

**UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA**  
**ȘCOALA DOCTORALĂ ȘTIINȚE ALE NATURII**

**Consortiu:** Universitatea de Stat din Moldova, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie,  
Universitatea de Stat „Bogdan Petriceicu Hasdeu” din Cahul

**Cu titlu de manuscris**

**C.Z.U: 579.2:582.24:556.51(478-21)(043.3)**

**MOLDOVAN CRISTINA**

**PROPRIETĂȚILE MORFO-CULTURALE ȘI BIOSINTETICE ALE  
MICROMICETELOR DIN BAZINELE ACVATICE ALE MUNICIPIULUI  
CHIȘINĂU**

Specialitatea: 163.04. Microbiologie

**Teză de doctor în științe biologice**

**Conducător științific:**



**Sîrbu Tamara, doctor  
în științe biologice,  
conferențiar cercetător**

**Autor:**



**Moldovan Cristina**

**CHIȘINĂU 2025**

**© Moldovan Cristina, 2025**

## CUPRINS

|                                                                                                                               |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ADNOTARE.....</b>                                                                                                          | <b>5</b>   |
| <b>ANNOTATION.....</b>                                                                                                        | <b>6</b>   |
| <b>АННОТАЦИЯ.....</b>                                                                                                         | <b>7</b>   |
| <b>LISTA ABREVIERILOR.....</b>                                                                                                | <b>8</b>   |
| <b>LISTA TABELELOR.....</b>                                                                                                   | <b>9</b>   |
| <b>LISTA FIGURILOR.....</b>                                                                                                   | <b>10</b>  |
| <b>INTRODUCERE.....</b>                                                                                                       | <b>12</b>  |
| <b>1. MICROMICETELOR BAZINELOR ACVATICE - RĂSPÂNDIREA ȘI<br/>UTILIZAREA LOR ÎN BIOTEHOLOGIE.....</b>                          | <b>22</b>  |
| 1.1. Micromicete - resurse naturale cu aplicații promițătoare în biotehnologie și<br>industrie.....                           | 22         |
| 1.2. Caracteristica și rolul micromicetelor în biocenoza acvatică.....                                                        | 27         |
| 1.3. Clasificarea micromicetelor acvatice.....                                                                                | 34         |
| 1.4. Proprietățile enzimactice ale tulpinilor de fungi acvatici.....                                                          | 39         |
| 1.5. Proprietățile antimicrobiene ale tulpinilor de fungi acvatici.....                                                       | 49         |
| 1.6. Concluzii la Capitolul 1.....                                                                                            | 54         |
| <b>2. OBIECTUL DE STUDIU ȘI METODELE APLICATE ÎN<br/>CERCETARE.....</b>                                                       | <b>56</b>  |
| 2.1. Obiectul de studiu.....                                                                                                  | 56         |
| 2.2. Analiza, sistematizarea și interpretarea rezultatelor științifice.....                                                   | 56         |
| 2.3. Metode de cercetare .....                                                                                                | 57         |
| 2.4. Concluzii la Capitolul 2.....                                                                                            | 62         |
| <b>3. IZOLAREA, IDENTIFICAREA ȘI ANALIZA PARTICULARITĂȚILOR<br/>MORFOLOGICE ȘI CULTURALE ALE MICROMICETELOR ACVATICE.....</b> | <b>63</b>  |
| 3.1. Izolarea micromicetelor din bazine acvatice din municipiul Chișinău.....                                                 | 64         |
| 3.2. Particularitățile morfo-culturale ale micromicetelor izolate din bazinele acvatice.....                                  | 70         |
| 3.3. Identificarea unor tulpini fungici prin tehnici de biologiei moleculare.....                                             | 92         |
| 3.4. Concluzii la Capitolul 3 .....                                                                                           | 100        |
| <b>4. PROPRIETĂȚI BIOSINTETICE ALE MICROMICETELOR IZOLATE DIN<br/>BAZINELE ACVATICE ALE MUNICIPIUL CHIȘINĂU.....</b>          | <b>101</b> |
| 4.1. Studiul activității enzimactice a micromicetelor izolate din lacurile municipiului<br>Chișinău.....                      | 101        |
| 4.2. Proprietățile antimicrobiene ale micromicetelor izolate din bazinele acvatice.....                                       | 110        |

|                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3 Evaluarea potențialului fitostimulator al unor micromicete acvatice..... | 125        |
| 4.4. Concluzii la Capitolul 4.....                                           | 131        |
| <b>CONCLUZII GENERALE.....</b>                                               | <b>132</b> |
| <b>RECOMANDĂRI PRACTICE.....</b>                                             | <b>133</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIE.....</b>                                                     | <b>134</b> |
| <b>ANEXE.....</b>                                                            | <b>160</b> |
| Anexa 1.....                                                                 | 161        |
| Anexa 2.....                                                                 | 162        |
| Anexa 3.....                                                                 | 163        |
| Anexa 4.....                                                                 | 164        |
| Anexa 5 .....                                                                | 165        |
| Anexa 6.....                                                                 | 166        |
| Anexa 7.....                                                                 | 167        |
| Anexa 8.....                                                                 | 169        |
| Anexa 9.....                                                                 | 170        |
| Declarație privind asumarea răspunderii .....                                | 171        |
| <b>Curriculum Vitae ale autorului.....</b>                                   | <b>172</b> |

## ADNOTARE

**MOLDOVAN Cristina: „Proprietățile morfo-culturale și biosintetice ale micromicetelor din bazinele acvatice ale municipiului Chișinău”,** teză de doctor în științe biologice, Chișinău, 2025.

**Structura tezei:** introducere, 4 capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie cu 342 titluri, 9 anexe, 134 pagini text de bază, 23 figuri, 21 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 35 lucrări științifice, 2 brevete de invenție.

**Cuvinte-cheie:** micromicete, izolare, particularitățile morfo-culturale, zone de inhibiție, medii nutritive, activitate enzimatică, activitate antimicrobiană, proprietăți fitostimulatoare.

**Scopul lucrării:** izolarea și studierea proprietăților morfo-culturale și biosintetice ale micromicetelor din bazinele acvatice ale municipiului Chișinău.

**Obiectivele cercetării:** Izolarea în cultură pură a micromicetelor din bazinele acvatice ale municipiului Chișinău; Studiul particularităților morfo-culturale ale micromicetelor izolate și identificarea lor la nivel de gen; Evaluarea potențialului enzimatic al micromicetelor identificate; Evaluarea potențialului antimicrobian și fitostimulator al micromicetelor din mediul acvatic.

**Noutatea și originalitatea științifică.** Pentru prima dată a fost realizat un studiu privind diversitatea micromicetelor din lacurile „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor” din municipiul Chișinău. S-au analizat particularitățile morfo-culturale ale micromicetelor izolate, acestea fiind clasificate la nivel de gen. Genurile predominante au fost identificate și s-a evaluat frecvența de apariție în funcție de localizarea în bazinele acvatice. A fost determinată capacitatea de biosinteză enzimatică a micromicetelor izolate (amilaza, catalaza, lipaza și celulaza), fiind selectate tulpinile cu potențial înalt, care au fost incluse în CNMN ca noi resurse de interes biotehnologic și științific. A fost evaluat potențialul antimicrobian al micromicetelor izolate din lacurile municipiului Chișinău, în special aparținând genurilor *Trichoderma*, *Penicillium* și *Talaromyces*, împotriva fitopatogenilor. S-a demonstrat acțiunea fitostimulatoare a biopreparatelor pe bază de tulpinile *T. atrobruneum* CNMN FD 25 și *T. longibrachiatum* CNMN FD 27 asupra semințelor de grâu.

**Rezultatul obținut, care contribuie la soluționarea unei probleme științifice importante,** constă în fundamentarea științifică a diversității micromicetelor din bazinele acvatice „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor” din municipiul Chișinău, identificarea genurilor dominante și evaluarea potențialului lor enzimatic și antimicrobian, ceea ce a condus la selectarea și depozitarea a 14 tulpini cu proprietăți biosintetice valoroase, dintre care două tulpini din genul *Trichoderma* cu efecte pozitive asupra germinării semințelor de grâu, fapt ce a permis extinderea Colecției Naționale de Microorganisme *Nepatogene* (CNMN) cu noi tulpini de interes pentru domeniul biotehnologiilor microbiene.

**Semnificația teoretică:** Au fost acumulate date privind diversitatea și densitatea micromicetelor din 3 bazine acvatice ale municipiului Chișinău. Au fost identificate genurile dominante și evaluat potențialul lor enzimatic și antimicrobian. Au fost selectate și depuse în Colecția Națională de Microorganisme *Nepatogene* 14 tulpini de micromicete de interes biotehnologic din mediul acvatic, dintre care 2 cu proprietăți fitostimulatoare, ceea ce contribuie la dezvoltarea de noi resurse științifice pentru cercetări viitoare în microbiologie, biotehnologie, și alte domenii.

