



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj77.02.117>

## Вплив умов культивування на накопичення біомаси та ендополісахаридів грибами роду *Ganoderma* (*Ganodermataceae*)

Данило О. БОРОМЕНСЬКИЙ, Ніна А. БІСЬКО

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України  
вул. Терещенківська 2, Київ 01004, Україна  
[danylo.boromenskyi@gmail.com](mailto:danylo.boromenskyi@gmail.com)

Boromenskyi D.O., Bisko N.A. 2020. **Influence of cultivation conditions on biomass and endopolysaccharide production by species of the genus *Ganoderma* (*Ganodermataceae*).** *Ukrainian Botanical Journal*, 77(2): 117–124.

M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine  
2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01004, Ukraine

**Abstract.** Influence of liquid static and submerged cultivation conditions on production of biomass and endopolysaccharides in the mycelia of ten strains of seven species of the genus *Ganoderma* from the Mushroom Culture Collection (IBK) was investigated. The selected strains were cultivated in a liquid glucose-peptone-yeast medium for 14 days. For biomass production, submerged cultivation was more advantageous, as compared to liquid static cultivation, for all studied strains except *G. oregonense* 2560. Effect of the submerged cultivation method on the content of polysaccharides in the mycelium was demonstrated only for four investigated strains of *Ganoderma* (*G. tsugae* 2566, 2024 and *G. resinaceum* 2503, 2477). The strain *G. oregonense* 2560 contained the highest percentage of endopolysaccharides in the mycelium (8.2%) obtained using the method of liquid static cultivation. The highest mycelium biomass was produced in liquid static culture by the strains *G. resinaceum* 2477, 2503 (9.4 g/l), *G. oregonense* 2560 (9.3 g/l), and *G. applanatum* 1899 (9.0 g/l). The highest biomass value (20.7 g/l) and the highest yield of endopolysaccharides (1.58 g/l) were obtained in mycelium of *G. tsugae* 2024 in submerged culture. For *G. tsugae* and *G. resinaceum*, a strain specificity in endopolysaccharides content under submerged and static liquid cultivation was established. Data on the production of biomass and endopolysaccharides by the studied strains of *G. carnosum* and *G. oregonense* were obtained for the first time.

**Keywords:** *Ganoderma oregonense*, *Ganoderma carnosum*, *Ganoderma sinense*, liquid static cultivation, submerged cultivation

Submitted 10 October 2019. Published 29 April 2020

Бороменський Д.О., Бісько Н.А. 2020. **Вплив умов культивування на накопичення біомаси та ендополісахаридів грибами роду *Ganoderma* (*Ganodermataceae*).** *Український ботанічний журнал*, 77(2): 117–124.

**Реферат.** Досліджено вплив умов поверхневого та глибинного культивування на накопичення біомаси та вміст ендополісахаридів у міцелії 10 штамів семи видів грибів роду *Ganoderma* з Колекції культур шапинкових грибів (ІБК) Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. Обрані штами були культивовані на глюкозо-пептон-дріжджовому рідкому живильному середовищі методами поверхневого та глибинного культивування впродовж 14 діб. При порівнянні даних щодо накопичення біомаси було віддано перевагу використанню методу глибинного культивування міцелію над методом поверхневого культивування для всіх штамів окрім *G. oregonense* 2560. Суттєво спосіб глибинного культивування впливає на підвищення вмісту ендополісахаридів у міцелії тільки чотирьох досліджених штамів грибів: *G. tsugae* 2566, 2024, *G. resinaceum* 2503, 2477. При використанні методу поверхневого культивування найбільшу кількість ендополісахаридів у міцелії – 8,2% містив штам *G. oregonense* 2560; найбільшу біомасу міцелію накопичували штами *G. resinaceum* 2477, 2503 – 9,4 г/л, *G. oregonense* 2560 – 9,3 г/л і *G. applanatum* 1899 – 9,0 г/л. Штам *G. tsugae* 2024 накопичує найбільшу кількість біомаси – 20,7 г/л та характеризується найвищою продуктивністю ендополісахаридів – 1,58 г/л при використанні методу глибинного культивування. Встановлено штамову специфічність видів *G. tsugae* та *G. resinaceum*, що проявлялася у вмісті ендополісахаридів за умов обох типів культивування. Вперше отримані дані щодо накопичення біомаси міцелію та ендополісахаридів штамами *G. carnosum* та *G. oregonense*.

