

УДК 577.152.321+663.11

Г.Ю. Кваско, К.Г. Древаль, М.І. Бойко

ЛІГНОЛІТИЧНА АКТИВНІСТЬ КУЛЬТУРАЛЬНИХ ФІЛЬТРАТИВ ДЕЯКИХ ШТАМІВ ВИЩИХ ДЕРЕВОРУЙНІВНИХ БАЗИДИОМІЦЕТІВ

Донецький національний університет

Email: k.dreval@gmail.com

Досліджено загальну лігнолітичну та лакказну активність по відношенню до сирінгалдазину, гваяколу та пірокатехіну культуральних фільтратів штамів S-5, T.ver *Trametes versicolor* (L.) Lloyd, Kv14-2 *Polyporus squamosus* (Huds.) Fr, R-4 *Phellinus potaceus* (Pers.) Maire, A-Дон-02, Д-1, К-5, І.1-М, І.1-б, К-1 *Irpex lacteus* (Fr.) Fr., AnSc-1 *Daedaleopsis confragosa* f. *confragosa* (Bolton) J. Schrot, S.hirs *Stereum hirsutum*, Vs-2 *Phellinus potaceus* (Fr.) Fr., T.bif *Trametes biforme* (Fr.) Pilat. та M.gig *Meripilus giganteus* (Pers.) P. Karst за культивування на живильних середовищах з фільтрувальним папером та лігносульфонатом. Найвищий рівень синтезу лігніназу було встановлено за культивування базидіомицетів M.gig *M. giganteus*, Vs-2 *P. potaceus* та AnSc-1 *D. confragosa* на середовищі з лігносульфонатом. Динаміка загальної лігнолітичної та лакказної активностей культуральних фільтратів базидіомицетів носила мінливий характер, що може бути пов'язано з інгібуванням цих ензимів продуктами реакції; максимальний термін активності ензимів залежить від специфічності ензиму до субстрату.

Ключові слова: базидіомицети, лігніназа, лакказа, сирінгалдазин, гваякол, пірокатехін.

А.Ю. Кваско, К.Г. Древаль, М.И. Бойко

ЛИГНОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КУЛЬТУРАЛЬНЫХ ФИЛЬТРАТОВ НЕКОТОРЫХ ШТАММОВ ВЫСШИХ ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ

Донецкий национальный университет

Исследованы общая лигнотическая и лакказная активность по отношению к сирингалдазину, гваяколу и пирокатехину культуральных фильтратов штаммов S-5, T.ver *Trametes versicolor* (L.) Lloyd, Kv14-2 *Polyporus squamosus* (Huds.) Fr, R-4 *Phellinus potaceus* (Pers.) Maire, A-Дон-02, Д-1, К-5, І.1-М, І.1-б, К-1 *Irpex lacteus* (Fr.) Fr., AnSc-1 *Daedaleopsis confragosa* f. *confragosa* (Bolton) J. Schrot, S.hirs *Stereum hirsutum*, Vs-2 *Phellinus potaceus* (Fr.) Fr., T.bif *Trametes biforme* (Fr.) Pilat. и M.gig *Meripilus giganteus* (Pers.) P. Karst., произрастающих на питательных средах с фильтровальной бумагой и лигносульфонатом. Самый высокий уровень синтеза лигниназу установлен при культивировании базидиомицетов M.gig *M. giganteus*, Vs-2 *P. potaceus* и AnSc-1 *D. confragosa* на среде с лигносульфонатом. Динамика общей лигнотической и лакказной активностей базидиомицетов носит изменчивый характер, что может быть связано с ингибированием этих ферментов продуктами реакции. Максимальный срок активности энзимов зависит от специфичности фермента к субстрату.

Ключевые слова: базидиомицеты, лигнинназа, лакказа, сирингалдазин, гваякол, пирокатехин.



A.Yu. Kvasko, K.G. Dreval, M.I. Boyko

**CULTURE FILTRATE LIGNOLYTIC ACTIVITY OF SOME STRAINS OF
WOOD-DESTROYING BASIDIOMYCETES***Donetsk National University*

We studied Lignolytic and Laccase activity towards Syringaldazine, Guaiacol, and Pyrocatechol in culture filtrates of some strains of basidiomycetes, like S-5, T.ver *Trametes versicolor* (L.) Lloyd, Kv14-2 *Polyporus squamosus* (Huds.) Fr, R-4 *Phellinus pomaceus* (Pers.) Maire, A-Дон-02, Д-1, К-5, I.1-М, I.1-b, К-1 *Irpex lacteus* (Fr.) Fr., AnSc-1 *Daedaleopsis confragosa* f. *confragosa* (Bolton) J. Schrot, S.hirs *Stereum hirsutum*, Vs-2 *Phellinus pomaceus* (Fr.) Fr., T.bif *Trametes biforme* (Fr.) Pilat., and M.gig *Meripilus giganteus* (Pers.) P. Karst. The strains are grown on a media with filter paper and lignosulfonate. The highest level of ligninase synthesis was registered for strains M.gig *M. giganteus*, Vs-2 *P. pomaceus*, and AnSc-1 *D. confragosa* that are grown on a media with lignosulfonate. Dynamics of Lignolytic and Laccase activities was variable enough probably because of inhibition of these ferments by the reaction products. We suggested that the maximal period of enzyme activity depends on its substrate specificity.

