

АНОТАЦІЯ

Власенко К. М. Біотехнологічні засади підвищення інтенсивності аромату грибів роду *Pleurotus* у процесі їх твердофазного культивування. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 162 Біотехнології та біоінженерія (галузь знань 16 Хімічна та біоінженерія). – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2020.

Дисертація присвячена оптимізації біотехнологічного процесу твердофазного культивування їстівних грибів *Pleurotus ostreatus* (Jack.) P. Kumm. на відходах сільського господарства щодо поліпшення ароматичних властивостей плодових тіл шляхом внесення добавок різного хімічного складу до субстратів.

Гриби здавна використовуються людиною як продукти харчування і однією з основних характеристик якості грибів є унікальний та витончений аромат.

Дослідники звертають увагу саме на проблему зниження запашних властивостей плодових тіл грибів при інтенсивному культивуванні у порівнянні з дикорослими грибами і грибами, що культивовані екстенсивним методом.

Запашні сполуки, які містяться у грибах, досліджувалися багатьма вченими у різних видах грибів і ідентифіковано близько 200 різноманітних ароматутворюючих компонентів, які належать до різних хімічних класів. Ключовими серед них є леткі C_8 сполуки, які налічують 44,3-97,6 % від загальної фракції летких речовин у грибах. Основні з них це: 1-октанол, 3-октанол, 3-октанон, 1-октен-3-ол, 2-октен-1-ол, 1-октен-3-он. Також характерних нот аромату грибам додають сполуки ізопреної природи (лімонен, цедрол, аромадендрен та ін.) та сульфурвмісні сполуки (диметилдисульфід, диметилтрисульфід, лентіонін, 1,2,4-трیتیолан та ін.). Вважають, що леткі запашні сполуки грибів відіграють важливу роль у привабленні комах для

процесу розповсюдження спор грибів, а також захисті міцелію та плодових тіл від шкідників.

Для дослідження аромату під час проведення наукової роботи було адаптовано методику сенсорного профільного аналізу для визначення запаху грибів, що дозволило без застосування складних інструментальних методів аналізу визначити вплив окремих факторів процесу культивування на інтенсивність характерних нот запаху грибів *Pl. ostreatus*.

Удосконалено метод екстракції ароматутворюючих сполук за допомогою органічних розчинників (зокрема, гексану) з плодових тіл грибів, встановлений оптимальний час екстракції (30 хвилин) та гідромодуль (1:100) процесу екстракції, які забезпечують найбільш повний вихід запашних речовин.

Методом спектрофотометрії отриманий специфічний спектр поглинання, характерний всім дослідженим штамам *Pl. ostreatus*, який мав максимуми світлопоглинання при 200-210 нм (відповідає ненасиченим аліфатичним спиртам) та на ділянці 250-290 нм (відповідає альдегідам і кетонам).

Під час дослідження вперше проводився скринінг найбільш поширених промислових штамів *Pl. ostreatus* щодо встановлення їх профілю аромату та визначення запашних властивостей плодових тіл: ІВК-549, ІВК-550, ІВК-551, ІВК-1535, ІВК-1543 та ІВК-2275. Визначено, що найвищу інтенсивність грибної складової запаху мали штами ІВК-1535 та ІВК-1543, що підтверджено даними спектрофотометричного аналізу, адже екстракти з плодових тіл цих штамів мали найбільшу оптичну густину в ультрафіолетовому діапазоні. Тобто, серед всіх досліджених штамів *Pl. ostreatus* саме ІВК-1535 та ІВК-1543 характеризувалися найвищим вмістом запашних сполук в екстрактах плодових тіл. Найнижчою сукупною інтенсивністю складових аромату за даними сенсорного аналізу, а також найменшою оптичною густиною, як показав метод спектрофотометрії, серед всіх досліджених штамів характеризувався штам ІВК-550. А штами ІВК-549, ІВК-551 та ІВК-2275 охарактеризовані як ті, що мали середню інтенсивність аромату серед досліджених штамів *Pl. ostreatus*.

