CZU: 582.28:574.5(478-25) **https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_34**

STUDIUL MICROMICETELOR DIN LACUL VALEA TRANDAFIRILOR DIN MUNICIPIUL CHIȘINĂU

Cristina MOLDOVAN, Tamara SÎRBU,
Universitatea Tehnică din Moldova

Micromicetele izolate din sol, aer, de pe plante sunt deja folosite pe scară largă în biotehnologie pentru producția de enzime, antibiotice, proteine umane, etc. În acest context, micromicetele acvatice reprezintă o zonă emergentă cu un potențial mare în producția de molecule bioactive. În rezultatul studiului micromicetelor izolate din lacul „Valea Trandafirilor”, mun. Chișinău s-a constatat că comunitatea fungică în lac este densă și diversă. Din 105 tulpini de micromicete izolate în cultură pură au fost identificați reprezentanți ai 14 genuri. Evaluarea potențialului enzimatic al tulpinilor izolate a permis selectarea tulpinilor cu activitate enzimatică semnificativă. Astfel, putem constata că lacurile pot fi o sursă de micromicete cu potențial valoros pentru biotehnologie.

Cuvinte-cheie*: micromicete, densitate, diversitate, gen, activitate enzimatică, amilaza, catalaza, celulaza, lipaza.*

STUDY OF MICROMYCETES FROM THE ROSE VALLEY LAKE IN CHISINAU MUNICIPALITY

Micromycetes isolated from soil, air, and plants are already widely used in biotechnology for the production of enzymes, antibiotics, human proteins, etc. In this context, aquatic micromycetes represent an emerging area with great potential in the production of bioactive molecules. As a result of the study of micromycetes isolated from the “Valea Trandafirilor” lake, Chisinau municipality, it was found that the fungal community in the lake is dense and diverse. Out of 105 strains of micromycetes isolated in pure culture, representatives of 14 genera were identified. The evaluation of the enzymatic potential of the isolated strains allowed the selection of strains with significant enzymatic activity. Thus, we can conclude that lakes can be a source of micromycetes with valuable potential for biotechnology.

Keywords: *micromycetes, density, diversity, genus, enzymatic activity, amylase, catalase, cellulase, lipase.*

Introducere

În ecosistemele acvatice sunt prezente micromicetele (fungi miceliali), care sunt printre cele mai diverse și răspîndite microorganisme în lume. Micromicetele participă activ la descompunerea materiei organice, care este abundentă în ecosistemele acvatice. Densitatea și varietatea lor, în apele dulci variază mult în dependență de anotimp și de populația de la mal, manifestînduse mai activ primăvara, în perioada de inundații sau după ploi abundente [5, 7, 12, 13,18].

Toate organismele vii produc enzime, care catalizează reacții chimice organice și anorganice. Comparativ cu procesele chimice convenționale, procesele enzimatice sunt mai eficiente și ecologice, oferind condiții de reacție mai blânde, selectivitate și specificitate avansată, contribuind totodată la reducerea deșeurilor și produselor secundare. În ultimii ani producția și comercializarea enzimelor a crescut semnificativ [4, 10, 21].

Creșterea populației și dezvoltarea economică cresc presiunea asupra resurselor naturale. Pentru a reduce impactul ecologic, industriile adoptă tehnologii alternative, cum ar fi biotehnologia industrială, care utilizează materiale și procese inspirate din natură pentru a produce mai multe produse cu mai puține resurse, contribuind la un model de producție mai sustenabil și ecologic [6, 8].

Pentru producția industrială la scară largă a enzimelor, sursele microbiene sunt preferate datorită eficienței, costurilor reduse și capacității de a se adapta în orice mediu. Micromicetele sunt o sursă valoroasă ca producători de substanțe bioactive, datorită capacității lor de a produce enzime eficiente în cantități mari, stabile. La scară industrială, micromicetele sunt folosite ca bioreactoare pentru producerea de enzyme (amilaza celulaza, proteaza, lipaza, catalaza, etc), datorită simplității proceselor de producție, recuperare și purificare și sinecostului redus [8, 9, 23, 25].

Enzimele microbiene sunt utilizate în diverse industrii, inclusiv în producția de alimente, băuturi, medicină, cosmetice și bioenergie, contribuind la dezvoltarea unor procese mai economice și sustenabile etc. [2, 3, 14, 19, 22, 20, 21].

