

УДК 579.222: 547.979.8

О. В. Федотов, А. К. Велигодська

РЕГУЛЯЦІЯ СИНТЕЗУ ПОЛІФЕНОЛЬНИХ РЕЧОВИН ДЕЯКИМИ ШТАМАМИ БАЗИДИОМІЦЕТІВ

*Донецький національний університет
вул. Університетська, 24, м. Донецьк, 83000, Україна
e-mail: bio.graff@yandex.ua*

Досліджено вплив певних вуглецевмісних сполук, як додаткових компонентів глюкозо-пептонного середовища (ГПС), на інтенсивність синтезу поліфенольних речовин та каротиноїдів деякими штамми базидіальних грибів при культивуванні поверхневим методом. Загальний вміст поліфенольних речовин установлювали у спиртових витяжках за модифікованою методикою Фоліна-Чокальтеу, а каротиноїдів – у ацетонових витяжках мікологічного матеріалу спектрофотометричним методом та розраховували за формулою Ветштейна.

В якості вуглецевмісних компонентів ГПС використано 13 сполук, що належать до моно-, оліго- і полісахаридів та карбонових кислот. Встановлено вплив 13 вуглецевмісних сполук на накопичення біомаси та каротиноїдів і поліфенолів штамів базидіоміцетів – *L. sulphureus* Ls-08, *F. fomentarius* Ff-1201 та *F. hepatica* Fh-18. З метою індукції синтезу каротиноїдів штамми Ls-08 та Fh-18 можна рекомендувати внесення до стандартного ГПС фруктози, а для штаму Ff-1201 – сахарози. З метою індукції синтезу поліфенолів штамми Ff-1201 та Fh-18 доцільно внесення до стандартного ГПС манози, а для штаму Ls-08 – сахарози.

Ключові слова: базидіоміцети, міцелій, культуральний фільтрат, поліфеноли, каротиноїди

О. В. Федотов, А. К. Велигодская

РЕГУЛЯЦИЯ СИНТЕЗА ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ НЕКОТОРЫМИ ШТАММАМИ БАЗИДИОМИЦЕТОВ

*Донецкий национальный университет
ул. Университетская, 24, г. Донецк, 83000, Украина
e-mail: bio.graff@yandex.ua*

Исследовано влияние определенных углеродсодержащих соединений, как дополнительных компонентов глюкозо-пептонной среды (ГПС), на интенсивность синтеза полифенольных веществ и каротиноидов некоторыми штаммами базидиальных грибов при культивировании поверхностным методом. Общее содержание полифенольных веществ устанавливали в спиртовых вытяжках по модифицированной методике Фоллина-Чокальтеу, а каротиноидов – в ацетоновых вытяжках микологического материала спектрофотометрическим методом, и рассчитывали по формуле Ветштейна.

В качестве углеродсодержащих компонентов ГПС использовано 13 соединений, принадлежащие к моно-, олиго- и полисахаридам и карбоновым кислотам. Установлено влияние 13 углеродсодержащих соединений на накопление биомассы,



каротиноидов и полифенолов штаммами базидиомицетов – *L. sulphureus* Ls-08, *F. fomentarius* Ff-1201 и *F. hepatica* Fh-18. С целью индукции синтеза каротиноидов штаммами Ls-08 и Fh-18 можно рекомендовать внесение в стандартную ГПС фруктозы, а для штамма Ff-1201 – сахарозы. С целью индукции синтеза полифенолов штаммами Ff-1201 и Fh-18 целесообразно внесение в стандартную ГПС маннозы, а для штамма Ls-08 – сахарозы.

Ключевые слова: базидиомицеты, мицелий, культуральный фильтрат, полифенолы, каротиноиды

O. V. Fedotov, A. K. Veligodska

**REGULATION OF THE SYNTHESIS OF POLYPHENOLIC SUBSTANCES
BY SOME BASIDIOMYCETES STRAINS**

Donetsk National University

e-mail: bio.graff@yandex.ua

The effect of specific carbon-containing compounds as additional components glucose-peptone medium (GPM), the intensity of the polyphenolic substances and carotenoids synthesis by some strains was investigated by surface cultivating basidiomycetes. The total content of polyphenolic substances set out in alcoholic extracts of the modified procedure by Folin-Chokalteu and in acetone carotenoids extracts of mycological material by spectrophotometric method and calculated by Vetshteyn formula.