Показано, що субстрат безпосередньо впливає на запашні властивості плодових тіл досліджених штамів *Pl. ostreatus*. При їх культивуванні на різних відходах сільського господарства та деревопереробної промисловості (соняшникове лушпиння, солома ячменю, тирса листяних порід дерев, відходи від переробки насіння кукурудзи) найвища інтенсивність грибних та м'ясних нот запаху була відмічена у плодових тілах штамів ІВК-549 та ІВК-551, вирощених на кукурудзяних відходах, а для штаму ІВК-1535 – на тирсі. За допомогою методу спектрофотометрії визначено, що екстракти плодових тіл штамів ІВК-549 та ІВК-1535, культивовані на відходах кукурудзи, а також екстракти штаму ІВК-551 – на соняшковому лушпинні, мали у 1,2-2,0 рази вищу оптичну густину порівняно з грибами, отриманими на інших субстратах.

Вперше досліджено вплив добавок різної хімічної природи до субстратів на інтенсивність аромату грибів у процесі їх твердофазного культивування. Як добавки використовували сполуки, які потенційно здатні впливати на формування профілю аромату грибів, є можливими попередниками біосинтезу запашних речовин, входять до складу ферментів метаболічних шляхів або можуть мати опосередкований вплив на їх функціонування. Також добавки обирали з огляду на їх доступність, невисоку вартість, потенційну токсичність для грибів та людини.

Мінеральні добавки використовували у вигляді водних розчинів солей Са, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Se, а також застосовували комплексну мінеральну добавку «Кемира люкс» та органо-мінеральне мікродобриво «Аватар-1». Концентрації мінеральних добавок обирали з урахуванням даних літературних джерел, потреб *Pl. ostreatus* в них та їх потенційної токсичності.

У результаті сенсорного профільного аналізу запаху встановлено, що при культивуванні на соняшковому лушпинні зростала інтенсивність грибних та м'ясних нот запаху у 1,2-1,7 рази на субстраті з добавками кальцію (концентрація 10^{-3} %) та селену (10^{-5} %) (штами ІВК-549, ІВК-1535), феруму (10^{-3} - 10^{-4} %) (штами ІВК-551, ІВК-1535), а при вирощуванні на соломі ячменю – з добавками кальцію (10^{-2} %) та комплексного мінерального добрива «Кемира люкс» (10^{-2} %)

(штам ІВК-549); селену (10^{-6} %) та органо-мінерального добрива «Аватар-1» (10^{-2} %) (штам ІВК-551); феруму (10^{-2} та 10^{-3} %) та селену (10^{-6} %) (штам ІВК-1535). Методом спектрофотометрії визначено, що додавання солей феруму та селену до субстратів при культивуванні сприяло збільшенню оптичної густини грибних екстрактів усіх досліджених штамів, що підтверджує вищий вміст запашних речовин.

Як основні попередники біосинтезу запашних сполук грибів ліпідної природи до субстратів додавали рослинні олії (соняшникову, кукурудзяну). Для всіх досліджених штамів відмічено підвищення інтенсивності грибних, м'ясних та трав'янистих нот запаху у плодових тіл у 1,2-1,8 раза на субстратах з додаванням рослинних олій у концентрації 1 та 5 %. Також виявлено збільшення оптичної густини гексанових грибних екстрактів у варіантах із внесенням рослинних олій у концентрації 1 % у 1,2-1,6 раза у порівнянні з контролем.

При проведенні досліджень використовували натуральні комплексні добавки: кукурудзяне лушпиння, кору дуба, тирсу листяних порід дерев, солод житній сухий ферментований, соєве борошно, пшеничні висівки, молочну сироватку, дріжджовий екстракт та «Органічну біодобавку для грибів роду Глива» (ООО «Экоцентр»). За результатами сенсорного аналізу встановлено, що найбільший позитивний вплив на інтенсивність аромату штамів *Pl. ostreatus* мали солод житній (концентрація 1 та 5 %), соєве борошно (1 та 5 %), дріжджовий екстракт (10^{-2} та 10^{-3} %), молочна сироватка (5 %) та «Органічна біодобавка для грибів» (1,25 %). При використанні зазначених добавок оптична густина грибних екстрактів в ультрафіолетовому діапазоні при спектрофотометричному аналізі підвищувалась у 1,2-1,7 раза, що говорить про вищий вміст летких сполук у грибах.