**Valoarea aplicativă:** Tulpinile de micromicetele din mediul acvatic din genurile *Trichoderma* și *Penicillium* pot fi utilizate pentru obținerea enzimelor (amilaza, catalaza, lipaza și celulaza), iar pe baza tulpinilor *Trichoderma atrobruneum* CNMN FD și *Trichoderma longibrachiatum* CNMN FD 27 pot fi dezvoltate biopreparate cu proprietăți fitostimulatoare.

**Implementarea rezultatelor științifice:** Tulpinile de micromicete cu potențial enzimatic, antimicrobian și fitostimulator au completat Colecția Națională de Microorganisme *Nepatogene* cu producători perspectivi, iar biopreparatele obținute în baza tulpinilor *T. atrobruneum* CNMN FD 25 și *T. longibrachiatum* CNMN FD 27 au fost testate în condiții de laborator pe semințele de grâu, demonstrând acțiunea lor fitostimulatoare asupra plantulelor de grâu.

## ANNOTATION

**MOLDOVAN Cristina: „Morpho-cultural and biosynthetic properties of micromycetes from the water basins of Chisinau municipality”, PhD thesis in biological sciences, Chişinău, 2025.**

**Thesis structure:** introduction, 4 chapters, general conclusions and recommendations, bibliography with 342 titles, 9 annexes, 134 pages of basic text, 23 figures, 21 tables. The results obtained are published in 35 scientific papers, tow patent.

**Key-words:** micromycetes, isolation, morpho-cultural characteristics, exometabolites, zones of inhibition, nutrient media, enzymatic activity, antimicrobial activity, phytostimulation properties.

**Purpose of the work:** isolation and study of the morpho-cultural and biosynthetic properties of micromycetes from the water basins of Chisinau municipality.

**Research objectives:** Isolation in pure culture of micromycetes from the water basins of Chisinau municipality; Study of the morpho-cultural characteristics of the isolated micromycetes and their identification at the genus level; Evaluation of the enzymatic potential of the identified micromycetes; Evaluation of the antimicrobial and phytostimulatory potential of micromycetes from the aquatic ecosystem.

**Scientific novelty and originality.** For the first time, a study was conducted on the diversity of micromycetes from the lakes "La Izvor", "Valea Morilor" and "Valea Trandafirilor" in the Chisinau municipality. The morpho-cultural characteristics of the isolated micromycetes were analyzed and classified at the genus level. The predominant genera were identified and the frequency of occurrence was evaluated depending on the location in the water basins. The enzymatic biosynthesis capacity of the isolated micromycetes (amylase, catalase, lipase, and cellulase) was determined, and strains with high potential were selected, which were included in the National Collection of Nonpathogenic Microorganisms (NCNM) as new resources of biotechnological and scientific interest. The antimicrobial potential of the isolated micromycetes from the lakes of the Chisinau municipality, especially belonging to the genera *Trichoderma*, *Penicillium*, and *Talaromyces*, against phytopathogens was evaluated. The phytostimulation activity of biopreparations based on the strains *T. atrobruneum* CNMN FD 25 and *T. longibrachiatum* CNMN FD 27 on wheat seeds was demonstrated.

**The result obtained, which contributes to solving an important scientific problem,** consists of the scientific substantiation of the diversity of micromycetes from the "La Izvor", "Valea Morilor" and "Valea Trandafirilor" water basins in Chisinau, the identification of the dominant genera and the evaluation of their enzymatic and antimicrobial potential, which led to the selection and storage of 14 strains with valuable biosynthetic properties, of which two strains from the *Trichoderma* genus with positive effects on wheat seed germination, which allowed the replenishing of the NCNM with new strains of interest for the field of microbial biotechnologies.

**Theoretical significance:** Data on the diversity and density of micromycetes from 3 water basins of Chisinau municipality were accumulated. The dominant genera were identified and their enzymatic and antimicrobial potential was evaluated. Fourteen strains of micromycetes of biotechnological interest from the aquatic ecosystem were selected and deposited in the NCNM, 2 of which possess phytostimulation properties, which contributes to the development of new scientific resources for future research in microbiology, biotechnology, and other fields.

**Practical significance:** Strains of aquatic micromycetes of the genera *Trichoderma* and *Penicillium* can be used to obtain enzymes (amylase, catalase, lipase, and cellulase), and based on the strains *Trichoderma atrobruneum* CNMN FD 25 and *Trichoderma longibrachiatum* CNMN FD 27, biopreparations with phytostimulation properties can be developed.

**Implementation of scientific results:** Micromycete strains with enzymatic, antimicrobial and phytostimulation potential have replenish the National Collection of Nonpathogenic Microorganisms with promising producers, and biopreparations obtained based on the strains *T. atrobruneum* CNMN FD 25 and *T. longibrachiatum* CNMN FD 27 were tested under laboratory conditions on wheat seeds, demonstrating their phytostimulatory action on wheat seedlings.

## АННОТАЦИЯ

**МОЛДОВАН Кристина: „Морфокультуральные и биосинтетические свойства микромицетов из водоемов муниципия Кишинев”, диссертация на соискание учёной степени доктора биологических наук, Кишинев, 2025.**

**Структура диссертации:** введение, 4 главы, общие выводы и рекомендации, цитируемые источники в библиографии – 342, 9 приложений, 134 страниц основного текста, 23 рисунка, 21 таблиц. Полученные результаты опубликованы в 35 научных работах, два патента.

**Ключевые слова:** микромицеты, изоляция, морфо-культуральные свойства, экзометаболические продукты, зоны ингибции роста, питательные среды, ферментативная активность, антимикробная активность, фитостимулирующие свойства.

**Цель работы:** выделение и изучение морфо-культуральных и биосинтетических свойств микромицетов из водоемов муниципия Кишинев.

**Задачи исследования:** Выделение чистых культур микромицетов из водоемов муниципия Кишинев; Изучение морфо-культуральных особенностей выделенных микромицетов и их идентификация на уровне рода; Оценка ферментативного потенциала идентифицированных микромицетов; Оценка антимикробного и фитостимулирующего потенциала микромицетов из водной экосистемы.

**Научная новизна и оригинальность.** Впервые проведено исследование разнообразия микромицетов из озер «Ла Извор», «Валя Морилор» и «Валя Трандафирилор» муниципия Кишинев. Проанализированы морфо-культурные характеристики выделенных микромицетов и проведена их классификация на уровне рода. Выявлены преобладающие роды и оценена частота встречаемости в зависимости от местонахождения в водоёмах. Определена ферментная активность выделенных микромицетов (амилаза, каталаза, липаза и целлюлаза), отобраны штаммы с высоким потенциалом, которые включены в Национальную Коллекцию Непатогенных Микроорганизмов (НКНМ) в качестве новых ресурсов, представляющих биотехнологический и научный интерес. Оценен антимикробный потенциал выделенных микромицетов из озер мун. Кишинев, принадлежащих к родам *Trichoderma*, *Penicillium* и *Talaromyces*, по отношению к фитопатогенам. Показана фитостимулирующая активность биопрепаратов на основе штаммов *T. atrobrunneum* CNMN FD 25 и *T. longibrachiatum* CNMN FD 27 на семенах пшеницы.

**Полученный результат, способствующий решению важной научной проблемы,** заключается в научном обосновании разнообразия микромицетов водоемов «Ла Извор», «Валя Морилор» и «Валя Трандафирилор» муниципия Кишинев, выявлении доминирующих родов и оценке их ферментативного и антимикробного потенциала, что привело к отбору и хранению 14 штаммов с ценными биосинтетическими свойствами, из которых два штамма из рода *Trichoderma* с положительным влиянием на прорастание семян пшеницы, что позволило пополнить НКНМ новыми штаммами, представляющими интерес в области микробных биотехнологий.

**Теоретическая значимость:** Полученные данные о разнообразии микромицетов из 3 водоёмов муниципия Кишинев. Определены доминирующие роды и оценен их ферментативный и антимикробный потенциал. Отобраны и депонированы в НКНМ 14 штаммов микромицетов, представляющих биотехнологический интерес, 2 из которых обладают фитостимулирующими свойствами, что способствует разработке новых научных исследований в области микробиологии, биотехнологии и других областей.