**Ключові слова:** глибинне культивування, поверхневе культивування, *Ganoderma oregonense*, *Ganoderma carnosum*, *Ganoderma sinense*

© 2020 D.O. Boromenskyi, N.A. Bisko. Published by the M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

## Вступ

Представники роду *Ganoderma* P.Karst. (*Ganodermataceae* Donk) викликають білу гниль деревини як хвойних, так і листяних порід (Leung, 2002). Гриби цього роду продукують різноманітні біологічно активні речовини, а саме: полісахариди, більш ніж 150 типів тритерпеноїдів різного складу, в т. ч. ганодерові кислоти (Isabel et al., 2015; Al-Maali et al., 2016; Belova, 2016), протеїни, амінокислоти, (Wasser, 2010; Buchalo et al., 2011), цитокініни (Vedenicheva et al., 2018). Вищевказані речовини впливають на організм людини, проявляючи протипухлинні, протівірусні, антибактеріальні, антиоксидантні та інші властивості (Mizuno et al., 1995; Buchalo et al., 2011; Bisko et al., 2012). У країнах Азії, зокрема в Японії та Китаї, кілька тисяч років широко застосовуються у народній медицині плодове тіла *Ganoderma lucidum* P.Karst. під назвою рейші та лінчжи (Boh et al., 2007).

Було встановлено, що не тільки плодове тіла, а й міцелій грибів цього роду містить біологічно активні речовини з лікарськими властивостями, у т. ч. ендopolісахариди (Wasser, 2010). З літератури відомо, що штами *G. lucidum* та *G. applanatum* (Pers.) Pat. є основними об'єктами дослідження процесів накопичення біомаси та внутрішньоклітинних полісахаридів (Wagner et al., 2003; Babitskaya et al., 2007; Boh et al., 2007; Lee et al., 2007; Bisko et al., 2012). Перспективність використання інших видів роду *Ganoderma* як джерела зазначених речовин вивчена недостатньо (Wei et al., 2014). У літературі відсутні відомості щодо вмісту ендopolісахаридів у міцелії *G. oregonense* Murrill та накопичення біомаси і вмісту ендopolісахаридів у міцелії штамів *G. carnosum* Pat. Немає також даних про вплив поверхневого та глибинного способів культивування міцелію на кількість накопичення біомаси, вміст

та продуктивність синтезу внутрішньоклітинних полісахаридів штамами більшості видів роду *Ganoderma*.

Тому, метою нашої роботи було дослідження впливу глибинного та поверхневого методів культивування на накопичення біомаси, вміст та продуктивність ендopolісахаридів семи видів 10 штамів роду *Ganoderma*.

## Матеріали та методи

Об'єктами дослідження були штами з Колекції культур шапинкових грибів (ІВК) Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (Bisko et al., 2016) (табл. 1), для переважної більшості з яких ми проводили мікроморфологічні дослідження (Voromenskyi et al., 2019).

Для отримання інокулюму міцелій обраних штамів культивували на глюкозо-пептон-дріжджовому агарі (ГПДА), г/л: глюкоза – 25, пептон – 3, дріжджовий екстракт – 3;  $MgSO_4$  – 0,25;  $KH_2PO_4$  – 1;  $K_2HPO_4$  – 1; агар-агар – 22; рН 6,0 у чашках Петрі за температури  $26 \pm 1$  °С. При дослідженні впливу методів культивування міцелію у поверхневій та глибинній культурі використовували глюкозо-пептон-дріжджове рідке живильне середовище (ГПД), г/л: глюкоза – 25, пептон – 3, дріжджовий екстракт – 3;  $MgSO_4$  – 0,25;  $KH_2PO_4$  – 1;  $K_2HPO_4$  – 1; рН 6,0.

**Умови поверхневого культивування.** Міцелій культивували впродовж 14 діб за температури  $26 \pm 0,1$  °С у термостаті в колбах Ерленмеєра об'ємом 250 мл, що містили 50 мл живильного середовища ГПД. Інокуляцію проводили дисками міцелію культур, що були вирощені на ГПДА. По п'ять дисків діаметром 5 мм вирізали стерильною сталеву трубку на відстані 8–10 мм від краю активного росту колонії.

