

**ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ НА КАТАЛАЗНУ АКТИВНІСТЬ
БАЗИДИОМЦЕТА *FLAMMULINA VELUTIPES* (CURT.: FR.) SING.**

К. Решетник, Д. Юськов

*Донецький національний університет імені Василя Стуса
вул. 600-річчя, 21, Вінниця 21021, Україна
e-mail: k.reshetnyk@donnu.edu.ua*

Досліджено вплив лазерного опромінення світлом видимого діапазону спектра на каталазну активність культурального фільтрату і гомогенату міцелію 5 штамів базидіомцета *Flammulina velutipes* (Curt.: Fr.) Sing. за їхнього поверхневого культивування на стандартному глюкозо-пептонному середовищі. Опромінення інокулюмом розміром близько 5×5 мм (завжди однієї щільності й віку) проводили перед посівом за допомогою світлодіодних лазерів: BRP–3010–5 (довжина хвилі 635 нм), BVP–3010–5 (довжина хвилі 405 нм) та BGP–3010–5 (довжина хвилі 532 нм). Потужність кожного лазера становила 100 мВт. Енергія опромінення у всіх варіантах досліджування становила 51,1 мДж/см². Інокулюмом слугували 10-денні міцеліальні культури штамів, культивовані на сусло-агарі. Для контрольного посіву використовували неопромінені міцелії. Каталазну активність у гомогенаті міцелію та культуральному фільтраті визначали спектрофотометрично. Встановлено, що лазерне опромінення червоним, синім і зеленим світлом упродовж 10 с викликає зростання каталазної активності культурального фільтрату й гомогенату міцелію майже усіх досліджуваних штамів. Для комплексного лазерного опромінення червоним і зеленим світлом не викликає вірогідних змін активності ферменту у вивчених штамів. Найбільшою реакцією у відповідь на опромінення синім світлом характеризувалися штами F–04 та F–vv гриба *F. velutipes*. Так, показник каталазної активності культурального фільтрату для штаму F–04 становив 780,41±15,46 мкат/л, а максимальне значення активності каталази міцелію для штаму F–vv гриба *F. velutipes* становило 1203,66±20,31 мкат/г. Інші вивчені штами мали менш суттєві зміни каталазної активності у відповідь на дію опромінення. Проведене нами дослідження дало змогу встановити загальні закономірності й індивідуальні особливості реакцій різних штамів *F. velutipes* на опромінення за допомогою світлодіодних лазерів і визначити ефективний режим фотоактивації, який дає можливість значно підвищити каталазну активність досліджуваного макроміцета.

Ключові слова: базидієві гриби, каталазна активність, лазерне опромінення

Каталаза є компонентом комплексного ензиматичного захисту живих організмів за умов оксидативного стресу [6]. Цей ензим використовується як компонент біосенсорів для кількісного визначення вмісту пероксиду водню й етанолу в біологічних об'єктах [4]. Препарати каталази використовують для наукових досліджень, у медицині як діагностичний реагент у харчовій, текстильній, шкіряній, електронній і хімічній галузях промисловості [3, 17]. Уперше виділено й досліджено властивості промислового препарату каталази з клітин печінки тварин, але такий препарат є дороговартісним. Розроблено методи виділення каталази з мікроміцетів родів *Penicillium* і *Aspergillus*. Однак цвілеві гриби синтезують мікотоксини, тому їхнє використання в біотехнології обмежене. Оскільки препарати ферменту каталази широко затребувані, доцільним є активний пошук його продуцентів серед різних груп організмів [1, 5, 7, 19, 21]. Одним із перспективних джерел цього ензиму