**Практическая значимость:** Штаммы водных микромицетов родов *Trichoderma* и *Penicillium* могут быть использованы для получения ферментов (амилазы, каталазы, липазы, целлюлазы), а на основе штаммов *Trichoderma atrobrunneum* CNMN FD 25 и *Trichoderma longibrachiatum* CNMN FD 27 могут быть созданы биопрепараты с фитостимулирующими свойствами.

**Внедрение научных результатов:** Штаммы микромицетов с ферментативным, антимикробным и фитостимулирующим потенциалом дополнили НКНМ перспективными продуцентами, а биопрепараты, полученные на основе штаммов *T. atrobrunneum* CNMN FD 25 и *T. longibrachiatum* CNMN FD 27, испытаны в лабораторных условиях на семенах пшеницы, показав их фитостимулирующее действие на проростки пшеницы.

## **LISTA ABREVIERILOR**

CNMN - Colecția națională de microorganisme nepatogene

PGPF - Ciuperci care promovează creșterea plantelor

ACB - Agenți de control, biologic

ERM - Asociația micorizală ericoid

UFC - Unităților formatoare de colonii

MC - mediul Czapek

pH - aciditatea activă

UE – Uniunea Europeană

ONU – Organizația Națiunilor Unite

spp – specii

Exp. – experimental



## LISTA TABELELOR

| Nr. Crt. | Denumirea tabelului                                                                                                                                                                    | Pag. |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1        | Tabelul 3.1.1. Densitatea UFC/ml în probele de apă, sedimente și biofilme.....                                                                                                         | 67   |
| 2        | Tabelul 3.1.2. Numărul de tulpini izolați din lacurile „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor” în dependență de locul izolării.....                                       | 69   |
| 3        | Tabelul 3.2.1. Numărul de izolate depistat în probele prelevate din bazinele acvatice : „La Izvor”, „Valea Trandafirilor” și „Valea Morilor”.....                                      | 72   |
| 4        | Tabelul 3.2.2. Carcterele morfo-culturale ale unor tulpini de micromicete din genul <i>Penicillium</i> izolate din lacurile: „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”..... | 76   |
| 5        | Tabelul 3.2.3 Tulpini de micromicete din genul <i>Aspergillus</i> colectate din lacurile „Valea Morilor” „La Izvor” și „Valea Trandafirilor”.....                                      | 79   |
| 6        | Tabelul 3.2.4. Caracterele morfo-culturale ale unor tulpini de micromicete din genul <i>Trihoderna</i> izolate din lacurile „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor” ..... | 82   |
| 7        | Tabelul 3.2.5. Caracterele morfo-culturale ale unor micromicete din genul <i>Alternaria</i> izolate din lacurile „La Izvor”, si „Valea Morilor” .....                                  | 84   |
| 8        | Tabelul 3.2.6. Tulpini de micromicete din genul <i>Fusarium</i> colectate din lacurile „Valea Morilor” „La Izvor” și „Vale Trandafirilor”.....                                         | 85   |
| 9        | Tabelul 3.2.7. Caracterele morfo-culturale ale unor micromicete din genul <i>Rhizopus</i> izolate din lacurile „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”.....               | 86   |
| 10       | Tabelul 3.2.8. Rezultatele identificării tulpinilor de fungi prin metoda biologiei moleculare.....                                                                                     | 93   |
| 11       | Tabelul 4.1.1. Activitatea enzimatică a micromicetelor izolate din apa lacului „La Izvor “.....                                                                                        | 103  |
| 12       | Tabelul 4.1.2. Activitatea enzimatică a micromicetelor izolate din biofilme ale lacului „La Izvor”....                                                                                 | 104  |
| 13       | Tabelul 4.1.3. Activitatea enzimatică a micromicetelor izolate din sedimente a lacului „La Izvor “.....                                                                                | 105  |
| 14       | Tabelul 4.1.4. Activitatea enzimatică a micromicetelor izolate din probele de apă, sedimente și biofilm a lacul „Valea Morilor”.....                                                   | 106  |
| 15       | Tabelul 4.1.5. Activitatea enzimatică a micromicetelor izolate din lacul „Valea Trandafirilor”.....                                                                                    | 109  |
| 16       | Tabelul 4.2.1. Activitatea antifungică a tulpinilor de micromicete izolate din lacul „La Izvor”.....                                                                                   | 111  |
| 17       | Tabelul 4.2.2. Activitatea antifungică a tulpinilor izolate din lacul „Valea Trandafirilor”.....                                                                                       | 114  |
| 18       | Tabelul 4.2.3. Activitatea antifungică a tulpinilor de micromicete izolate din lacul „Valea Morilor”.....                                                                              | 117  |
| 19       | Tabelul 4.2.4. Activitatea antibacteriană a tulpinilor de micromicete izolate din lacul „La Izvor”.....                                                                                | 119  |
| 20       | Tabelul 4.2.5. Activitatea antibacteriană a tulpinilor izolate din lacul „Valea Trandafirilor”.....                                                                                    | 122  |
| 21       | Tabelul 4.2.6. Activitatea antibacteriană a tulpinilor izolate din lacul „Valea Morilor“.....                                                                                          | 124  |

# LISTA FIGURILOR

## Denumirea figurii

| Nr. Crt. |                                                                                                                                                                                                                     | Pag. |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1        | Figura 2.1.Schema efectuării diluțiilor succesive.....                                                                                                                                                              | 57   |
| 2        | Figura 3.1.1. Schema pentru izolarea micromicetelor .....                                                                                                                                                           | 65   |
| 3        | Figura 3.1.2. Colonii de micromicete din diluția 10 <sup>2</sup> crescute pe diferite medii nutritive: 1. Malț-agar ; 2 – Czapek ; 3 – Raistrick ; 4 – agar nutritiv.....                                           | 66   |
| 4        | Figura 3.1.3. Colonii de micromicete cultivate pe mediul malț-agar.....                                                                                                                                             | 68   |
| 5        | Figura 3.2.1.Colonii de micromicete din genul <i>Penicillium</i> izolate din lacurile: „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”.....                                                                    | 76   |
| 6        | Figura 3.2.2. Colonii ale tulpinilor de micromicete din genul <i>Aspergillus</i> izolate din lacurile „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”.....                                                     | 79   |
| 7        | Figura 3.2.3. Colonii ale tulpinilor din genul <i>Trichoderma</i> izolate din bazinele acvatic.....                                                                                                                 | 81   |
| 8        | Figura 3.2.4. Colonii ale tulpinilor din genul <i>Acremonium</i> .....                                                                                                                                              | 87   |
| 9        | Figura 3.2.5. Colonii ale tulpinilor din genul <i>Talaromyces</i> .....                                                                                                                                             | 89   |
| 10       | Figura 3.2.6. Colonii ale tulpinilor din genul <i>Trichocladium</i> .....                                                                                                                                           | 89   |
| 11       | Figura 3.2.7. Colonii de micromicete: 1 – <i>Cladosporem</i> ; 2- <i>Phoma</i> ; 3 - <i>Chaetomium</i> .....                                                                                                        | 90   |
| 12       | Figura 3.2.8. Colonii ale tulpini de fungi din genul 1- <i>Ulocladium</i> și 2- <i>Ambrosiella</i> .....                                                                                                            | 91   |
| 13       | Figura 4.2.1. Zonele de inhibiție a fitopatogenului a), c) <i>F. oxysporum</i> , b) <i>A. niger</i> sub influența metaboliților unor tulpini de fungi izolați din lacul „La Izvor”.....                             | 113  |
| 14       | Figura 4.2.2. Zonele de inhibiție a fitopatogenilor <i>A. niger</i> , <i>F. solani</i> , <i>A. alternata</i> și <i>B. cinerea</i> sub influența metaboliților fungilor izolați din lacul „Valea Trandafirilor”..... | 116  |
| 15       | Figura 4.2.3. Activitatea antimicrobică a micromicetelor din lacul „Valea Morilor” ...                                                                                                                              | 118  |
| 16       | Figura 4.2.4. Zonele de inhibiție a fitopatogenilor a) <i>Agrobacterium tumefaciens</i> ; b) <i>Bacillus subtilis</i> sub acțiunea unor tulpini de fungi izolați din lacul „La Izvor”.....                          | 121  |
| 17       | Figura 4.2.5. Zonele de inhibiție a fitopatogenilor a) <i>Agrobacterium tumefaciens</i> ; b) <i>Bacillus subtilis</i> sub acțiunea unor tulpini de fungi izolați din lacul „Valea Trandafirilor” .....              | 123  |
| 18       | Figura 4.2.6. Zonele de inhibiție a fitopatogenilor a) <i>A. tumefaciens</i> ; b) <i>B. subtilis</i> ; c) <i>E. carotovora</i> sub acțiunea unor tulpini de fungi izolați din lacul „Valea Morilor”....             | 125  |
| 19       | Figura 4.3.1. Activitatea antimicrobiană a biopreparatelor <i>T. atrobruneum</i> CNMN                                                                                                                               |      |

