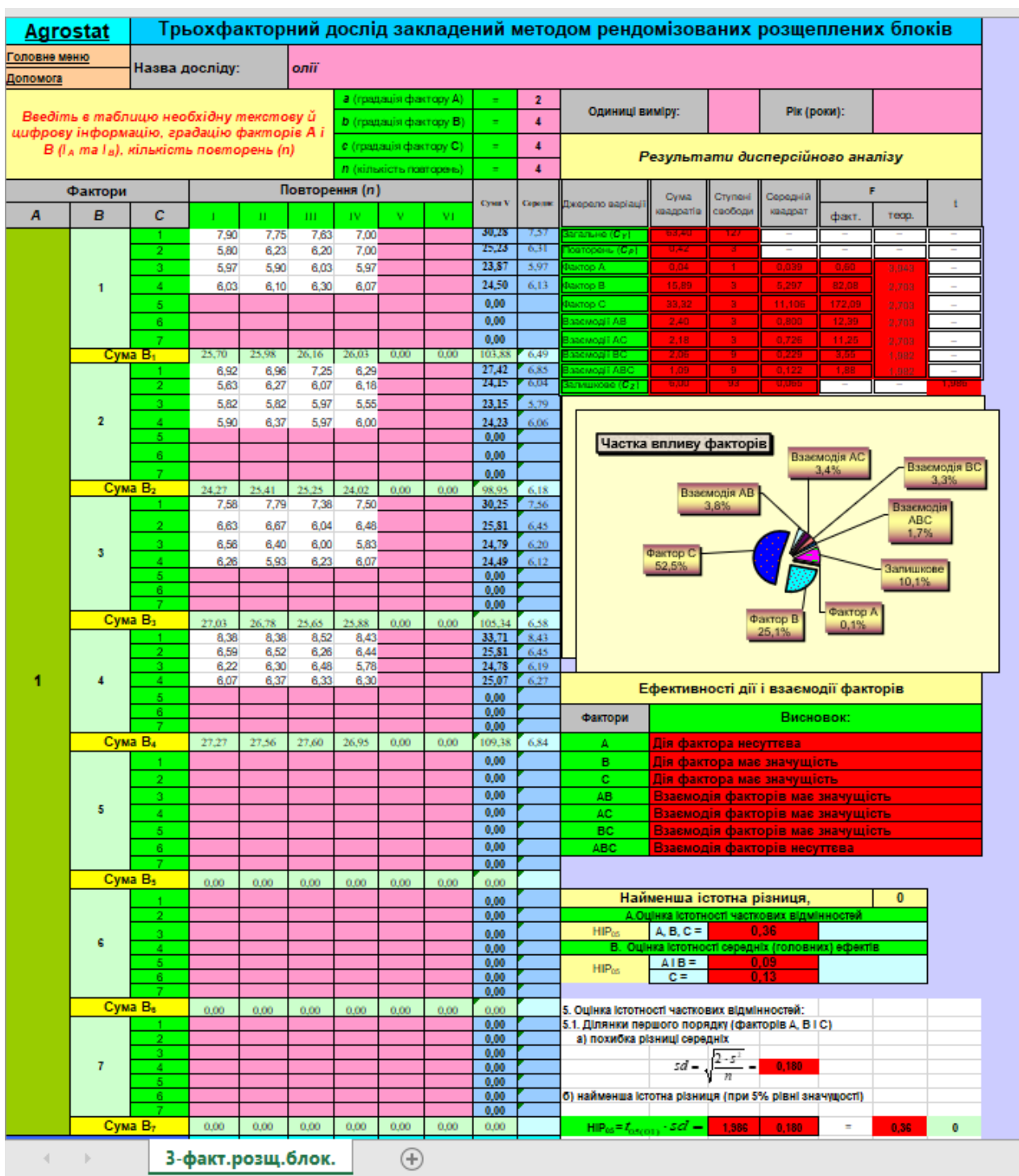


Рис. Л.4. Результати трьохфакторного аналізу даних впливу концентрації олії у живильному середовищі на лінійний ріст міцелію штамів *P. ostreatus* 2301 та *P. pulmonarius* 2314: фактор А – штам, фактор В – субстрат (4 варіанта; фактор С – концентрація олії (4 варіанта), розраховані в програмі Агростат (Дослід 3.1).

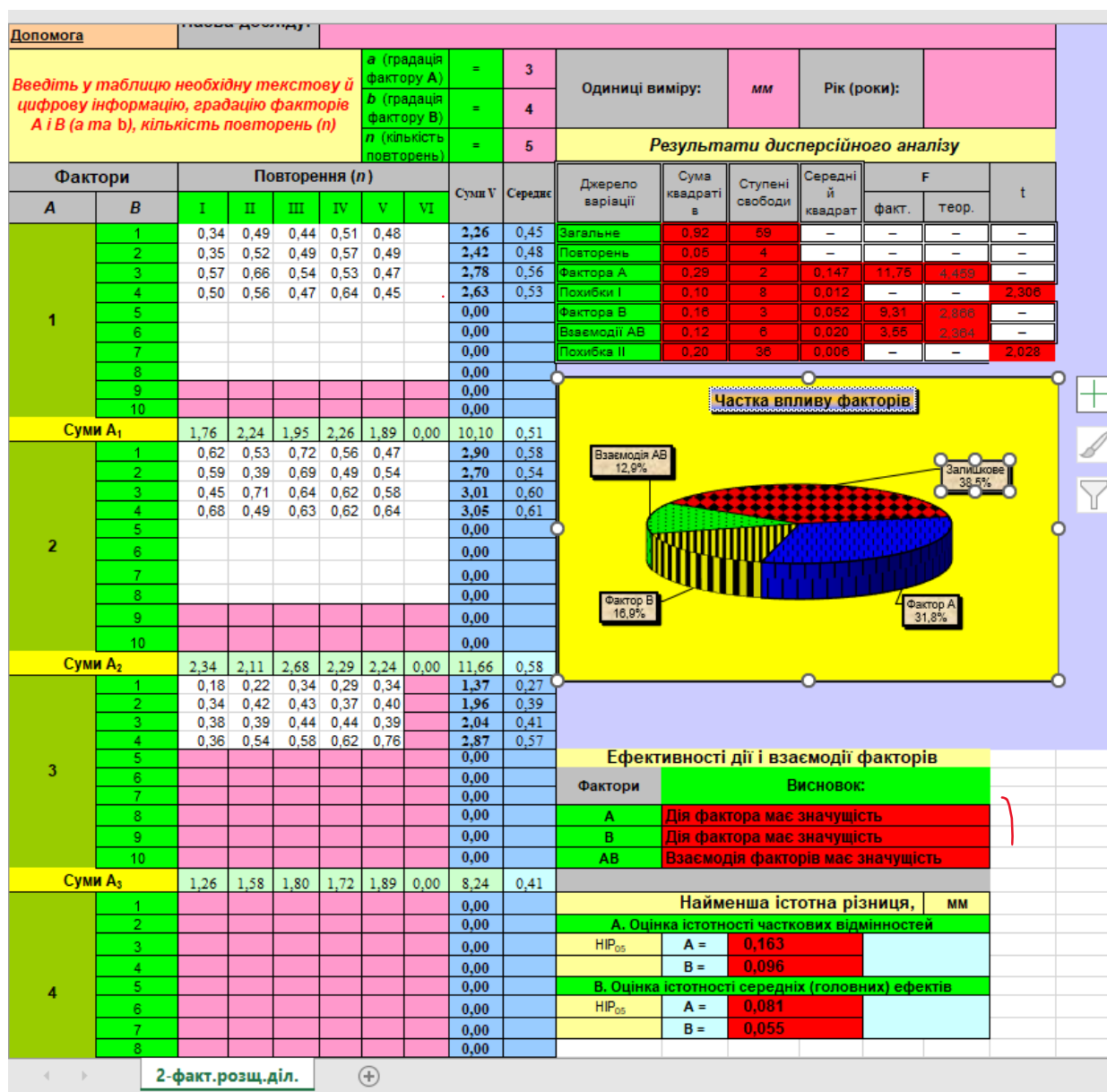


Рис. Л.5. Результати двохфакторного аналізу даних у досліді «Вплив концентрації рослинної олії на біологічну ефективність *P. ostreatus* 2301», розраховані в програмі Агростат (Дослід 3.2).

**Урожайность *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm штамма 2301  
Вариант 3 (А) Наклонное расположение**

Размер перфораций (В)	3.1 - 5 см						3.2 - 10 см						3.3 - 15 см							
	7	29	47	48	60	56	6	9	27	49	59	57	8	10	30	28	26	46	50	58
№ блока	7	29	47	48	60	56	6	9	27	49	59	57	8	10	30	28	26	46	50	58
Масса блока	11,23	12,78	13,41	12,11	11,21	10,84	12,87	14,42	13,27	11,07	12,54	11,85	12,78	13,3	13,2	12,54	13,03	12,94	12,33	10,87
dry weight																				
МБ 1 волна	9,85	9,83	10,55	10,45	9,65	8,45	10,65	12,15	11,4	8,95	10,6	8,7	10,13	11,25	11,45	10,55	10,95	8,88	10,35	8,95
МБ 2 волна	6,75	7,045	5,89	5,49	6,085	6,16	6,33	6,67	6,805	5,53	4,745	5,72	7,455	6,03	7	7,48	5,82	4,675	5,885	6,205
Дата																				
05.10.2017		746					490		738											1646
06.10.2017	2029	1415	2967		819	1548	1547	2545	1619		1725	1635	2280	1638		1733	1081	863		
07.10.2017			431	2096	2039	715	786	372	1408	859			1418	2244	194	566	928	1444	567	
09.10.2017	593			1086					15	1885	1930	2126			271	605	1514	2190	2192	
итого 1 flash	2622	2161	3398	3182	2858	2263	2823	2917	3780	2744	3655	3761	2280	3056	2515	2532	3161	3981	3636	2213
BE, %																				
17.10.2017		831							350				1073							
18.10.2017					639	679		1371	130				456			782				
19.10.2017					504		632						304							488
20.10.2017							156							425	257					201
23.10.2017	477						215			323	1060									
24.10.2017	595			272						450	289		89	113		306				
25.10.2017	375			436						40		450				215				244
26.10.2017			1113									383								
30.10.2017		165							297						270			1178	1256	
02.11.2017					199	109			285			477		261						157
13.11.2017			795	677									577		291		641			
17.11.2017	331	238		286		568	227		476	399										
11.12.2017			750	250			153	240			326		462		384					139
	1778	1234	2658	1921	1342	1356	1383	1611	1538	1212	1675	1310	2112	1110	1483	1039	1162	1178	1256	1229
Итого	4400	3395	6056	5103	4200	3619	4206	4528	5318	3956	5330	5071	4392	4166	3998	3571	4323	5159	4892	3442

**Рис. Л.6. Технічна карта досліду «Оцінка впливу технічних заходів: типу розташування субстрату на полицях, перфорації поверхневої плівки отворами різного розміру» (похиле положення), Дослід 4.**