Таблиця 1. Список досліджених штамів видів роду *Ganoderma*

Table 1. List of investigated species and strains of *Ganoderma*

Вид	Штам	Походження культури, рік надходження до колекції ІВК
<i>Ganoderma applanatum</i> (Pers.) Pat.	1899	Україна, Крим, виділено з плодового тіла, 2006
<i>G. carnosum</i> Pat.	2502	Словаччина, "Mycoforest type culture collection", 2016
<i>G. lucidum</i> P. Karst.	1904	Виділено з плодового тіла, Україна, Крим, 2006
<i>G. resinaceum</i> Boud.	2477	Виділено з плодового тіла, Україна, 2016
	2503	Словаччина, "Mycoforest type culture collection", 2016
<i>G. sinense</i> J.D. Zhao, L.W. Hsu & X.Q. Zhang	2516	Словаччина, "Mycoforest type culture collection", 2016
<i>G. tsugae</i> Murrill	1848	Хайфа, Ізраїль, "International Centre for Cryptogamic Plants and Fungi", 2005
	2024	Отримано з колекції Таврійського державного агротехнологічного університету, 2014
	2566	Словаччина, "Mycoforest type culture collection", 2016
<i>G. oregonense</i> Murrill	2560	Словаччина, "Mycoforest type culture collection", 2016

**Умови глибинного культивування.** Міцелій вирощували впродовж 14 діб на лабораторних качалках (120 об/хв) за температури  $26 \pm 0,1$  °C у колбах Ерленмеєра об'ємом 500 мл, що містили 100 мл живильного середовища ГПД. Інокуляцію середовища проводили гомогенізованим інокулюмом, вирощеним у чашках Петрі на ГПДА. Інокулюм вносили в колби у кількості 10% об'єму живильного середовища.

Після культивування міцелій відділяли від живильного середовища шляхом фільтрації через нейлоновий фільтр та промивали калій-фосфатним буферним розчином. Потім міцелій висушували до постійної ваги за температури  $60 \pm 0,1$  °C. Кількість сухої біомаси розраховували в г/л з урахуванням маси інокулюму.

Екстракцію ендополісахаридів з біомаси проводили дистильованою водою у співвідношенні 1 : 5 упродовж 16 год у духовій шафі за  $98 \pm 0,1$  °C. Отриманий екстракт осаджували 96%-м етиловим спиртом у співвідношенні 1 : 2 до об'єму впродовж 24 год за 4 °C. Осад фільтрували при 5000 об/хв упродовж 25 хв та ресуспензували в гарячій дистильованій воді ( $90 \pm 1$ °C). Отриману фракцію ендополісахаридів висушували до постійної маси за 60 °C. Кількість ендополісахаридів визначали гравіметрично та розраховували у відсотках від сухої маси (Bisko et al., 2012).

Продуктивність синтезу ендополісахаридів визначали як кількість ендополісахаридів, утворену міцелієм, на одиницю об'єму живильного середовища впродовж певного часу культивування (Аль-Маалі, 2016).

Оскільки значна кількість світових досліджень роду *Ganoderma* була спрямована на вивчення біологічних властивостей саме *G. lucidum*, то цей вид можна вважати типовим для подібних експериментальних робіт. Отримані нами результати порівнювали з існуючими для штаму *G. lucidum* 1904.

Дослідження проводили у 4-кратній повторності, статистичну обробку – з використанням програмного забезпечення Origin (OriginLab, Northampton, Massachusetts, USA).

## Результати та обговорення

Отримані результати свідчать про те, що біомаса більшої частини досліджених штамів видів роду *Ganoderma* при культивуванні у поверхневій культурі

на ГПД-середовищі була вищою, ніж у *G. lucidum* 1904. Найбільшу біомасу міцелію при поверхневому культивуванні накопичували штами *G. resinaceum* 2477, 2503, *G. oregonense* 2560 та *G. applanatum* 1899, її кількість була на 30% більшою, ніж у *G. lucidum* 1904. Між показниками *G. sinense* 2516 та *G. lucidum* 1904 достовірної різниці не було. Кількість біомаси, що була синтезована *G. tsugae* 2024, на 20%, а штамми *G. carnosum* 2502 та *G. tsugae* 1848 – на 50% меншою, ніж у *G. lucidum* 1904 (рис. 1).

У ході дослідження була відмічена штамова специфічність процесу синтезу біомаси для виду *G. tsugae*. Так, штам *G. tsugae* 2566 накопичував на 37,5% більше біомаси, ніж *G. tsugae* 2024, та на 62,5% більше, ніж *G. tsugae* 1848. Проте така особливість була відсутня в штамів *G. resinaceum*, для них різниця в показниках біомаси була в межах статистичної похибки (рис. 1).