Key words: basidiomycetes, Ligninase, Laccase, Syringaldazine, Guaiacol, Pyrocatechol.

Відділ Базидіомікота – гриби з клітинним міцелієм, що об'єднують близько 30 тис. видів (Гарибова, Лекомцева, 2005), відмінною ознакою яких є утворення базидіоспор на зовнішній стороні булавовидної спороносної структури – бази дії (Рейви, Эверт, Айкхори, 1990). Основна функція базидіоміцетів в природі – розклад лігніну та целюлози, і саме ця властивість вивчається з точки зору розуміння механізму цього процесу та з метою розробки біотехнологій утилізації рослинних відходів (Куликова, 2011). Базидіоміцети як продуценти мають ряд переваг над іншими організмами, зокрема, вони здатні рости на легко доступних субстратах, включаючи відходи деяких промислових підприємств (мікробіологічних, гідролізно-дріжджових, льоноперероблюючих) (Baldrian, Valaskova, 2008). На сьогоднішній час велика увага приділяється проблемі біоконверсії і біодеградації одного із найстійкіших до хімічного та мікробіологічного розкладу біополімера – лігніну. Базидіальні гриби – збудники білої гнилі, є унікальними організмами, що можуть бути використані для отримання ферментів та інших біологічно активних речовин, для біоконверсії лігнінвмісних субстратів, а також для відбілювання паперу (Королева, 2006).

Діяльність цивілізованого суспільства призводить до накопичення відходів, зокрема целюлозовмісних матеріалів, частка яких у промислових та комунальних відходах постійно зростає і на сьогодні в розвинених країнах досягає 50 % від загальної кількості (Форстер, Вейз, 1990). Тривалість обробки відходів грибом займає декілька діб и залежить від багатьох факторів, зокрема від лігнолітичної активності (Кадималиева, Ревин, Шутова, 2001). Проблема

утилізації лігнінвмісних та целюлозовмісних відходів посідає провідне місце в галузі екології та охорони довкілля, що обумовлює актуальність досліджуваної теми (Борзова, Варбанець, 2009).

Перевага біологічних методів деградації відходів, що містять біополімери, перед хімічними та фізичними полягає у їх низькій капіталоемкості та екологічній безпеці (Куликова, 2011). Тому розробка екологічно чистих процесів біоконверсії та утилізації лігнінвмісних матеріалів спонукала вчених до інтенсифікації досліджень механізмів деградації цих сполук (Baldrian, Valaskova, 2008).

Увага до проблеми комплексного використання рослинної сировини та зменшення забруднення оточуючого середовища обумовили мету дослідження, яка полягає у пошуку нових штамів базидіальних грибів здатних до активного синтезу лігніназ та встановлення динаміки їх лігнолітичної активності.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили на 15 штаммах вищих сапротрофних дереворуйнівних грибів: S-5, T.ver *Trametes versicolor* (L.) Lloyd, Kv14-2 *Polyporus squamosus* (Huds.) Fr, R-4 *Phellinus pomaceus* (Pers.) Maire, A-Дон-02, Д-1, К-5, I.1-M, I.1-b, К-1 *Irpex lacteus* (Fr.) Fr., AnSc-1 *Daedaleopsis confragosa* f. *confragosa* (Bolton) J. Schrot, S.hirs *Stereum hirsutum*, Vs-2 *Phellinus pomaceus* (Fr.) Fr., T.bif *Trametes biforme* (Fr.) Pilat. та M.gig *Meripilus giganteus* (Pers.) P. Karst. Культивування штамів проводили на середовищі Чапека із використанням лігносульфонату або фільтрувального паперу як єдиного джерела вуглецю у концентрації 8 г/л (Дудка, Вассер, Элланская и др., 1982). Активність лігнінруйнуючих ферментів культуральних фільтратів (КФ) визначали на 7 та 14 доби культивування грибів, а також для визначення динаміки лігнолітичної активності виміри проводили до 21 доби культивування кожної непарної доби ферментації. Лігнолітичну активність КФ оцінювали щодо наступних сполук: ремазол бриліантовий блакитний R (загальна лігнолітична активність), сирінгалдазин, пірокатехін та гваякол (лакказна активність) (Синицин, Черноглазов, Гусаков, 1995). Оптичну густину розчинів визначали на спектрофотометрі Granum 721 (Китай). За одиницю активності приймали таку кількість фермента, що утворює 1 мікромоль продукту протягом 1 хв в умовах досліду (t=40° C). Вміст білка у культуральних фільтратах визначали спектрофотометрично на спектрофотометрі СФ-46 (Росія) (Дарбре, 1989). Отримані дані обробляли статистично за допомогою методів дисперсійного аналізу, порівняння середніх – за методом Дункана (Приседський, 1999).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Загальну лігнолітичну активність культуральних фільтратів штамів K-5 *I. lacteus*, S-5 *T. versicolor*, Kv14-2 *P. squamosus*, R-4 *P. pomaceus*, зростаючих на