Додаток Л



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
1	A	B	C			ANOVA: Two Factor With Rep		$\alpha$	0,05		Середні	гориз	вертик	похиле							
2	a	0,7410	0,7143	0,8277							50	0,7301	0,7776	0,8168							
3		0,7748	0,7768	0,5995		Summary	A	B	C	Total	100	0,7135	0,8371	0,9236							
4		0,9906	0,6986	0,8982		<i>a</i>					150	0,7770	0,8804	0,7981							
5		0,7214	0,7568	0,9314		Count	6	6	6	18											
6		0,6813	0,7987	0,9038		Sum	4,3808	4,6658	4,9007	13,9473		<b>Mann-Whitney U Test, порівняння середніх</b>									
7		0,4717	0,9206	0,7400		Average	0,7301	0,7776	0,8168	0,7748	Sample1	Sample2	Rank1	Rank2	T1	T2					
8	b	0,8178	0,7850	0,7776		Variance	0,0278	0,0063	0,0161	0,0161	0,7301	0,7776	2	4	6	15	Total Rank				
9		0,3689	0,8696	0,7171							0,7135	0,8371	1	5	0,7301	0,8371	Median				
10		0,6481	0,9333	1,0098		<i>e</i>					0,7770	0,8804	3	6	3	3	n1, n2				
11		0,8775	1,0858	0,8787		Count	6	6	6	18							9	U1			
12		0,7427	0,6793	1,0332		Sum	4,2807	5,0224	5,5414	14,8445							0	U2			
13		0,8258	0,6694	1,1251		Average	0,7135	0,8371	0,9236	0,8247							0	U			
14	c	0,9015	0,7366	0,6324		Variance	0,0348	0,0256	0,0252	0,0331							10,5	E(U1)			
15		0,8822	0,9242	0,8145													10,5	E(U2)			
16		0,7837	0,9542	0,6754		<i>c</i>											4,5	E(U)			
17		0,8703	0,6730	0,7158		Count	6	6	6	18							2,29	s			
18		0,5092	1,0122	0,8600		Sum	4,6620	5,2823	4,7886	14,7329							6,01	Action(L)			
19		0,7151	0,9821	1,0906		Average	0,7770	0,8804	0,7981	0,8185							14,99	Action(U)			
20						Variance	0,0222	0,0198	0,0278	0,0226							0,05	a			
21																	1,96	z			
22						Total											0,05	p			
23						Count	18	18	18	54											
24						Sum	13,3236	14,9704	15,2306	43,5246											
25						Average	0,7402	0,8317	0,8461	0,8060											
26						Variance	0,0257	0,0171	0,0236	0,0235											
27																					
28						ANOVA															
29						Source of Variation	SS	df	MS	F	P-Value	F crit									
30						Sample	0,03	2,00	0,01	0,58	0,56	3,20	Cannot Reject Null Hypothesis because p > 0,05 (Means are the same)								
31						Колонки	0,12	2,00	0,06	2,60	0,09	3,20	Cannot Reject Null Hypothesis because p > 0,05 (Means are the same)								
32						Interaction	0,07	4,00	0,02	0,80	0,53	2,58	Cannot Reject Null Hypothesis because p > 0,05 (Means are the same) <i>r.</i>								
33						Within	1,03	45,00	0,02												
34																					
35						Total	1,24674	53													
36																					
37																					
38																					

**Рис. Л.7. Результати двохфакторного аналізу (ANOVA: Two Factor With Replication) впливу просторового положення та розміру перфорацій на біологічну ефективність штаму *P. ostreatus* 2301. Приклад порівняння отриманих середніх за тестом Mann-Whitney U Test (надбудова QIMacros до MS Excel), Дослід 4.**

Додаток Л

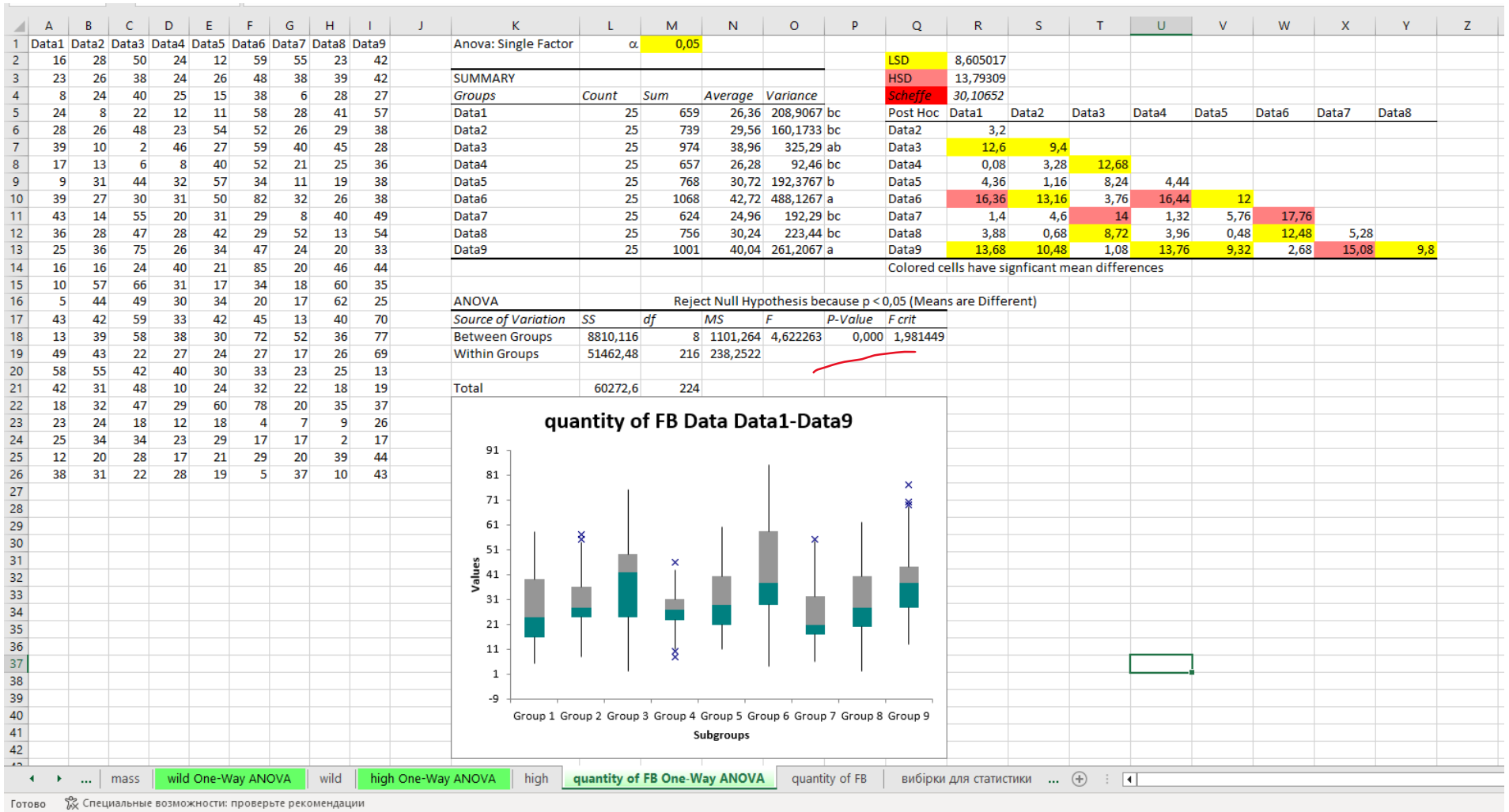
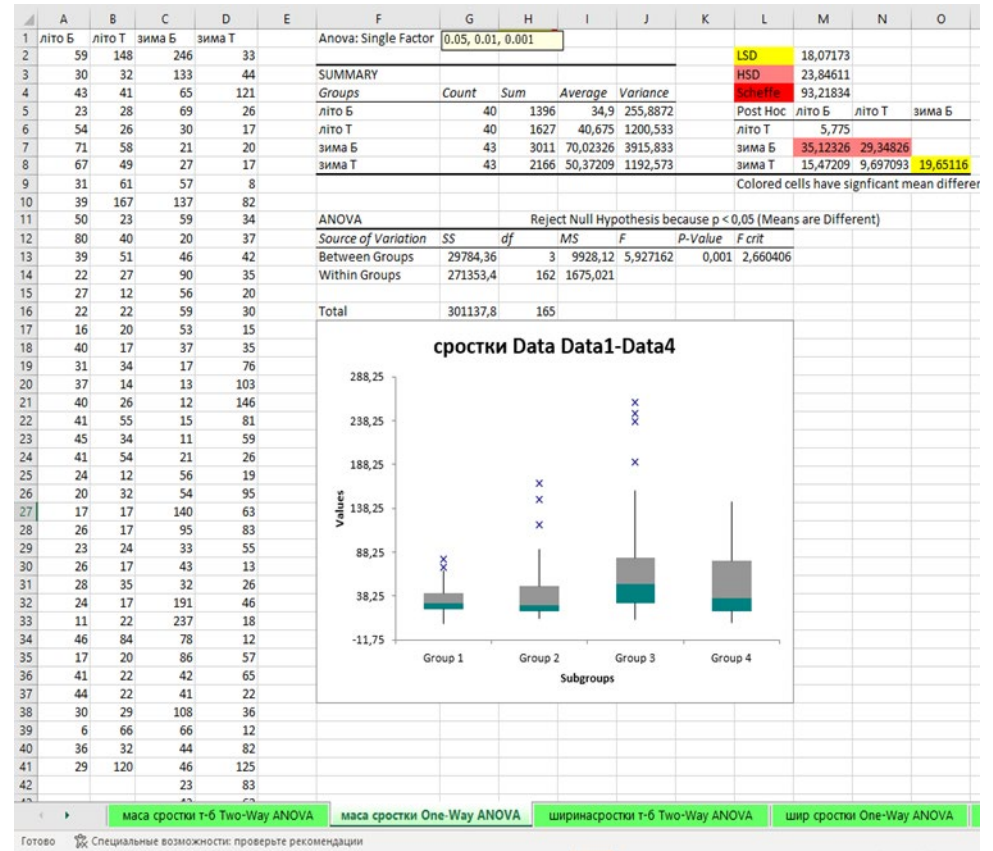
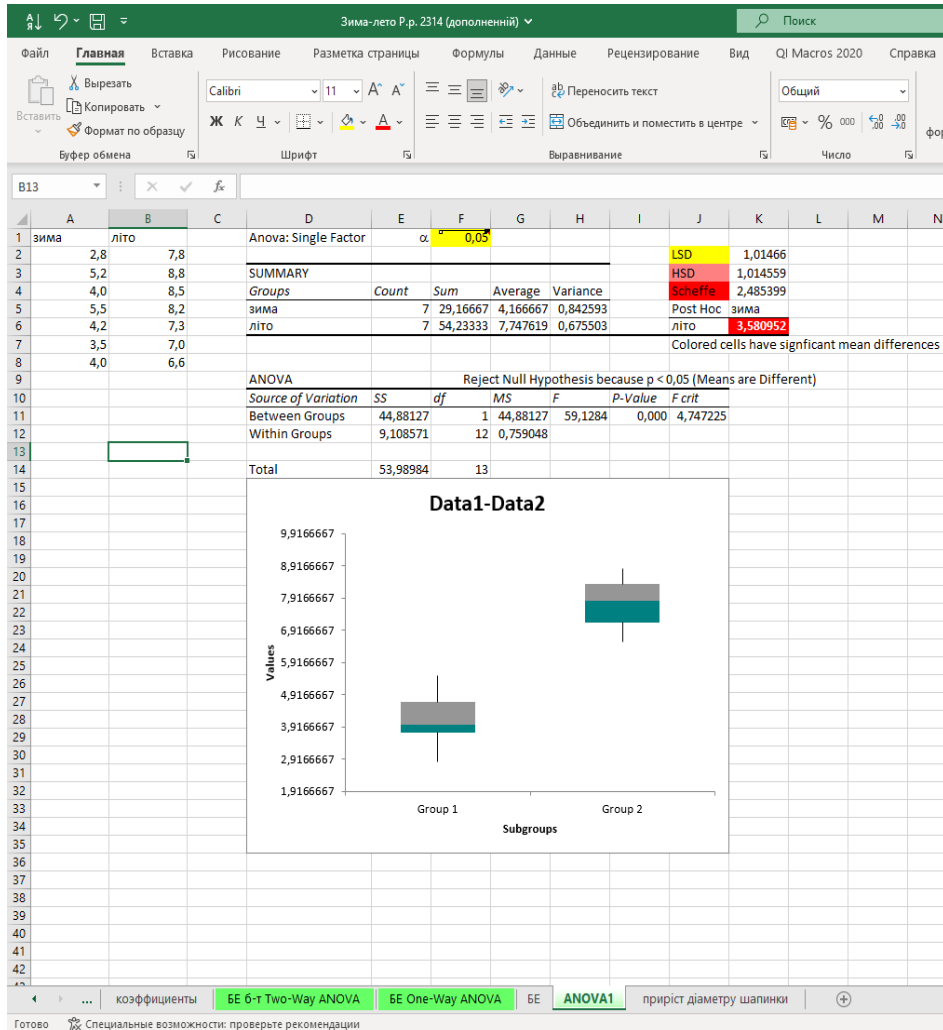