На другому етапі експерименту, під час використання методу глибинного культивування на ГПД-середовищі, понад половина досліджених штамів також синтезували біомасу ефективніше, ніж *G. lucidum* 1904. Однак штами *G. carnosum* 2502 та *G. sinense* 2516 накопичували на 14%, а *G. oregonense* 2560 – на 30% меншу кількість біомаси, ніж штам *G. lucidum* 1904. *Ganoderma tsugae* 2024, 2566 та *G. applanatum* 1899 показали суттєво вищий рівень синтезу біомаси, ніж усі інші досліджені штами. Їхні показники за цим параметром були, відповідно, на 40, 30 та 35% вищими, ніж у *G. lucidum* 1904. Різниця між показниками біомаси штамів *G. tsugae* 1848, *G. resinaceum* 2477, 2503 та *G. lucidum* 1904 коливалась у межах 10% (рис. 1).

Штамова специфічність росту міцелію *G. tsugae* зберіглася і при використанні методу глибинного культивування. Накопичена біомаса міцелію *G. tsugae* 2024 була майже вдвічі більшою, ніж у *G. tsugae* 1848, проте лише на 12% вищою, ніж у *G. tsugae* 2566. Між штамми *G. resinaceum* не було різниці за показником накопичення біомаси як у поверхневому, так і глибинному методах культивування (рис. 1).

Отримані результати дають підставу вважати, що використання методу глибинного культивування є ефективнішим за метод поверхневого культивування для накопичення біомаси дослідженими штамми грибів роду *Ganoderma*. Виключенням є тільки штам *G. oregonense* 2560, на накопичення біомаси якого зміна методу культивування практично не вплинула (рис. 1).

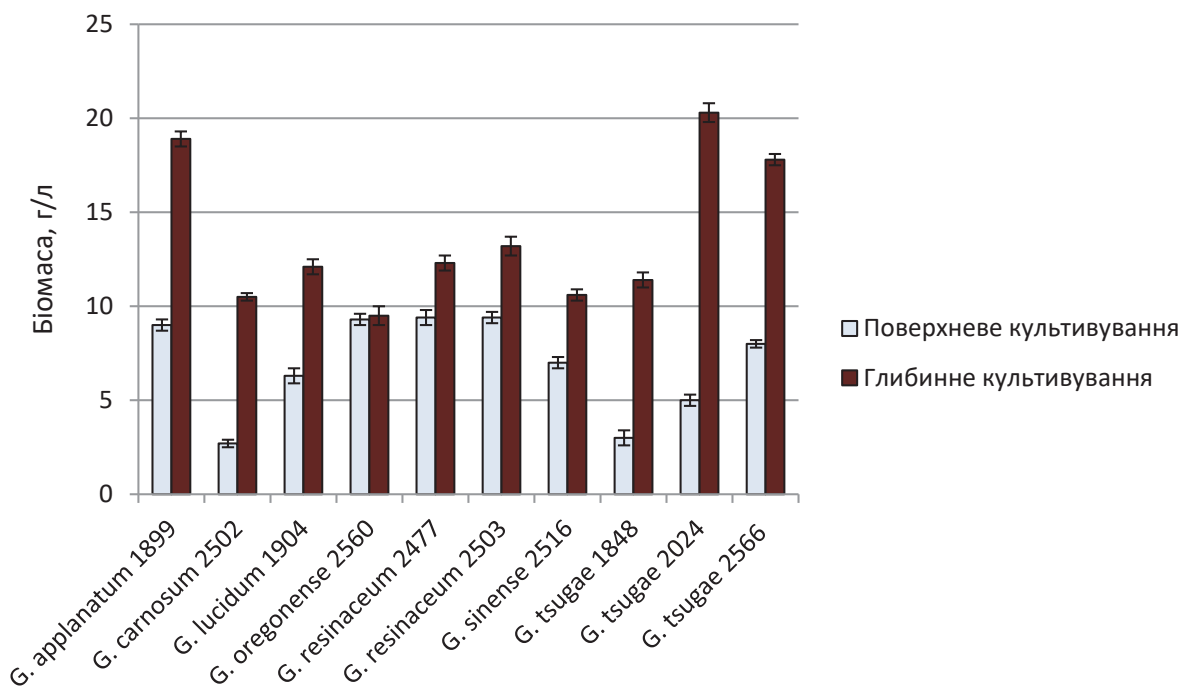


Рис. 1. Накопичення біомаси різними штамами та видами роду *Ganoderma* при поверхневому та глибинному культивуванні  
 Fig. 1. Biomass production by strains of the *Ganoderma* species in liquid static (light blue bars) and submerged (dark brown bars) cultivation