середовищах з фільтрувальним папером як єдиним джерелом вуглецю, не було нами визначено протягом експерименту (рис. 1). Для штамів А-Дон-02, Д-1, К-1 *I. lacteus* та AnSc-1 *D. confragosa* загальна лігнолітична активність зростала протягом культивування на середовищі, що містило фільтрувальний папір. Найвища загальна лігнолітична активність була встановлена для штаму AnSc-1 *D. confragosa* на 14 добу вирощування з використанням фільтрувального паперу як єдиного джерела вуглецю ($222,22 \pm 11,20 \text{ UL}^{-1}$).



Рис. 1. Загальна лігнолітична активність базидіальних грибів за культивування на середовищі з фільтрувальним папером як єдиним джерелом вуглецю

За використання сирінгалдазину як субстрату для визначення лакказної активності, найвище значення цього показника було зафіксовано у штамів S-5 *T. versicolor* та K-5 *I. lacteus* на 7 добу культивування ($3,49 \pm 0,01 \text{ UL}^{-1}$) (рис. 2а). Для штаму AnSc-1 *D. confragosa* лакказна активність зростала протягом експерименту, тоді як у інших штамів активність ензиму знижувалась на 14 добу вирощування, а у штамів S-5 *T. versicolor* та K-1 *I. lacteus* на 14 добу ферментації – не визначалась. Високу лакказну активність щодо даного субстрату проявляли штами R-4 *P. rotaceus* та А-Дон-02 *I. lacteus*, але показник їх активності був достовірно нижчий порівняно зі штамами S-5 *T. versicolor* та K-5 *I. lacteus*.

За використання гваяколу як субстрату для визначення лакказної активності найвищу активність проявляв штаму AnSc-1 *D. confragosa* на 14 добу експерименту ($6,73 \pm 0,06 \text{ UL}^{-1}$), тоді як інші штами не були здатні до активної деструкції цього субстрату (рис. 2б) та не проявляли лакказної активності за гваяколом на 7-му (K-1 та K-5 *I. lacteus*) та 14-ту (R-4 *P. rotaceus*, K-1 *I. lacteus* та Kv14-2 *P. squamosus*) добу ферментації або протягом всього терміну культивування (S-5 *T. versicolor*). Таким чином, штаму AnSc-1 *D. confragosa*

синтезував певний комплекс ферментів, що виявив високу субстратну специфічність щодо гваяколу.

Найвищі показники лакказної активності до пірокатехіну було зафіксовано у штамів S-5 *T. versicolor* ($5,49 \pm 0,07 \text{ UL}^{-1}$) та R-4 *P. rotaceus* ($5,40 \pm 0,07 \text{ UL}^{-1}$) на 7 добу культивування, які несуттєво відрізнялися між собою (рис. 2в). В той же час, лакказана активність за пірокатехіном штаму AnSc-1 *D. confragosa* залишалась на сталому рівні в межах похибки та не змінювалась протягом культивування ($0,18 \pm 0,02 \text{ UL}^{-1}$ та $0,18 \pm 0,01 \text{ UL}^{-1}$ відповідно). У інших штамів показник цієї активності не досягав високих значень та не визначався на 7-му (K-1 та K-5 *I. lacteus*, Kv14-2 *P. squamosus*) або 14-ту (R-4 *P. rotaceus*, Kv14-2 *P. squamosus*) доби культивування.