Рис. Л.8. Результати аналізу впливу типу розташування субстрату та розміру перфорацій на кількість плодкових тіл в зростках *P. ostreatus* 2301 за тестом Даннета (порівняння середніх у надбудові QIMacros до Excel, дослід 4).

Додаток Л

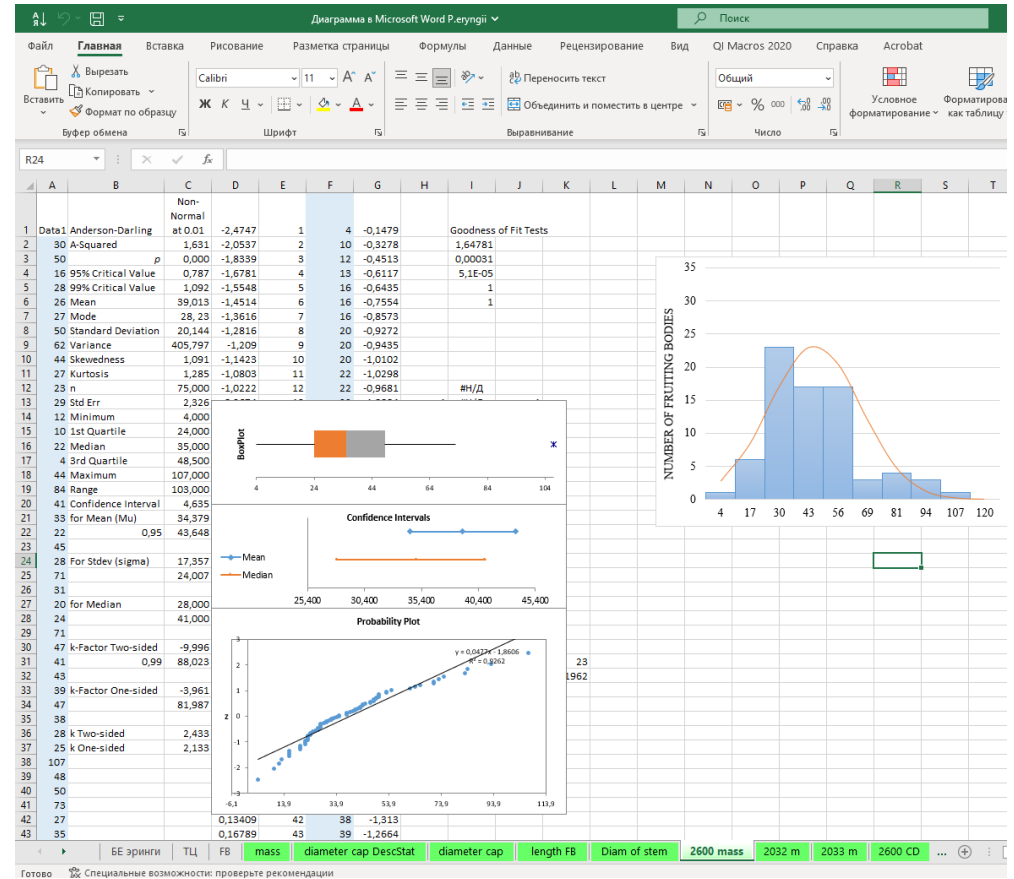
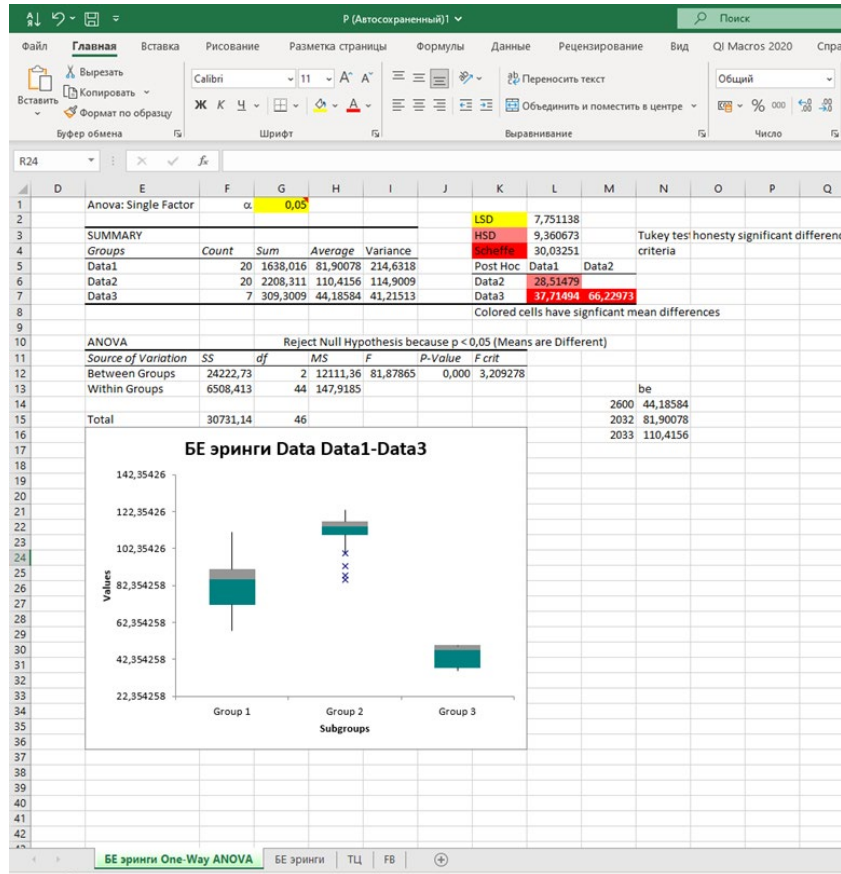
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
6				Adjusted R Square	0,798										
7				Standard Error	2105428,411										
8				Observations	18										
10				ANOVA											
11					<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>						
12				Regression	1	3,02944E+14	3,02944E+14	68,34090672	0,000						
13				Residual	16	7,09253E+13	4,43283E+12								
14				Total	17	3,73869E+14									
15												Confidence Level			
15											0,95		0,99		
16					<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 99%</i>	<i>Upper 99%</i>			
17				Intercept	4148070,959	634254,9504	6,540068715	0,000	2803510,528	5492631,389	2295550,756	6000591,162			
18				X	298,5610217	36,11542584	8,266855915	0,000	221,9997391	375,1223044	193,0757497	404,0462938			
19															
20				$y = 4148070,959 + 298,561 * X$											
21															
22				RESIDUAL OUTPUT								PROBABILITY OUTPUT			
23															
24	X	Y		<i>Observations</i>	<i>PredictedY</i>	<i>Residuals</i>	<i>Standard Res</i>	<i>Sorted Residuals</i>	<i>Percentile</i>	<i>Y</i>	<i>LCI</i>	<i>UCI</i>	<i>LPI</i>	<i>UPI</i>	
25	23760	11880000		1	11241880,8	638119,2	0,3	-2665121,2	2,8	1680000	9815807,3	12667954,4	6594340,5	15889421,1	
26	30720	13920000		2	13319865,5	600134,5	0,3	-2286344,2	8,3	2220000	11492238,5	15147492,6	8533826,9	18105904,2	
27	16920	8280000		3	9199723,4	-919723,4	-0,5	-1931739,8	13,9	2580000	8062576,4	10336870,5	4632552,7	13766894,2	
28	18780	8760000		4	9755046,9	-995046,9	-0,5	-1818862,2	19,4	2700000	8554562,5	10955531,4	5171695,8	14338398,1	
29	840	2580000		5	4398862,2	-1818862,2	-0,9	-1529653,5	25,0	3120000	3105071,9	5692652,5	-209807,7	9007532,1	
30	1680	3720000		6	4649653,5	-929653,5	-0,5	-995046,9	30,6	3720000	3392553,3	5906753,7	51148,7	9248158,2	
31	2460	5880000		7	4882531,1	997468,9	0,5	-929653,5	36,1	4680000	3657513,3	6107548,8	292693,0	9472369,2	
32	3060	7740000		8	5061667,7	2678332,3	1,3	-919723,4	41,7	5880000	3859927,5	6263407,9	477987,4	9645347,9	
33	4080	10860000		9	5366199,9	5493800,1	2,7	-687059,0	47,2	6180000	4201012,6	6531387,3	791967,0	9940432,8	
34	2700	6180000		10	4954185,7	1225814,3	0,6	-100007,6	52,8	7440000	3738630,1	6169741,3	366864,0	9541507,4	
35	1680	3120000		11	4649653,5	-1529653,5	-0,7	-95049,1	58,3	7740000	3392553,3	5906753,7	51148,7	9248158,2	
36	2100	4680000		12	4775049,1	-95049,1	0,0	600134,5	63,9	8280000	3535472,0	6014626,2	181303,7	9368794,5	
37	660	1680000		13	4345121,2	-2665121,2	-1,3	638119,2	69,4	8760000	3043197,4	5647045,1	-265838,6	8956081,1	
38	1620	2700000		14	4631739,8	-1931739,8	-0,9	997468,9	75,0	10860000	3372090,4	5891389,2	32537,5	9230942,1	
39	1200	2220000		15	4506344,2	-2286344,2	-1,1	1225814,3	80,6	11880000	3228538,5	5784149,9	-97864,0	9110552,3	
40	3240	7440000		16	5115408,7	2324591,3	1,1	2324591,3	86,1	13920000	3920401,9	6310415,4	533489,2	9697328,2	
41	36840	14460000		17	15147059,0	-687059,0	-0,3	2678332,3	91,7	14460000	12922216,2	17371901,8	10195708,6	20098409,4	
42	44520	17340000		18	17440007,6	-100007,6	0,0	5493800,1	97,2	17340000	14686807,7	20193207,6	12229820,0	22650195,3	
43	10937	7413333	Xave												

Рис. Л.9. Результати регресійного аналізу кількості КУО плісневих грибів к приміщеннях тривалого вирощування грибів роду *Pleurotus* 2301 (аналіз у надбудові QIMacros до MS Excel) (Дослід 5).