Din punct de vedere biotehnologic, enzimele microbiene sunt folosite în industrie pentru a reduce timpul de producție, a îmbunătăți stabilitatea și purificarea, și a stabiliza procesele, având o diversitate biochimică ridicată și facilitând manipularea genetică. Aceste enzime contribuie la minimizarea deșeurilor și consumului de energie. De asemenea, cercetările recente se concentrează pe identificarea de agenți antimicrobieni eficienți pentru combaterea rezistenței bacteriene, care a devenit o problemă majoră în industria microbiană [27**].**

Hifomicetele acvatice produc enzime lignocelulolitice, care descompun polimerii din plante, precum hemiceluloza, celuloza și lignina. Aceste enzime facilitează descompunerea materiei vegetale, care este sursa de existență pentru bacterii și alte viețuitoare. De asemenea prin acțiunea enzimelor de descompunere a polimerilor vegetali, hifomicetele joacă un rol important în fluxul de carbon (C) din ecosistemele acvatice [6].

Micromicetele pot metaboliza o gamă largă de poluanți anorganici și organici datorită enzimelor lor, facilitând descompunerea multor compuși. Enzimele extracelulare, cum sunt lacazele și peroxidazele, joacă un rol esențial în procesele de biodegradare, catalizând reacții oxidative care rup legături chimice în structuri complexe [28].

Pentru a evalua capacitățile enzimatice (amilaza, catalaza, celulaza, lipaza) ale unor tulpini de micromicete, izolate din lacul „Valea Trandafirilor", au fost testate tulpini, care aparțin celor mai reprezentative genuri: *Aspergillus, Penicillium, Trichoderma, Fusarium, Mucor, Rhizopus*, considerați că posedă proprietăți enzimatice semnificative.

Materiale și metode

Ca material de studiu a fost utilizate micromicetele izolate din probele de apă, sedimente și biofim, prelevate din lacul „Valea Trandafirilor" din municipiul Chișinău. Prelevarea probelor s-a efectuat în vase sterile. Apa a fost prelevată în sticle cu capacitatea de 1 litru fiecare, la 30 cm de la suprafața apei. Probele de nămol au fost prelevate pe tot perimetrul lacului, iar probele de biofilm de la suprafața apei. Toate probele prelevate au dost prezentate în laborator pentru izolarea imediată a microorganismelor.

Pentru izolarea micromicetelor (fungilor) din probele prelevate sau luat 1 ml de apă, 1 gr de sedimente și 1 gr de biofilm. Pentru micșorarea densității microorganismelor pe cutiile Petri au fost efectuate diluții succesive. Numărul diluțiilor a constituit 10^{-2}-10^{-6}.

Inhibarea creșterii și dezvoltării bacteriilor în mediile nutritive mediile agarizate au fost suplimentate cu soluție de levomicetină în concentrație de 0,1%/l mediu.

La izolare s-a folosit metoda de încorporare: un mililitru de apă (nămol, biofilme) din proba inițială, cât și din diluțiile efectuate s-a repartizat steril cu o pipetă gradată în cutii Petri sterile, goale, peste care s-a turnat mediul agarizat topit și răcit la 45^{o}C. Cu mișcări de rotație ușoare într-un sens sau altul totul s-a amestecat bine. După solidificarea mediului, cutiile Petri, au fost tranferate în termostat la temperatura de 28-30^{o}C, pentru incubare, care a durat 3-10 zile.

Coloniile de fungi apărute pe cutiile Petri au fost numărate, apoi în dependență de diluțiile efectuate a fost stabilită densitatea unităților formatoare de colonii (UFC)/ 1 ml probă.

Izolarea tulpinilor în cultură pură s-a efectuat pe mediul malț-agar. În rezultatul examinării vizuale și la microscop a particularităților morfo – culturale ale tulpinilor izolate, utilizând ghidurile de identificare [29 - 33], tulpinile au fost clasificate după gen.