можуть стати базидієві гриби, які останнім часом використовують для його отримання. Відомий спосіб виділення каталази з макроміцетів *Pleurotus ostreatus*, *Schizophyllum commune*, *Fomes fomentarius*, *Daedalea quercina*, *Ganoderma lucidum*, *Laetiporus sulphureus*, *Flammulina velutipes*, *Fistulina hepatica*. Фермент, отриманий із цих грибів, використовують для одержання медичних препаратів широкого спектра дії [14–16, 18]. Вирощування кислотрофних грибів у даний час може стати перспективною економічною біотехнологією для переробки органічних відходів лігноцелюлози, що допоможе виробляти багаті на ензими продукти і сприятиме зменшенню забруднення навколишнього середовища [22]. Біосинтез і властивості каталаз грибного походження залишаються малодослідженими. Актуальною проблемою розвитку біотехнології є пошук продуцентів каталази серед різних груп організмів і розробка способів підвищення активності цього ферменту серед уже відомих його продуцентів. Відомо, що світло необхідне для росту й розвитку багатьох видів грибів. Досліджено вплив світла на такі фізіолого-біохімічні показники грибів як пігментування, біосинтетична активність [10]. Чутливість до червоного світла реалізується завдяки фітохрому – білковій молекулі, яка обумовлює морфогенетичні реакції різних організмів на світло. Чутливість до променів синьої ділянки спектра забезпечують фоторецептором на основі флавіну. Рецептори, які реагують на зелене світло, ще не досліджені [11]. Досліджено позитивний вплив УФ– і γ –опромінення на урожайність гриба *P. ostreatus*. Встановлено, що лазерне опромінення в дозах 45–230 мДж/см² стимулює проростання спор і ріст міцелію у *Hericium erinaceus* [24]. Відомий вплив низькоінтенсивного світла на лінійний ріст і накопичення біомаси різними видами макроміцетів (*Lentinus edodes*, *Hericium erinaceus*, *Ganoderma lucidum*, *Inonotus obliquus*, *Agaricus bisporus*) [9]. Аналіз робіт із вивчення механізмів фоторецепції у грибів дає змогу зробити висновок про можливість використання світла для регуляції морфогенезу та біологічної активності грибів, що стане основою для створення екологічно чистих технологій їхнього культивування. Крім того, лазерна фотоактивація міцелію є нешкідливим способом обробки, характеризується відсутністю утворення шкідливих метаболітів, які забруднюють навколишнє середовище. Для фотоактивації морфогенезу і біологічної активності макроміцетів використовують гелій–неонові й аргонові лазери, які є високовартісними, енергоємними та мають значні розміри, що суттєво ускладнює цей процес. Тому використання світлодіодних лазерів, які мають невелику вартість і потребують незначних енерговитрат у застосуванні є значно ефективнішим для інтенсифікації метаболізму грибів. Однак вплив світлодіодних лазерних систем на морфогенез і синтез макроміцетами ферментів досліджений недостатньо й потребує подальшого вивчення. Метою роботи було дослідити і порівняти вплив лазерного опромінення світлом видимого діапазону спектра на каталазну активність базидіоміцета *Flammulina velutipes*.

Матеріали та методи

Дослідження проводили на кафедрі фізіології та біохімії рослин Донецького національного університету імені Василя Стуса. Для дослідження було використано 5 штамів із колекції культур шапинкових грибів кафедри фізіології та біохімії рослин Донецького національного університету імені Василя Стуса, що належать до відділу *Basidiomycota*, порядку *Agaricales*: штами *Flammulina velutipes* (Curt.: Fr.) Sing. F–03, F–04, F–103, F–107, F–vv. Міцелій гриба культивували поверхнево в колбах Ерленмеєра на стандартному глюкозо–пептонному живильному середовищі (ГПС, рН 6,5±0,2), об'єм якого становив 50 мл. Температура культивування 27,5 °С. Тривалість ферментації 12 діб, що зумовлено максимумом каталазної активності саме в період експоненціального росту [25]. Матеріалами для дослідів слугували гомогенізований міцелій (МГ) і культуральний фільтрат (КФ). Для цьо-