а) б)

**Рис. Л.10. Приклади статистичного аналізу даних до Дослідю 6 «Оцінка технічних характеристик *P. pulmonarius* 2314 як об'єкту безперервного культивування» (у надбудові QIMacros до MS Excel): а) однофакторне порівняння біологічної ефективності за сезонами; б) порівняння маси зростків біологічної (Б) та технічної (Т) стиглості.**



а) б) **Рис. Л.11. Результати статистичного аналізу даних біологічної ефективності *P. eryngii* штамів 2600 (к), 2032, 2033 (а) (зведена за 3 цикли культивування) та візуалізація результатів з варіативності маси плодових тіл штаму 2600 у надбудові QIMacros до MS Excel до Досліді 7.**

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	3	0,10758485	2,4226E-05	0,00492203	0,00284	2,64139247
2	3	0,09609079	6,8927E-06	0,0026254	0,00152	1,57743835
3	3	0,08936861	5,978E-06	0,00244499	0,00141	1,57954407
<b>ИТОГИ</b>						
Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия		
Строка 1	3	30,98	10,32667	0,260433		
Строка 2	3	26,62	8,873333	0,008033		
Строка 3	3	24,67	8,223333	0,003033		

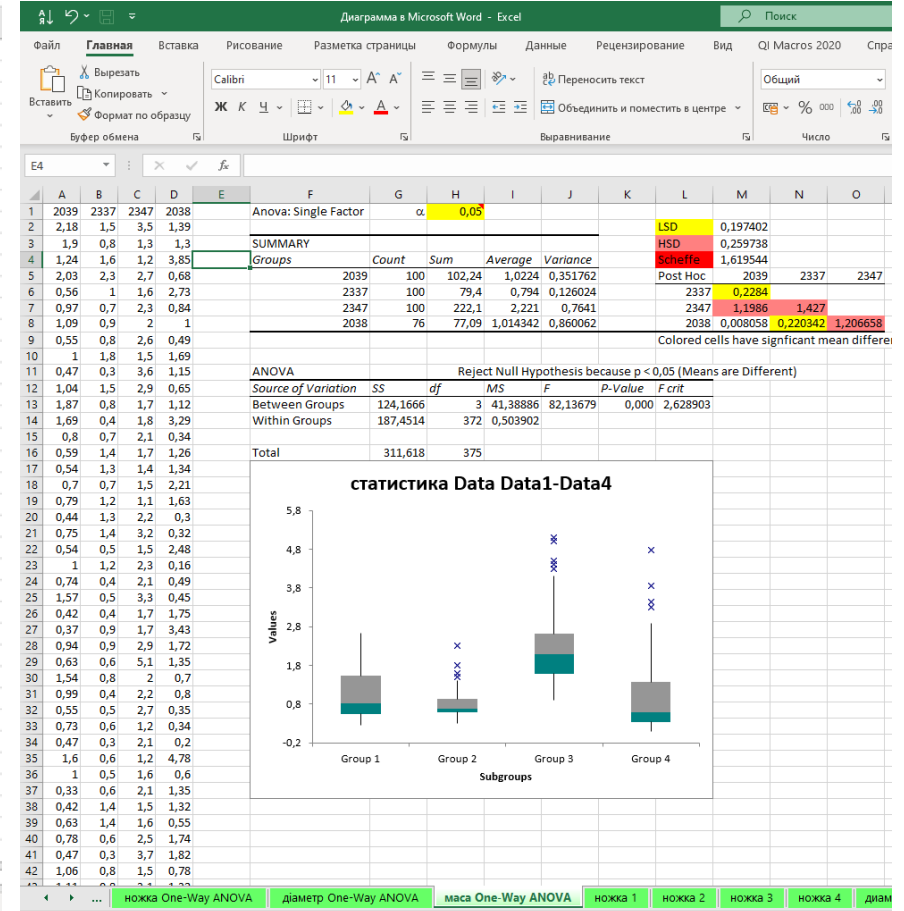
Источ. вариации	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095	Влияние %
Общее	0,0005833	8				100
Повторений	2,661E-05	2				4,56172991
Вариантов	0,0005091	2	0,00025457	21,4009113	6,9	87,2814713
Случайное	4,758E-05	4	1,1895E-05			8,15679932

Источники вари.	SS	df	MS	F	p-Значение	критическое
Между гр	6,958689	2	3,479344	38,44579	0,000379	5,143253
Внутри гр	0,543	6	0,0905			
<b>Итого</b>	<b>7,501689</b>	<b>8</b>				

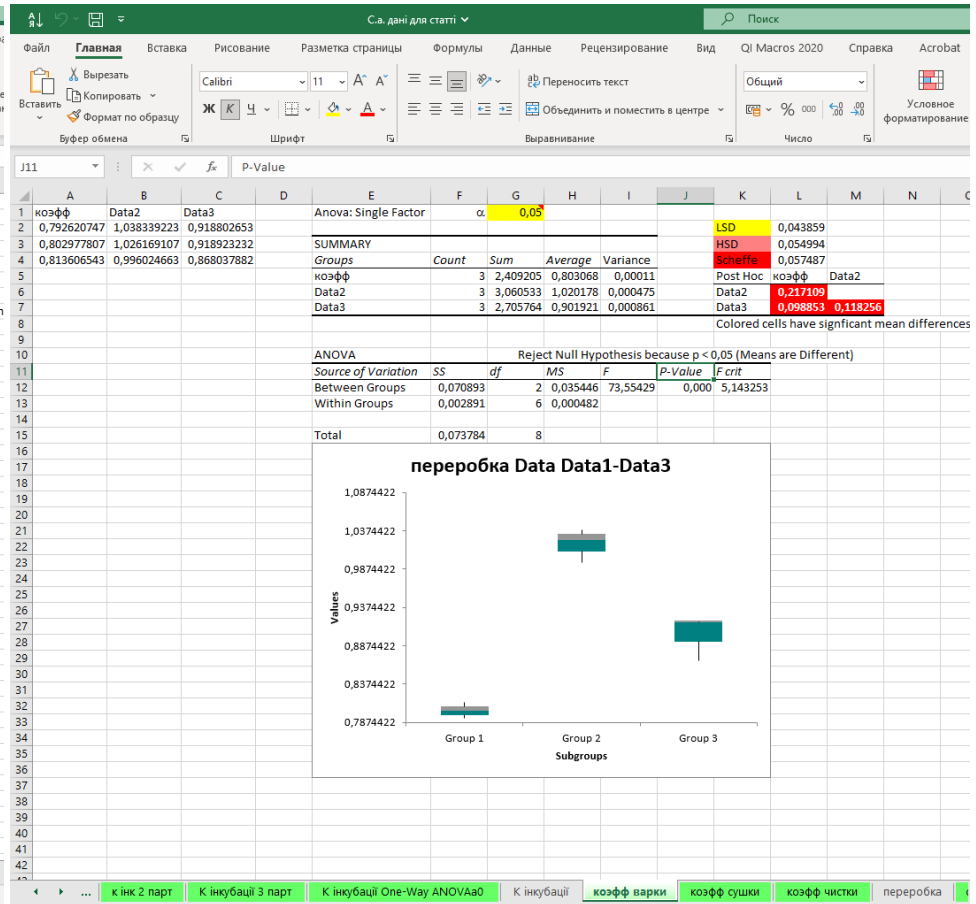
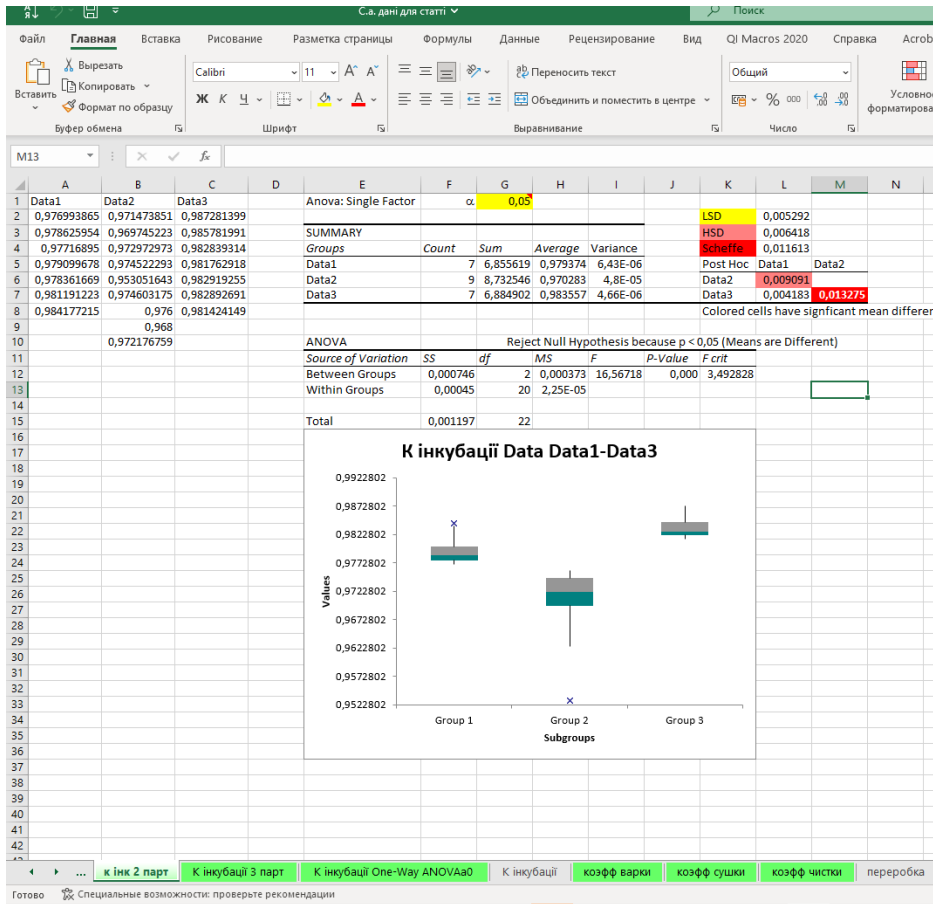
**Рис. Л.12. Результати статистичного аналізу даних по вивченню впливу складу субстрату на вміст сухих речовин в плодових тілах *P. citrinopileatus* 2161 ІВК за 3 цикли культивування (до досліді 8) з перевіркою результатів двома методами у Надбудові до MS Excel (однофакторний за Доспєховим) та з застосуванням Пакету аналізу MS Excel.**