Frecvența procentuală a genurilor de micromicete izolate din lac a fost calculată urmând metoda descrisa in lucrările [1, 17]. Formula folosită este următoarea:

Apariția procentuală a fiecărei micromicete = (Numărul total de micromicete izolate / Numărul de micromicete de un anumit gen) ∗100

Numărul de micromicete per probă = (Numărul total de micromicete izolate / Numărul de probe colectate)

Pentru evaluarea potențialului enzimatic a tulpinilor de micromicete au fost utilizate 28 tulpini de micromicete predominante, izolate din lacul „Valea Trandafirilor”, dintre care 9 au fost izolate din probele de apă, 14 din probele de sedimente și 5 tulpini izolate din probele de biofilm.

Au fost utilizate metodele expres de identificare a amilazei, catalazei, celulazei și lipazei.

Activitatea amilazei. Tulpinile de fungi au fost cultivate pe mediul malț-agar suplimentat cu amidon (compozitia mediului (g/l): malț (6 B) – 1L; geloză 20,0; amidon 1,0; pH-ul -5,8 - 6,0, care s-a autoclavat timp de 30 min la 3/4 atmosfere). Incubarea tulpinilor s-a efectuat la temperatura de 28 - 30°C timp de 96 ore. După incubare, 3 ml de iod 1 % au fost turnate în fiecare cutie Petri, iar apariția zonei transparente în jurul coloniilor indică sinteza de amilază. Experimentele au fost efectuate în trei repetări, iar valorile medii au fost prezentate ca rezultate finale [35].

Activitatea catalazei. Tulpinile de micromicete au fost cultivate pe mediul malț-agar, la 28 - 30°C timp de 96 ore. Toate tulpinile au fost verificate, urmând metoda lui Mahon și colab, (2015) – picătură-sticlă. Pe o lama de sticlă cu ajutorul unui ac s-a aranjat particule mici de miceliu din tulpinile de micromicete selectate, deasupra acestora s-a adăugat câte o picătură de peroxid de hidrogen (H_2O_2 de 3%). Reacțiile pozitive au fost evidente prin efervescență imediată (formarea bulelor) [15].

Activitatea celulazei. Tulpinile de micromicete au fost cultivate pe mediul malț-agar, suplimentate cu 10 g/l carboximetilceluloză, timp de 96 ore, la temperatura de 28 - 30°C. După incubare, 3 ml de iod 1 % sau 3 ml de 1 % Congo-roșu au fost turnate în fiecare cutie Petri. Suprafața mediului agarizat a fost spălată de exces de colorant cu apă distilată, iar apariția zonelor galbene sau roșii în jurul coloniilor indică sinteza de celulază [11].

Activitatea lipazei. Pentru screening-ul preliminar al activității enzimei lipaza, tulpinile de micromicete au fost cultivate pe mediul malț-agar suplimentat cu 10 g/l Tween 80, timp de 96 ore, la temperatura de 28 - 30°C. Soluția de Tween 80 (10g/l) s-a autoclavat separat, apoi după răcire până la 50°C s-a amestecat împreună cu mediul agarizat. După cultivare, în calitate de indicator a servit apariția zonei transparente în jurul coloniei [34, 35].

Rezultate și discuții

După efectuarea diluțiilor succesive a probelor de apă, sedimente și biofilm a fost efectuată inocularea micromicetelor în cutii Petri pe mediul malț-agar. Coloniile de fungi apărute pe cutiile Petri au fost numărate, apoi în dependență de diluțiile efectuate a fost stabilită densitatea Unităților Formatoare de Colonii (UFC)/1 ml probă. ***În rezultat*** sa constatat că densitatea micromicetelor izolate din apă constituie $3x10^4$ UFC/ml, în sedimente $8x10^4$ UFC/gr, iar în biofilm $1x10^3$ UFC/gr.

După examinarea vizuală și stabilirea purității coloniile ce se deosebeau după mărime, formă, culoare, marginea coloniei, culoarea reversului, indiferent de locul izolării, au fost selectate 105 tulpini și tansferate în tuburi înclinate cu mediu agarizat malt-agar pentru cercetări ulterioare.

La următoarea etapă a fost studiate particularitățile morfo-culturale a celor 105 tulpini.izolate, iar în rezultatul cercetărulor au fost identificate 14 genuri: *Penicillium, Aspergillus*, *Trichoderma*, *Alternaria*, *Fusarium, Mucor, Rhizopus, Acremonium, Talaromyces. Botrytis, Chaetomium, Cladosporium*, *Monilia, Phoma* (tab. 1).