Протягом експерименту визначали культурально-морфологічні ознаки росту міцелію і плодових тіл грибів. Виявлено, що використання досліджених добавок до субстратів при культивуванні штамів *Pl. ostreatus*, сприяло підвищенню швидкості заростання субстрату міцелієм, утворенню примордіїв та плодових тіл на 2-3 доби, збільшенню кількості грибних зростків у 1,4-2,0 рази

та виходу плодових тіл за субстратом в 1,3-2,1 раза. Таким чином, вони можуть бути рекомендовані для промислового використання не лише для покращення запашних властивостей грибної продукції, а й для прискорення росту та підвищення продуктивності грибних культур.

Досліджували вплив температури культивування на культурально-морфологічні параметри росту та інтенсивність запаху грибів *Pl. ostreatus* у процесі твердофазного культивування. Визначено, що температура 15-16 °С є оптимальною не тільки для процесу плодоношення, а і для прояву характерних атрибутів аромату.

Встановлено, що профіль та інтенсивність аромату зразків досліджуваних штамів *Pl. ostreatus* суттєво не відрізнялися на різних етапах плодоношення грибів. Спостерігалось незначне зниження запашних якостей грибів з кожною наступною хвилиною плодоношення, що, ймовірно, обумовлене вичерпанням необхідних поживних речовин субстратів.

Оптимізовано технологію твердофазного культивування *Pl. ostreatus*, у якій на стадії підготовки субстрату до його складу вносяться добавки, що сприяють підвищенню інтенсивності аромату плодових тіл грибів. В апаратурному оснащенні при вдосконаленні технології твердофазного культивування *Pl. ostreatus* запропоновано використання вагового дозатору з наддозаторними ємностями для зважування необхідної кількості добавок.

Дисертаційна робота має виражене практичне значення. Одержані дані покладені в основу розробки практичних рекомендацій щодо застосування різних типів добавок до субстратів із зазначенням їхньої оптимальної концентрації у біотехнології макроміцетів з метою підвищення інтенсивності аромату грибної продукції при твердофазному культивуванні. Це не тільки сприятиме збільшенню попиту на грибну продукцію, а надасть можливості для розширення використання висушених плодових тіл грибів у харчовій промисловості України.

Ключові слова: *Pleurotus ostreatus*, твердофазне культивування, леткі запашні сполуки, ноти аромату грибів, сенсорний профільний аналіз, ультрафіолетова спектрофотометрія, 1-октен-3-ол, добавки до субстратів.

SUMMARY

Vlasenko K. M. Biotechnological Basis for Increasing the Intensity of the Aroma of *Pleurotus* Mushrooms During Their Solid-State Cultivation. – Manuscript.

Thesis for a Ph.D, Program Subject Area 162 Biotechnology and Bioengineering (Field of study 16 Chemical and Bioengineering). – National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, 2020.

The dissertation is devoted to optimization of biotechnological process of solid-state cultivation of edible mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jack.) P. Kumm. on agricultural waste to improve the aroma properties of fruiting bodies by introducing additives of different chemical composition into substrates.

Mushrooms have long been used by humans as food and a unique and refined flavor is one of the main characteristics of mushroom quality.

The researchers focus on the problem of reducing the aroma properties of mushroom fruit bodies in the process of intensive cultivation in comparison with wild mushrooms and mushrooms cultivated by the extensive method.

The flavor compounds contained in mushrooms have been studied by many scientists. About 200 different volatiles belonging to different chemical classes, identified in different types of mushrooms. Volatile C₈ compounds are the key components of mushroom aroma, they account for 44.3-97.6 % of the total fraction of volatile substances. 1-Octanol, 3-octanol, 3-octanone, 1-octen-3-ol, 2-octen-1-ol, 1-octen-3-one are the main of them. Also, substances of isoprenoid nature (limonene, cedrol, aromadendren, etc.) and sulfur compounds (dimethyldisulfide, dimethyltrisulfide, lentionin, 1,2,4-trithiolane, etc.) characterize the aroma of mushrooms. It is believed that mushroom volatile flavor compounds play an important role in attracting insects for the process of spreading mushroom spores, as well as the protection of mycelium and fruit bodies from pests.