го міцелій за 5 °С відділяли від культуральної рідини шляхом фільтрування, після чого фільтрат використовували для визначення КА. Міцелій додатково підсушували на фільтрувальному папері й охолоджували до +1 °С. Підготовлений міцелій гомогенізували в охолодженій ступці. КА визначали в міцелії (на одиницю маси, г) та у культуральному фільтраті (на одиницю об'єму, л) спектрофотометрично за О.В. Федотовим [14], ґрунтуючись на здатності пероксиду водню утворювати зі солями молібдену стійкий забарвлений комплекс. Інтенсивність забарвлення вимірювали на спектрофотометрі за довжини хвилі 410 нм проти нульової проби з дистильованою водою. За одиницю активності каталази приймали таку кількість ензиму, яка бере участь у перетворенні 1 мкмоль пероксиду водню за 1 с в заданих умовах [14]. Опромінення інокулюму розміром близько 5×5 мм (завжди однієї щільності й віку) проводили перед посівом за допомогою світлодіодних лазерів: BRP-3010-5 з випромінюванням червоного спектра з довжиною хвилі 635 нм (виробник BOB LASER Co., Китай), BBP-3010-5 з випромінюванням синього спектра з довжиною хвилі 405 нм (виробник BOB LASER Co., Китай) та BGP-3010-5 з випромінюванням зеленого спектра з довжиною хвилі 532 нм (виробник BOB LASER Co., Китай). Потужність кожного лазера 100 мВт. Щільність енергії лазерного опромінення розраховували за І.О. Вакарчуком [2]. Енергія опромінення у всіх варіантах досліді становила 51,1 мДж/см². Інокулюмом слугували 10-денні міцеліальні культури штамів на сусло-агарі. Для контрольного посіву використовували неопромінений міцелій. Опромінення міцелію проводили за відповідною схемою (табл. 1).

Таблиця 1

Схема опромінення міцелію гриба *Flammulina velutipes*

Спектр опромінення	Варіанти опромінення						
	1(контроль)	2	3	4	5	6	7
	Тривалість опромінення, с						
Червоний	0	10	0	0	5	5	0
Синій	0	0	10	0	5	0	5
Зелений	0	0	0	10	0	5	5

Усі досліді проводили у трикратній повторюваності. Для визначення вірогідності впливу лазерного опромінення на активність каталази застосовували метод дисперсійного аналізу. Порівняння середніх значень вели за методом Даннета [13]. Обробку проводили за допомогою пакета статистичних програм, створених на кафедрі фізіології рослин Донецького національного університету імені Василя Стуса [12].

Результати і їхнє обговорення

Результати дослідження свідчать про позитивний вплив лазерного опромінення різного спектра на каталазну активність культурального фільтрату і міцелію досліджуваних штамів базидіоміцета *F. velutipes*. Так, максимальне значення активності каталази культурального фільтрату для штаму F-03 гриба *F. velutipes* було встановлено в результаті опромінення синім світлом (варіант 3) – на 119,52 % більше порівняно з контролем. Випромінювання зеленого спектра вірогідно збільшило КА КФ на 73,35 % (варіант 4), а почергове опромінення синім і зеленим світлом – на 65,01 % (варіант 6) порівняно з контролем відповідно. Каталазна активність міцелію для даного штаму найбільше зросла в результаті впливу випромінювання також синього спектра на 72,92 % (варіант 3). Лазерне випромінювання червоного спектра та комплексне опромінення червоним і синім спектром збільшило КА МГ на 67,18 % (варіант 2) та на 32,70 % (варіант 5) відповідно (табл. 2). Зміни каталазної ативності у культуральному фільтраті й міцелії за інших варіантів опромінення були невірогідними.

Таблиця 2

Вплив лазерного опромінення на каталазну активність культурального фільтрату і міцелію штаму F-03 гриба *Flammulina velutipes*

Варіант опромінення	Тривалість опромінення, с	Довжина хвилі, Нм	КА КФ мкат/л · 10 ³		КА МГ мкат/г · 10 ³	
			М±m	% до контролю	М±m	% до контролю
1.	Контроль (без опромінення)		354,62±19,24	100,00	589,42±20,76	100,00
2.	10	635	748,52±11,36	211,20	985,39±14,87*	167,18
3.	10	405	778,44±19,18*	219,52	1019,21±26,92*	172,92
4.	10	532	614,72±18,24*	173,35	819,46±19,25	139,03
5.	5+5	635+405	541,61±19,54	152,83	782,18±27,27*	132,70
6.	5+5	405+532	585,74±12,34*	165,01	799,24±15,23	135,60
7.	5+5	635+532	547,82±19,32	154,48	710,80±19,32	120,59

Примітки: КА – каталазна активність; КФ – культуральний фільтрат; МГ – гомогенат міцелію; М±m – середнє арифметичне значення ± похибка; * – P<0,05 порівняно з контролем