Tabelul 1. Numărul de tulpini isolate și fregventa de aparițe ale acestora

Nr.	Genul tulpinilor	Valea Trandafirilor	
		Nr. tulpinilor izolate	Fregvența, %
1	*Penicillium sp.*	22	20,96
2	*Aspergillius sp.*	28	26,68
3	*Trichoderma sp.*	12	11,43
4	*Alternaria sp.*	5	4,76
5	*Fusarium sp.*	7	6,67

6	*Mucor sp.*	4	3,81
7	*Rhizopus sp.*	2	1,90
8	*Acremonium sp.*	2	1,90
9	*Talatomyces sp.*	2	1,90
10	*Botrytis sp.*	2	1,90
11	*Phoma sp.*	1	0,95
12	*Chaetomium sp.*	2	1,90
13	*Monilia sp.*	1	1,90
14	*Cladosporium sp.*	1	0,95
15	Nedetrminate	14	13,34
16	Total	105	100 %

Mai reprezentativi au fost reprezentații genurilor *Penicillium* (22 tulpini)*, Aspergillus* (28 tulpini) *și Trichoderma* (12 tulpini), frecventa cărora a constituit 20,96%; 26,68% și respectiv 11,43 % din numărul total de tulpini izolate. De asemenea o frecvență semnificativă în acest lac au tulpinile ce reprezintă genurile: *Alternaria* - 4,76%, *Fusarium* - 6,75% *și Mucor* – 3,81%. Reprezentanții celorlalte genuri identificate au o frecvență nesemnificativă mai mică de 2% fiecare din numărul total de tulpini izolate. 14 tulpini din numărul total de 105 tulpini izolate din acest lac nu au fost identificate, frecvența procentuală a cărora constituie 13,34%.

În dependență de locul izolării șirul tulpinilor identificate se prezintă în felul următor:

apa: *Aspergillus →Penicillium →Alternaria →Trichoderma →Mucor →Rhizopus →Fusarium →Botrytis →Talaromyces →Chaetomium →Monilia →Botrytis →Cladosporium;*

sedimente: *Aspergillus →Penicillium →Trichoderma →Alternaria →Fusarium →Rhizopus →Mucor →Acremonium →Phoma →Chaetomium;*

biofilm: *Aspergillius →Penicillium →Trichoderma →Mucor →Botrytis →Alternaria →Talaromyces →Fusarium.*

În toate probele prelevate din apă, sedimente și biofilm au predominat reprezentanții genului *Aspegillus*, urmat de reprezentanții genului *Penicilium*.

Din rezultatele obținute putem constata că, comunitatea fungică dîn lacuril „Valea Trandafirilor” este fosrte diversă în care predomină genurile *Penicillium* și *Aspergillus*.

Majoritatea fungilor depistați în apele dulci sunt prezenți și în sol, dar și în apele sărate ale mărilor și oceanelor.

Fungii acvatici cu filamente superioare, cum sunt hifomicetele acvatice, datorită enzimelor pe care le produc, sunt considerați descompunători majori ai resturilor vegetale de mari dimensiuni din ecosistemele acvatice, adesea dominând procesele de descompunere, cu o pondere de peste 95% față de bacterii [16, 24, 26].

Reieșind din cele menționate a fost studiată activitatea ezimatică: amilaza, catalaza, celulaza și lipaza la 28 tulpini izolate din lacul „Valea Trandafirilor”.

Rezultatele obținute în experiențele montate privitor la activitatea enzimatică a amilazei, catalazei, celulazei și lipazei sunt prezentate în Tab. 1. Conform datelor prezentate doar 2 tulpini izolate din apă (A 2 și A 8), reprezentați ai genului *Trichoderma*, au manifestat activitate catalazică medie (++), 5 tulpini au demonstrat o activitate scăzută (+) și 2 tulpini nu a manifestat activitate catalazică (-). Dintre tulpinile izolate din sedimente numai la 3 tulpini a fost observată activitate catalazică scazută (+), iar la restul 11 tulpini nu a fost înregistrată o astfel de activitate. La tulpinile izolate din biofilm activitate catalazică slabă (+) a fost observată numai la 3 din 5 tulpini testate.