In GPM we used 13 carbonaceous components compounds belonging to mono-, oligo- and polysaccharides and carboxylic acids The effect of the 13 carbon-containing compounds on the accumulation of biomass, carotenoids and polyphenols Basidiomycetes strains *L. sulphureus* Ls-08, *F. fomentarius* Ff-1201 and *F. hepatica* Fh-18 was identified. For the purpose of inducing the synthesis of carotenoids by strains Ls-08 and Fh-18 may recommend changes in the standard GPS by fructose, and for strain Ff-1201 by sucrose. In order to induce synthesis of polyphenols strains Ff-1201 and Fh-18 to make appropriate standard GPS by mannose and for strain Ls-08 by sucrose.

Keywords: Basidiomycetes, mycelium, culture filtrate, polyphenols, carotenoids

Масштабне дослідження базидіальних грибів базується на їх здатності до синтезу цілого ряду біологічно активних речовин (БАР) – перспективних до використання у медицині та різних галузях промисловості (Бабицкая, 2008; Бадяян, 1998; Денисова, 1998). Такі дослідження мають декілька етапів, основними з яких є виділення та створення колекцій чистих культур, вивчення культурально-морфологічних та біосинтетичних характеристик штамів, розробка способів їх культивування та отримання БАР. Виходячи з цього, оптимізація складу живильного середовища, яке б дозволяло отримати стандартну продукцію із заданими властивостями є одним з базових прийомів біотехнології (Дудка, 1982; Asatiani, 2010; Wasser, 2010).

Останні роки увагу дослідників привертають поліфенольні речовини – органічні сполуки, що характеризуються присутністю у молекулі більш ніж

однієї фенольної групи. До цієї гетерогенної групи входять декілька підгруп органічних речовин, в тому числі каротиноїди, поліфеноли, флавоноїди, таніни, меланіни тощо. Нормалізуючи і регулюючи основні життєві функції клітин, вони відіграють істотну роль у формуванні стресостійкості та адаптації організмів (Никитина, 2007; Сысоева 2005). Ці властивості поліфенолів обумовлюють їх широке практичне використання та актуальність пошуку нових продуцентів таких сполук (Wasser, 2010; Сысоева 2005).

В результаті попередніх досліджень вивчено загальний вміст поліфенольних речовин та каротиноїдів у карпофорах 50 видів базидіоміцетів з яких 27 належать до порядку *Polyporales* та 23 – порядку *Agaricales* (Велигодская, 2012; Федотов 2012). Результати досліджень стали основою виділення та подальшого вивчення штамів базидіоміцетів – перспективних продуцентів поліфенольних речовин. Внаслідок цих досліджень відібрано штами *Laetiporus sulphureus* Ls-08, *Fomes fomentarius* Ff-1201 та *Fistulina hepatica* Fh-18 – перспективні продуценти для подальших досліджень з метою отримання поліфенолів і каротиноїдів як міцеліального так і позаклітинного походження (Федотов 2012).

Встановлено, що інтенсивність метаболічних процесів у грибному організмі суттєво залежить від чинників навколишнього середовища при дослідженнях *in-situ* та від факторів культивування при дослідженнях *ex-situ* (Гесслер, 2003; Линовицкая, 2008). Оскільки поліфенольні речовини є вторинними метаболітами, існує можливість регуляції синтезу поліфенолів та каротиноїдів шляхом зміни складу живильних середовищ і умов культивування штамів-продуцентів (Сааков, 2003). Відомо, що дереворуйнівні базидіоміцети здатні засвоювати різноманітні цукри, такі як пентози, галактози, полісахариди типу геміцелюлоз, крохмаль, інулін та ін. Для ряду культур встановлені видові та індивідуальні особливості утилізації певних вуглецевісних сполук. Також доведено, що рівень живлення і співвідношення його компонентів в субстраті, особливо джерел вуглецю і азоту може різко змінювати біосинтетичну функцію цих організмів (Беккер, 1998; Пирог, 2010). Отже, в залежності від типу джерела вуглецевого живлення базидіальні гриби мають різну динаміку накопичення біомаси і зміни рН культуральної рідини, ферментативної активності та біосинтезу тощо.

Виходячи з вищезазначеного, метою роботи було вивчення впливу різних джерел вуглецевого живлення на ріст та синтез поліфенольних сполук деякими штамми базидіальних грибів.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктами дослідження були 3 штами: *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill Ls-08, *Fomes fomentarius* (L.) Fr. Ff-1201 – з порядку *Polyporales* та *Fistulina hepatica* (Schaeff.) Sibth Fh-18 – порядку *Agaricales* [9]. Штами культивували поверхнево в колбах Ерленмейера ємністю 250 мл на глюкозо-пептонному середовищі (ГПС, контроль) та його модифікаціях (дослід) об'ємом 50 мл з вихідним рН₀=6,5±0,2

ISSN 2225-5486 (Print), ISSN 2226-9010 (Online). Біологічний вісник МДПУ. 2014. №1



од. Склад ГПС, г/ л: глюкоза – 10,0; пептон – 3,0; KH_2PO_4 – 0,6; K_2HPO_4 – 0,4; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5; CaCl_2 – 0,05; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,001. Модифіковані середовища, замість глюкози містили 13 вуглецевмісних сполук (табл. 1), в кількості, перерахованій на вміст вуглецю у глюкозі. рН модифікованих варіантів ГПС доводився до вихідного рН.