Результати впливу лазерного опромінення на каталазну активність культурального фільтрату й міцелію для штаму F-04 виявилися такими. Вірогідне збільшення КА культурального фільтрату на 115,84 % було зафіксовано у 3 варіанті опромінення (синій спектр). КА КФ 4 (зелений спектр) і 5 (червоний і синій спектри) варіантів опромінення вірогідно збільшилась на 77,75 % та на 50,97 % відповідно порівняно з контролем. За дії синього лазерного опромінення (варіант 2) КА міцелію зросла на 123,21 %, опромінення світлодіодним лазером, який випромінює зелене світло (варіант 3) підвищило КА на 110,73 %, а комплексне опромінення синім і зеленим світлом збільшило КА МГ на 74,18 % порівняно з таким самим показником у варіанті з неопроміненим міцелієм відповідно (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив лазерного опромінення на каталазну активність культурального фільтрату і міцелію штаму F-04 гриба *Flammulina velutipes*

Варіант опромінення	Тривалість опромінення, с	Довжина хвилі, нм	КА КФ мкат/л · 10 ³		КА МГ мкат/г · 10 ³	
			М±m	% до контролю	М±m	% до контролю
1.	Контроль (без опромінення)		361,16±17,04	100,00	450,88±18,88	100,00
2.	10	635	641,64±19,28	177,45	881,16±20,59	195,43
3.	10	405	780,41±15,46*	215,84	1006,39±16,73*	223,21
4.	10	532	642,71±11,22*	177,75	950,12±15,44*	210,73
5.	5+5	635+405	545,24±16,84*	150,97	798,68±20,23	177,14
6.	5+5	405+532	574,45±19,24	158,85	785,36±24,74*	174,18
7.	5+5	635+532	501,24±12,74	138,62	698,45±13,61	154,91

Примітки: КА – каталазна активність; КФ – культуральний фільтрат; МГ – гомогенат міцелію; М±m – середнє арифметичне значення ± похибка; * – P<0,05 порівняно з контролем

Для штаму F-103 гриба *F. velutipes* показники КА культурального фільтрату вірогідно зросли в результаті опромінення синім (варіант 3) і зеленим (варіант 4) світлом на 94,09 % та на 70,79 % відповідно порівняно з контрольним значенням. Опромінення синім (варіант 3) світлом збільшило показники КА міцелію на 87,28 %. Лазерне випромінювання зеленого спектра дії (варіант 4) збільшило КА міцелію на 64,66 %, а комплексне опромінення синім і зеленим світлом підвищило КА МГ на 42 % порівняно з контролем (табл. 4).

Результати для штаму F-107 базидіоміцета *F. velutipes* виявилися такими. Лазерне випромінювання червоного (варіант 2) і синього (варіант 3) спектра дії сприяло вірогідному збільшенню КА культурального фільтрату на 62,84 % та 77,56 % відповідно. Найменше вірогідне зростання КА КФ було встановлено в результаті дії лазерного випромінювання

червоного та синього спектра (варіант 5) – на 38,54 % відповідно порівняно з контролем. КА міцелію зросла також у результаті опромінення червоним (варіант 2) і синім світлом (варіант 3) на 58,78 % та 67,18 % відповідно. Комплексне лазерне випромінювання червоного та синього спектра дії (варіант 5) збільшило показник КА міцелію на 39,37 % (табл. 5).

Таблиця 4

Вплив лазерного опромінення на каталазну активність культурального фільтрату і міцелію штаму F-103 гриба *Flammulina velutipes*

Варіант опромінення	Тривалість опромінення, с	Довжина хвилі, нм	КА КФ мкат/л · 10 ³		КА МГ мкат/г · 10 ³	
			М±m	% до контролю	М±m	% до контролю
1.	Контроль (без опромінення)		385,25±14,16	100,00	526,69±16,19	100,00
2.	10	635	642,55±17,26	166,78	820,52±19,52	155,79
3.	10	405	747,72±11,26*	194,09	986,39±13,48*	187,28
4.	10	532	657,5±14,28*	170,79	867,25±16,92*	164,66
5.	5+5	635+405	54,34±19,36	140,33	687,82±21,11	130,59
6.	5+5	405+532	502,61±16,28	130,40	747,91±17,24*	142,00
7.	5+5	635+532	578,55±16,27	150,23	738,70±18,02	140,25