Tabelul 2. Activitatea enzimatică a micromicetelor izolate din lacul „Valea Trandafirilor”

Nr.	Tulpina	Catalaza	Amilaza	Celulaza	Lipaza
Izolate din apă					
1	*A 1 Trichoderma*	+	+	-	+
2	*A 2 Trichoderma*	++	+	-	+
3	*A 3 Trichoderma*	+	+	-	-
4	*A 4 Trichoderma*	+	+	-	-
5	*A 5 Aspergillus*	-	-	-	-
6	*A 6 Aspergillus*	-	-	+	-
7	*A 7 Talaromyces*	+	+	-	-
8	*A 8 Trichoderma*	++	++	-	-
9	*A 9 Trichoderma*	+	+	-	+
Izolate din Sedimente (Nămol)					
10	*N 1 Talaromyces*	+	-	-	+
11	*N 2 Trichoderma*	+	+	+	+
12	*N 3 Trichoderma*	+	-	+	+
13	*N 4 Aspergillus*	-	-	+	-
14	*N 5 Penicillium*	-	-	+	-
15	*N 6 Penicillium*	-	-	-	-
16	*N 7 Talaromyces*	-	-	-	-
17	*N 8 Aspergillus*	-	-	-	-
18	*N 9 Mucor*	-	-	-	-
19	*N 10 Aspergillus*	-	-	-	-
20	*N 11 Mucor*	-	-	-	-
21	*N 12 Aspergillus*	-	-	-	-
22	*N 13 Mucor*	-	-	-	-
23	*N 14 Aspergillus*	-	-	-	-
Izolate din Biofilm					
24	*B 1 Penicillium*	-	-	-	-
25	*B 2 Trichoderma*	+	-	-	-
26	*B 3 Trichoderma*	+	+	-	+
27	*B 4 Mucor*	+	-	-	-
28	*B 5 Aspergillus*	-	+	+	+

Notă: *(++) – activitate medie, (+) activitate slabă; (-) – lipsa activităţii enzimatice.*

Activitatea amilazei de asemenea este destul de redusă (tab.1). Astfel, doar o tulpină izolată din apă a manifestat activitate medie (++), 6 tulpini au manifestat o activitate amilazică scăzută (+) și 2 tulpini nu au manifestat activitate. Tulpinile izolate din sedimente s-au manifestat în felul următor: o tulpină a manifestat activitate scazută (+) și 13 tulpini nu au manifestat activitate amilolitică. Din 5 tulpini izolate din biofilm activitate amilolitică au demonstrat numai 2 tulpini, iar 3 tulpini nu au manifestat activitate.

Ca **și** în cazul activității amilazei activitatea celulazei la tulpinile menționate a fost scăzută. Activitate scăzută (+) a celulazei au manifestat 8 tulpini, izolate din apă, 4 tulpini izolate din sedimente și 1 tulpină izolată din biofilm, la restul tulpinilor astfel de activitate enzimatică nu a fost depistată (tab.2).

Activitatea lipazei de asemena a fost scăzută, la toate tulpinile testate din acest lac. Astfel, activitatea

scăzut***ă*** (+) a lipazei a fost observat la 3 tulpini, izolate din apă, 3 tulpini izolate din sedimente și 1 tulpină izolată din biofilm, la restul tulpinilor activitatea lipazei a fost lipsă (-).

Astfel, din cele 28 tulpini izolate din lacul „Valea Trandafirilor" la 11 tulpini s-a înregistrat o activitate a catalazei, la 10 tulpini – activitate a amilazei, la 6 tulpini – o activitate a celulazei și la 8 tulpini – o activitate a lipazei. Cele mai active sau dovedit a fi tulpinile izolate din apă, evidențiinduse 2 tulpini: A 2 cu activitate medie a catalazei și A 8 cu activitate medie a catalazei și amilazei, acestea fiind reprezentanți ai genului *Trichoderma.*

Rezultatele obținute au demonstrat că majoritatea micromicetelor izolate din bazunul acvatic posedă activitate semnificativă a unei sau a mai multor enzime, care facilitează descompunerea materiei vegetale și a substanțelor organice din lac în carbohidrați simplificați, contribuind totodată la purificarea apei din ecosistemele acvatice. Cele mai active, din punct de vedere enzimatic sau prezentat reprezentanții genurilor *Trichoderma, Talaromyces, Aspergillus.*

Având în vedere această gamă largă de enzime produse, micromicetele acvatice prezintă un potențial remarcabil ca obiecte biotehnologice pentru obținerea substanțelor bioactive pentru aplicații precum industria alimentară (aditivi alimentari), medicină (medicamente), industria farmaceutică, cosmetică, agricultura, ș. a.