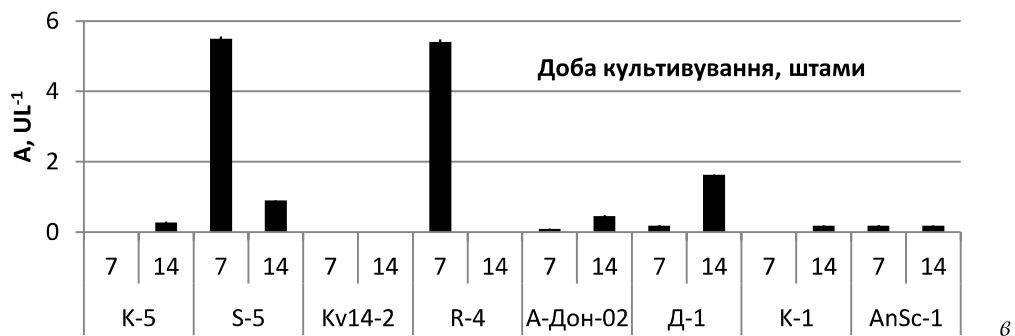
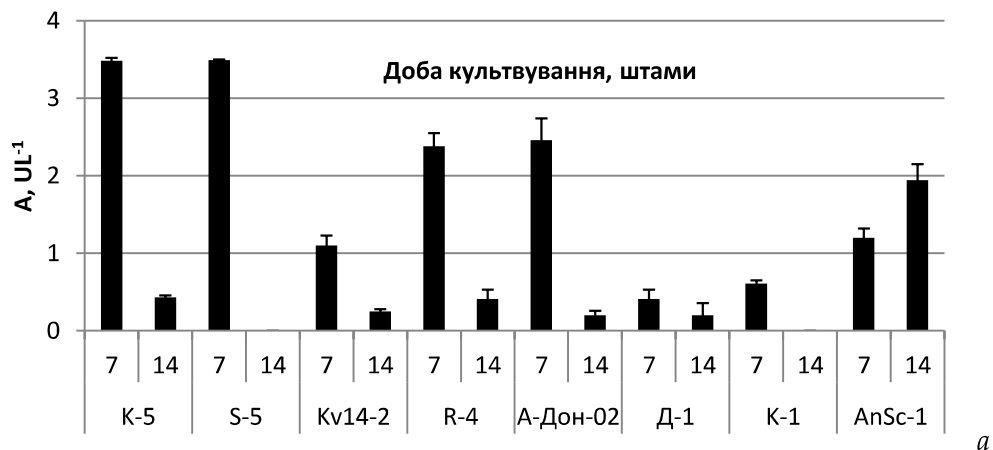


Рис. 2. Лакказна активність базидіоміцетів по відношенню до сирінгалдазину (а), гваяколу (б) та пірокатехину (в) за культивування на середовищі з фільтрувальним папером як єдиним джерелом вуглецю.

Внесення до живильного середовища лігносульфонату як джерела вуглецю призводило до збільшення лігніназної активності у 12 раз. Загальна лігнолітична активність штамів T.ver *T. versicolor*, Vs-2 *P. rotaceus*, S.hirs *S. hirsutum* та M.gig *M. giganteus* за культивування базидіоміцетів на середовищі з лігносульфонатом як джерелом вуглецю знижувалась протягом експерименту, в той час як у інших штамів спостерігалось достовірне зростання загальної лігнолітичної активності протягом ферментації (рис. 3). Найвищий показник загальної лігнолітичної активності було зафіксовано для штаму M.gig *M. giganteus* ($2086,93 \pm 144,87 \text{ UL}^{-1}$).



Рис. 3. Загальна лігнолітична активність базидіальних грибів за культивування на середовищі з лігносульфонатом як єдиним джерелом вуглецю.

Найвищий показник лакказної активності щодо сирінгалдазину встановлено у штаму Vs-2 *P. rotaceus* на 7 добу культивування ($56,43 \pm 0,60 \text{ UL}^{-1}$) – див. рис. 4а. Для культуральних фільтратів штамів А-Дон-02, I.1-b *I. lacteus*, T.ver *T. versicolor*, S.hirs *S. hirsutum*, T.bif *T. biforme* та M.gig *M. giganteus* показник лакказної активності збільшувався протягом експерименту, проте не досягав високих значень порівняно зі штамом Vs-2 *P. rotaceus*, а у інших штамів – зменшувався з 7 по 14 добу культивування.

По відношенню до гваяколу, найвищу лакказну активність показали КФ штамів S.hirs *S. hirsutum*, T.bif *T. biforme* та M.gig *M. giganteus* ($47,09 \pm 1,59 \text{ UL}^{-1}$; $28,11 \pm 0,79 \text{ UL}^{-1}$ та $39,64 \pm 1,49 \text{ UL}^{-1}$ відповідно) на 14 добу вирощування (рис.

4б). Для інших штамів лакказна активність щодо гваяколу незначно підвищувалась протягом експерименту і була нижчою порівняно із вище вказаними штамми.