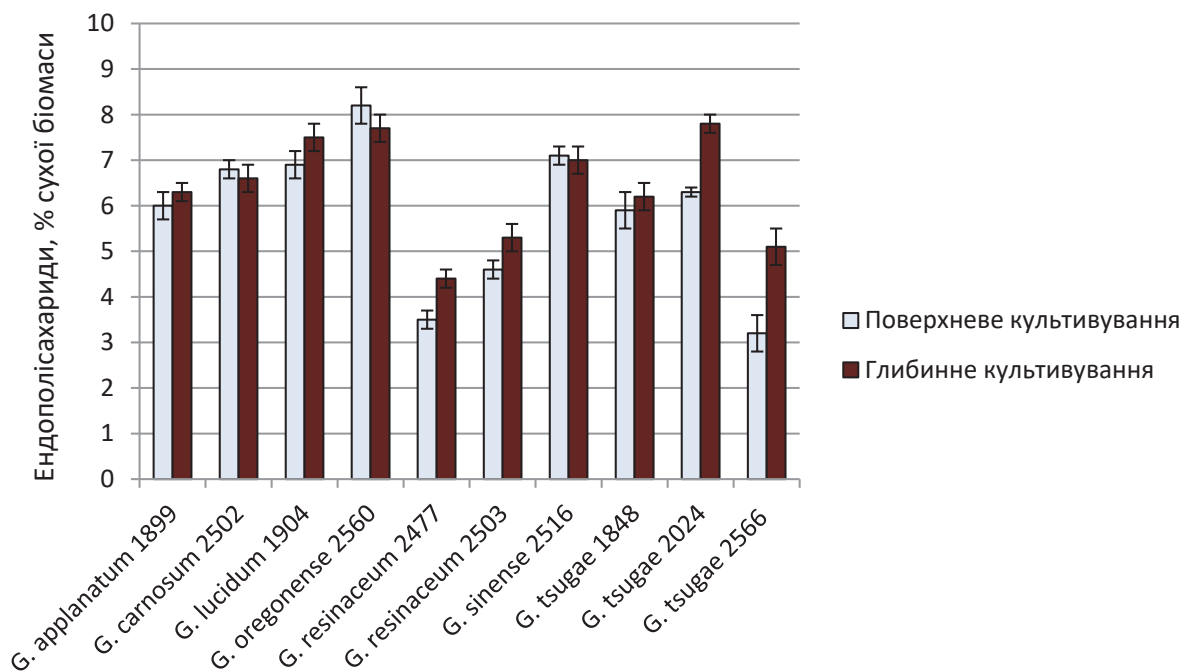


Рис. 2. Накопичення ендополісахаридів дослідженими штамами та видами роду *Ganoderma* при поверхневому та глибинному культивуванні  
 Fig. 2. Endopolysaccharides production by strains of the *Ganoderma* species in liquid static (light blue bars) and submerged (dark brown bars) cultivation