Concluzii

Datorită adaptabilității lor remarcabile la diverse condiții de mediu micromicetele sunt prezente în toate habitatele naturale. Ele posedă un echipament enzimatic complex care le permite să utilizeze compuși organici macromoleculari în nutriție. În rezultatul studiului micromicetelor izolate din lacul „Valea Trandafirilor", municipiul Chișinău, s-a constatat că comunitatea fungică este densă și diversă. Astfel densitatea micromicetelor izolate din apă constituie $3x10^4$ UFC/ml, în sedimente $8x10^4$ UFC/gr, iar în biofilm $1x10^3$ UFC/gr. Tot odată comunitatea fungică este foarte diversă, fiind identificate 14 genuri de fungi miceliali: *Penicillium, Aspergillus*, *Trichoderma*, *Alternaria*, *Fusarium, Mucor, Rhizopus, Acremonium, Talaromyces. Botrytis, Chaetomium, Cladosporium*, *Monilia, Phoma*, care constituie peste 86% din totalul de tulpini izolate. Indiferent de localizarea în bazinul acvatic au dominat genurile *Aspergillus* și *Penicillium.*

În rezultatul evaluării potențialului enzimatic (amilaza, celulaza, catalaza și lipaza) a tulpinilor de micromicete, s-a constata că reprezentanții genurilor *Trichoderma* și *Talaromyces* sunt cei mai activi, demonstrând activitate a enzimelor studiate.

Bibliografie:

1. ABDEL-AZIZ, F. *Diversity of aquatic fungi on Phragmites australis at Lake Manzala, Egypt.* In: *Sydowia.* 60, 2008, pp. 1-14.
2. ABDULLAH, R., TAHSEEN, M., NISAR, K., KALEEM, A., IQTEDAR, M., SALEEM, F., AFTAB, M. *"Statistical optimization of cellulases by Talaromyces thermophilus utilizing Saccharum spontaneum, a novel substrate."* In: *Electronic Journal of Biotechnology*. 2021. Volume 51, pp. 79-87. ISSN 0717-3458.
3. AKINFEMIWA. O., ZUBAIR, M., MUNIRAJ, T. *Amylase* In: *StatPearls Treasure Island FL.* 2024. ISBN 978-1-64385-274-0.
4. ALABDALALL, A. H., AL-ANAZI, N. A., ALDAKHEEL, L. A. *Application and characterization of crude fungal lipases used to degrade fat and oil wastes.* In: *Sci Rep.* 2021, vol. 11, p. 19670 ISSN 2045-2322.
5. BARROS, J., BEN TANFOUS, S., SEENA, S. *Aquatic fungi as bioindicators of freshwater ecosystems*. In: *Water*. 2024, vol. 16, nr. 23, p. 3404. ISSN 2073-4441.
6. BAUTZ, N. *Effects of temperature on enzyme activity of aquatic litter-associated fungi*: *Abstracts of honors theses in biology sciences.* Conway. 2019. 32 p.
7. BLACKWELL, M. *The Fungi: 1, 2, 3 5.1 million species? – American Journal of Botany* 98: 2011, 426-438.
8. DHEVAGI, P., RAMYA, A., PRIYATHARSHINI, S., GEETHA THANUJA, K., AMBREETHA, S., NIVETHA, A. *"Industrially important fungal enzymes: productions and applications."* In*: Recent Trends in Mycological Research*. 2021, volume 2, pp. 263-309. ISBN978-3-030-68260-6.