|    |                                                                                                                                                                       |     |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|    | FD 25 și <i>T. longibrachiatum</i> CNMN FD 27 asupra fitopatogenilor.....                                                                                             | 127 |
| 20 | Figura 4.3.2. Acțiunea biopreparatului obținut în baza tulpinii <i>T. atrobruneum</i> CNMN FD 24 asupra boabelor de grâu.....                                         | 128 |
| 21 | Figura 4.3.3. Acțiunea biopreparatului <i>T. atrobruneum</i> CNMN FD 25 asupra masei uscate a plantulelor și rădăcinilor de grâu.....                                 | 129 |
| 22 | Figura 4.3.4. Acțiunea biopreparatului obținut în baza tulpinii <i>T. longibrachiatum</i> CNMN FD 27 asupra germinării boabelor și lungimii plantulelor de grâu ..... | 130 |
| 23 | Figura 4.3.5. Acțiunea biopreparatului obținut în baza tulpinii <i>T. longibrachiatum</i> CNMN FD 27 asupra masei uscate a plantulelor și rădăcinilor de grâu .....   | 130 |

## INTRODUCERE

**Actualitatea și importanța temei abordate.** Micromicetele acvaticе sunt microorganisme eucariote răspândite de milioane de ani pe Pământ și sunt strâns legate de animale cât și de plante. S-a demonstrat că joacă un rol esențial în descompunerea materiei organice din apă, ușurând accesul altor organisme acvaticе la nutrienți și ajutând la menținerea echilibrului ecosistemului. De asemenea, fungii sunt des utilizați în bioremediere deoarece aceștia reduc poluarea și participă activ în detoxifiere, prin eliminarea metalelor din mediul acvatic. Hifele, filamentele ramificate care formează miceliul, sunt esențiale pentru alimentația fungilor, deoarece cresc în substraturi și absorb nutrienți. Micromicetele acvaticе formează relații simbiotice cu organismele acvaticе și își dezvoltă miceliul pe lemn sau plante scufundate [1; 29; 32; 107; 210; 211].

Micromicetele de apă dulce sunt un grup divers din punct de vedere morfologic, filogenetic și ecologic, care depind de ecosisteme acvaticе și de substraturi submersibile. Primele cercetări despre micromicetele de apă dulce datează din secolul XIX, iar identificarea lor inițială s-a bazat pe morfologie și teste biochimice. Ulterior, studiile taxonomice au integrat date moleculare, iar progresele în barcoding-ul regiunilor ribozomale și genele codificatoare de proteine au îmbunătățit rezoluția arborilor filogenetici. Deși s-au făcut progrese în înțelegerea lor, cunoștințele despre fungii filamentosi de apă dulce rămân limitate, iar ecologia acestora este un domeniu neglijat [31; 33; 48; 69; 90; 106; 113].

Calabon et al. (2022) au realizat o clasificare detaliată a fungilor de apă dulce, identificând un total de 3.870 de specii, care provin din diferite substraturi și locații geografice. Dintre acestea, 2.968 de specii sunt incluse în filumul *Ascomycota*, iar alte 333 de specii fac parte din *Chytridiomycota*. În plus, 221 de specii aparțin *Rozellomycota* și 218 specii sunt din *Basidiomycota*. Există și alte filumuri, cu mai puțin de 50 de specii fiecare, cum ar fi *Blastocladiomycota*, *Monoblepharomycota*, *Mucoromycota* și altele. Majoritatea speciilor de apă dulce se regăsesc în ordinele *Sordariomycetes* (823 specii, 298 genuri) și *Dothideomycetes* (677 specii, 229 genuri). Printre cele mai mari ordine și familii de micromicete acvaticе se numără *Pleosporales* și *Laboulbeniaceae*, care conțin cele mai multe specii (391, respectiv 185 specii). Estimările sugerează că cele 3.870 de specii de micromicete de apă dulce identificate reprezintă între 0.26% și 4% din totalul speciilor de micromicete cunoscute [33; 48; 64; 90].

Micromicetele de apă dulce joacă roluri esențiale în ecosistemele acvaticе, contribuind în mod deosebit la degradarea celulozei și a lignocelulozei din resturile lemnoase, generând procese de descompunere avansată. Ele contribuie semnificativ la ciclul nutrienților și fluxul de energie. Studiile au arătat că acești micromicetele influențează ratele de descompunere a frunzelor și

lemnului în râuri, favorizând eliberarea de nutrienți, sprijinind detritivorii și influențând rețelele trofice. De asemenea, ele creează microhabitate prin descompunerea materialului vegetal scufundat, susținând complexitatea habitatului și biodiversitatea. În plus, micromicetele de apă dulce ajută la menținerea calității apei prin reciclarea nutrienților, demonstrând astfel rolul lor critic în sănătatea ecosistemului [45; 96; 107; 137;147].

Fungii filamentoși sunt principalii descompunători din ecosistemele acvaticе, o caracteristică unică a acestora este capacitatea de a produce mai multe enzime nespecifice. Aceste enzime extracelulare sau exoenzime nespecifice permit fungilor acvatici să atace compuși organici structurali diverși, care corespund diferitelor clase de poluanți. Prin urmare, acești fungi ar putea reprezenta o nouă resursă pentru tratarea apelor uzate [34; 45; 116; 305].

Biotehnologia fungilor filamentoși acvatici, cunoscută și sub denumirea de „mycotechnology”, a făcut progrese semnificative în ultimele decenii. Fungii filamentoși tereștri sunt deja folosiți pe scară largă pentru producția de enzime, antibiotice și proteine umane. În acest context, fungii acvatici reprezintă o zonă emergentă cu un potențial mare în producția de molecule bioactive. Acest domeniu se concentrează pe fungi filamentoși asociați cu algele, plantele ierboase, nevertebratele, precum și fungii din medii extreme. Studii asupra acestora pot revela noi resurse biologice cu aplicații biotehnologice, cum ar fi producția de enzime și molecule cu activitate farmacologică [34; 74; 128; 129; 210; 211; 214; 227].

Deși există o mare diversitate de micromicete acvaticе, doar câteva specii au fost studiate și utilizate pentru producția de enzime industriale. Printre aceste specii se numără *Aspergillus flavus*, *Penicillium citrinum*, *Neosartorya quadricincta*, *Pichia kudriavzevii* și *Aspergillus nidulans*. Aceste micromicete sunt eficiente producătoare de L-glutaminază și au fost studiate prin tehnici de fermentație submersă și solidă. În plus, alte specii de *Aspergillus* și *Penicillium* au fost identificate ca producători de enzime cu potențial industrial precum producția de L-glutaminază [23; 43; 156; 229].

Cobateria bolilor plantelor cu pesticide și insecticide prezintă riscuri semnificative, inclusiv impact negativ asupra sănătății umane, efecte asupra organismelor din mediu și apariția rezistenței patogenilor. Alternativ, utilizarea agenților de biocontrol, cum ar fi microorganismele care promovează dezvoltarea plantelor, oferă soluții mai sigure și mai eficiente. Aceste microorganisme au efecte antimicrobiene, stimulează imunitatea sistemică a plantelor și contribuie la îmbunătățirea producției agricole. PGPF (fungii care promovează creșterea plantelor) produc substanțe naturale care îmbunătățesc imunitatea plantelor și toleranța acestora la stres biotic și abiotic. De exemplu, specii din genul *Aspergillus* s-au dovedit a fi agenți eficienți de control biologic. Metaboliții produși de *Aspergillus chevalieri* inhibă creșterea patogenilor bacterieni și fungici, iar *Aspergillus egyptiacus* este o sursă valoroasă de compuși

chimici cu activitate benefică pentru plante. Aceste strategii biologice sunt esențiale pentru o agricultură sustenabilă [28; 53; 65; 332].

Compuși bioactivi produși de micromicetele de apă dulce, testați în diverse experimente biologice, indică un potențial semnificativ pentru descoperirea de noi medicamente. În plus, având în vedere importanța apei dulci pentru viața de pe Pământ, relevanța ecologică a acestor fungi filamentoși și a metaboliților lor bioactivi ar putea fi semnificativă. Apariția platformelor de secvențiere genomică permite obținerea de informații despre clusterelor de gene biosintetice ale fungilor filamentoși de apă dulce, facilitând astfel identificarea metaboliților secundari de diversitate variată. De asemenea, sunt necesare studii sistematice suplimentare asupra acestor organisme pentru a înțelege rolurile ecologice și evoluția acestora. Acest grup ecologic de fungi poate reprezenta o veritabilă comoară de diversitate chimică ascunsă, care așteaptă să fie descoperită [69; 159; 263].