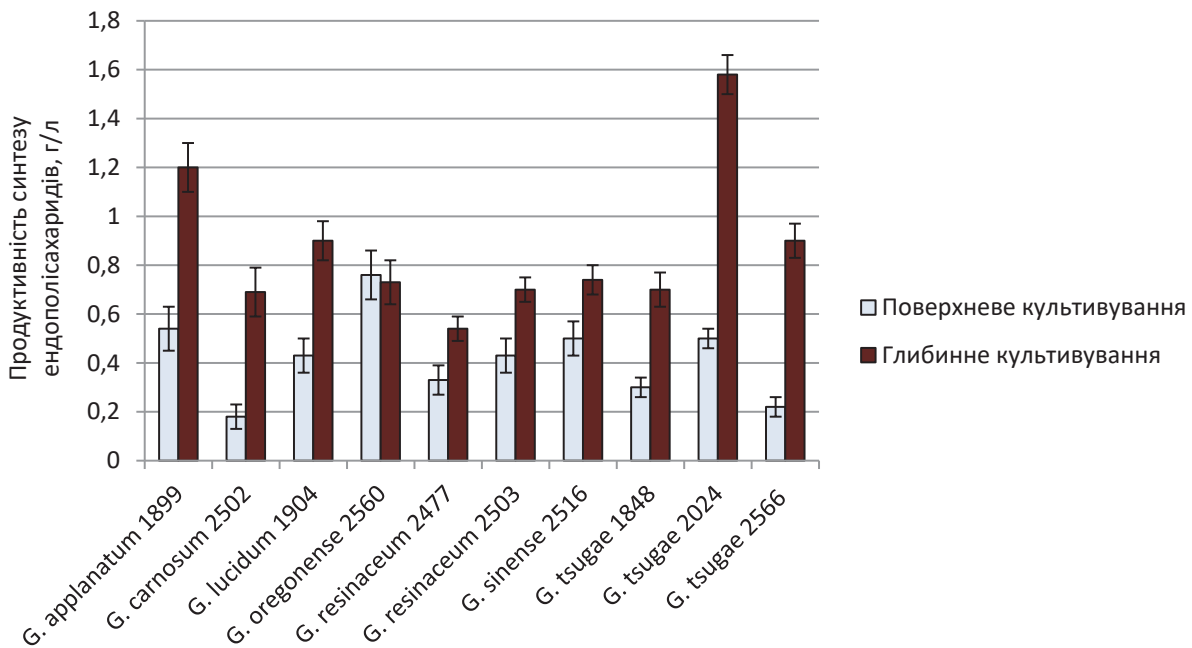


Рис. 3. Продуктивність синтезу ендополісахаридів дослідженими штамми та видами роду *Ganoderma* при поверхневому та глибинному культивуванні

Fig. 3. Yield of endopolysaccharides by strains of the *Ganoderma* species in liquid static (light blue bars) and submerged (dark brown bars) cultivation

Наші результати демонструють різний ступінь інтенсивності накопичення ендополісахаридів у досліджених штамів видів роду *Ganoderma* за умов поверхневого культивування на живильному середовищі ГПД (рис. 2). Показники вмісту ендополісахаридів у біомасі міцелію штамів *G. carnosum* 2502 та *G. sinense* 2516 були майже ідентичні вмісту ендополісахаридів у біомасі *G. lucidum* 1904. Лише у штаму *G. oregonense* 2560 кількість ендополісахаридів була на 16% більшою, ніж у *G. lucidum* 1904. Міцелій штамів *G. applanatum* 1899, *G. tsugae* 1848 та 2024 при поверхневому культивуванні накопичив майже однакову кількість ендополісахаридів, але на 13% нижчу, ніж у *G. lucidum* 1904. У той самий час штам *G. resinaceum* 2503 синтезував на 33%, а *G. resinaceum* 2477 та *G. tsugae* 2566 – на 50% менше ендополісахаридів, ніж штам *G. lucidum* 1904 (рис. 2).

Штамова специфічність культур *G. tsugae* зберіглася і за показником вмісту ендополісахаридів. Так, міцелій *G. tsugae* 2024 та 1848 синтезував їх майже вдвічі більше, ніж міцелій *G. tsugae* 2566. На відміну від процесів синтезу біомаси, штамми *G. resinaceum* суттєво відрізнялися за кількістю накопичених речовин (рис. 2).

На другому етапі експерименту при глибинному культивуванні на середовищі ГПД було встановлено, що *G. tsugae* 2024 та *G. oregonense* 2560 накопичують найбільшу кількість ендополісахаридів порівняно з *G. lucidum* 1904. *Ganoderma sinense* 2516 накопичував на 10%, а *G. applanatum* 1899, *G. carnosum* 2502 та *G. tsugae* 1848 – на 20% менше внутрішньоклітинних полісахаридів, ніж *G. lucidum* 1904. Низькі показники вмісту ендополісахаридів при глибинному культивуванні продемонстрували штамми *G. tsugae* 2566 та *G. resinaceum* 2503, 2477. Вони були на 30–44% нижчими, ніж у *G. lucidum* 1904.

Таким чином, при порівнянні методів поверхневого та глибинного культивування на вміст ендополісахаридів у біомасі досліджених штамів виявилось, що лише для чотирьох штамів (*G. tsugae* 2566, 2024, *G. resinaceum* 2503, 2477) він був достовірно вищим за умови глибинного культивування, а у штаму *G. oregonense* 2560 – поверхневого культивування. Встановлено, що між показниками вмісту ендополісахаридів у біомасі інших п'яти штамів чотирьох досліджених видів роду *Ganoderma* в умовах різних методів культивування достовірної різниці немає.

Дані щодо накопичення біомаси міцелію та ендополісахаридів штамами *G. carnosum* та *G. oregonense* при поверхневому та глибинному культивуванні на рідкому живильному середовищі ГПД наводяться нами вперше.

Варто зазначити, що продуктивність синтезу ендополісахаридів є суттєво вищою для переважної більшості штамів видів грибів роду *Ganoderma* при використанні методу глибинного культивування (рис. 3). Позитивний вплив перемішування рідкого живильного середовища на продуктивність синтезу ендополісахаридів штамами *G. lucidum* раніше відмічала Бабицька зі співавторами (Babitskaya et al., 2007).