K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
маса	2039	2337	2347	2038		ножка		2039		2337		2347		2038
	2,18	1,5	3,5	1,39										
	1,9	0,8	1,3	1,3			Среднее	98,55	Среднее	76,88	Среднее	126,7	Среднее	115,5526
	1,24	1,6	1,2	3,85			Стандарт	1,717549	Стандарт	0,958458	Стандарт	1,115139	Стандарт	3,919112
	2,03	2,3	2,7	0,68			Медиана	100	Медиана	76,5	Медиана	125	Медиана	110,5
	0,56	1	1,6	2,73			Мода	95	Мода	80	Мода	120	Мода	110
	0,97	0,7	2,3	0,84			Стандарт	17,17549	Стандарт	9,584584	Стандарт	11,15139	Стандарт	34,16602
	1,09	0,9	2	1			Дисперси	294,9975	Дисперси	91,86424	Дисперси	124,3535	Дисперси	1167,317
	0,55	0,8	2,6	0,49			Экссесс	5,831614	Экссесс	-0,59241	Экссесс	0,405095	Экссесс	-0,36091
	1	1,8	1,5	1,69			Асимметр	-1,24897	Асимметр	0,108145	Асимметр	0,06855	Асимметр	0,005343
	0,47	0,3	3,6	1,15			Интервал	124	Интервал	43	Интервал	60	Интервал	159
	1,04	1,5	2,9	0,65			Минимум	11	Минимум	57	Минимум	90	Минимум	26
	1,87	0,8	1,7	1,12			Максимум	135	Максимум	100	Максимум	150	Максимум	185
	1,69	0,4	1,8	3,29			Сумма	9855	Сумма	7688	Сумма	12670	Сумма	8782
	0,8	0,7	2,1	0,34			Счет	100	Счет	100	Счет	100	Счет	76
	0,59	1,4	1,7	1,26			Наибольш	135	Наибольш	100	Наибольш	150	Наибольш	185
	0,54	1,3	1,4	1,34			Наименьш	11	Наименьш	57	Наименьш	90	Наименьш	26
	0,7	0,7	1,5	2,21			Уровень	3,40799	Уровень	1,901789	Уровень	2,212678	Уровень	7,807271
	0,79	1,2	1,1	1,63				0,174282	#ЗНАЧ!	0,124669	#ЗНАЧ!	0,088014	#ЗНАЧ!	0,295675
	0,44	1,3	2,2	0,3		діам		2039		2337		2347		2038
	0,75	1,4	3,2	0,32										
	0,54	0,5	1,5	2,48			Среднее	13,87	Среднее	14,23	Среднее	20,27	Среднее	12,34211
	1	1,2	2,3	0,16			Стандарт	0,881075	Стандарт	0,416783	Стандарт	0,728199	Стандарт	1,178921
	0,74	0,4	2,1	0,49			Медиана	10	Медиана	14	Медиана	20	Медиана	10
	1,57	0,5	3,3	0,45			Мода	6	Мода	18	Мода	25	Мода	10
	0,42	0,4	1,7	1,75			Стандарт	8,810754	Стандарт	4,16783	Стандарт	7,28199	Стандарт	10,27759
	0,37	0,9	1,7	3,43			Дисперси	77,62939	Дисперси	17,37081	Дисперси	53,02737	Дисперси	105,6289
	0,94	0,9	2,9	1,72			Экссесс	-0,89936	Экссесс	-0,52499	Экссесс	0,012243	Экссесс	-0,13079
	0,63	0,6	5,1	1,35			Асимметр	0,617406	Асимметр	0,251019	Асимметр	0,413754	Асимметр	0,557636
	1,54	0,8	2	0,7			Интервал	32	Интервал	17	Интервал	35	Интервал	43,7
	0,99	0,4	2,2	0,8			Минимум	3	Минимум	7	Минимум	5	Минимум	0,3
	0,55	0,5	2,7	0,35			Максимум	35	Максимум	24	Максимум	40	Максимум	44
	0,73	0,6	1,2	0,34			Сумма	1387	Сумма	1423	Сумма	2027	Сумма	938
	0,47	0,3	2,1	0,2			Счет	100	Счет	100	Счет	100	Счет	76
	1,6	0,6	1,2	4,78			Наибольш	35	Наибольш	24	Наибольш	40	Наибольш	44
	1	0,5	1,6	0,6			Наименьш	3	Наименьш	7	Наименьш	5	Наименьш	0,3
	0,33	0,6	2,1	1,35			Уровень	1,748245	Уровень	0,826988	Уровень	1,444905	Уровень	2,34853
	0,42	1,4	1,5	1,32				0,635238	#ЗНАЧ!	0,29289	#ЗНАЧ!	0,35925	#ЗНАЧ!	0,832726



а) б)

Рис. Л.13. Результати визначення морфологічних особливостей плодівих тіл штамів *F. velutipes* 2038, 2039, 2337: а) обчислення середніх та інших показників вибірок за 3 цикли плодоношення; б) порівняння маси плодівих тіл штамів *F. velutipes* 2038, 2039, 2337 за середніми в однофакторному досліді (ONE Way ANOVA) у надбудові QIMacros до MS Excel.



а) б)

**Рис. Л.14. Результати статистичного аналізу впливу складу рослинних компонентів на коефіцієнт виходу субстрату після інкубації *C. aegerita* 2231 (а) та на коефіцієнт виходу напівфабрикату після бланшування плодкових тіл (б) до Дослідю 12, розраховані у надбудові QIMacros до MS Excel (за 3 цикли з повтореннями)**



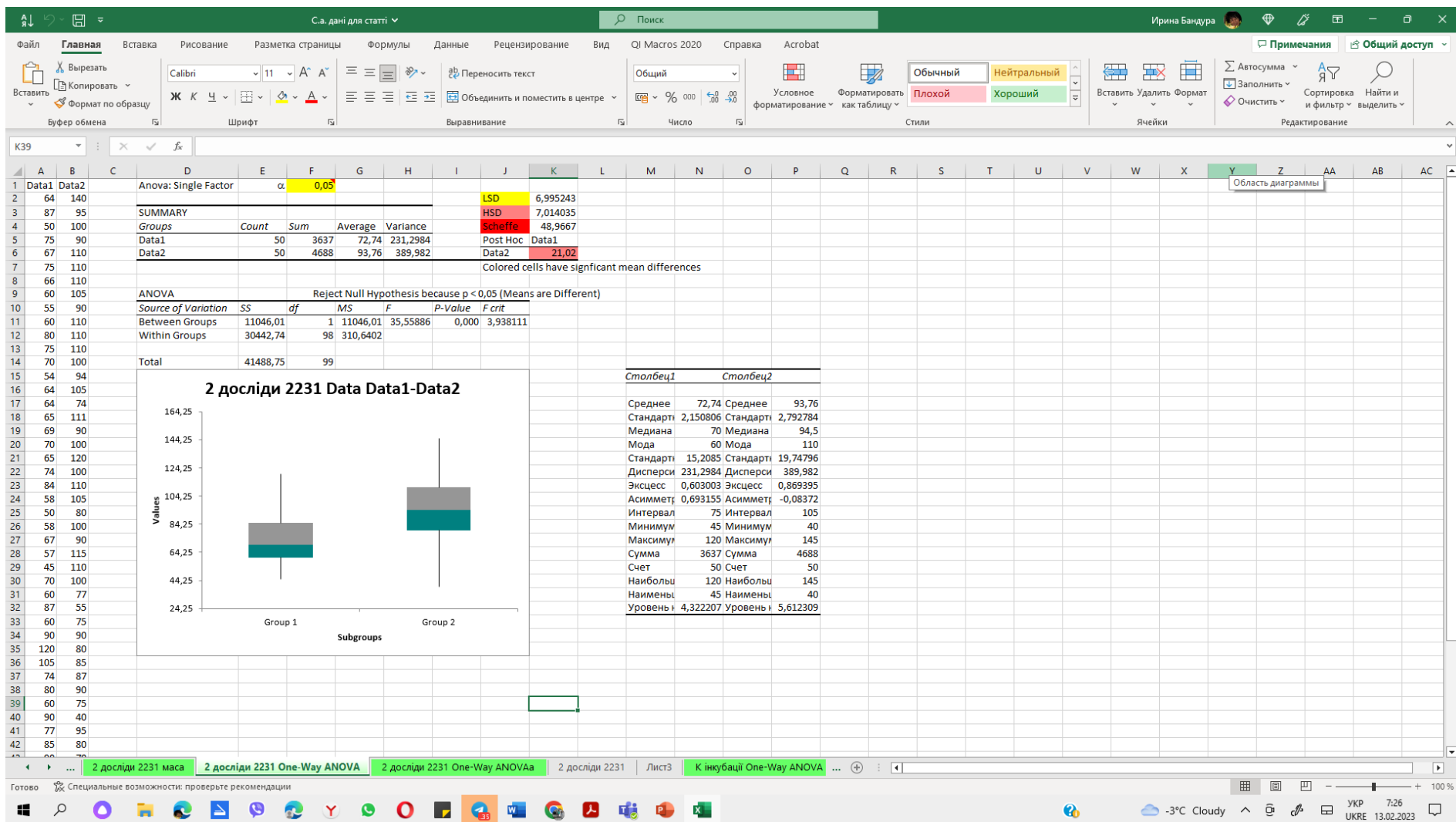


Рис. Л.14. Результати аналізу впливу техніки розкриття пакетів на біологічну ефективність *C. aegerita* 2231 у надбудові QIMacros до MS Excel (порівняння зведених середніх)