Cunoașterea caracteristicilor biochimice ale micromicetelor acvatică este necesară pentru rezolvarea problemelor de mediu, de la absorbția nutrienților până la descompunerea poluanților. Hifele permit o absorbție rapidă a nutrienților, iar hifele septate oferă protecție în cazul rupturii. Proteinele hidrophobin și aquaporin reglează fluxul de apă, iar chemotaxia ajută fungi filamentoși să localizeze nutrienții și să participe la reproducere. De asemenea, ele pot filtra poluanți precum plasticele și metalele grele din apă, oferind soluții pentru combaterea poluării acvatice. Aceste adaptări fac fungii acvatici promițători pentru rezolvarea problemelor de mediu. [5; 104; 276; 265].

Fungii filamentoși acvatici sunt eficienți în bioremediere datorită diversității reacțiilor lor metabolice și capacității de a se adapta la diferite condiții de mediu. Aceștia pot descompune contaminanții cu ajutorul enzimelor digestive produse de hifele lor. De asemenea, fungi filamentoși acvatici pot interacționa cu alte microorganisme, precum bacteriile, într-un consorțiu microbial, formând un sistem complex care contribuie la degradarea substanțelor dăunătoare. Aceste consorții pot fi adaptate pentru a aborda diverse tipuri de poluare, inclusiv descompunerea deșeurilor organice complexe și eliminarea poluanților chimici [3; 5; 18; 101; 189; 214].

În urma celor expuse anterior, putem sublinia importanța studierii diversității fungilor filamentoși acvatici și a proprietăților lor biotehnologice, esențială pentru identificarea de enzime și compuși bioactivi de valoare, cu multiple aplicații industriale. Aceste cercetări pot facilita dezvoltarea unor procese industriale mai eficiente și ecologice.

**Scopul lucrării:** izolarea și studierea proprietăților morfo-culturale și biosintetice ale micromicetelor din bazinele acvatice din mun. Chișinău.

### **Obiectivele cercetării:**

1. Izolarea micromicetelor în cultură pură din bazine acvatice din municipiul Chișinău;
2. Studiul particularităților morfo-culturale ale micromicetelor izolate și identificarea lor până la apartinența de gen;
3. Identificarea potențialului enzimatic al micromicetelor selectate;
4. Evaluarea potențialului antimicrobian și fitostimulator al unor micromicete acvatice izolate.

### **Ipoteza de cercetare:**

Bazinele acvatice din municipiul Chișinău pot fi considerate o sursă valoroasă de tulpini de micromicete, capabile să sintetizeze substanțe bioactive cu proprietăți enzimaticе, antimicrobiene și fitostimulatoare. Se presupune că aceste tulpini prezintă un potențial biotehnologic ridicat. Identificarea, caracterizarea și selectarea acestor microorganisme ar putea contribui la crearea unor noi biopreparate eficiente și ecologice, cu aplicabilitate în agricultură, industria farmaceutică și protecția mediului.

### **Sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese:**

În calitate de obiecte de studiu au fost utilizate 476 tulpini de micromicetele izolate din lacurile „La Izvor”, „Valea Trandafirilor” și „Valea Morilor”, din municipiul Chișinău.

Reieșind din scopul propus și obiectivele trasate pentru demonstrarea ipotezei înaintate au fost aplicate metode clasice și moderne:

- *Metode Microbiologice:* inocularea pe medii agarizate (malț 6 B. Czapek, Sabouraud agar fără aditivi, Raistrik) a micromicetelor din probele prelevate, izolarea și selectarea în cultură pură (mediul malț-agar), studierea particularităților morfo-culturale (vizual și microscopic) a micromicetelor izolate;
- *Metodele biochimice:* activitatea enzimatică a micromicetelor acvatice (determinarea activității catalazei, determinarea activității amilazei, determinarea activității lipazei, determinarea activității celulazei, determinarea activității antimicrobiene (proprietăți antifungice și antibacteriene);
- *Metodele standardizate* de obținere și testarea biopreparatelor pe semințe ale plantelor agricole. Proprietățile fitostimulatoare a tulpinilor de fungi; Aceste metode permit identificarea proprietăților fitostimulatoare.
- *Metodele de analiză statistică a datelor;*
- Interpretarea rezultatelor s-a efectuat pentru fiecare etapă de studiu, în concordanță cu rezultatele obținute în cercetările efectuate și metoda utilizată, datele sunt prezentate ca media aritmetică +/- derivația standart. Semnificația diferențelor dintre variante a fost apreciată în baza testului T-Student.

**Noutatea și originalitatea științifică.** Pentru prima dată a fost realizat studiul diversității micromicetelor în bazinele acvatice ale R. Moldova pe baza lacurilor „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor” din municipiul Chișinău. Au fost analizate particularitățile morfo-culturale ale micromicetelor izolate, acestea fiind clasificate la nivel de gen. Au fost identificate grupurile, ce predomină numeric și evaluată frecvența de apariție a acestora în funcție de localizarea în bazinele acvatice. A fost determinată capacitatea de biosinteză enzimatică (amilaza, catalaza, lipaza și celulaza) a micromicetelor izolate, fiind selectate tulpinile cu potențial înalt, care au fost incluse în CNMN în calitate de noi resurse de interes biotehnologic și științific. A fost evaluat potențialul antimicrobian al micromicetelor izolate din lacurile municipiului Chișinău, în special al reprezentanților genurilor *Trichoderma*, *Penicillium* și *Talaromyces*, împotriva fitopatogenilor. S-a demonstrat acțiunea fitostimulatoare a biopreparatelor pe bază de tulpini *T. atrobruneum* CNMN FD 25 și *T. longibrachiatum* CNMN FD 27 asupra boabelor de grâu.

**Rezultatul obținut, care contribuie la soluționarea unei probleme științifice importante:** constă în evaluarea diversității micromicetelor din bazinele acvatice „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor” din municipiul Chișinău, identificarea genurilor dominante și estimarea potențialului lor enzimatic și antimicrobian, ceea ce a condus la selectarea și depozitarea a 14 tulpini cu proprietăți biosintetice valoroase, dintre care două tulpini din genul *Trichoderma* – cu efecte pozitive asupra germinării boabelor de grâu, fapt ce a permis extinderea Colecției Naționale de Microorganisme Nepatogene (CNMN) cu noi tulpini de interes pentru domeniul biotehnologiilor microbiene.

**Semnificația teoretică:** Au fost acumulate date privind diversitatea și densitatea micromicetelor din 3 bazine acvatice ale municipiului Chișinău; identificate genurile dominante și evaluat potențialul lor enzimatic și antimicrobian; selectate și depuse în CNMN 14 tulpini de micromicete de interes biotehnologic din mediul acvatic, dintre care 2 – cu proprietăți fitostimulatoare, ceea ce contribuie la valorificarea noilor resurse științifice pentru viitoarele cercetări în microbiologie, biotehnologie și alte domenii de interes științifico-practic.

**Valoarea aplicativă:** Tulpinile de micromicetele din mediul acvatic din genurile *Trichoderma* și *Penicillium* pot fi utilizate pentru obținerea enzimelor (amilaza, catalaza, lipaza și celulaza), iar pe baza tulpinilor *Trichoderma atrobruneum* CNMN FD și *Trichoderma longibrachiatum* CNMN FD 27 pot fi elaborate biopreparate cu proprietăți fitostimulatoare.

**Implementarea rezultatelor științifice:** Tulpinile de micromicete cu potențial enzimatic, antimicrobian și fitostimulator au completat CNMN cu producători de perspectivă, iar biopreparatele obținute în baza tulpinilor *T. atrobruneum* CNMN FD 25 și *T. longibrachiatum* CNMN FD 27 au fost testate în condiții de laborator pe boabe de grâu, demonstrând acțiunea lor



fitostimulatoare asupra plantulelor.