Найвищу продуктивність синтезу ендополісахаридів (1,58 г/л) демонстрував штам *G. tsugae* 2024 при глибинному культивуванні на ГПД-середовищі, що на 40% більше за продуктивність *G. lucidum* 1904. Досить високий показник продуктивності був також у *G. applanatum* 1899 – на 25% вищий, ніж у *G. lucidum* 1904 (рис. 3).

Аналіз отриманих даних дає можливість стверджувати, що метод глибинного культивування міцелію для підвищення продуктивності ендополісахаридів у всіх досліджених штамів видів роду *Ganoderma* (окрім *G. oregonense* 2560) є значно ефективнішим за метод поверхневого культивування.

## Висновки

Уперше наводяться дані щодо накопичення біомаси міцелію та ендополісахаридів штамами *G. carnosum* та *G. oregonense* при поверхневому та глибинному культивуванні на рідкому живильному середовищі ГПД.

Доведена вища ефективність використання методу глибинного культивування міцелію грибів роду *Ganoderma* для отримання біомаси та продуктивності ендополісахаридів у всіх досліджених видів та штамів, окрім *G. oregonense* 2560. Відмічено, що при глибинному способі культивування вміст ендополісахаридів суттєво збільшується у міцелії чотирьох досліджених штамів грибів роду *Ganoderma* (*G. tsugae* 2566, 2024, *G. resinaceum* 2503, 2477).

Найефективнішим за накопиченням біомаси та продуктивністю синтезу ендополісахаридів виявився штам *G. tsugae* 2024 за умов методу глибинного культивування.

На прикладі штамів видів *G. tsugae* та *G. resinaceum* було показано, що різні штами одного виду можуть суттєво відрізнятися за кількісним вмістом ендополісахаридів при використанні як поверхневого, так і глибинного методів культивування.

## Список посилань

- Al-Maali G.A. 2016. The influence of the metal citrates, obtained using aquanotechnology, on the biology of *Ganoderma lucidum* (Curtis) P.Karst. and *Trametes versicolor* (L.) Lloyd. in culture: Cand. Sci. Diss. Kyiv, M.G. Kholodny Institute of Botany NAS of Ukraine, 185 pp. (manuscript). [Аль-Маалі Г.А. 2016. Вплив цитратів металів, отриманих методом аквананотехнології на біологію *Ganoderma lucidum* (Curtis) P.Karst. і *Trametes versicolor* (L.) Lloyd. у культурі: дис. ... канд. біол. наук: спец. 03.00.05 "Ботаніка". Київ, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, 185 с. (рукопис)].
- Al-Maali G.A., Bisko N.A., Ostapchuk A.N. 2016. The effect of zinc citrate and zinc sulfate on the growth and biomass composition of medicinal mushroom *Ganoderma lucidum*. *Mikologiya i Fitopatologiya* [Микологія і фунготологія], 50(5): 313–317.
- Babitskaya V.G., Shcherba V.V., Puchkova T.A., Smirnov D.A., Bisko N.A., Poedinok N.L. 2007. *Biotechnologia*, 6: 34–41. [Бабицька В.Г., Щерба В.В., Пучкова Т.А., Смирнов Д.А., Бисько Н.А., Поєдинок Н.Л. 2007. Влияние условий глубинного культивирования лекарственного гриба *Ganoderma lucidum* на образование полисахаридов. *Биотехнология*, 6: 34–41].
- Belova N.V. 2016. *Advances in Biology & Earth Sciences*, 1(1): 111–114. [Белова Н.В. 2016. Ланостановые тритерпеноиды и стероиды высших грибов. *Advances in Biology & Earth Sciences*, 1(1): 111–114].
- Bisko N.A., Babitskaya V.G., Buchalo A.S., Krupodorova T.A., Lomborg M.L., Mychaylova O.B., Puchkova T.A., Solomko E.F., Shcherba V.V. 2012. *Byolohycheskye svoystva lekarstvennykh makromysetov v culture (Biological properties of medicinal macromycetes in pure culture)*, vol. 2. Ed. S.P. Wasser. Kiev: Alterpress, 459 pp. [Бисько Н.А., Бабицька В.Г., Бухало А.С., Круподерова Т.А., Ломберг М.Л., Михайлова О.Б., Пучкова Т.А., Соломко Э.Ф., Щерба В.В. 2012. *Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре*, т. 2. Под ред. С.П. Вассера. Киев: Альтерпрес, 459 с.].
- Bisko N.A., Lomborg M.L., Mytropolska N.Yu., Mychaylova O.B. 2016. *Kolektsiya kultur shapynkovykh hrybiv (IBK) (The IBK Mushroom Culture Collection)*. Kyiv: Alterpress, 120 pp. [Бисько Н.А., Ломберг М.Л., Митропольська Н.Ю., Михайлова О.Б. 2016. *Коллекция культур шапинковых грибов (IBK)*. Київ: Альтерпрес, 120 с.].
- Boh B., Berovic M., Zhang J.-S., Lin Z.-B. 2007. *Ganoderma lucidum* and its pharmaceutically active compounds.