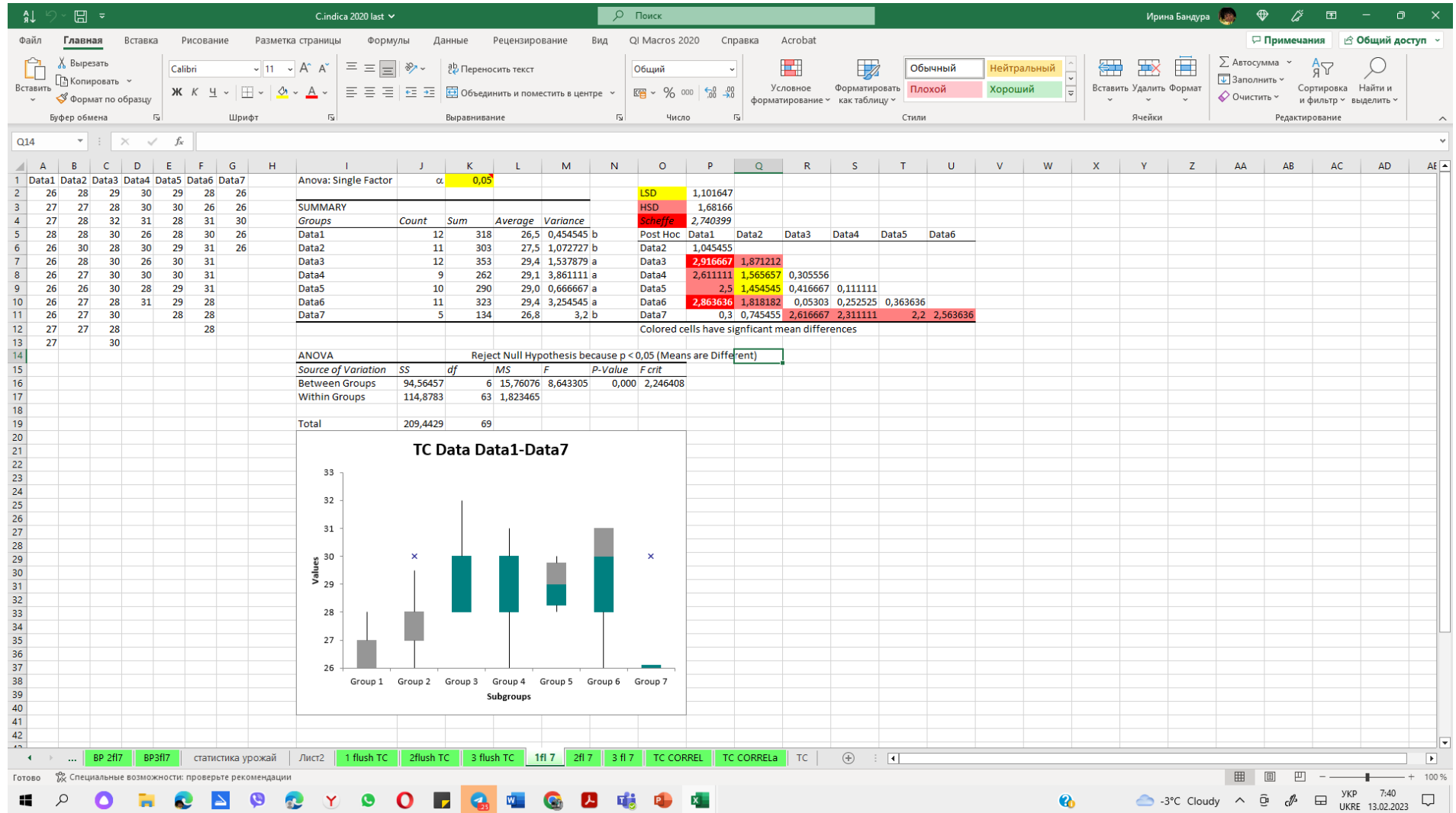
Agrostat		Однофакторний дослід закладений методом рендомізованих блоків														
Головне меню	Назва досліді:	БЭ для С.и														
Допомога																
Введіть в таблицю необхідну текстову й цифрову інформацію, кількість варіантів (ℓ) та повторень (п)		ℓ (кількість варіантів)	=	5	Одиниці виміру:	шт	Рік (роки):	2017-2019								
		п (кількість повторень)	=	3	Результати дисперсійного аналізу											
Номери варіантів (ℓ)	Назва (умовні позначення) варіантів	Повторення (п)						Сума V	Середнє	Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		t
		I	II	III	IV	V	VI							факт.	теор.	
1	пастер	0,634	0,449	0,721				1,80	0,60	Загальне	1,07	14	-	-	-	-
2	стер	0,9785	0,926	0,852				2,76	0,92	Повторень	0,02	2	-	-	-	-
3	1	0,9903	0,96	0,918				2,87	0,96	Варіантів	0,98	4	0,25	33,16	3,836	-
4	2	1,2348	1,207	1,176				3,62	1,21	Похибка	0,06	8	0,01	-	-	2,306
5	3	1,46	1,36	1,21				4,03	1,34	HIP <sub>05</sub> = t <sub>05</sub> · sd =		2,306	0,070	=	0,162	шт
6								0,00		Висновок: В досліді є істотні відмінності						

а)

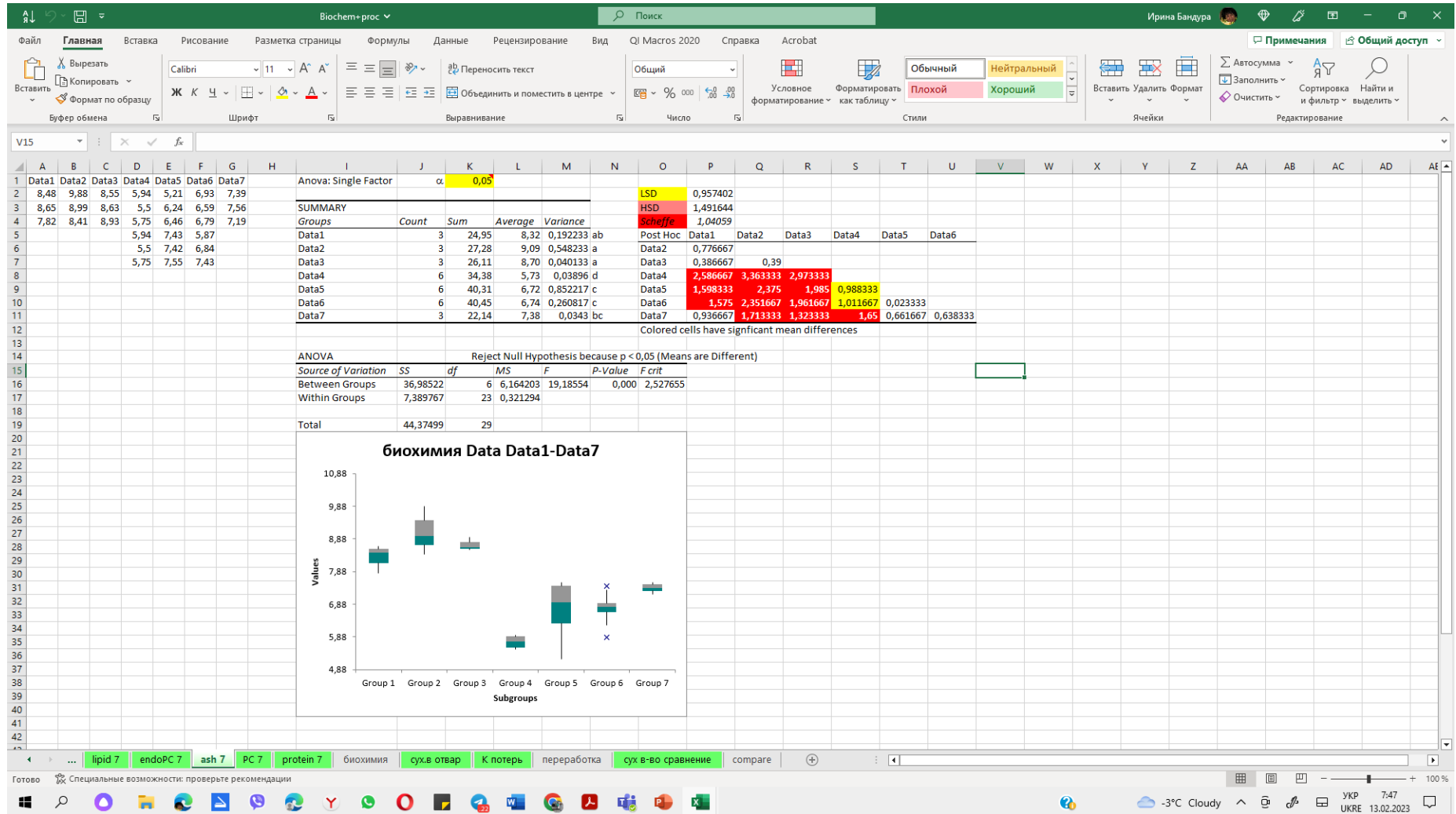
Agrostat		Двохфакторний дослід за ряд років																
Головне меню	Назва досліді:	биологическая эффективность по штаммам и годам																
Допомога																		
Введіть в таблицю необхідну текстову й цифрову інформацію, градацію факторів А і В, кількість років (к) та повторень (п)		a (градація фактору А)	=	3	Одиниці виміру:	%	Рік (роки):	3										
		b (градація фактору В)	=	3	Результати дисперсійного аналізу													
		к (кількість років досліджень)	=	3														
		п (кількість повторень)	=	6														
К-ть років досл. (к)	Фактори	Повторення (п)						Сума V	Середнє	Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		t		
		A	B	I	II	III	IV							V	VI		факт.	теор.
1	1	1	32,6318	57,8947	47,193	70,175	63,684	38,0702	309,66	51,61	Загальне	665,3471	181	-	-	-	-	
		2	84,0707	77,1458	77,148	65,574	77,146	50,5092	431,59	71,93	Повторень	607,1732	17	-	-	-	-	
		3	53,1208	59,0549	53,121	59,055	73,238	59,0549	356,64	59,44	Фактор А	328,1874	6	54,695	2,75	2,403	-	
		4							0,00	0,00	Похибка I (C <sub>д</sub> )	587,7167	30	19,594	-	-	-	2,042
		5							0,00	0,00	Фактор В	965,1716	6	164,195	7,73	3,201	-	
		6							0,00	0,00	Взаємодія АВ	2624,1771	12	168,681	7,94	3,143	-	
		7							0,00	0,00	Похибка II (C <sub>д</sub> )	1912,9405	90	21,255	-	-	-	1,987
Сума A <sub>1</sub>		0,51	0,52	0,53	0,54	0,56	0,57	#####	60,99									
2	2	1	38,8421	83,8596	77,193	83,88	39,649	38,8421	358,25	59,71	Factor B Year							
		2	62,3214	96,6113	88,054	79,992	61,927	61,927	430,53	71,81								
		3	50,9108	37,23	22,965	22,965	22,965	16,8862	173,90	28,98								
		4							0,00	0,00								
		5							0,00	0,00								
		6							0,00	0,00								
		7							0,00	0,00								
Сума A <sub>2</sub>		0,58	0,59	0,59	0,60	0,62	0,69	962,98	53,50									
3	3	1	38,1933	38,3007	38,193	51,48	38,193	27,7797	224,14	37,36								
		2	60,159	46,3394	55,322	60,159	48,151	48,1509	318,28	53,05								
		3	23,4964	73,7335	90,804	54,371	73,733	58,1523	374,29	62,38								
		4							0,00	0,00								
		5							0,00	0,00								
		6							0,00	0,00								
		7							0,00	0,00								
Сума A <sub>3</sub>		119,85	156,37	182,32	166,01	158,08	134,08	916,71	50,93									
4	4	1							0,00	0,00	Ефективності дії і взаємодії факторів							
		2							0,00	0,00								
		3							0,00	0,00								
		4							0,00	0,00								
		5							0,00	0,00								
		6							0,00	0,00								
		7							0,00	0,00								
Сума A <sub>4</sub>		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00									
5	5	1							0,00	0,00								
		2							0,00	0,00								
		3							0,00	0,00								
		4							0,00	0,00								
		5							0,00	0,00								
		6							0,00	0,00								
		7							0,00	0,00								
Сума A <sub>5</sub>		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00									
6	6	1							0,00	0,00								
		2							0,00	0,00								
		3							0,00	0,00								
		4							0,00	0,00								

б)

Рис. Л.15. Статистичний аналіз впливу складу субстратів та методу термічної обробки рослинної сировини на технічні показники культивування *C. indica* (а) та різних мікрокліматичних умов на біологічну ефективність культивуару розраховані в програмі Agrostat.