Інокулюмом слугували 10-ти денні міцеліальні культури штамів, що вирощувались на сусло-агарі. Температура культивування – $27 \pm 1^\circ\text{C}$, термін – 12 діб. Умови та час культивування штамів встановлені виходячи з результатів попередніх досліджень, де максимума вмісту поліфенольних речовин припадали на період їх експоненціального росту, і пояснюється недоцільністю довгострокового культивування продуцентів (Велигодская, 2012; Федотов 2012; Пирог, 2010).

Матеріалами досліджень були міцелії і культуральний фільтрат (КФ, СФ) 12-денних культур досліджуваних штамів, які готували наступним чином. Міцелії при $5 \pm 1^\circ\text{C}$ відділяли від культуральної рідини шляхом фільтрування. Абсолютно суху біомасу (АСБ, АDB) міцелію визначали ваговим методом (Дудка, 1982). Отриманий міцелій додатково підсушували на фільтрувальному папері і охолоджували до $1 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Підготовлений міцелій гомогенізували шляхом розтирання у стерильній ступці, а потім розбавляли дистильованою водою у співвідношенні 1:10 і центрифугували протягом 10 хвилин.

Визначення кількості каротиноїдів та поліфенолів проводили в міцелії – на одиницю маси, г та КФ – на одиницю об'єму, мл. Загальний вміст поліфенольних речовин установлювали у спиртових витяжках за модифікованою методикою Фоліна-Чокальтеу (Сысоева 2005), а каротиноїдів – у ацетонових витяжках мікологічного матеріалу спектрофотометричним методом та розраховували за формулою Ветштейна (Мусяненко, 2001).

Дослідження проводили у трикратній повторності. Статистичну обробку проводили з використанням програм для проведення статистичної обробки результатів біологічних експериментів. Достовірною вважалася різниця за рівня вірогідності $P > 0,95$ (Приседський, 1999).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результатами вивчення впливу деяких вуглецевмісних сполук на накопичення біомаси та біосинтез поліфенолів та каротиноїдів трьох досліджених штамів базидіоміцетів приведені в табл. 1-3. Зокрема, експериментальні дані досліджу для штаму *L. sulphureus* Ls-08 та їх статистичний аналіз свідчать про наступне (табл. 1).

Найвищий показник накопичення АСБ штамом Ls-08 спостерігається при його культивуванні на середовищах з фруктозою та сахарозою і перевищує контрольне значення цього показнику у 1,4 та 1,2 рази відповідно. Найнижчі показники АСБ цього штаму зафіксовані на модифікаціях ГПС з карбоновими кислотами та досягають мінімуму з бурштиновою кислотою. Щодо показників

pH КФ, зазначимо, що у варіантах модифікації ГПС з ксилозою, лактозою, рафінозою, крохмалем та целюлозою вони вище, а у варіантах з арабінозою, манозою, фруктозою, сахарозою, щавлевою, яблучною та бурштиною кислотами – нижче контролю.

Таблиця 1. Вплив джерел вуглецю на ріст і синтез поліфенольних речовин у штамом *Leptotrichus sibiricus* Le-08
Table 1. Effect of carbon sources on growth and synthesis of polyphenolic substances strain *Leptotrichus sibiricus* Le-08