9. EL-GENDI, H., SALEH, A. K., BADIERAH, R., REDWAN, E. M., EL-MARADNY, Y. A., EL-FAKHARANY, E. M. *A Comprehensive Insight into Fungal Enzymes: Structure, Classification, and Their Role in Mankind's Challenges.* In: *J. Fungi* (Basel). 2021, vol. 8 nr. 1, p. 23. ISSN 2309-608X.
10. GHARAGHANI, M., JAFARIAN, H., HATAMI, M., SHABANZADEH, M., ZAREI A.*"Evaluation of catalase activity of clinical and environmental isolates of Aspergillus species."* In*: Iranian Journal of Microbiology.* 2022, vol. 14, nr.1, pp. 133-137. ISSN 2008-3297.
11. GOBALAKRISHNANA R., SIVAKUMARB K. *Systematic characterization of potential cellulolytic marine actinobacteria. Actinoalloteichus sp. MHA 15. Biotechnology Reports.* 13, 2017, 30-36. http://dx.doi.org/10.1016/j.btre.2016.12.003
12. INGOLD, C.T. *An Illustrated Guide to Aquatic and Water-Borne Hyphomycetes (Fungi Imperfecti) with Notes on Their Biology*, 1st ed.; Freshwater Biological Association: Newby Bridge, UK, 1975; p. 96.
13. LIN, W., LIU, X., GONG, L. et al. *Impact of environmental factors on diversity of fungi in sediments from the Shenzhen River Estuary. Arch Microbiol.* 205, 96 (2023). https://doi.org/10.1007/s00203-023-03438-7
14. LIU Q, TANG S, MENG X, ZHU H, ZHU Y, LIU D, SHEN Q. *Proteomic analysis demonstrates a molecular dialog between Trichoderma guizhouense NJAU 4742 and cucumber (Cucumis sativus L.) roots: role in promoting plant growth.* In: *Mol Plant Microbe Interact.* 2021, 34(6):631–644. https://doi.org/10.1094/MPMI-08-20-0240-R
15. MAHON C. R., LEHMAN D. C., MANUSELIS G. *Textbook of diagnostic microbiology*. 4th ed. W. B. Saunders Co., Philadelphia, PA. 2015. 1104 p.
16. MASIGOL, H., AKBAR, S., JASON, K., WOODHOUSE, N.,ROJAS-JIMENEZ, K., FONVIELLE, J., REZAKHANI, F., MOSTOWFIZADEH-GHALAMFARSA, R., NEUBAUER, D., GOLDHAMMER, T., GROSSART, H-P. *The contrasting roles of aquatic fungi and oomycetes in the degradation and transformation of polymeric organic matter. Limnology and Oceanography.* 2019, volume 64, pages 2662-2678. ISSN 1939-5590.
17. MEHBOOB, A., GANIE, A. H., DAR, A.R., SONI, K. K. *Aquatic fungal diversity in two freshwater ecosystems of Madhya Pradesh, India.* In: *Studies in Fungi.* 2021, vol. 6, n. 6, pp. 6–14. ISSN 2231-5063.
18. MIRABILE G, FERARARO V., MANCUSO, F., PECORARO, L., CIRLINCIONE, F. *Biodiversity of Fungi in Freshwater Ecosystems of Italy,* 2023, *Journal of Fungi.* 9(10):993 DOI:10.3390/jof9100993.
19. NEMA, A., PATNALA, S. H., MANDARI, V. et al. *«Production and optimization of lipase using Aspergillus niger MTCC 872 by solid-state fermentation.* In: *Bulletin of the National Research Centre.* 2019, vol. 43.1, pp. 1-8. ISSN 2523-4979.
20. OWOLABI, O. E., OLANIYI, O. O., AKINYOSOYE, F. A. *"Catalytic properties of purified alpha amylase from Aspergillus flavus cultivated on low-cost agricultural substrate".* In: *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 2023. vol. 76.1. pp. 10213-10225. ISSN 2256-1246.
21. OYAREME, V., OSAJI, E. I. O. *The Effects and Level of Catalase Enzyme Activity in Different Species of Aquatic Macrophytes and Their Families in Two Different Locations in Niger Delta, (Ikpoba River in Benin-City and Ethiope River in Abraka), Nigeria. Open Access Library Journal.* 2021, vol. 8, pp. e7368. ISSN 2333-973X.
22. PANAJOTOVA, H. N., DOBREVA, V. T., STRINSKA, H. N., ZHEKOVA, B. Y., DOBREV, G. T. *Immobilization of lipase by physical adsorption on polyethylene terephthalate beads.* In: *Eastern Academic Journal.* 2017, pp. 45-51. ISSN 2367-7384.
23. QING, L., HUI, W., XINGHUA, S., ZHEN-GANG, W., BAOQUAN, D. *Self-Assembled DNA Peptide-Based Nanoparticle Exhibiting Synergistic Enzymatic Activity.* 2017, pp. 7251–7258. ISSN 1936-086X.
24. RASCONI, S., JOBARD, M., SIME-NGANDO, T. *Parasitic fungi of phytoplankton: ecological roles and implications for microbial food webs.* In: *AME*. 2011, vol. 11, pp. 123-137. ISSN 1616-1564.
25. ROBINSON, P. K. *Enzymes: principles and biotechnological applications.* In: *Essays Biochem.* 2015, vol. 59, pp. 1-41. ISSN 1470-8752.
26. RÖHL, O., PERŠOH, D., MITTELBACH, M., ELBRECHT, V., BRACHMANN, A., NUY, J., BOENIGK, J., LEESE, F., BEGEROW, D. *Distinct sensitivity of fungal freshwater guilds to water quality.* In: *Mycological Progress.* 2017, volume 16, pages 155–169. ISSN 1617-4216.