За використання пірокатехіну як субстрату для визначення лакказної активності, встановлено найвищі показники у штамів I.1-M *I. lacteus* ($4,32 \pm 0,24 \text{ UL}^{-1}$), Vs-2 *P. rotaceus* ($8,29 \pm 0,38 \text{ UL}^{-1}$), M.gig *M. giganteus* ($4,32 \pm 0,04 \text{ UL}^{-1}$) на 14 добу ферментації. Для штамів AnSc-1 *D. confragosa*, T.ver *T. versicolor*, S.hirs *S. hirsutum* та Д-1 *I. lacteus* здатність до утилізації пірокатехіну зменшувалась протягом експерименту (рис. 4в).

Нами доведено, що штами M.gig *M. giganteus*, Vs-2 *P. rotaceus* та AnSc-1 *D. confragosa* проявляли високу активність лігніназ по відношенню до різних субстратів: пірокатехіну, гваяколу і сирінгалдазину та можуть бути використані для біодеградації лігнінвмісних субстратів.

Для відібраних штамів встановлено динаміку лігніназної активності у їх культуральних фільтратах із використанням лігносульфонату як єдиного джерела вуглецю. Так, загальна лігнолітична активність зростала у всіх штамів базидіальних грибів (рис. 5), а найвищий показник лігніназної активності було встановлено у штаму M.gig *M. giganteus* на 7 добу ферментації ($2086,93 \pm 14,48 \text{ UL}^{-1}$). Проте, для штаму AnSc-1 *D. confragosa* на 7 добу культивування було встановлено найменше значення загальної лігнолітичної активності, а найвище – наприкінці ферментації.

За використання сирінгалдазину як субстрату для визначення лакказної активності, показники штамів Vs-2 *P. rotaceus* та M.gig *M. giganteus* зростали на кінцевих термінах експерименту (рис. 6а), а у штаму Vs-2 *P. rotaceus* пікові значення було зафіксовано на 9, 13 та 19 добу культивування. Лакказна активність штаму M.gig *M. giganteus* майже не змінювалась протягом всього терміну культивування, проте значно зростала на 19 та 21 добу ферментації. Для штаму AnSc-1 *D. confragosa* найвищий показник активності ензиму щодо сирінгалдазину було зафіксовано на 5 добу культивування ($102,45 \pm 0,83 \text{ UL}^{-1}$); в інші періоди експерименту лакказна активність була низькою та майже не змінювалась. Максимум лакказної активності щодо цього субстрату було встановлено у штаму Vs-2 *P. rotaceus* на 19 добу культивування ($237,12 \pm 1,54 \text{ UL}^{-1}$).

З використанням гваяколу лакказна активність базидіоміцетів зростала протягом терміну культивування, а найвищі показники було встановлено у штаму Vs-2 *P. rotaceus* на 15, 19 та 21 добу експерименту (рис. 6б). У штаму M.gig *M. giganteus* найвищий показник лакказної активності також було відмічено у 15 добу ферментації. Показники лакказної активності штаму AnSc-1 *D. confragosa* майже не змінювались протягом експерименту та зберігались на низькому рівні порівняно з іншими штамми.