Вуглецеві сполуки Carbon compounds	АБВ, г/л ADB, g/l	pH КФ pH CF	Каротиноїди, мг/г (м.л.) Carotenoids, mg/g (ml)		Поліфеноли, мг/г (м.л.) Polyphenols, mg/g (ml)	
			Міцелій Mycelium	КФ CF	Міцелій Mycelium	КФ CF
D-(+)-арабіноза	1,24 ± 0,02*	5,28	3,89 ± 0,06*	0,09 ± 0,01*	67,21 ± 0,06*	5,03 ± 0,21*
D-(+)-ксилоза	1,48 ± 0,04	5,94	2,33 ± 0,11*	0,10 ± 0,01*	72,18 ± 0,11*	6,51 ± 0,15*
DL-люкоза (контроль)	1,56 ± 0,09	5,41	5,13 ± 0,21	0,13 ± 0,01	78,06 ± 0,34	6,82 ± 0,13
D-(+)-маноза	1,49 ± 0,01	5,30	3,96 ± 0,12*	0,12 ± 0,01	73,19 ± 0,18*	6,61 ± 0,22
D-(+)-фруктоза	2,18 ± 0,04*	4,72	6,87 ± 0,16*	0,17 ± 0,03*	77,59 ± 0,15	6,55 ± 0,09*
D-(+)-лактоза	1,09 ± 0,04*	5,94	Олігосахариди (дисахариди) Oligosaccharides (disaccharides)		54,81 ± 0,30*	2,77 ± 0,15*
DL-сахароза	1,89 ± 0,02*	5,16	2,15 ± 0,01*	0,05 ± 0,01*	86,38 ± 0,72*	8,45 ± 0,28*
DL-рафіноза	1,64 ± 0,11	5,57	5,03 ± 0,01	0,11 ± 0,02	79,02 ± 1,07	6,74 ± 0,05
Крохмаль	1,02 ± 0,03*	5,83	4,96 ± 0,04	0,12 ± 0,01	45,50 ± 0,02*	3,49 ± 0,01*
Целюлоза	1,22 ± 0,10*	5,65	1,99 ± 0,16*	0,04 ± 0,01*	59,19 ± 0,13*	5,61 ± 0,04*
Щавлева к-та	0,55 ± 0,01*	4,91	3,36 ± 0,03*	0,09 ± 0,02*	39,21 ± 0,05*	2,03 ± 0,01*
Бурштинова к-та	0,39 ± 0,02*	5,29	Полісахариди Polysaccharides		43,17 ± 0,04*	2,84 ± 0,03*
Яблучна к-та	0,67 ± 0,04*	5,34	1,27 ± 0,03*	0,03 ± 0,01*	42,69 ± 0,21*	2,99 ± 0,04*
			1,58 ± 0,10*	0,05 ± 0,01*		
			1,44 ± 0,01*	0,07 ± 0,01*		
			Карбонові кислоти Carboxylic acids			

Примітка: *^{a, b} – різниця достовірна порівняно з контролем.

Note: ^{a, b} – significant difference compared with control.



За результатами дослідження у 83% варіантів модифікацій ГПС в міцелії та у 75% в КФ встановлено достовірний вплив вуглецевмісних речовин на синтез каротиноїдів. Так, максимум накопичення цих речовин для штаму Ls-08 спостерігається при його культивуванні на середовищі з фруктозою, де в міцелії і КФ вміст цих речовин в 1,3 рази вище за контроль. У решти варіантів дослідження зафіксоване гальмування синтезу каротиноїдів. Мінімуму цей показник досягає при культивуванні штаму Ls-08 на середовищі зі щавлевою кислотою та є достовірно нижчим за контроль у 4,1 рази в міцелію та у 4,3 рази в КФ.

За результатами вивчення впливу вуглецевмісних речовин на синтез поліфенолів у міцелії та КФ встановлено їх достовірний вплив у 75% та у 83% варіантах ГПС відповідно. Найвище накопичення поліфенолів зафіксоване на середовищі з сахарозою, де цей показник в міцелії і культуральному фільтраті перевищує контрольні значення у 1,1 та 1,2 рази відповідно. Мінімум цього показника, як і у випадку з каротиноїдами, зафіксовано при культивуванні штаму Ls-08 на середовищі зі щавлевою кислотою.

Отже, з метою індукції синтезу каротиноїдів штамом *L. sulphureus* Ls-08 можна рекомендувати внесення до стандартного ГПС фруктози, а поліфенолів – сахарози.

Результати вивчення впливу джерел вуглецевого живлення на накопичення АСБ та синтез поліфенолів і каротиноїдів штамом *F. fomentarius* Ff-1201 представлено в табл. 2.

Встановлено, що максимум накопичення АСБ спостерігається при культивуванні штаму Ff-1201 на модифікаціях ГПС з сахарозою та манозою, де цей показник перевищує контрольне значення у 1,3 та 1,2 рази відповідно. На варіантах середовища з карбоновими кислотами штам Ff-1201 накопичує мінімальні кількості АСБ, а при додаванні щавлевої кислоти – майже не росте. У варіантах модифікації ГПС з арабінозою, ксилозою, лактозою, крохмалем, целюлозою, щавлевою та яблучною кислотами показник рН КФ вище, а у варіантах з манозою, фруктозою, сахарозою, рафінозою та бурштиновою кислотою – нижче контролю.