27. SOBRAL LV, MELO KN, SOUZA CM, SILVA SF, SILVA GLR, SILVA ALF, WANDERLEY KAA, OLIVEIRA IS, CRUZ R. *Antimicrobial and enzymatic activity of anemophilous fungi of a public university in Brazil*. In: *An Acad Bras Cienc*. 2017; 89 (3 Suppl): 2327-2340. doi: 10.1590/0001-3765201720160903. Epub 2017 Oct 26. Erratum In: An Acad Bras Cienc. 2018 Jul-Sep;90(3):3223-3239. Doi: 10.1590/0001-3765201820160903. PMID: 29091106.
28. VAKSMANA, A., GUERRERO-CRUZ, S., GHOSH, P., ZEGHAL, E., HERNANDO-MORALES, V. AND NIEMANN, H. *Role of fungi in bioremediation of emerging pollutants. Frontiers Marine Science. Sec. Marine Biotechnology and Bioproducts,* 10 (PDF). *The Role of fungi in converting waste to wealth in Kogi State, Nigeria.* 2023. DOI: 10.3389/fmars.2023.1070905.
29. БИЛАЙ В. И. (ред.) *Методы экспериментальной микологии.* Справочник. Киев, "Наукова думка", 1982.-550 с.
30. БЛАГОВЕЩЕНСКАЯ Е. Ю. *Фитопатогенные микромицеты.* Учебный определитель, 2015, 240 с.
31. ГАРИБОВА Л. В., ЛЕКОМЦЕВА С. Н. *Основы микологии .Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов.* Москва 2005. 221 с.
32. ЛИТВИНОВ М. А. *Определитель микроскопических почвенных грибов*. Ленинград, 1967, 318 с.
33. МЮЛЛЕР Э. ЛЁФФЛЕР В. *Микология,* Москва, 1995, 344 с.
34. НИКИТИН, В. М. *Справочник методов биохимической экспресс-индикации микробов.* Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1986. 295 с.
35. ЯКОВЛЕВА, М. Б. *Скрининг-методы в биотехнологии (обзор).* Часть I. *Поиск микроорганизмов-продуцентов ферментов*. *Вопросы экспериментальной биологии и медицины.* 2016, с. 23-32.

N. B.: *Lucrarea a fost realizată în baza subproiectului: 020101 InBioS – Soluții biotehnologice inovative pentru agricultură, medicină și protecția mediului. Nu există nici un conflict de interese real sau potențial în legătură cu acest articol.*

Date despre autori:
Cristina MOLDOVAN, cercetător științific, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie, UTM.
ORCID: 0000-0003-1634-0344
E-mail:cristina.moldovan@imb.utm.md

Tamara SÎRBU, doctor în bilologie, conferențiar cercetător, șef de laborator, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie, UTM.
ORCID: 0000-0001-7809-9870
E-mail: tamara.sirbu@imb.utm.md

Prezentat: 27.02.2025