Примітки: КА – каталазна активність; КФ – культуральний фільтрат; МГ – гомогенат міцелію; М±m – середнє арифметичне значення ± похибка; * – P<0,05 порівняно з контролем

Таблиця 5

Вплив лазерного опромінення на каталазну активність культурального фільтрату і міцелію штаму F-107 гриба *Flammulina velutipes*

Варіант опромінення	Тривалість опромінення, с	Довжина хвилі, нм	КА КФ мкат/л · 10 ³		КА МГ мкат/г · 10 ³	
			М±m	% до контролю	М±m	% до контролю
1.	Контроль (без опромінення)		361,84±11,48	100,00	510,42±13,08	100,00
2.	10	635	589,15±11,22*	162,84	810,46±12,87*	158,78
3.	10	405	642,44±17,21*	177,56	853,34±19,72*	167,18
4.	10	532	665,51±11,24	183,94	870,92±14,20	170,63
5.	5+5	635+405	501,24±17,51*	138,54	711,36±19,68*	139,37
6.	5+5	405+532	578,45±13,74	159,86	749,97±15,91	146,93
7.	5+5	635+532	542,76±16,47	150,01	764,25±19,73	149,73

Примітки: КА – каталазна активність; КФ – культуральний фільтрат; МГ – гомогенат міцелію; М±m – середнє арифметичне значення ± похибка; * – P<0,05 порівняно з контролем

За дії лазерного опромінення червоним світлом (варіант 2) для штаму F-vv гриба *F. velutipes* показники КА культурального фільтрату зросли на 69,07 % порівняно з контролем. Опромінення у варіантах досліду 3 (синій спектр) і 4 (зелений спектр) збільшило показники КА фільтрату на 92,59 % і на 43,30 % відповідно. КА міцелію зросла в результаті опромінення червоним світлом (варіант 2) на 58,93 %. У варіанті 3 (синій спектр) показник КА міцелію збільшився на 114,90 %. Опромінення лазером, який випромінює зелене світло (варіант 4), збільшило КА міцелію на 45,36 %. У результаті комплексного опромінення (варіант 6) КА міцелію зросла на 48,52 % порівняно з контролем (табл. 6).

Згідно з одержаними результатами, можна зробити висновок про відмінність вивчених штамів у активності каталази КФ та МГ. Так, найвищий показник каталазної активності культурального фільтрату було зафіксовано для штаму F-vv, а максимальне значення КА гомогенату міцелію було встановлено для штаму F-03 гриба *F. velutipes*. Найнижчу КА КФ спостерігали у штаму F-03. Найнижче значення активності міцеліальної каталази було встановлено для штаму F-04. Це, найімовірніше, пояснюється індивідуальними характеристиками цих штамів (рис. 1).

Таблиця 6

Вплив лазерного опромінення на каталазну активність культурального фільтрату і міцелію штаму F-vv гриба *Flammulina velutipes*

Варіант опромінення	Тривалість опромінення, с	Довжина хвилі, Нм	КА КФ мкат/л · 10 ³		КА МГ мкат/г · 10 ³	
			М±m	% до контролю	М±m	% до контролю
1.	Контроль (без опромінення)		387,10±11,03	100,00	560,11±13,47	100,00
2.	10	635	654,51±15,26*	169,07	890,20±18,66*	158,93
3.	10	405	745,61±18,24*	192,59	1203,66±20,31*	214,90
4.	10	532	554,84±11,22*	143,30	814,16±13,74*	145,36
5.	5+5	635+405	542,64±14,27	140,16	764,25±15,36	136,45
6.	5+5	405+532	502,26±18,24	129,73	831,86±18,96*	148,52
7.	5+5	635+532	501,46±13,28	129,52	783,67±15,47	139,91

Примітки: КА – каталазна активність; КФ – культуральний фільтрат; МГ – гомогенат міцелію; М±m – середнє арифметичне значення ± похибка; * – P<0,05 порівняно з контролем