To study the aroma during scientific work, the method of sensory profile analysis was adapted to determine the flavor of mushrooms. It allowed to determine the

influence of individual factors of the cultivation process on the intensity of the characteristic notes of *Pl. ostreatus* mushrooms flavor without the use of complex instrumental methods of analysis.

The method of extraction of aroma-forming compounds using organic solvents (in particular hexane) from mushroom fruit bodies has been improved. Also, the optimal extraction time (30 minutes) and the hydromodule (1:100) of the extraction process were set to ensure the most complete yield of volatiles.

A specific absorption spectrum, characteristic of all investigated *Pl. ostreatus* strains, was obtained by spectrophotometry. It had the maxima of light absorption at 200-210 nm (corresponds to unsaturated alcohols) and at a section of 250-290 nm (meets aldehydes and ketones).

During the study, for the first time, the screening of the most common *Pl. ostreatus* industrial strains was conducted to establish their aroma profile and flavor properties of the fruit bodies: IBK-549, IBK-550, IBK-551, IBK-1535, IBK-1543, IBK-2275. It was determined that strains IBK-1535 and IBK-1543 had the highest intensity of the mushroom note of the aroma, which is confirmed by the data of the spectrophotometric analysis, since the extracts from the fruit bodies of these strains had the highest optical density in the ultraviolet range. That is, the strains IBK-1535 and IBK-1543 were characterized by the highest content of aroma compounds in extracts of fruiting bodies among all examined *Pl. ostreatus* strains. The strain IBK-550 was characterized by the lowest aggregate intensity of the aroma constituents according to the sensory analysis, as well as the smallest optical density, as shown by the method of spectrophotometry, among all examined strains. And the strains IBK-549, IBK-551 and IBK-2275 are characterized as having an average intensity of flavor among the examined *Pl. ostreatus* strains.

It has been shown that the substrate directly influences on the aroma properties of fruit bodies of the investigated *Pl. ostreatus* strains. When cultivated on different wastes of agriculture and the wood processing industry (sunflower husk, barley straw, hardwood sawdust, corn seed processing residue), the highest intensity of mushroom and meat aroma attributes was noted in the fruit bodies of the strains IBK-549 and IBK-

551, grown on corn wastes, and for the strain IBK-1535 – on the sawdust. Using the spectrophotometry method it was determined that extracts of IBK-549 and IBK-1535 strains, cultivated on corn wastes, as well as extracts of the strain IBK-551 – on sunflower husks, had in 1.2-2.0 times higher optical density compared to mushrooms obtained on other substrates.

For the first time, the influence of additives of various chemical nature to substrates on the intensity of mushrooms aroma in the process of their solid-state cultivation has been investigated. Compounds that potentially can influence the formation of the flavor profile of mushrooms, are possible precursors of aroma substances biosynthesis, are part of enzymes of metabolic pathways or may have an indirect effect on their functioning have been used as additives. Additionally, supplements were chosen based on their availability, low cost, potential toxicity for mushrooms and humans.

Mineral additives were used as aqueous solutions of salts Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Se, as well as a complex mineral supplement «Kemira luxe» and organic mineral microfertilizer «Avatar-1». Concentrations of mineral additives were chosen based on the data of literary sources according to the needs of *Pl. ostreatus* in them and their potential toxicity.

As a result of the sensory profile analysis, it was found that during cultivation on sunflower husk the increase in the intensity of mushroom and meat notes of aroma in 1.2-1.7 times was observed on the substrate with calcium (concentration 10^{-3} %), selenium (10^{-5} %) (IBK-549, IBK-1535 strains) and iron (10^{-3} and 10^{-4} %) (IBK-551, IBK-1535 strains) supplements. Also the intensity of these notes of flavor was higher with the addition of calcium (10^{-2} %) and complex mineral fertilizer (10^{-2} %) (IBK-549 strain); selenium (10^{-6} %) and organic mineral fertilizer «Avatar-1» (10^{-2} %) (IBK-551 strain); iron (10^{-2} and 10^{-3} %) and selenium (10^{-6} %) (IBK-1535 strain), when they were grown on barley straw. It was determined by spectrophotometry that the addition of iron and selenium salts to the substrates contributed to an increase in the optical density of mushroom extracts of all studied strains, which confirms the higher content of aroma-forming substances.