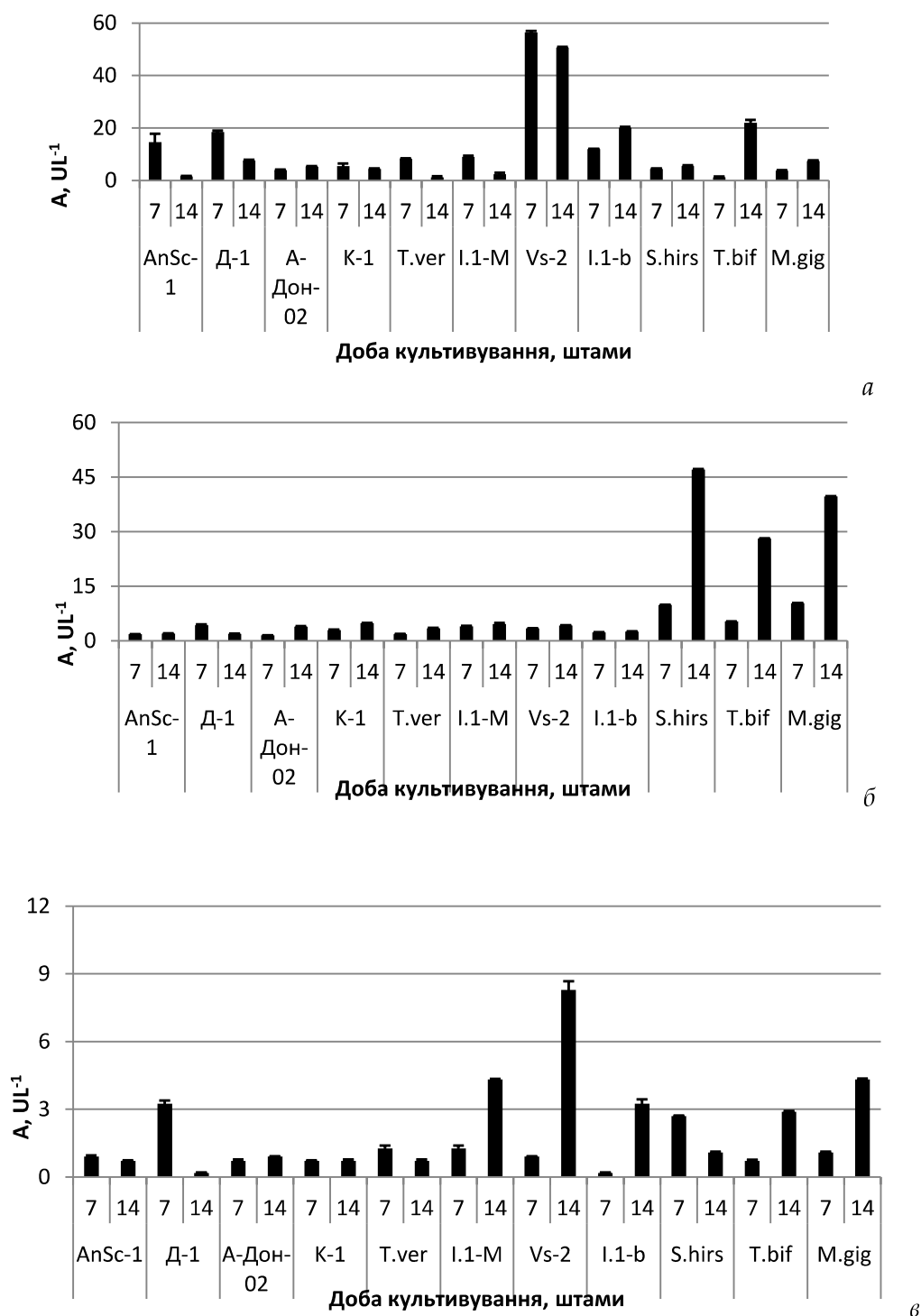


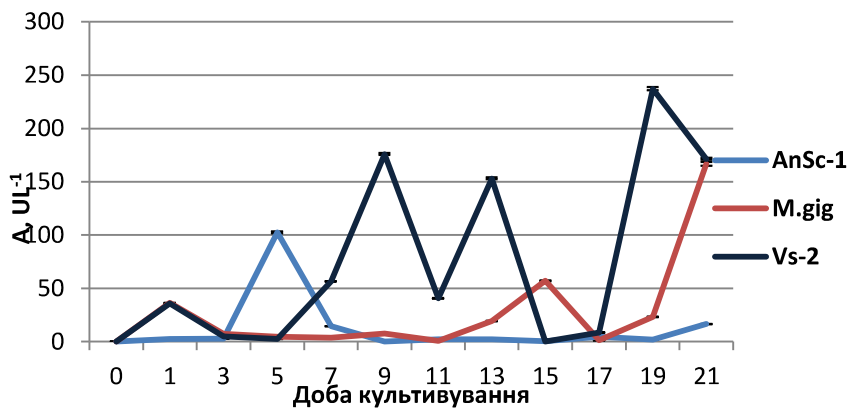
Рис. 4. Лакказна активність базидіальних грибів щодо сирінгалдазину (а), гваяколу (б) та пірокатехину (в) за культивування на середовищі з лігносульфонатом як єдиним джерелом вуглецю.

Значення лакказної активності за використання субстрату пірокатехіну зростали протягом експерименту у штамів Vs-2 *P. rotaceus* та M.gig *M. giganteus* (рис. 6в). Для штаму AnSc-1 *D. confragosa* високі значення активності ензиму встановлено на початку ферментації (1 та 11 доби культивування), а наприкінці культивування цього штаму – низькі.

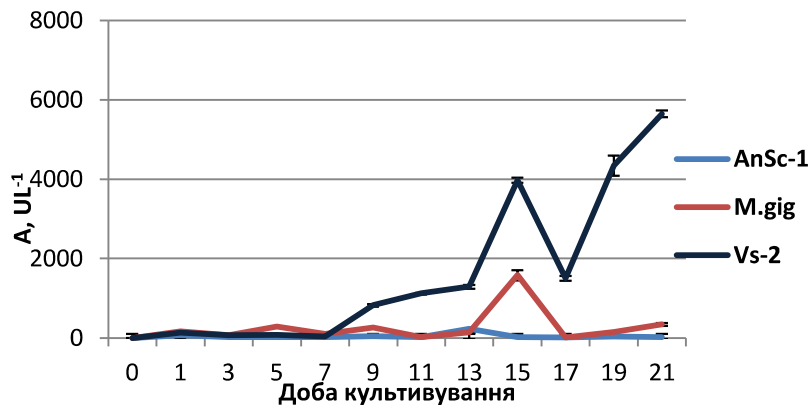
Таким чином, динаміка загальної лігнолітичної та лакказної активностей базидіоміцетів носить мінливий характер, який може бути пов'язаний з інгібуванням цих ензимів продуктами реакції. Це добре узгоджується з деякими літературними даними щодо динаміки ферментативної активності базидіоміцетів (Древаль, Кузнецова, Юдіна та ін., 2011). Максимальний термін активності лакказ залежить також від специфічності ензиму по відношенню до різних субстратів.