**Рис. Л.16. Статистичне порівняння термінів початку плодоношення *C. indica* за різної висоти покривного ґрунту та застосування техніки скретчингу (відповідно до варіантів Дослідження 17) у надбудові QIMacros до MS Excel.**



**Рис. Л.17. Статистичний аналіз середніх вмісту золи у плодівих тілах *C. indica*, отриманих за різної висоти покривного ґрунту та застосування техніки скретчингу (відповідно до варіантів Дослід 17) у надбудові QIMacros до MS Excel**

Додаток Л

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

*Статті у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних*

*Web of Science Core Collection, Scopus*

1. Myronycheva O., **Bandura I.**, Bisko N., Gryganskyi A., Karlsson  
Assessment of the growth and fruiting of 19 oyster mushroom strains for indoor cultivation on lignocellulosic wastes. *BioResources*. 2017. Vol.2, №3. С.4606–4626. Retrieved from <https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/10469> (40 % авторства: розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів, підготовка до публікації).
2. **Bandura, I.**, Isikhuemhen, O.S., Kulik, A., Serduk, M., Sucharenko, O., Jukova, V., Koliadenko, V., & Gaprindashvili, N. (2021) Effect of perforation size and substrate bag fruiting position on the morphology of fruiting bodies and clusters in *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. *J App Biol Biotech.*, Vol.9, №3. С.35–40. doi:<https://doi.org/10.7324/JABB.2021.9305> (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів, підготовка до публікації).
3. **Bandura I.**, Isikhuemhen O.S., Kulik A., Bisko N.A., Serdyuk M., Khareba V., Khareba O., Ivanova I., Priss O., Tsyz O., Makohon S., Chausov S. Biology and nutritional contents in the culinary-medicinal Milky white mushroom, *Calocybe indica* (*Agaricomycetes*), during cultivation involving casing and scratching treatments. *Int J Med Mushrooms*. 2021. Vol. 23, №12. С.53–63. <https://doi.org/10.1615/intjmedmushrooms.2021040535>. (60 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів, підготовка до публікації).

4. **Bandura I.**, Isikhuemhen O.S., Kulik A., Bisko N., Serduik M., Khareba V., Khareba O., Ivanova I., Tsyz O., Makohon S., Chausov S. Mushroom fruiting body yield and morphological characteristics from different strains of *Pleurotus eryngii*. *J Appl Biol Biotech*. 2022. Vol.10, №01. С.1–8. <https://doi.org/10.7324/JABB.2021.100101> (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів, підготовка до публікації).

5. **Bandura I.**, Isikhuemhen O., Kulyk A., Bisko N., Serdyuk M., Khareba V., Khareba O., Ivanova I., Tsyz O., Makohon S., Chausov S. Effect of different grain spawn materials on *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. mushroom cultivation under unregulated and regulated fruiting conditions. *Acta Agriculturae Slovenica*. 2022. Vol.118, №1. С.1–13. <http://dx.doi.org/10.14720/aas.2022.118.1.1862>. (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів, підготовка до публікації).

**Статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових  
України**

6. **Bandura I.**, Kulyk A., Baibierova S., Zhukova V., Sukharenko, O. Оцінка впливу технік культивування на зміну морфологічних ознак зростків плодових тіл *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. *Науковий журнал «Рослинництво та ґрунтознавство»*. 2019. №0 (286), С.283–293. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/article/view/10872/9516> (80 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

7. **Бандура І.І.** Кулик А.С., Макогон С.В., Синяговський С.С. Дослідження особливостей інтродукції продуктивних штамів екзотичних грибів *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini та *Pleurotus eryngii* (DC.) Quél. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. №8(2). С.1–11. <http://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/116/113> (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення

експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

8. Кулик А.С., **Бандура І.І.**, Сердюк М.Є., Севастьянович О.С., Булгаков І.В., Гапріндашвілі Н.А. Розробка рецептури м'ясних консервів з грибами. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. №9(1) С.1–9. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2019-1-60> (25 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень).

9. **Бандура І.І.**, Кулик А.С., Гапріндашвілі Н.А., Макогон С.В. Аналіз морфологічних характеристик гливи легеневої штаму *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quéf. 2314 ІВК як складових якості грибною сировини. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. №19 (3), С.241–250 (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

10. Кулик А.С., **Бандура І.І.**, Булгаков І.В., Макогон С.В., Загорко Н. П. Розробка рецептури пресервів на основі бичка азовського та гливи звичайної. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Технічні науки. 2019. №19(3). С.251–261. (30 % авторства: загальний задум, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

11. **Бандура І.І.**, Кулик А.С., Коляденко В.В. Ксилотрофні гриби як джерело біоактивних речовин для функціонального харчування. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету ім. Д. Моторного*. ТДАТУ. Мелітополь. 2020. № 20 (2). С.132–140. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-20-2-132-141> (80 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

12. Бандура И.И. Перспективы интродукции тропического гриба *Calocybe indica* Purkau. & A. Chandra в украинское грибопроизводство. *Збірник наукових*

праць Уманського НУС. 2020. №96 (1). С. 319–342, <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2020-96-1-319-342>.

13. **Бандура І.І.**, Кулик А.С., Чаусов С.В., Цизь А.М. Влияние состава растительных субстратов на эффективность культивирования съедобных грибов *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.), *Pleurotus eryngii* (DC.) Quel., *Pleurotus citrinopileatus* Singer и *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. №3(107). С. 62–70. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3\(107\)-8](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3(107)-8) (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

14. **Бандура І.І.**, Бісько Н.А., Кулик А.С. Цизь О.М., Чаусов С.В., Василенко О.Ю., Гончаров С.М. Технологічні засади впровадження опенька зимового *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer у промислову культуру. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. №05(87). С.1–17. <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.05.004>. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

15. **Бандура І.І.**, Кулик А.С., Хареба Е.В., Хареба В.В., Ковтунюк З.І. Факторы повышения эффективности технологии выращивания и переработки грибов рода вешенка *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. *Овочівництво і багтанництво*. 2021. №69. С.63–78. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2021-69-63-78> (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

16. **Bandura I.I.**, Kulyk A.S., Makohon, S.V., Khareba O.V., Khareba V.V. Influence of the substrate composition on the yield and nutritional value of the fruiting bodies of the edible mushrooms *Pleurotus citrinopileatus* and *Cyclocybe aegerita*. *Plant Varieties Studying and Protection*, 2021. №17(2), С.130–138. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236519> (50 % авторства: загальний



задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

17. **Bandura I.I., Kulyk A.S., Bisko N.A., Khareba O.V., Tsyz O.M., Khareba V.V.** Analysis of the biological efficiency and quality factors of mushrooms of the genus *Pleurotus* (Fr.) P.Kumm as a model of effective cultivation of lignicolous fungi with high functional value. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. №16(4) С.334–342. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.4.2020.224047> (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

18. **Бандура І.І., Кулик А.С., Хареба О.В., Хареба В.В., Цизь О.М., Чаусов С.В., Макогон С.В.** Вплив складу субстратів на морфологічні та біохімічні показники *Pleurotus citrinopileatus* Singer. *Вісник аграрної науки*. 2021. №99(2). С.11–18. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202102-02> (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

19. **Бандура І.І., Кулик А.С., Хареба О.В., Хареба В.В., Ковтунюк З.І., Макогон С.В.** Якісні характеристики гриба *Cyclocybe aegerita* штамів 2229, 2230, 2231 ІВК за умов промислового культивування. *Науковий журнал «Рослинництво та ґрунтознавство»*. 2021. №12(3). С.85–99. <http://dx.doi.org/10.31548/agr2021.03.085> (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

20. **Бандура І.І., Кулик А.С., Хареба О.В., Хареба В.В., Цизь О.М.** Оцінка мікробіоти приміщень під час культивування гливи як фактор впливу на формування якості урожаю. *Овочівництво і багтанництво*. 2021. №70. С. 6–15. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2021-70-6-15> (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

**Статті у наукових періодичних виданнях інших держав з напрямку, з якого підготовлено дисертацію**

21. **Bandura I.**, Myronycheva E., Kyurcheva L Selection of the *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quel strains which are resistant to high temperatures of cultivation. *Sci Agric.*. 2014. №2. С.56–59. (30 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів).

22. **Bandura I.**, Myronycheva O., Karlsson O. Assessment of raw plant material and substrate for efficient production of Oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.). *Ochrana Drevín a Dreva 2016 : Zborník Recenzovaných Vedeckých Prác a Abstraktov*, 2016. С.27–33. Retrieved from <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-63206> (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

**Статті в інших виданнях, які додатково відображають наукові результати дисертації**

23. Пріс О.П., Жукова В.Ф. Бандура І.І. Мікробіологічні хвороби плодових овочів під час зберігання. *Продовольча індустрія АПК*. 2015. №5. С.35–38 (30% авторства: проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

24. Бандура І.І. Грибоводство заменит тихую охоту. *Агроіндустрія*. 2018. №4. С.12–16.

25. Бандура І.І. Экзотические грибы в Украине. Анализ рынка. *Каталог Дні українського грибівництва*. IV Міжнародна виставка-конференція, Київ, Україна, 20-21 жовтня 2021 р. С.17–20.

**Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації**

**Монографії, книги, навчальні посібники**

26. Хареба О.В., Улянич О.І., Хареба В.В., Ковтунюк З.І., **Бандура І.І.**, Воробйова Н.В., Цизь О.М., Яценко В.В. Малопоширені овочеві рослини та гриби: навчальний посібник. 2-е вид. допов. і перероб., Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2021. 256 с. (20% авторства: систематизація наукової інформації,

узагальнення та статистичний аналіз власних результатів, підготовка до публікації).

27. **Бандура І.І.**, Бісько Н.А., Хареба В.В., Куц О.В., Хареба О.В., Цизь О.М., Кулик А.С. Методика наукових досліджень у грибівництві. За ред. докт. с.-г. наук, проф., академіка НААН України Хареби В.В. Інститут овочівництва і баштанництва НААН. Київ, 2022. 128 с. (50% авторства: аналіз та систематизація наукової та методичної інформації, візуальний супровід, підготовка до публікації).