As the main precursors of biosynthesis of mushroom aroma compounds of lipid nature, vegetable oils (sunflower, corn) were added to the substrates. There was an increase in the intensity of mushroom, meat and herbaceous notes of the fruit bodies flavor in 1.2-1.8 times on substrates with the addition of vegetable oils at concentrations of 1 and 5 % for all investigated strains. It was also noted increase in the optical density of hexane mushroom extracts in variants with the concentration of vegetable oils 1 % in 1.2-1.6 times compared with the control.

In the course of research, natural complex additives such as corn husks, oak bark, hardwood sawdust, fried dry rye malt, soybean meal, wheat bran, milk whey, yeast extract and «The organic supplement for mushrooms of the genus *Pleurotus*» («Ecocenter» LLC) were used. According to the sensory analysis, it was found that rye malt (concentration 1 and 5 %), soy flour (1 and 5 %), yeast extract (10^{-2} and 10^{-3} %), milk whey (5 %), and «The organic supplement for mushrooms» (1.25 %) had the greatest positive effect on the intensity of the flavor of *Pl. ostreatus* strains. With the use of these natural additives, the optical density of mushroom extracts in the ultraviolet range, according to spectrophotometric analysis, increased by 1.2-1.7 times, indicating the higher content of volatile compounds in mushrooms.

During the experiment, cultural and morphological parameters of mycelium and fruit bodies growth of the studied mushrooms were determined. It was found that the use of investigated additives to substrates during cultivation of *Pl. ostreatus* strains contributed to an increase in the rate of overgrowth of the substrate by mycelium, the primordia and fruit bodies formation for 2-3 days, an increase in the number of mushroom bunches in 1.4-2.0 times and the yield of the fruit bodies by substrate in 1.3-2.1 times. Thus, they can be recommended for industrial use not only to improve the aroma properties of mushroom products, but also to accelerate the growth and increase the productivity of mushroom crops.

The influence of cultivation temperature on the cultural and morphological parameters of the fruit bodies growth and the intensity of mushrooms flavor of *Pl. ostreatus* in the process of solid-state cultivation was investigated. It is determined

that the temperature of 15-16 °C is optimal not only for the fruiting process, but also for the manifestation of the characteristic attributes of the aroma.

It is also established that the profile and intensity of flavor of *Pl. ostreatus* strains did not differ significantly at different stages of fruit bodies maturation. There was a slight decrease in the flavor qualities of mushrooms with each subsequent flush, which is probably due to the exhaustion of the required nutrients of substrates.

The technology of solid-state cultivation of *Pl. ostreatus* has been optimized at the stage of substrate preparation by making additives which promote increase the intensity of the fruiting bodies aroma of mushrooms. In improving the technology of solid-state cultivation *Pl. ostreatus* in equipment is offered to use of a weighing dispenser with overdosing capacities to weigh the required amount of additives.

Thesis is of practical significance. The obtained data are the basis for the development of practical recommendations for the application of various types of additives to the substrates, indicating their optimal concentration in the biotechnology of macromycetes in order to increase the intensity of the aroma of mushroom production during solid-state cultivation. This will not only increase the demand for mushroom products, but will also provide opportunities for expanding the use of dried fruit bodies in the Ukrainian food industry.

Key words: *Pleurotus ostreatus*, solid-state cultivation, volatile aroma compounds, notes of mushroom flavor, sensory profile analysis, ultraviolet spectrophotometry, 1-octen-3-ol, additives to substrates.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. **Власенко Е. Н.** Ароматные соединения грибов и возможные пути их биосинтеза. *Современная микология в России*. 2015. Т. 5. С. 166-168.

Здобувачем проведений огляд та узагальнення літературних даних щодо можливих шляхів біосинтезу летких запаших сполук грибів.

2. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В. Використання сенсорного аналізу у біотехнології культивування макроміцетів. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія*. 2016. Т. 24, № 2. С. 347-352. doi: 10.15421/011645. (Web of Science)

Здобувачем здійснено планування дослідження, адаптовано методіку сенсорного профільного аналізу для застосування при визначенні характеру та інтенсивності аромату плодових тіл грибів; проведений аналіз результатів та підготовка публікації.

3. **Vlasenko E. N.**, Stepnevskaya J. V., Kuznetsova O. V. Synthesis of aroma compounds by *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. cultured on various substrates. *Biotechnologia Acta*. 2017. Vol. 10, No. 4. P. 59-67. doi: 10.15407/biotech10.04.059.

*Здобувачем проведено твердофазне культивування штамів *Pleurotus ostreatus*, здійснена підготовка екстрактів плодових тіл грибів для проведення спектрофотометричного та сенсорного аналізу; проведена статистична обробка результатів та підготовлено публікацію.*

4. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В., Степневська Я. В. Вплив мінеральних речовин на синтез летких органічних сполук грибами *Pleurotus ostreatus* у процесі твердофазного культивування. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2017. Т. 25, № 4. С. 489-496. doi: 10.15421/021775. (Web of Science)

*Здобувачем проведено твердофазне культивування штамів *Pleurotus ostreatus*, здійснена підготовка екстрактів плодових тіл грибів для проведення спектрофотометричного та сенсорного аналізу; проведена статистична обробка результатів та підготовлено публікацію.*

5. **Власенко К. М.** Вплив хімічного складу субстрату на показники росту, врожайності та синтез летких органічних сполук при твердофазному культивуванні *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 2 (72).

*Здобувачем проведено твердофазне культивування штамів *Pleurotus ostreatus*, організовано та проведено сенсорний аналіз аромату грибів, підготовлено екстракти, проведено спектрофотометричний аналіз; здійснено статистичну обробку результатів та підготовлено публікацію.*

6. **Vlasenko E. N.**, Kuznetsova O. V. Biosynthesis of volatiles by *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. mushrooms on substrates enriched with vegetable oils. *Biotechnologia Acta*. 2018. Vol. 11, No 3. P. 56-68. doi: 10.15407/biotech11.03.056.

*Здобувачем проведено твердофазне культивування штамів *Pleurotus ostreatus*, організовано та проведено сенсорний аналіз аромату грибів, підготовлено екстракти, проведено спектрофотометричний аналіз; здійснено статистичну обробку результатів та підготовлено публікацію.*

7. **Vlasenko E.**, Kuznetsova O., Matrosov A. Comparative analysis of aroma properties of *Pleurotus ostreatus* industrial strains. *Fungal territory*. 2019. Vol. 2, No. 4. P. 28-31. doi: 10.36547/ft.2019.2.4.28-31.

*Здобувачем проведено твердофазне культивування штамів *Pleurotus ostreatus*, організовано та проведено сенсорний аналіз аромату грибів, підготовлено екстракти, проведено спектрофотометричний аналіз; здійснено статистичну обробку результатів та підготовлено публікацію.*

8. **Vlasenko E.**, Kuznetsova O. The influence of complex additives on the synthesis of aroma substances by gray oyster culinary-medicinal mushroom, *Pleurotus ostreatus* (Agaricomycetes) during the substrate cultivation. *International Journal of Medicinal Mushrooms*. 2020. Vol. 22, No. 3. P. 305-311. doi: 10.1615/IntJMedMushrooms.2020033977. (Scopus)

*Здобувачем проведено твердофазне культивування штамів *Pleurotus ostreatus*, організовано та проведено сенсорний аналіз аромату грибів, здійснено статистичну обробку результатів та підготовлено публікацію.*

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

1. Кузнецова О. В., **Власенко К. М.** Еволюція гормональної регуляції у грибів. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2015. Т. 16. С. 50-54.

2. **Власенко К. М.**, Степневська Я. В., Кузнецова О. В. Спосіб культивування гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. з нетрадиційним ароматом // Патент України на корисну модель № 129145. Заявник і патентовласник Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет». Бюл. № 20 від 25.10.2018 р., заявка u 2018 03565, МПК (2018.01) A01G 18/00, A01G 24/25 (2018.01).