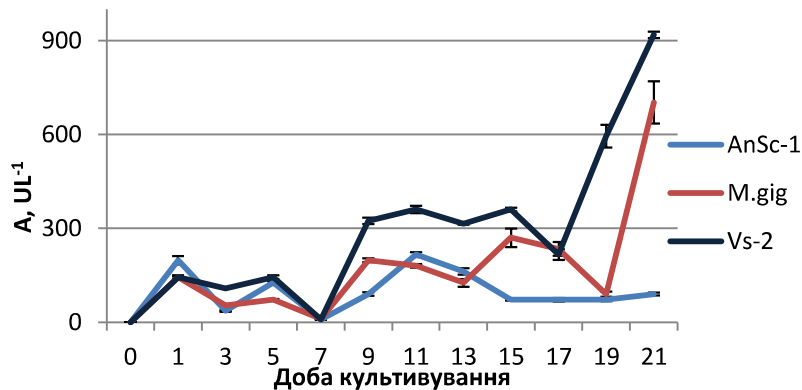
Рис. 5. Динаміка загальної лігнолітичної активності базидіальних грибів за культивування на середовищі із лігносульфонатом як єдиним джерелом вуглецю



a



б



в

Рис. 6. Динаміка лакказної активності базидіальних грибів щодо сирінгалдазину (а), гваяколу (б) та пірокатехину (в) за культивування на середовищі з лігносульфонатом як єдиним джерелом вуглецю

ВИСНОВКИ

Отже, нами встановлено, що найвищого значення загальної лігнолітичної активності штаму AnSc-1 *D. confragosa* набувала на 7 добу ферментації з використанням фільтрувального паперу як єдиного джерела вуглецю ($222,22 \pm 11,20 \text{ UL}^{-1}$). За культивування базидіоміцетів на середовищі з лігносульфонатом як єдиним джерелом вуглецю, найбільший показник загальної лігнолітичної активності було зафіксовано для штаму M.gig *M. giganteus* ($2086,93 \pm 144,87 \text{ UL}^{-1}$). Загальна лігнолітична активність зростала у всіх штамів базидіальних грибів, а найвищий показник лігніназної активності було встановлено у штаму M.gig *M. giganteus* на 7 добу ферментації ($2086,93 \pm 144,87 \text{ UL}^{-1}$). Максимум лакказної активності щодо сирінгалдазину встановлено у штаму Vs-2 *P. rotaceus* на 19 добу культивування ($237,12 \pm 1,54 \text{ UL}^{-1}$). Показники лакказної активності штаму AnSc-1 *D. confragosa* майже не змінювались

протягом експерименту та зберігались на низькому рівні порівняно з іншими штамми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Борзова Н. В. Целюлозодеградуючі системи мікроорганізмів: біосинтез, властивості та структурно-функціональні особливості / Н. В. Борзова, Л. Д. Варбанець // Біотехнологія. – 2009. – Т. 2, № 2. – С. 23 – 41.

Гарибова Л.В. Основы микологии: Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов / Л. В. Гарибова, С. Н. Леконцева // Учебное пособие. – Москва, 2005. – 220 с.

Дарбре А. Практическая химия белка / А. Дарбре. – Пер. с англ. Н.А. Алданова, И.В. Назимова, П.Д. Решетова. – М.: Мир, 1989. – 622 с.

Древаль К.Г., Кузнецова К.В., Юдіна А.В. та ін. Динаміка синтезу целюлаз вищими дереворуйнівними базидіальними грибами // Мікробіологія і біотехнологія. – 2011. – № 4 (16). – С. 52 – 60.

Елисашвили В. И. Биоконверсия растительного сырья высшими базидиомицетами / В. И. Елисашвили // Микология и фитопатология. – 1993. – Т. 27, № 6. – С. 83 – 92.

Кадималиев Д. А. Влияние прессования на свойства лигнина древесины сосны, обработанной грибом *Ranus tigrinus* / Д. А. Кадималиева, В. В. Ревин, В. В. Шутова // Химия растительного сырья – 2001. – № 3. – С. 111 – 118.

Королева О. В. Лакказы базидиомицетов: свойства, структура, действие и практическое применение: дис... доктора биологических наук: 03.00.04 / Королева Ольга Владимировна. – М., 2006. – 50 с.