**Отримання українських охоронних документів на об'єкти інтелектуальної власності:**

28. Пат. 160350 на сорт рослин ІВК 2314 *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. «Глива легенева». Бісько Н.А., Мироничева О.С., **Бандура І.І.** Заявка № 13627001 Назва сорту: ІВК 2314 Заявник і власник Таврійський державний агротехнологічний університет. заявл.: 17.10.2013, опубл. 17.06.2016. Патент № 160350. (40 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

29. Свідоцтво №160829 про державну реєстрацію сорту рослин ІВК 2314 *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. «Глива легенева». Бісько Н.А., Мироничева О. С., **Бандура І.І.** Дата державної реєстрації майнового права інтелектуальної власності на поширення: 25.04.2016. (40 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

30. Пат № UA 127654 U. Україна, МПК51, А23В 7/16, А01F 25/14, В65В 25/02. Спосіб підготовки грибів роду Глива - *Pleurotus* (Fr.)Р.Kumm до зберігання. **Бандура І.І.**, Кулік А.С., Чаусов С.В., Прісс О.П.. Заявник і власник Таврійський державний агротехнологічний університет: №u201803761, заявл.: 06.04.2018, опубл.10.08.2018; Бюл. №15. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

31. Свідоцтво №171270 про реєстрацію сорту рослин ІВК 2301 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm «Глива звичайна». Бісько Н.А., Мироничева О.С., **Бандура І.І.** Дата державної реєстрації майнового права інтелектуальної власності на поширення: 12.10.17р. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

32. Пат № UA 149075 U МПК51 А01G 18/20 (2018.01) Спосіб отримання зернового міцелію грибів. **Бандура І.І.**, Севастьянович В.М., Кулік А.С., Макогон С.В., Чаусов С.В., Єременко О.А.: Заявник і власник Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного: № у 2021 02929: заявл. 01.06.2021, опубл.13.10.2021; Бюл. №41. (40 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

33. Пат № 149076 U МПК51, А23В 7/14 (2006.01). Спосіб вирощування дереворуйнівних грибів. **Бандура І.І.**, Кулік А.С., Чаусов С.В., Макогон С.В. Заявник і власник Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного: № у 2021 02930, заявл. 01.06.2021, опубл.13.10.2021; Бюл. №41 (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

#### ***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації***

34. Бандура И.И. Анализ технологических показателей зерновых смесей для изготовления посевного зернового мицелия. *«Инновационные подходы и технологии для повышения эффективности производств в условиях глобальной конкуренции»* международная научно-практическая конф-я, посв. памяти член-корр-а КазАСХН, д.т.н., профессора Тулеуова Елемеса Тулеувича. 01 марта 2016 г., Семей: Государственный университет имени Шакарима. 2016. №2. С.339–341

35. Шаховський П. **Бандура І.І.** Зміни якісних показників плодових тіл гливи легеневої *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. в процесі переробки за різних термінів температурного впливу. III Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція студентів та магістрантів за підсумками наукових досліджень 2015

«Інноваційні агротехнології».Мелітополь, ТДАТУ. 2016. С.25–27. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

36. Бісько Н.А., **Бандура І.І.** Вплив добрива Аватар (комплекс наночитратів мікроелементів) на продуктивність та якість печериць та гливи. *Modern methodologies, innovations, and operational experience in the field of biological sciences*, Lublin, Republic of Poland, Dec 27-28, 2017. С.92–94 (50 % авторства: узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).

37. **Bandura I.**, Isikhuemhen O.S. Pretreatment of the wheat straw and solid state fermentation improves yield and biological efficiency in *Pleurotus ostreatus* (Jucq.) P. Kumm mushroom production *The 9th International medicinal mushroom conference*, Book of abstract, Palermo, Italy Sep 24-28. 2017. тези доповіді. С. 41–43. (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

38. **Бандура І.І.**, Кулик А.С., Байберова С.С. Сучасні способи зберігання грибів. *Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва*, 24-25 травня 2017 р., м. Умань, Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції, Умань, Видавець «Сочінський М. М.», 2017. С 134–135. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).

39. **Бандура І.І.**, Кулик А.С., Каліцинський С.С, Сербова І.О. Особливості зберігання грибів родини глива. *Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: друга міжнародна науково-практична конференція*, 5–7 вересня 2017 р.. Харків, ХДУХТ. 2017. С.213–214. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів)

40. Кулик А.С., **Бандура І.І.**, Кльонова А.О. Новий спосіб підготовки грибів роду глива *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. до зберігання. Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Сучасні

*тенденції розвитку харчових технологій в умовах європейської інтеграції», 16 травня 2018 року, м. Київ. 2018. С.38–39. (30 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів, підготовка до публікації).*

41. **Бандура І.І.,** Кулик А.С., Байберова С.С. Економічна ефективність зберігання грибів гливи звичайної. *Сучасні підходи до післязбиральних технологій та маркетингу плодоовочевої продукції: матеріали Міжнародної студентської науково-практичної конференції, м. Мелітополь, 2018 р. 2018. С.30 (40 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів, підготовка до публікації).*

42. **Бандура І.І.,** Кулик А.С., Макогон С.В., Сокот О.Є. Перспективи використання грибної сировини для підвищення біологічної цінності продуктів харчування. *Інноваційні технології та актуальні питання післязбиральної доробки плодоовочевої продукції як важіль підвищення економічної ефективності, 14-15 березня 2019 р., м. Херсон, Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції, Херсон: Видавничий дім «Гельветика».2019. С.14–17 (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).*

43. **Бандура І.І.,** Сокот О.Є., Кулик А.С. Використання грибних полісахаридів у технології страв функціонального призначення. *Сучасні підходи до післязбиральних технологій та маркетингу плодоовочевої продукції, 28-29 травня 2019 року, м. Мелітополь, Міжвузівська студентська науково-практична конференція, Видавничополіграфічний центр «Lux». 2019. С.57–59 (80 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).*

44. **Бандура І.І.,** Кулик А.С., Макогон С.В., Орлова Т.Ю., Севастьянович О.С. Перспективи використання грибної сировини для підвищення біологічної цінності продуктів харчування. *Сучасні підходи до післязбиральних технологій та маркетингу плодоовочевої продукції. 28–29 травня 2019 року,*

м. Мелітополь, Міжвузівська студентська науково-практична конференція, Видавничо-поліграфічний центр «Лух». 2019. С.51–56. (60 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).

45. Кулик А.С., Загорко Н.П., **Бандура І.І.**, Булгаков І.В. Сучасні продукти функціонального призначення з додаванням рослинної сировини. *Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності*: третя Міжнародна науково-практична конференція, Харків, Мелітополь, Кирилівка, 4–6 вересня 2019 р., тези доповідей, 2019. С.207–209. (20 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів,).

46. **Bandura I.**, Isikhuemhen O.S., Kuli A.S. 2019. Fruiting position and length of incisions on substrate bags affect fruit body yield and cluster characteristics in *Pleurotus ostreatus*. *Abstract of the 10th International medicinal mushroom conference :IMMC-10* (Nantong, China, September 19–22, 2019., тези доповіді С.97–98 (80 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).

47. **Бандура І.І.**, Кулик А.С., Макогон С.В. Особливості інтродукції лікарських ксилотрофних грибів в промислову культуру. Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій: матеріали восьмої Міжнародної науково–практичної конференції. 29–30 червня 2020 р., м. Полтава. РВВ ПДАА. 2020. С.262 <http://doi.org/10.5281/zenodo.4054586> С.15-17 (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).

48. **Бандура І.І.**, Кулик А.С., Isikhuemhen O.S. Оцінка мікробіоти рослинних субстратів для промислового культивування їстівних грибів. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*: міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 24 листопада 2020 р., матеріали конференції під заг. ред. В.М. Кюрчева, Мелітополь: ТДАТУ. 2020. С.188–191. (80 % авторства: загальний задум, розроблення методології

*досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).*

49. **Бандура І.І.**, Кулик А.С., Вакасова К.А, Сокот О.Е. Основи ефективної технології вирощування та зберігання поживної цінності грибів родів *Pleurotus*, *Cyclocybe* та *Calocybe*. Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання плодоовочевої продукції: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 18 листопада 2020 р.. Миколаїв: МНАУ, 2020. С.121–123. (30 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів).

50. Сокот О.Є., **Бандура І.І.**, Кулик А.С. Зміна вмісту ендополісахаридів в плодових тілах грибів роду *Глива* під час зберігання та після термічної обробки. Матеріали I Міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С.83–84. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів, підготовка до публікації).

51. Бандура І.І. Аналіз особливостей ринка екзотических грибів в Україні. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*, Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 24 листопада 2020 р., матеріали конференції під заг. ред. В.М. Кюрчева., Мелітополь, ТДАТУ. 2020. С.206–208.

52. **Бандура І.І.**, Кулик А.С.. Особливості виготовлення напівфабрикатів з плодових тіл *Гливи золотої* та *опенька тополевого*. Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, 22 квітня 2021 р. *Актуальні питання виробництва плодоовочевої продукції та винограду*. ТДАТУ. 2021. С.136–139 (80 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).



53. **Бандура І.І.**, Кулик А.С. Органолептичний аналіз грибів роду Глива (*Pleurotus* (Fr.) P. Kumm) як моделі ефективного культивування ксилотрофів з високою функціональною цінністю. *Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якості і безпечності харчових продуктів*, збірник наукових праць міжнар. наук.-практ. конф., 13-14 травня 2021 р., м. Житомир, Поліський національний університет. 2021. С.30–33. (60 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).

54. **Bandura I.**, Kulik A.. Effect of casing and scratching treatments on nutritional contents in cultivated *Calocybe indica*. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*: друга міжнародна науково-практична інтернетконференція, 23 листопада 2021 р., матеріали конференції під заг. ред. В.М. Кюрчева, Мелітополь, ТДАТУ. 2021. С.152–154 (80 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).

55. **Бандура І.І.**, Кулик А.С. Особливості застосування рослинної олії як фактору ефективності вирощування *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*: друга міжнародна науково-практична інтернетконференція, 23 листопада 2021 р., матеріали конференції під заг. ред. В.М. Кюрчева, Мелітополь, ТДАТУ. 2021. С.79–81 (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).

56. Бандура І.І. Мікроскопія поверхні плодових тіл у системі формування якості грибів роду глива. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*: друга міжнародна науково-практична інтернетконференція, 23 листопада 2021 р., матеріали конференції під заг. ред. В.М. Кюрчева, Мелітополь, ТДАТУ. 2021. С.139–141.

57. **Бандура І.І.,** Кулик А.С. Аналіз мікробіоти камер вирощування гливи як фактора формування якості плодових тіл. *Інноваційні розробки молоді в сучасному овочівництві: Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції, 06 жовтня 2021 р., сел. Селекційне Харківської обл., Інститут овочівництва і баштанництва НААН, Вінниця, ТОВ «ТВОРИ».* 2021. С.6–7 (70 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, узагальнення результатів та статистична обробка даних, підготовка до публікації).

58. **Бандура І.І.,** Кулик А.С. Використання нетрадиційної сировини у складі м'ясних тефтелей у закладах ресторанного господарства. *Сучасні тенденції розвитку індустрії гостинності. II Міжнародна. науково-практична конференція. 7–8 жовтня 2021 року. Львів. 2021. С.120–122. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів).*

Bandura I, Isikhuemhen O.S., Kulyk A., Bisko N., Makohon S. Microbiota in mushroom fruiting houses and the effect of isolated organisms on *P. ostreatus* mycelia growth and development in vitro *Abstract of the 11th International medicinal mushroom conference: IMMC-11. Belgrad, Serbia.2022. тези доповіді С.69. (50 % авторства: загальний задум, розроблення методології досліджень, проведення експериментальних досліджень, узагальнення та статистичний аналіз результатів, підготовка до публікації)*