3. Кузнецова О. В., **Власенко К. М.** Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Промислова мікологія» для студентів IV-V курсів спеціальності «Біотехнології та біоінженерія» усіх форм навчання. Дніпропетровськ : ДВНЗ «УДХТУ», 2017. 79 с.

4. Кузнецова О. В., **Власенко К. М.** Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Промислова мікологія» для студентів IV-V курсів спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» усіх форм навчання. Дніпро : ДВНЗ «УДХТУ», 2018. 26 с.

Тези доповідей:

1. Кузнецова О. В., Малиновська Н. В., **Товстенко К. М. (Власенко К. М.)** Методи стимулювання фітогормональної активності *Pleurotus ostreatus*. *Біотехнологія. Наука. Освіта. Практика* : зб. тез доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф., 11-13 листопада 2008 р. Дніпропетровськ : УДХТУ, 2008. С. 130-131.

2. Кузнецова О. В., **Товстенко К. М. (Власенко К. М.)**, Деренько Т. І., Малиновська Н. В. Удосконалення методики отримання маточного і посівного міцелію *Pleurotus ostreatus*. *Хімія і сучасні технології* : зб. тез доп. IV Міжнар. наук.-техн. конф. студ., аспір. та мол. вчених, 22-24 квітня 2009 р. Дніпропетровськ. 2009. С. 313.

3. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В. Аналіз механізмів утворення ароматичних речовин вищих грибів. *Біотехнологія XXI століття* : тези доп. VIII Всеукр. наук.-практ. конф., присвяченої 200-й річниці з дня народження Т. Г. Шевченка, 25 квітня 2014 р. Київ : 2014. С. 21.

4. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В., Малиновська Н. В. Застосування біогенних домішок для поліпшення грибного аромату *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kunt. при глибинному культивуванні. *Біотехнологія: звершення та надії* : зб. тез доп. III Всеукр. наук.-практ. конф. студ., аспір. та мол. вчених, 15-16 травня 2014 р. Київ : ВЦ НУБіП України, 2014. С. 64-65.

5. Кузнецова О. В., **Власенко Е. Н.**, Лысенко М. А. Введение в культуру новых для Украины видов высших базидиомицетов рода *Pleurotus*. *Проблемы и перспективы исследований растительного мира* : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, 13-16 мая 2014 г. Ялта. 2014. С. 52.

6. **Власенко К. М.** Аналіз хімічного складу субстратів щодо утворення запашних речовин при культивуванні вищих грибів. *Хімія та сучасні технології*: VII том тез доп. VII Міжнар. наук.-техн. конф. студ., аспір. та мол. вчених, 27-29 квітня 2015 р. Дніпропетровськ : УДХТУ, 2015. С. 17-18.

7. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В. Використання дріжджів для покращення грибного аромату при твердофазному культивуванні їстівних грибів. *Наукові, прикладні та освітні аспекти фізіології, генетики, біотехнології рослин і мікроорганізмів* : матеріали XIII конф. мол. вчених, 19-20 травня 2016 р. Київ, 2016. С. 86-88.

8. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В. Сенсорний профільний аналіз як метод оцінки аромату та запаху грибів, що культивуються. *Роль наукових досліджень в забезпеченні процесів інноваційного розвитку аграрного виробництва України* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. мол. вчених і спеціалістів, 25-26 травня 2016 р. Дніпропетровськ. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016. С. 12-13.

9. **Власенко К. М.**, Степневська Я. В., Кузнецова О. В. Оцінка аромату вищих їстівних грибів із застосуванням методу УФ-спектроскопії. *Хімія та сучасні*

технології : зб. тез доп. VIII Міжнар. наук.-техн. конф. студ., аспір. та мол. вчених, 26-28 квітня 2017 р. Дніпро : УДХТУ, 2017. Т. 4. С. 88-89.

10. Кузнецова О. В., **Власенко К. М.**, Красильнікова О., Осецький І. Вплив складу субстратів на ріст, плодоношення та запашні властивості *Pleurotus eryngii*. *Хімія та сучасні технології* : матеріали VIII Міжнар. наук.-техн. конф. студ., аспір. та мол. вчених. Дніпро : УДХТУ, 2017. Т. 4. С. 75-76.