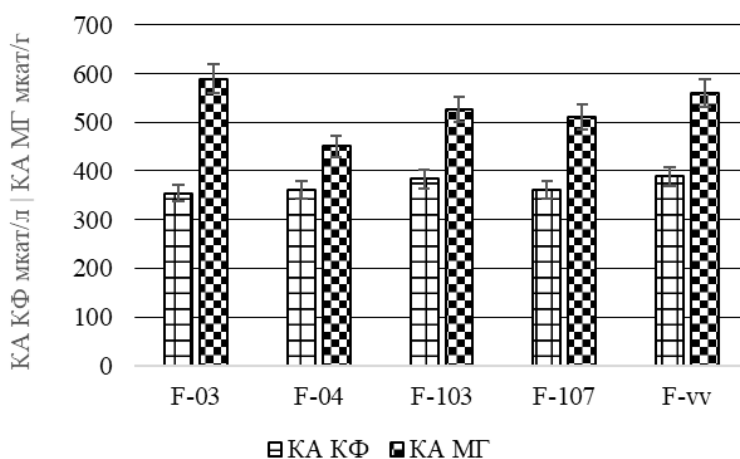


Рис. 1. Каталазна активність культурального фільтрату і міцелію штамів гриба *Flammulina velutipes*

Лазерне опромінення позитивно вплинуло на активність каталази культурального фільтрату і гомогенату міцелію. Зокрема, у культуральному фільтраті максимум каталазної активності було встановлено в результаті опромінення синім світлом штаму F-04 гриба *F. velutipes* – 780,41±15,46 мкат/л. Зростання активності каталази у гомогенаті міцелію було встановлено для штаму F-vv гриба *F. velutipes* також за дії лазерного опромінення синього спектра – з 560,11±13,47 мкат/г у контролі до 1203,66±20,31 мкат/г у досліді. Трохи гіршою була реакція у відповідь на дію опромінення синім світлом для штамів F-03, F-103, F-107 та F-vv гриба *F. velutipes* – активність каталази КФ вірогідно зросла на 77,56–119,52 %, а КА МГ за цього режиму опромінення вірогідно зросла для штамів F-03, F-103, F-107 та F-04 гриба *F. velutipes* від 67,18 до 123,21 % відповідно. Вірогідне зростання активності каталази КФ за дії лазерного опромінення червоного спектра було встановлено лише для штамів F-107 та F-vv на 62,84–69,07 % відповідно, а збільшення КА МГ лише для штамів F-03, F-107 та F-vv гриба *F. velutipes* – від 58,78 до 67,18 % відповідно. Опромінення зеленим світлом вірогідно збільшило показники КА КФ для штамів F-03, F-103, F-04 та F-vv гриба *F. velutipes* на 43,30–77,75 % відповідно, активність цього ферменту гомогенату міцелію зросла від 45,36 до 110,73% для штамів F-04, F-103 та F-vv гриба *F. velutipes*. Інші досліджені варіанти мали менш суттєві зміни каталазної функції у відповідь на опромінен-

ня, а дія комплексного опромінення червоним і зеленим світлом не викликає вірогідних змін активності ферменту у вивчених штамів. Згідно з даними Н.Л. Поєдинок, опромінення *I. obliquus* когерентним світлом як у синьому, так і у червоному діапазонах довжин хвиль також збільшувало активність позаклітинної каталази у 30 разів [23]. Ймовірно, це пояснюється тим, що лазерне опромінення стимулює посилене утворення АТФ, збільшуючи активність окисно-відновних ферментів, активізує метаболізм клітин і підвищує їхню функціональну активність. Результати наших досліджень із впливу лазерного опромінення на каталазну активність *F. velutipes* вписуються в сучасні уявлення про механізми фоторегуляції фізіолого-біохімічних і морфогенетичних процесів у живих організмах [20].