Використані вуглецевмісні добавки до ГПС вірогідно впливають на накопичення каротиноїдів штамом Ff-1201 в міцелії у 82% та в КФ – у 73% дослідження відповідно. Середовище з сахарозою максимально стимулює накопичення каротиноїдів в міцелії та в КФ штаму Ff-1201, де цей показник перевищує контроль в 1,2 та 1,4 рази відповідно. При культивуванні дослідженого штаму на середовищі з бурштиновою кислотою зафіксовано мінімум накопичення каротиноїдів, який нижчий за контроль у 4,1 рази для міцелію та у 3,7 рази для КФ.

Таблиця 2. Вплив джерел вуглецевого живлення на ріст і синтез поліфенольних речовин штамом *Fomes fonticarpus* Ff-1201
 Table 2. Effect of carbon sources on growth and synthesis of polyphenolic substances strain *Fomes fonticarpus* Ff-1201

Вуглецеві сполуки Carbon compounds	АСВ, г/л ADB, g/l	рН КФ pH CF	Каротиноїди, мг/г (мл) Carotenoids, mg/g (ml)		Поліфеноли, мг/г (мл) Polyphenols, mg/g (ml)	
			Міцелій Mycelium	КФ CF	Міцелій Mycelium	КФ CF
D-(+)-арабіноза	3,24 ± 0,01	5,14	Моносахариди (пентози) Monosaccharides (pentoses)		87,21 ± 0,31	5,17 ± 0,04
D-(+)-ксилоза	2,84 ± 0,02*	5,38	2,19 ± 0,03*	0,08 ± 0,01*	81,19 ± 0,07*	4,55 ± 0,10*
DL-глюкоза (контроль)	3,21 ± 0,11	4,98	2,75 ± 0,05	0,12 ± 0,02	90,01 ± 3,19	5,33 ± 0,18
D-(+)-маноза	3,89 ± 0,14*	4,53	3,02 ± 0,34	0,11 ± 0,01	101,68 ± 2,14*	6,94 ± 0,22*
D-(+)-фруктоза	3,26 ± 0,09	4,90	2,28 ± 0,06*	0,07 ± 0,01*	93,19 ± 0,85	5,01 ± 0,17
D-(+)-лактоза	1,58 ± 0,05*	5,29	2,94 ± 0,03	0,10 ± 0,01	66,27 ± 0,14*	4,19 ± 0,03*
DL-сахароза	4,11 ± 0,16*	5,03	Олігосахариди (дисахариди) Oligosaccharides (disaccharides)		97,52 ± 1,12*	6,08 ± 0,33*
DL-рафіноза	3,14 ± 0,04	4,85	1,40 ± 0,02*	0,06 ± 0,01*	85,12 ± 0,07*	5,41 ± 0,05
Крохмаль	2,26 ± 0,08*	5,82	3,74 ± 0,03*	0,15 ± 0,01*	55,29 ± 0,17*	3,48 ± 0,04*
Целюлоза	3,17 ± 0,13	5,57	Олігосахариди (трисахариди) Oligosaccharides (trisaccharides)		94,53 ± 2,08	5,22 ± 0,37
Щавлева к-та	0,01*	6,39	2,59 ± 0,13*	0,10 ± 0,01	0	0
Бурштинова к-та	0,81 ± 0,09*	4,48	Полісахариди Polysaccharides		43,77 ± 0,03*	1,92 ± 0,05*
Яблучна к-та	0,54 ± 0,01*	5,09	1,64 ± 0,02*	0,06 ± 0,01*	31,12 ± 0,02*	1,83 ± 0,12*
			2,73 ± 0,07*	0,09 ± 0,01*		
			Карбонові кислоти Carboxylic acids			
			0	0		
			0,75 ± 0,01*	0,03 ± 0,01*		
			0,89 ± 0,04*	0,05 ± 0,01*		

Примітка: *¹, *² - різниця достовірна порівняно з контролем; *⁰ - вміст не зафіксовано.

Notes: *¹, *² - significant difference compared to control; *⁰ - the content is not fixed.



Встановлено, що в 73 % досліді в міцелії та в 64 % в КФ штаму Ff-1201 накопичення поліфенолів вірогідно відрізняється від контролю.

Максимум накопичення поліфенолів спостерігається на середовищі з манозою, де вміст поліфенолів в міцелії та культуральному фільтраті перевищує контрольні значення у 1,1 та 1,3 рази відповідно. Мінімум цього показника як в міцелії так і в КФ штаму Ff-1201 зафіксовано при його культивуванні на середовищі з яблучною кислотою.