**Aprobarea rezultatelor.** Materialele tezei au fost prezentate și discutate la diferite foruri științifice: Simpozionul științific „*Biology and sustainable development*”, ed. 19, Bacău, Romania, 2021, 2022 (Online); Conferința științifică internațională „Экология родного края: проблемы и пути их решения”, Киров: ВятГУ, (Online), 2021, 2023; 5 Съезд микологов России. Современная микология в России М.: Национальная академия микологии (Online), 2022; Conferința internațională „*Microbial Biotechnology*”, Chișinău, 2022; *International Congress of Geneticists and Breeders from the Republic of Moldova*”, ed. XI, Chișinău, 2021; Conferință Internațională „*Științe ale Vieții pentru Dezvoltare Durabilă*”, Cluj-Napoca, 2023; Conferința științifico-practică cu participare internațională „*Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă 2021, 2022*”; Simpozionului științific național cu participare internațională: *Biotehnologii moderne - soluții pentru provocările lumii contemporane [On-Line]*. Chișinău, 2021; Conferința națională cu participare internațională „*Life sciences in the dialogue of generations*” Chișinău, CEP USM, 2022, 2023, 2024; Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor, UTM, 2023; *Salonului INVENȚII INOVAȚII „Traian Vuia”*, Timișoara, România, 2023; Salonul INVENTCOR, 4<sup>th</sup> edition, Deva, România, 2023; Salonul UGAL-INVENT, Galați, România, 2023; Salon of Invention and Innovative Entrepreneurship, Chișinău, 2023.

### **Sumarul compartimentelor tezei**

## **Capitolul 1. MICROMICETE BAZINELOR ACVATICE - RĂSPÂNDIREA ȘI UTILIZAREA LOR ÎN BIOTEHOLOGIE**

În acest capitol autorul a examinat în detaliu literatura de specialitate referitoare la micromicetele acvatice și rolul lor fundamental în mediile acvatice, subliniind importanța acestora în diverse procese ecologice și biotehnologice. Un aspect central al cercetării este analiza principalelor filumuri de fungi filamentoși acvatici. Aceste grupuri de fungi joacă roluri esențiale în ecosistemele acvatice, contribuind în mod semnificativ la ciclurile naturale ale carbonului și la menținerea echilibrului ecologic. Fungii filamentoși acvatici sunt, în special, recunoscuți pentru abilitatea lor de a descompune litiera de frunze și alte materiale organice, un proces care ajută la reciclarea nutrienților și la menținerea sănătății ecosistemului acvatic. Datorită acestei funcții, fungi filamentoși acvatici sunt considerați agenți naturali de bioremediere, capabili să purifice apele poluate și să reducă nivelurile de contaminanți, cum ar fi metalele grele sau substanțele organice toxice, având un impact direct asupra calității apei și biodiversității.

Mai mult, în cadrul acestui capitol, se pune un accent deosebit asupra importanței fungilor acvatici în biotehnologie, un domeniu în continuă expansiune, care beneficiază enorm

de pe urma diversității biologice oferite de aceste organisme. Micromicetele acvaticе au capacitate unică de a produce enzime extrem de stabile și eficiente, care sunt mult mai rezistente la condițiile extreme de mediu, cum ar fi salinitatea ridicată și presiunea apei. De exemplu, speciile de fungi din mediul acvatic, cum sunt *Cladosporium tenuissimum*, *Fusarium keratoplasticum* și *Fusarium solani*, sunt capabile să producă amilază extracelulară, o enzimă cu aplicații industriale semnificative. În mod similar, alte genuri de fungi filamentoși acvatici, precum *Aspergillus*, *Penicillium* și *Rhizopus* sunt recunoscute pentru producția lor de amilaze, care sunt esențiale în descompunerea carbohidraților complecși și în transformarea acestora în zaharuri simple, utilizate ulterior în numeroase procese industriale.

Accentul studiului s-a pus pe funcțiile antibacteriene puternice ale fungilor filamentoși acvatici care le conferă un potențial semnificativ în protecția plantelor, ajutând la combaterea bolilor și dăunătorilor, ceea ce sprijină agricultura durabilă și ecologică. Aceste capacități antibacteriene pot fi exploatate pentru dezvoltarea de biofertilizante și biocide, oferind soluții mai ecologice și mai sigure pentru mediu și sănătatea umană.

De asemenea se pune accent pe cercetările recente privind metabolii secundari ai fungilor filamentoși acvatici au adus în prim-plan genuri importante, cum ar fi *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium* și *Cladosporium*. Aceste cercetări sunt esențiale pentru descoperirea de noi substanțe bioactive cu potențial farmacologic, cum ar fi antibiotice, agenți antivirali sau anticanceroși, și pentru extinderea aplicabilității acestora în domenii medical, agricol și industrial. Interesul pentru alte genuri de fungi filamentoși acvatici este în creștere, iar aceste studii deschid noi direcții de explorare a potențialului funcțional al organismelor acvaticе în biotehnologie și medicină. Micromicetele acvaticе reprezintă un domeniu de cercetare vast și promițător, cu aplicații semnificative în biotehnologie, ecologie și farmacologie. Aceste organisme nu doar că ajută la menținerea sănătății ecosistemelor acvaticе, dar oferă și soluții inovative pentru dezvoltarea unor tehnologii industriale mai durabile și ecologice.

În **Capitolul 2. OBIECTUL DE STUDIU ȘI METODELE APLICATE ÎN CERCETARE** este descris obiectul principal de studiu care a fost reprezentat de fungi filamentoși izolați din bazinele acvaticе „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor” din municipiul Chișinău. Aceste bazine acvaticе, aflate în zonele de parc ale orașului, sunt locuri de recreere și au fost selectate datorită diversității lor ecologice și a potențialului pentru studii microbiologice.

Pentru a izola și analiza micromicetele acvaticе, au fost aplicate metode microbiologice clasice, care au inclus prelevarea de probe de apă, nămol și biofilm din diferite zone ale lacurilor. Probele au fost apoi transferate în laborator, unde s-a realizat izolarea microorganismelor din fiecare probă. Un aspect important al cercetării a fost utilizarea unor medii nutritive, specifice,

pentru izolarea micromicetelor din bazinele acvatice. Aceste medii au fost concepute astfel încât să favorizeze dezvoltarea fungilor filamentoși și să sprijine izolarea acestora din diversele tipuri de probe prelevate, asigurând astfel o diversitate largă de culturi.

Pe lângă analiza microbiologică, studiul a fost extins și la evaluarea activităților enzimatică ale micromicetelor acvatice, folosind metode biochimice specifice. Activitatea enzimatică ale acestor micromicete au fost investigate prin teste pentru determinarea activităților catalazice, amilazice, lipazice și celulazice. Aceste enzime sunt esențiale pentru descompunerea materiilor organice și joacă un rol important în bioremedierea mediilor acvatice. S-au utilizat metode de screening pentru evaluarea activității antimicrobiene a fungilor filamentoși acvatici, identificând tulpinile cu potențial antimicrobian semnificativ. De asemenea, s-a utilizat metode de analiza statistică a datelor pentru a înțelege, interpreta și extrage informații semnificative.

Astfel, acest capitol detaliază nu doar tehnicile microbiologice, dar și abordările biochimice folosite pentru a înțelege mai bine diversitatea și proprietățile biotehnologice ale micromicetelor acvatice.

### **Capitolul 3. IZOLAREA, IDENTIFICAREA ȘI PARTICULARITĂȚILE MORFOLOGICE ȘI CULTURALE ALE MICROMICETELOR ACVATICE**

În acest capitol cercetările au fost concentrate pe izolarea și identificarea micromicetelor acvatice, un grup de fungi microscopici, din diverse bazine acvatice. În cadrul acestora, au fost prelevate probe din mai multe medii, inclusiv apă, biofilm și sediment. Aceste probe au fost apoi inoculate în medii agarizate pentru a favoriza dezvoltarea și a permite izolarea micromicetelor prezent în acele zone. Scopul principal al acestei etape a fost de a identifica și de a caracteriza tulpini de micromicete din aceste medii acvatice.

Studiul a evidențiat o diversitate largă de micromicete, ce aparțin diferitelor genuri, demonstrând astfel variabilitatea ecologică și funcțională a acestor organisme în mediile acvatice. Fiecare dintre locurile de prelevare a probelor a avut caracteristici specifice, iar în funcție de tipul de mediu aflării (apă, biofilm, sediment) și de locația exactă a acestora, s-au identificat genuri predominante de micromicete. De exemplu, în zonele mai bogate în nutrienți sau în cele cu condiții specifice de temperatură și salinitate, anumite genuri de micromicete erau mult mai prevalente decât altele. Un aspect esențial al acestui capitol a fost aplicarea tehnicilor moderne de biologie moleculară pentru a obține o identificare precisă a micromicetelor. În acest scop, a fost utilizată secvențierea ARNr 16S, analiza regiunilor conservate și variabile ale genei care codifică subunitatea mică ribozomală (16S), o metodă avansată ce permite determinarea exactă a taxonomiei organismelor microscopice.