- Biotechnology Annual Review*, 13: 265–267. [https://doi.org/10.1016/s1387-2656\(07\)13010-6](https://doi.org/10.1016/s1387-2656(07)13010-6)
- Boromenskyi D.O., Bisko N.A. 2019. Micromorphological features of species of *Ganoderma* (*Ganodermataceae*) in pure culture. *Ukrainian Botanical Journal*, 76(6): 486–492. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj76.06.486>
- Buchalo A.S., Babitskaya V.G., Bisko N.A., Wasser S.P., Dudka I.A., Mitropolskaya N.Yu., Mykchaylova O.B., Negreyko A.M., Poyedinok N.L., Solomko E.F. 2011. *Vyolohycheskye svoystva lekarstvennykh makromysetov v culture (Biological properties of medicinal macromycetes in pure culture)*, vol. 1. Ed. S.P. Wasser. Kiev: Alterpress, 212 pp. [Бухало А.С., Бабицкая В.Г., Бисько Н.А., Вассер С.П., Дудка И.А., Митропольская Н.Ю., Михайлова О.Б., Негрейко А.М., Поединок Н.Л., Соломко Э.Ф. 2011. *Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре*, т. 1. Под ред. С.П. Вассера. Киев: Альтерпрес, 212 с.]
- Ferreira I.C.F.R., Heleno S.A., Reis F.S., Stojkovic D., Queiroz M.J.R.P., Vasconcelos M.H., Sokovic M. 2015. Chemical features of *Ganoderma* polysaccharides with antioxidant, antitumor and antimicrobial activities. *Phytochemistry*, 114: 38–55. <https://doi:10.1016/j.phytochem.2014.10.011>
- Lee W.Y., Park Y., Ahn J.K., Ka K.H., Park S.Y. 2007. Factors influencing the production of endopolysaccharide and exopolysaccharide from *Ganoderma applanatum*. *Enzyme and Microbial Technology*, 40(2): 249–254. <https://doi:10.1016/j.enzmictec.2006.04.009>
- Leung S.W.S. 2002. In: *Perspectives. Proceedings of International Symposium on Ganoderma Research*. Shanghai, pp. 1–9.
- Mizuno T., Wang G., Zhang J., Kawagishi H., Nishitoba T., Li J. 1995. Reishi, *Ganoderma lucidum* and *Ganoderma tsugae*: bioactive substances and medicinal effects. *Food Reviews International*, 11(1): 151–166. <https://doi.org/10.1080/87559129509541025>
- Vedenicheva N.P., Al-Maali G.A., Bisko N.A., Mytropolska N.Yu. 2018. Comparative analysis of cytokinins in mycelial biomass of medicinal mushrooms. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 20(9): 837–847. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2018027797>
- Wagner R., Mitchell D.A., Sasaki G.L., Lopes de Almeida Amazonas M.A., Berovič M. 2003. Current techniques for the cultivation of *Ganoderma lucidum* for the production of biomass, ganoderic acid and polysaccharides. *Food Technology and Biotechnology*, 41(4): 371–382.
- Wasser S.P. 2010. Medicinal mushrooms science: history, current status, future trends and unsolved problems. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 12(1): 1–16.
- Wasser S.P. 2014. Medicinal mushroom science: current perspectives, advances, evidences, and challenges. *Biomedical Journal*, 37(6): 345–356. <https://doi.org/10.4103/2319-4170.138318>
- Wei Z., Duan Y., Qian Y., Guo X., Li Y., Jin S., Zhou X., Shan S., Wang C. Chen X., Zheng Y., Zhong J. 2014. Screening of *Ganoderma* strains with high polysaccharides and ganoderic acid contents and optimization of the fermentation medium by statistical methods. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 37(9): 1789–1797. <https://doi.org/10.1007/s00449-014-1152-2>

Рекомендує до друку М.М. Сухомлин