Отже, з метою індукції синтезу каротиноїдів штамом *F. fomentarius* Ff-1201 можна рекомендувати внесення до стандартного ГПС сахарози, а поліфенолів – манози.

Результати вивчення впливу вуглецевмісних компонентів середовища на накопичення АСБ та синтез поліфенольних речовин штамом *F. hepatica* Fh-18 представлено в табл. 3.

Як і в попередніх дослідіах, джерела вуглецевого живлення впливають на накопичення АСБ штамом Fh-18. Найвищий цей показник спостерігається при культивуванні штаму Fh-18 на середовищах із фруктозою та манозою, де він перевищує контрольне значення у 1,4 та 1,2 рази відповідно. Середовища з карбоновими кислотами характеризуються найнижчим накопиченням АСБ, а з малатом – і каротиноїдів та поліфенолів. У варіантах модифікації ГПС з арабінозою, лактозою, рафінозою, крохмалем і целюлозою показник рН КФ вище, а у варіантах з ксилозою, манозою, фруктозою, сахарозою, щавлевою, яблучною та бурштиноювою кислотою – нижче контролю.

За результатами дослідіу у всіх варіантів модифікацій ГПС в міцелії та у 83% в КФ встановлено достовірний вплив вуглецевмісних речовин на синтез каротиноїдів штамом Fh-18. Максимум накопичення цих речовин в міцелії та КФ спостерігається при культивуванні штаму на середовищі з фруктозою і перевищує в 1,2 та в 1,3 рази контрольні значення відповідно.

За результатами вивчення впливу вуглецевмісних речовин на синтез поліфенолів у міцелії та КФ встановлено їх достовірний вплив у 83% та у 67% модифікацій ГПС відповідно. Накопичення поліфенолів як в міцелії, так і в культуральному фільтраті є найвищим на середовищі з манозою і перевищує контроль у 1,3 та 1,4 рази відповідно.

Отже, з метою індукції синтезу каротиноїдів штамом *F. hepatica* Fh-18 можна рекомендувати внесення до стандартного ГПС фруктози, а поліфенолів – манози.

Таблиця 3. Вплив джерел вуглецевого живлення на ріст і синтез поліфенольних речовин штамом *Fistulina hepatica* Fh-18
 Table 3. Effect of carbon sources on growth and synthesis of polyphenolic substances strain *Fistulina hepatica* Fh-18

Вуглецеві сполуки Carbon compounds	АСВ, г/л ADB, g/l	рН КФ pH CF	Каротиноїди, мг/г (мл) Carotenoids, mg/g (ml)		Поліфеноли, мг/г (мл) Polyphenols, mg/g (ml)	
			Міцелій Mycelium	Міцелій Mycelium	КФ CF	КФ CF
D-(+)-арабіноза	2,65 ± 0,03*	5,45	Міцелій Mycelium	Міцелій Mycelium	КФ CF	КФ CF
D-(+)-глюкоза	2,98 ± 0,22	5,19	Моносахариди (пентози) 3,09 ± 0,01*	Моносахариди (пентози) 0,13 ± 0,02*	94,52 ± 2,49*	5,13 ± 0,06
D-(-)-глюкоза (контроль)	3,14 ± 0,08	5,27	2,76 ± 0,04*	0,18 ± 0,02	96,88 ± 4,01*	5,09 ± 0,10
D-(+)-маноза	3,92 ± 0,22*	5,01	Моносахариди (гексози) 3,44 ± 0,10	0,22 ± 0,03	102,89 ± 2,63	5,38 ± 0,41
D-(+)-фруктоза	4,26 ± 0,14*	4,76	2,94 ± 0,02*	0,16 ± 0,01*	121,62 ± 3,47*	7,29 ± 0,04*
D-(+)-лактоза	2,72 ± 0,13*	5,68	4,35 ± 0,22*	0,28 ± 0,01*	103,17 ± 4,04	5,32 ± 0,14
D-(-)-сахароза	3,23 ± 0,05*	5,11	Олігосахариди (дисахариди) 1,82 ± 0,09*	0,11 ± 0,01*	76,45 ± 0,79*	3,91 ± 0,13*
D-(-)-рафіноза	2,95 ± 0,14	5,33	2,89 ± 0,02*	0,20 ± 0,01	94,14 ± 4,38*	5,14 ± 0,09
Крохмаль	2,19 ± 0,13*	5,44	Олігосахариди (трисахариди) 3,02 ± 0,01*	0,12 ± 0,01*	88,32 ± 1,64*	4,81 ± 0,02*
Целюлоза	2,37 ± 0,02*	5,57	Полісахариди 2,48 ± 0,03*	0,08 ± 0,01*	97,20 ± 3,71	3,98 ± 0,08*
Щавлева к-та	1,02 ± 0,03*	4,83	2,30 ± 0,01*	0,15 ± 0,01*	81,73 ± 5,93*	4,39 ± 0,02*
Бурштинова к-та	0,65 ± 0,02*	5,16	Карбонові кислоти 1,14 ± 0,02*	0,10 ± 0,01*	54,19 ± 1,45*	4,13 ± 0,41*
Яблучна к-та	0,44 ± 0,01*	5,24	1,15 ± 0,03*	0,08 ± 0,01*	43,41 ± 0,14*	2,98 ± 0,06*
			0,92 ± 0,05*	0,05 ± 0,01*	31,52 ± 0,19*	1,46 ± 0,02*