În urma acestor analize moleculare, au fost identificate 13 tulpini de micromicete la nivel de specie, ceea ce reprezintă o contribuție valoroasă la înțelegerea diversității acestora în

ecosistemele acvatice. Aceste identificări nu doar că adâncesc cunoștințele despre distribuția și comportamentul ecologic al micromicetelor, dar oferă și informații importante pentru aplicațiile biotehnologice. Micromicetele au un potențial semnificativ în diverse domenii, de la procesele de descompunere a materiei organice și reciclarea substanțelor nutritive în medii acvatice, până la utilizările lor în industrie, cum ar fi producția de enzime, antibiotice sau alte substanțe bioactive.

#### **Capitolul 4. PROPRIETĂȚI BIOSINTETICE ALE MICROMICETELOR IZOLATE DIN BAZINE ACVATICE DIN MUNICIPIUL CHIȘINĂU.**

Obiectivul principal în acest capitol a fost evaluarea capacităților enzimatică, antifungice și antibacteriene ale unor micromicete acvatice izolate din lacurile „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”. Au fost analizate tulpini reprezentative din genurile de fungi *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Mucor* și *Rhizopus*, care sunt cunoscute pentru potențialul lor enzimatic semnificativ. Acești fungi filamentoși sunt adesea implicați în procesele de descompunere a materiei organice și sunt utilizați în biotehnologie datorită proprietăților lor enzimatică. Capacitățile enzimatică ale acestor tulpini au fost testate prin activitatea de producere a unor enzime esențiale, cum ar fi amilaza, catalaza, celulaza și lipaza. Aceste enzime sunt implicate în descompunerea carbohidraților, a lipidelor și a altor substanțe organice, iar studierea lor ajută la înțelegerea rolului acestor fungi filamentoși în procesele ecologice și în aplicațiile biotehnologice

Intr-un compartiment aparte, au fost studiate și proprietățile antifungice și antibacteriene ale acestor tulpini de micromicete. Pentru acest lucru, au fost selectate tulpini patogene de micromicete și bacterii care reprezintă o amenințare semnificativă pentru culturile agricole din Republica Moldova, în scopul de a evalua activitatea antifungică și antibacteriană a micromicetelor izolate. S-a demonstrat că anumite tulpini de micromicete acvatice posedă o activitate inhibitoare semnificativă față de patogenii testați, cele mai mari zone de inhibiție fiind observate în cazul tulpinilor de *Trichoderma*.

Dintre toate genurile de micromicete testate, genul *Trichoderma* s-a dovedit a avea un potențial antifungic și antibacterian remarcabil, motiv pentru care au fost selectate 2 tulpini pentru a fi testate pe culturi de grâu. *Trichoderma* este un gen de fungi care include specii ce sunt utilizate pe scară largă în biocontrolul bolilor plantei, datorită capacității lor de a inhiba creșterea altor fungi patogeni prin mecanisme fizice și chimice, cum ar fi producerea de enzime.

Testarea potențialului fitostimulator al micromicetelor acvatice a constituit un alt obiectiv important al studiului. Aceasta a fost realizată pentru a evalua efectele pozitive ale micromicetelor asupra creșterii plantelor, în special a cerealelor, cum ar fi grâul. Dintre tulpinile studiate, două tulpini de *Trichoderma*, izolate din lacul „La Izvor”, au demonstrat un potențial

antimicrobian semnificativ față de fitopatogeni, iar acest lucru sugerează că aceste tulpini pot avea efecte benefice asupra sănătății plantelor și pot fi utilizate ca biopreparate pentru îmbunătățirea producției agricole.

În final, pe baza tuturor experimentelor efectuate, s-au tras concluzii care au evidențiat potențialul biotehnologic semnificativ al micromicetelor acvatice studiate. Aceste tulpini, în special cele din genul *Trichoderma*, pot fi utilizate pentru a dezvolta soluții inovative în domeniul biocontrolului bolilor plantelor, al îmbunătățirii calității solului și al creșterii plantelor. De asemenea, cercetările sugerează că aceste micromicete pot fi surse de enzime cu aplicații industriale, inclusiv în procesele de descompunere a materiei organice. Astfel, acest studiu a deschis noi perspective pentru utilizarea micromicetelor acvatice în agricultură și industrie, oferind atât informații teoretice despre diversitatea și activitatea acestor organisme, cât și aplicații practice pentru dezvoltarea unor tehnologii ecologice și sustenabile.

În „**CONCLUZII GENERALE**” și „**RECOMANDĂRI**” sunt prezentate într-un mod sintetic, evidențiind esența principalelor rezultate obținute și subliniind contribuția autorului. De asemenea, sunt formulate recomandări privind posibilele direcții de cercetare legate de tema tezei de doctorat.

**BIBLIOGRAFIA** include 342 de surse literare, care au fost citate în lucrare.

**ANEXELE:** Conține diplome, brevete, etc.

# **1. MICROMICETE RĂSPÂNDIREA ȘI UTILIZAREA LOR ÎN BIOTEHOLOGIE**

## **1.1. Micromicete resurse naturale cu aplicații promițătoare în biotehnologie și industrie**

Fungii filamentoși reprezintă o componentă majoră a diversității genetice a pământului, având un rol esențial în descompunerea materiei organice și în ciclurile biogeochimice ale carbonului, azotului, fosforului. Deși ecologia fungilor filamentoși acvatici este mai puțin cunoscută, studii recente arată importanța lor în ecosistemele acvatice. Analiza compoziției, distribuției, impactului și potențialului de bioindicare al acestor micromicete este vitală pentru înțelegerea ecosistemelor și monitorizarea mediului [21; 37; 40; 59; 79; 216].

Fungii filamentoși sunt extrem de răspândiți, iar habitatul lor principal se află în stratul superior al solului. Principalii lor reprezentanți sunt micromicetele (mucegaiurile). Aceste organisme eucariote joacă un rol esențial în ecosisteme ca descompunători primari, degradând substanțe organice complexe precum celuloza și lignina. Ele contribuie la diverse procese ecologice și economice, fiind sursă de hrană, producători de acizi organici, alcool, antibiotice, enzime, aminoacizi și substanțe care stimulează creșterea plantelor. Micromicetele pot activa în soluri cu pH variat, de la acid la alcalin, adaptându-se diverselor condiții de mediu. Ele joacă un rol de bază în diferite procese fiziologice, precum absorbția de minerale și apă, rezistența la modificările climatice, mișcarea somatică și biosinteza compușilor numiți biostimulatori, auxine și etilenă pentru a spori flexibilitatea plantelor de a determina și de a face față stresului de mediu, cum ar fi secetă, salinitate, căldură, frig și metale semnificative [38; 69; 130; 309].

Micromicetele joacă roluri importante ca descompunători, agenți patogeni și simbioți mutualiști cu plante și animale. Acestea participă în procese esențiale precum ciclul nutrienților, bioconversii și fluxuri de energie. Fungii sunt distribuiți global, dar specii diferite au distribuții geografice specifice, influențate de gazde și climă. Comunitățile de fungi sunt afectate de schimbările globale, inclusiv schimbările climatice, utilizarea terenurilor, poluarea cu pesticide și îngreșăminte [17; 51; 89; 162].

Micromicetele sunt prezente în toate habitatele naturale datorită adaptabilității lor remarcabile la diverse condiții de mediu. Factori de mediu influențează nutriția și dezvoltarea lor, determinând fie stimularea creșterii și reproducerii, fie inhibarea activității microbiene. Aceste caracteristici le permit să joace un rol esențial în echilibrul ecosistemelor [182; 188]. Fungii filamentoși sunt răspândiți în diverse ecosisteme, inclusiv păduri virgine, ape dulci și sărate. Aceștia adoptă moduri de viață variate, precum saprofiți, endofite, fitopatogeni, paraziți și

micorize. În condiții adverse, s-au adaptat la medii nefavorabile, inclusiv prin apariția unor specii halofile și cele care trăiesc pe roci [24; 25; 59].

Micologia aplicată s-a concentrat pe zonele unde micromicetele cauzează daune, cum ar fi bolile plantelor, micozele umane, degradarea lemnului, furajelor și alimentelor. Cercetarea micologică este avansată, axându-se pe înțelegerea bolilor fungice și pe utilizarea micromicetelor în producția de bere, pâine, vin și conservarea alimentelor. Deși mai puțină atenție a fost acordată utilizării fungilor în industrie, agricultură, sănătate și produse farmaceutice, în ultimele decenii cercetările s-au intensificat, fiind explorate noi procese și soluții bazate pe micromicete, pentru o mai bună înțelegere a regnului Fungi [45; 58; 143; 288;].