Куликова Н. А. Использование базидиальных грибов в переработке и утилизации техногенных отходов: использование и аспекты / Н. А. Куликова // Прикладная биохимия и микробиология. – 2011. – Т.4, № 6. – С. 619 – 634.

Методы экспериментальной микологии / Дудка И. А., Вассер С. П., Элланская И. А. и др., Киев: Наукова думка, 1982. – 552 с.

Никитина В. Е. Фенолоксидазная активность бактерий рода *Azospirillum* / В. Е. Никитина, Е. П. Ветчинкина, Е. Г. Пономарёва, Ю. В. Гоголева // Микробиология. – 2010. – Т. 79., № 3. – С. 344 – 351.

Приседський Ю. Г. Статистическая обработка результатов биологических экспериментов / Ю. Г. Приседський. – Донецк: Кассиопея, 1999. – 210 с.

Рейви П. Современная ботаника: В 2-х т. / П. Рейви, Р. Эверт, С. Айкхори // М.: Мир, 1990. – 348 с.

Синицин А. П. Биоконверсия лигноцеллюлозных материалов / А. П. Синицин, В. М. Черноглазов, А.В. Гусаков – М.: Изд-во Московского Университета, 1995. – 224 с.

Экологическая биотехнология / Под ред. К. Ф. Форстера, Д. А. Дж Вейза. – Л.: Химия. – 1990. – 384 с.



Baldrian P. Degradation of cellulose by basidiomycetous fungi / P. Baldrian, V. Valaskova // FEMS Microbiol. Rev. – 2008. – № 32. – P. 501 – 521.

REFERENCES

- Borzova, N. V., Varbanets, L. D. (2009). The cellulose degrading systems of microorganisms: biosynthesis, properties, structural and functional characteristics. *Biotechnology*, 2 (2), 23-41.
- Garibova, L. V., Lekomtseva, S. N. (2005). *Basics of mycology: morphology and systematics of fungi and fungi-like organisms*. Moscow: Author.
- Darbre, A. (1986). *Practical Protein Chemistry – A Handbook*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Dreval, K. G., Kuznetsova, K. V., Yudina, A. V., Boyko, M. I. (2011). Dynamics of cellulase synthesis by higher wood-degrading Basidiomycetes. *Microbiology and Biotechnology*, 4 (16), 52 – 60.
- Elisashvili, V. I. (1993). Bioconversion of plant mass by higher Basidiomycetes. *Mycology and Phytopathology*, 6 (27), 83-92.
- Kadamaliev, D. A., Revin, V. V., Schutova, V. V. (2001). Influence of pressing on properties of lignin in pinewood, affected by *Panus tigrinus* fungi. *Chemistry of plant raw material*, 3, 111-118.
- Koroleva, O.V. (2006). *Laccases of basidiomycetes: properties, structure, action and application*. Thesis of Doctoral dissertation. Moscow.

- Kulikova, N. A., Klein, O. I., Stepanova, E. V., Koroleva, O. V. (2011). Use of basidiomycetes in industrial waste processing and utilization technologies: Fundamental and applied aspects (review). *Applied Biochemistry and Microbiology*, 6 (47), 565–579.
- Dudka, I. A., Wasser, S. P. (1982). *Methods of experimental mycology*. Kiev: Nauka.
- Nikitina, V. E., Vetchinkina, E. P., Ponomariova, E. G., Gogoleva, Yu. V. (2010). Phenoloxidase activity of *Azospirillum* bacterias. *Microbiology*, 3 (79), 344-351.
- Prisedskiy, Yu. G. (1999). *Statistical analysis of results in biological experiments*. Donetsk: Kassiopeya.
- Reyvi, P., Evert, R., Aichori, S. (1990). *Modern botany*. Moscow: Mir.
- Sinitsyn, A. P., Chernoglazov, V. M., Gusakov, A. V. (1995). *Bioconversion of lignocellulosic materials*. Moscow: Moscow State University Publishing.
- Forster, K., Veyz, D. (1990). *Ecological biotechnology*. Leningrad: Chemistry.
- Baldrian P., Valaskova V. (2008). Degradation of cellulose by basidiomycetous fungi. *FEMS Microbiol. Rev.*, 32, 501–521.

Поступила в редакцию 29.11.2013

Как цитировать:

Кваско, Г.Ю., Древаль, К.Г., Бойко М.І., (2013). Лігнолітична активність культуральних фільтратів деяких штамів вищих дереворуйнівних базидіоміцетів. *Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого*, 3 (3), 317-329. **crossref** [http://dx.doi.org/10.7905/bbmsspu.v0i3\(6\).544](http://dx.doi.org/10.7905/bbmsspu.v0i3(6).544)

© Кваско, Древаль, Бойко, 2013