Отже, в результаті проведених досліджень було встановлено, що лазерне опромінення червоним, синім і зеленим світлом упродовж 10 с викликає зростання каталазної активності культурального фільтрату й гомогенату міцелію майже усіх досліджуваних штамів. Дія комплексного лазерного опромінення червоним і зеленим світлом не викликає вірогідних змін активності ферменту у вивчених штамів. Найбільшою реакцією у відповідь на опромінення синім світлом характеризувалися штами F-04 та F-vv гриба *F. velutipes*. Інші вивчені штами мали менш суттєві зміни каталазної активності у відповідь на дію опромінення. Проведене нами дослідження дало змогу встановити загальні закономірності й індивідуальні особливості реакцій різних штамів *F. velutipes* на опромінення світлом різних ділянок видимого діапазону спектра і визначити ефективний режим лазерної фотоактивації, який дає можливість значно підвищити каталазну активність досліджуваного макроміцета.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Буценко Л. М., Пенчук Ю. М., Пирог Т. П. Технології мікробного синтезу лікарських засобів: навч. посіб. К.: НУХТ, 2010. 323 с.
2. Вакарчук І. О. Квантова механіка: підручник. 4-ге вид. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012. 872 с.
3. Волошко Т. С. Скринінг штамів базидіомицетів за активністю антиоксидантних оксидоредуктаз // Мікробіологія і біотехнологія. 2011. № 4 (16). С. 69–81.
4. Еремін А. Н. Кинетическая характеристика внеклеточных каталаз грибов *Penicillium roseum* F-648 и их вариантов, адаптированных к пероксиду водорода // Прикл. биохим. микробиол. 2002. Т. 38. № 4. С. 374–380.
5. Лобанок А. Г. Биотехнология микробных энзимов // Наука и инновации. 2011. № 1 (95). С. 66–69.
6. Мирошниченко О. С. Биогенез, физиологическая роль и свойства каталазы // Биополимеры и клетка. 1992. Т. 8. № 6. С. 3–25.
7. Михайлова Р. В., Осока О. М., Лобанок А. Г. Образование внеклеточной каталазы видами рода *Penicillium* // Микол. фитопатология. 2001. Т. 35. Вып. 3. С. 43–46.
8. Пат. 8739 Україна, МПК C12N1/14(2006.01), A01G1/04(2006.01). Спосіб одержання ферментного препарату каталази штаму *Pleurotus ostreatus* P-208 / Федотов О.В., Волошко Т.С. (Україна); № u201310997; Заявл. 16.09. 2013; Опубл. 10.07.2014, Бюл. № 13. 5 с.
9. Поєдинок Н.Л. Использование искусственного света в биотехнологиях культивирования грибов // *Biotechnology Acta*. 2013. Vol. 6. N 6. P. 58–70.
10. Поєдинок Н.Л., Потёмкина Ж. В., Бухало А. С. и др. Использование лазерного излучения при культивировании некоторых видов съедобных базидиомицетов // Биотехнология. 2003. № 2. С. 59–64.

11. *Поєдинок Н. Л.* Енергоефективні системи штучного освітлення у технологіях вирощування їстівних та лікарських грибів // Наука та інновації. 2013. Т. 9. № 3. С. 46–59.
12. *Приседський Ю. Г.* Пакет програм для проведення статистичної обробки результатів біологічних експериментів. Донецьк: ДонНУ, 2005. 84 с.
13. *Приседський Ю. Г.* Статистична обробка результатів біологічних експериментів. Донецьк: Кассиопея, 1999. 210 с.
14. Пат. 39243А Україна, МПК 7С12N9/58. Спосіб визначення каталазної активності базидіоміцетів / Федотов О. В., Гавриленко Г. В. (Україна); № u2000116560; Заявл. 21.11.2000; Опубл. 15.06.2001, Бюл. № 5. 5 с.
15. *Стручкова И. В., Лазарева Е. С., Смирнов В. Ф.* Амилазная и оксидоредуктазная активность микодеструктора *Aspergillus terreus* при его росте на новых полимерных материалах // Вестн. Нижегородск. ун-та им. Н.И. Лобачевского. 2010. № 2 (2). С. 591–595.
16. *Федотов О. В.* Розробка способів отримання і аналіз ферментних препаратів пероксидаз та каталаз деяких видів базидіоміцетів // Біол. вісн. Мелітополь. держ. пед. ун-ту ім. Б. Хмельницького. 2013. № 1 (7). С. 113–127.
17. *Amorim A. M.* The application of catalase for the elimination of hydrogen peroxide residues after bleaching of cotton fabrics // Ann. Brasil. Acad. Sci. 2002. Vol. 74. N 3. P. 433–436.
18. *Fedotov O. V.* Wood-destroying fungi as bio-sources of ferments for medicinal and nutritional purposes // Plant and Microbial Enzymes: isolation, characterization and biotechnology applications. Tbilisi: Myza. 2009. P. 125–126.
19. *Fraaije M., Roubroeks H. P., Hagen W. R.* et al. Purification and characterization of an intracellular catalase-peroxidase from *Penicillium simplicissimum* // Eur. J. Biochem. 1996. Vol. 235. P. 192–198.
20. *Karu T. I.* Light coherence. Is this property important for photomedicine? [Електронний ресурс]. 2011. Режим доступу до журн.: <http://www.photobiology.info/Coherence.html>
21. *Kurakov A. V., Kupletskaya M. B., Skrynnikova E. V., Somova N. G.* Search for micromycetes producing extracellular catalase and study of conditions of catalase synthesis // Appl. Biochem. Microbiol. 2001. Vol. 37. N 1. P. 59–64.
22. *Obodai M., Cleland-Okine J., Vowotor K.* Comparative study on the growth and yield of pleurotus ostreatus mushroom on different lignocellulosic by – products // J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 2003. Vol. 30 (3). P. 146–149.
23. *Poyedinok N. L.* Effect of light wavelengths and coherence on growth, enzymes activity and melanin production of liquid cultured *Inonotus obliquus* (Ach.:Pers.) Pilát // Appl. Biochem. Biotechnol. 2015. Vol. 176. N 2. P. 333–343.
24. *Poyedinok N. J., Potemkina V., Buchalo A.* Stimulation with low-intensity laser light of basidiospore germination and growth of monocaryotic isolates in Medicinal Mashroom *Hericium erinaecus* (Bull.: Fr.) Pers. (*Aphylllophoromycetidae*) // Int. J. Med. Mushr. 2000. Vol. 2. N 4. P. 339–342.
25. *Voloshko T., Fedotov O.* Comparative characteristics of basidiomycetes – producers of catalase // Biotechnologia Acta. 2013. Vol. 6 (3). P. 89–94.