Примітка: *⁵ - різниця достовірна порівняно з контролем.

Note: *⁵ - significant difference compared with control.



ВИСНОВКИ

Таким чином, встановлено вплив 13 вуглецевмісних сполук на накопичення біомаси та каротиноїдів і поліфенолів штамів базидіоміцетів – *L. sulphureus* Ls-08, *F. fomentarius* Ff-1201 та *F. hepatica* Fh-18. Виявлено індивідуальний достовірний відгук цих штамів за реєстрованими культурально-морфологічними показниками на внесення цих сполук до глюкозо-пептонного середовища. З метою індукції синтезу каротиноїдів штамми Ls-08 та Fh-18 можна рекомендувати внесення до стандартного ГПС фруктози, а для штаму Ff-1201 – сахарози. З метою індукції синтезу поліфенолів штамми Ff-1201 та Fh-18 доцільно внесення до стандартного ГПС манози, а для штаму Ls-08 – сахарози. Результати дослідження можуть бути використані у оптимізації живильних середовищ для культивування штамів – перспективних продуцентів поліфенольних речовин.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Физиологически активные соединения плодовых тел ксилотрофных базидиомицетов / В.Г. Бабицкая, В.В. Трухоновец, Д.А. Смирнов, В.В. Щерба, О.В. Осадчая, Т.В. Филимонова, Т.В. Черноок // Современная микология в России. Тезисы докладов второго съезда микологов России. – М., 2008. – С. 118-119.
- Бадалян С.М. Биологическая активность высших грибов (*Basidiomycotina*) / С.М. Бадалян // Биол. Ж. Армении. – 1998. – Т. 51, вып. 4. – С. 289-301.
- Денисова Н.П. Лечебные свойства грибов. Этномикологический очерк. / Н.П. Денисова //– СПб, 1998. – 59 с.
- Дудка И.А. Методы экспериментальной микологии. Справочник. / И.А. Дудка, С.П. Вассер, И.А. Элланская. – К.: Наук. думка, 1982. – 550 с.
- Asatiani M.D. Higher basidiomycetes mushrooms as a source of antioxidants / M.D. Asatiani, G. Elisashvili, A.Z. Songulashvili, V. Reznick, S.P. Wasser // Progress in Mycology. – 2010. – P. 311–327
- Wasser S.P. Medicinal mushroom Science: History, Current Status, Future Trends, and Unsolved problems / S.P. Wasser // Int. J. Med. Mush. – 2010. – 12 (1). – P. 1–16.
- Никитина В.С. Антибактериальная активность полифенольных соединений, выделенных из растений семейств Geraniaceae и Rosaceae / В.С. Никитина; Л.Ю. Кузьмина, А.И. Мелентьев, Г.В. Шендель // Прикладная биохимия и микробиология. – 2007. – Т. 43, N 6. – С. 705–712.
- Сысоева М.А. Структурная организация и свойства полифенолов чаги / М.А. Сысоева, О.Ю. Кузнецова, В.С. Гамаюрова // Вестник Казанского технологического университета (КГТУ). 2005. – №1. – С. 244–250.
- Велигодська А.К. Порівняльна характеристика загального вмісту каротиноїдів у деяких видів базидіальних грибів / А.К. Велигодська, О.В. Федотов // Мікробіологія і біотехнологія. – Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечнікова, 2012. – №. 4(20). –

С. 84-101.

Федотов О.В. Загальний вміст поліфенольних речовин у деяких видів базидіоміцетів / О.В. Федотов, А.К. Велигодська // Мікробіологія і біотехнологія. – Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечнікова, 2012. – №. 3(19). – С. 44-55.

Гесслер Н.Н. Участие β-каротина в антиоксидантной защите грибной клетки. / Н.Н.Гесслер, А.В. Соколов, Т.А. Белозерская // Прикладная биохим. и микробиол. 2003. Т 39. № 4. с.427-429.