11. **Власенко К. М.**, Степневська Я. В. Спектральні характеристики екстрактів висушених грибів *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. *Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. мол. вчених і спеціалістів. Дніпро. 2017. С. 20-21.

12. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В., Степневська Я. В. Дослідження впливу іонів Fe^{2+} на синтез летких запашних сполук штамом гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. ІВК-551. *Біологічні дослідження – 2018* : Зб. наук. праць. ІХ Всеукр. наук.-практ. конф., 14-16 березня 2018 р. Житомир : ПП «Рута», 2018. С. 314-317.

13. **Vlasenko E.** Rye malt as an additive to improve the aroma properties of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. in the process of substrate cultivation. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті* : матеріали 84 Міжнар. наук. конф. мол. учених, аспірантів і студентів, 23-24 квітня 2018 р. К. : НУХТ, 2018. Ч.1. С. 511.

14. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В. Використання рослинних олій для підвищення інтенсивності аромату *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. при твердофазному культивуванні. *Біотехнологія XXI століття* : матеріали XII Всеукр. наук.-практ. конф. присвяченої 100-річчю з дня народження Артура Корнберга, 20 квітня 2018 р. К. : КПІ, 2018. С. 21.

15. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В., Орешко А. О. Біотехнології підвищення запашних властивостей їстівних грибів, що культивуються. *Харчові технології* : матеріали XIV Всеукраїнської наукової конференції студентів, 18-20 квітня 2018, Одеса : ОНАХТ, 2018. С. 17-19.

16. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В. Оптимізація складу субстратів при твердофазному культивуванні *Pleurotus ostreatus* (Jack.: Fr.) Kumm. *Актуальні*

проблеми ботаніки та екології : матеріали Міжнар. конф. молодих учених, 2-5 вересня 2018 р, Кирилівка. К. : видавець Бихун В. Ю., 2018. С. 70.

17. Кузнецова О. В., **Власенко К. М.** Вплив біорегуляторів росту на розвиток базидіоміцетів. *Актуальні проблеми ботаніки та екології* : матеріали Міжнар. конф. молодих учених, 2-5 вересня 2018 р, Кирилівка. К. : видавець Бихун В. Ю., 2018. С. 78.

18. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В. Визначення органолептичного профілю аромату штамів *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. *Біотехнологія: звершення та надії* : зб. тез доп. VII Міжнар. наук.-практ. конф. НУБіП України, 29-30 листопада 2018 року. Київ : КОМПРИНТ, 2018. С. 64-65.

19. **Власенко Е. Н.** Влияние органических и минеральных соединений на синтез ароматобразующих веществ базидиомицетами. *Микология и альгология в России. XX–XXI век: смена парадигм* : материалы Всероссийской конф. с междунар. участием. 17-19 ноября 2018 года. М : Изд-во «Перо», 2018. С. 137-138.

20. **Власенко К. М.** Вплив мангану на культурально-морфологічні ознаки розвитку та запавні властивості штамів гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. «*Біотехнологія XXI століття*» : матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 19 квітня 2019. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. С. 15.

21. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В. Вплив температури культивування на синтез ароматутворюючих сполук та культурально-морфологічні ознаки розвитку *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. «*Хімія та сучасні технології*» : матеріали IX Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, 24-26 квітня 2019. Дніпро : ДВНЗ «УДХТУ», 2019. Т. 2. С. 114-115.

22. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В., Степневська Я. В., Матросов О. С. Модифікація аромату *Pleurotus ostreatus* при культивуванні на субстратах з використанням відходів лікарських рослин. *Актуальні проблеми ботаніки та екології* : матеріали міжнародної конференції молодих учених, 6-9 вересня 2019 р. Харків. Київ, 2019. С. 55.

23. Кузнецова О. В., **Власенко К. М.**, Черненко Л. А. Вплив біорегуляторів на адаптаційні властивості грибів роду *Pleurotus*. *Біотехнологія XXI століття* : матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції, 20 травня 2020. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, вид-во «Політехніка», 2020. С. 51.