Стаття: надійшла до редакції 20.02.19

доопрацьована 06.06.19

прийнята до друку 14.06.19

**THE EFFECT OF LASER IRRADIATION ON BASIDIOMYCETE
FLAMMULINA VELUTIPES (CURT.: FR.) SING. CATALASE ACTIVITY**

K. Reshetnyk, D. Yuskov

*Vasyl Stus Donetsk National University
21, 600-richchia St., Vinnytsia 21021, Ukraine
e-mail: k.reshetnyk@donnu.edu.ua*

It has been studied the effect of laser irradiation of different spectrum on the catalase activity of the culture filtrate and the mycelium homogenate of 5 strains of basidiomycetes *Flammulina velutipes* (Curt.:fr.) Sing. at their surface cultivation on a standard glucose-peptone medium. The irradiation of the inoculum sized approximately 5x5 mm (always the same density and age) was carried out before the inoculation with the help of such LED lasers: BRP-3010-5 with red laser light (wavelength 635 nm), BBP-3010-5 with blue laser light (wavelength 405 nm) and BGP-3010-5 with green laser light (wavelength 532 nm). Each laser power was 100 MW. The irradiation energy at all the experiment variants was 51.1 MJ/m². The 10-day mycelial culture of the strains on wort-agar served as inoculum. The non-irradiated mycelium was used for the control inoculation. The catalase activity in the mycelium homogenate and the culture filtrate was defined spectrophotometrically. It was found out that the laser light of red, blue and green spectra for 10 s caused the increase of the catalase activity of the culture filtrate and the mycelium homogenate of all the strains under research. The effect of complex laser irradiation of red and green spectra does not cause probable changes of the ferment activity of the strains under research. The biggest reaction to blue laser light had the strains F-04 and F-vv of *F. velutipes*. Thus, the indicator of the catalase activity of the culture filtrate for the strain F-04 was 780.41±15.46 mcat/l, the maximum value of the catalase activity of mycelium for the strain F-vv of *F. velutipes* was 1203.66±20.31 mcat/g. The other strains under analysis showed less significant catalase activity change in response to irradiation. The research carried out allowed to determine the general consistent patterns and individual peculiarities of different strains of *F. velutipes* reactions to irradiation spectrum and to identify the sufficient laser photoactivation mode greatly increasing the catalase activity of studied macromycetes.

Keywords: basidiomycota, catalase activity, laser irradiation