Влияние различных источников азота и углерода на рост высших дереворазрушающих базидиальных грибов / В.М. Линовицкая, Л.П. Дзыгун, И.Р. Клечак, А.С. Бухало // Современная микология в России. Тезисы докладов второго съезда микологов России. – М., 2008. – С. 335.

Сааков В.С. Альтернативные пути биосинтеза каротиноидов у *Procaryota* и *Eucaryota* // Докл. АН России. – 2003. – Т. 392. – № 6. – С. 825–831.

Беккер З.Э. Физиология и биохимия грибов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. – 230 с.

Пирог Т.П. Загальна мікробіологія / Т.П. Пирог. – К.: НУХТ, 2010. – 623 с.

Мусяенко М.М. Спектрофотометрические методы в практике физиологии, биохимии и экологии растений / М.М. Мусяенко, Т.В. Паршикова, П.С. Славный. – К.: Фитосоциоцентр, 2001. – 200 с.

Приседський Ю.Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів / Ю.Г. Приседський. – Донецьк: Кассиопея, 1999. – 210 с.

REFERENCES

Babickaya, V.G., Truhonovets, V.V., Smirnov, D.A., Szczerba, V.V. (2008).

Physiologically active compounds of the fruiting bodies of xylotrophic basidiomycetes. Modern Mycology in Russia. Abstracts of the Second Congress of the Russian mycologists.

Badaljan, S.M. (1998). The biological activity of higher fungi (Basidiomycotina). Biol.

J. Armenia. 51, 289-301.

Denisova, N.P. (1998). Healing properties of mushrooms. St. Petersburg, Nauka.

Dudka, I.A., Wasser, S.P. (1982). Methods of Experimental Mycology. Kiev, Nauka.



Asatiani, M.D., Elisashvili, G., Songulashvili, A.Z., Reznick, V., Wasser, S.P. (2010)

Higher basidiomycetes mushrooms as a source of antioxidants. *Progress in Mycology*. 3(24), 311-327

Wasser S.P. (2010). Medicinal mushroom Science: History, Current Status, Future Trends, and Unsolved problems *Int. J. Med. Mush.* 1 (12), 1-16.

Nikitina, V.S., Kuzmin, L.Y., Melent'ev, A.L., Schendel, G.V. (2007). Antibacterial activity of polyphenolic compounds isolated from plants of the families *Geranieceae* and *Rosaceae*. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 6 (43), 705-712:

Sysoeva, M.A., Kuznetsova, O.V., Gamayurova, V.S. (2005). Structural organization and properties of fungus polyphenols. *Bulletin of Kazan State Technological University*. 1, 244-250.

Velygodska, A.K., Fedotov, O.V. (2012). The comparative characteristic of general carotenoid content in some species of basidiomycetes. *Microbiology and Biotechnology*. 4 (20), 84-101.

Fedotov, O.V., Velygodska, A.K. (2012). Total polyphenol content in some species of basidiomycetes. *Microbiology and Biotechnology*. 3 (19), 44-66.

Gessler, N.N., Sokolov, A.B., Belozerskaya, T. (2003). The participation of β -carotene in antioxidant protection of fungal cells. *Applied Biochemistry. and microbiology*. 4 (39), 427-429.

Linovizkaya, V.M., Dzygun, L.P., Klechak, I.R. (2008). The effect of different sources of carbon and nitrogen on the growth of wood-destroying higher Basidiomycetes. *Modern Mycology in Russia. Abstracts of the Second Congress of the Russian mycologists.*

Saakov, V.S. (2003). Alternative ways of carotenoid biosynthesis in *Procaryota* and *Eucaryota*. *Reports Russian Academy of Sciences.* (6) 392, 825-831.

Becker, Z.E. (1988). *Physiology and biochemistry of fungi.* Moscow: Moscow University Press.

Pirog, T.P. (2010). *General microbiology.* Kiev, NUHT.

Musienko, M.M., Parshikova, T.V., Slavniy, P.S. (2001) Spectrophotometric methods in the practice of physiology, biochemistry and ecology of plants. Kiev, Naukova Dumka.

Prisedsky, J.G. (2005). *The software package for statistical analysis of the results of biological experiments.* Donetsk: Donetsk National University.

Поступила в редакцию 10.12.2013

Как цитировать:

Велигодська, А.К., Федотов, О.В. (2014). Регуляція синтезу поліфенольних речовин деякими штамми базидіоміцетів. *Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого*, 4 (1), 35-47.

crossref <http://dx.doi.org/10.7905/bbmstu.v4i1.788>

© **Велигодська, Федотов, 2014**

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 3.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).