Varietatea lumii micologice este mult mai mare decât își imaginează majoritatea oamenilor. Peste zeci de mii de specii de fungi filamentoși au fost descrise, iar multe altele sunt cunoscute doar prin fragmentele din ADN-ul lor din sol și apă. Fungii îndeplinesc funcții esențiale în ecosisteme și sunt importanți pentru agricultură și biotehnologie. Deși importanța lor este tot mai apreciată de oamenii de știință, multe aspecte despre taxonomia și evoluția lor rămân încă neclare [40; 51; 181; 227].

Micromicetele sunt omniprezente și esențiale pentru funcțiile biosferice, fiind o componentă integrală a ecosistemelor terestre și acvatice. Deși numărul total de specii nu este cunoscut cu exactitate, estimările variază între 1,5 și 3,8 milioane, cu doar 100.000 de specii descrise până în prezent. Principalele genuri dominate sunt *Ascomycota*, *Basidiomycota* și *Chytridiomycota*. Aceste microorganisme contribuie semnificativ la ciclurile biogeochimice, descompunând detritusul vegetal și eliberând CO<sub>2</sub>, azot și fosfor anorganic, susținând astfel viața pe Pământ [40; 59; 103; 112; 113; 339;].

Fungii filamentoși sunt fundamentali pentru ecosisteme, având un rol important în reciclarea substanțelor și descompunerea materiei organice. Ele contribuie la creșterea fertilității solului și la purificarea acestuia de organisme patogene. Toate plantele superioare formează simbioze cu micromicetele, care dezvoltă micorize pe rădăcini. În agricultură, metodele tehnologice sunt folosite pentru a crea condiții favorabile creșterii plantelor, influențând microorganismele solului și având un rol important în controlul bolilor infecțioase din sol [17; 27; 46; 140; 274; 278].

Micromicete din sol pot fi clasificate în trei grupuri funcționale: controlori biologici, reglatori ai ecosistemelor și specii implicate în descompunerea materiei organice și transformarea compușilor. Reglatori ecosistemelor contribuie la formarea structurii solului și modificarea habitatelor prin reglarea proceselor fiziologice. Controlorii biologici reglează bolile, dăunătorii și creșterea altor organisme. Populațiile fungice sunt influențate de diversitatea plantelor și afectează creșterea acestora prin mutualism, patogenitate și impactul asupra

disponibilității nutrienților. Micromicetele participă, de asemenea, la fixarea azotului, producția de hormoni, protecția împotriva agenților patogeni și secetei, stabilizarea materiei organice și descompunerea reziduurilor [79; 44; 117; 211; 264].

Fungii miceliali au un impact ecologic dublu, având atât efecte pozitive, cât și negative. Unele sunt folosite în controlul biologic al bolilor plantelor, înlocuind agenții chimici, iar fungi filamentoși precum *Trichoderma*, *Penicillium* și *Aspergillus* promovează creșterea plantelor prin mecanisme precum absorbția nutrienților, sinteza de fitohormoni și protecția împotriva patogenilor. Acestea sunt ușor de izolat și stabile în diverse condiții, fiind ideale pentru agricultură durabilă. Totuși, unele tulpini pot fi patogene pentru culturi și animale, cum ar fi *Trichoderma harzianum* care provoacă mușgaiul verde la ciuperci comestibile sau *Penicillium* și *Aspergillus* care sunt patogeni pentru diverse culturi și plante [19; 85; 199; 259].

Contaminarea solului reprezintă o problemă globală majoră, afectând ecosistemele, agricultura și sănătatea umană. Bioremedierea, folosind organisme vii inclusiv micromicetele, este o soluție ecologică și eficientă pentru curățarea solului. Fungii joacă un rol important în descompunerea materialelor organice și detoxifierea poluanților. Diverse specii de fungi, cum ar fi *Trichoderma* sp., *Funneliformis mosseae*, *Claroideoglomus etunicatum*, *Rhizophagus intraradices*, *Aspergillus* sp., *Penicillium javanicum*, și *Fusarium oxysporum*, sunt capabile să degradeze substanțe chimice, să îndepărteze metale toxice (precum cadmiul și molibdenul) și radionuclizi, fiind deosebit de utile în bioremediere. Fungii micorizali ajută plantele să supraviețuiască în medii poluate, facilitând fitoremedierea. Cu toate acestea, există încă multe lacune în cunoașterea acestora, iar complexitatea contaminanților necesită dezvoltarea unor metode mai eficiente [283]. Fungii micorizali joacă un rol important în extinderea rețelelor de hife în sol, facilitând absorbția nutrienților esențiali precum fosforul. Aceștia contribuie, de asemenea, la biocontrol și la promovarea toleranței plantelor la stresuri ambientale (metale grele, salinitate, secetă) prin îmbunătățirea absorbției apei și reglarea hormonilor de stres. Fungii filamentoși, care produc acizi organici, sunt cei mai eficienți solubilizatori de fosfor. *Aspergillus niger* a demonstrat o capacitate remarcabilă de solubilizare a fosforului, stimulând creșterea plantelor, în special a părților aeriene. Acesta poate fi utilizat ca biofertilizator în diverse condiții, având o rată mare de germinare a sporilor. Microorganismele solubilizatoare de fosfați, cum sunt *Aspergillus*, *Penicillium* și *Pseudomonas*, sunt alternative ecologice la îngrășămintele chimice, fiind capabile să solubilizeze fosforul prin scăderea pH-ului și eliberarea fosfatazelor. De asemenea, speciile de *Mortierella* au fost identificate ca solubilizatori de fosfor și au potențial de biocontrol, protejând plantele împotriva patogenilor. Micromicetele în comunități microbiene complexe pot contribui semnificativ la gestionarea ecologică a solului. Folosirea îngrășămintelor



naturale și aplicarea fertilizării organice au un efect benefic asupra comunităților fungice din sol, sprijinind o gestionare durabilă în agricultura intensivă de seră [28; 79; 237; 259; 278; 266; 274].

Micromicetele au un echipament enzimatic complex care le permite să utilizeze compuși organici macromoleculari în nutriție. Ele sunt puțin pretențioase, putând să se dezvolte fără factori de creștere și necesită cantități mici de apă. Unele specii pot rezista chiar și la doze letale de radiații. Acestea joacă un rol crucial în descompunerea compușilor organici din materia organică moartă, contribuind la transformarea acestora în substanțe mai simple. De asemenea, micromicetele sunt indicatori naturali ai poluării, acumulând metale grele, pesticide și substanțe radioactive [35; 63; 70; 125; 136].

Poluarea cu substanțe toxice persistente, generate de activitatea umană, reprezintă o problemă majoră. Aceste substanțe includ carbohidrați și derivații lor halogenați, iar petrolul, gazele și produsele acestora sunt surse semnificative de poluare. Fungii filamentoși reprezintă componente esențiale ale boitei solului, au o mare capacitate de absorbție, produc exometaboliți activi, jucând un rol crucial în procesele de distrugere și transformare a materiei organice din sol [5; 26; 136; 161; 310].

De asemenea micromicetele joacă un rol esențial în bioremedierea mediului, utilizând pesticidele și erbicidele ca sursă de carbon și energie datorită proceselor lor catabolice și detoxifiere. Microorganismele rezistente facilitează procesul de detoxifiere, iar în cadrul biodegradării complete a țiteiului, acesta este transformat de microorganisme în CO<sub>2</sub> și H<sub>2</sub>O [22; 101; 239; 256; 261].

Micromicetele asociate plantelor sunt vitale pentru creșterea acestora, randamentul culturilor și sănătatea solului. Fungii rizosferici, care trăiesc în apropierea rădăcinilor plantelor, se hrănesc cu exsudatele rădăcinilor, susținând dezvoltarea plantelor și activitatea microbiană. Fungii endofiți pătrund în plante prin răni naturale sau prin structuri precum pilii absorbanti ai rădăcinilor ale rădăcinilor. Fungii filosferici pot supraviețui și prolifera pe frunze, influențați de exsudatele acestora [115; 143; 185; 296; 301].

Genuri precum *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus* și *Fusarium* sunt studiate pentru promovarea creșterii plantelor și protecția împotriva patogenilor. Fungii filamentoși, în special *Trichoderma*, sunt folosite în agricultura durabilă pentru îmbunătățirea solului și în producerea de biopesticide și biofertilizatori [19]. Microorganismele filamentoase, precum *Aspergillus* și *Penicillium*, sunt esențiale în biotehnologie pentru producerea de metaboliți în diverse industrii. Micromicetele produc enzime hidrolitice care descompun materiale complexe în compuși simpli. Morfologia fungică în culturi submerse influențează transferul de masă și randamentele de producție. Creșterea filamentoasă facilitează accesul la oxigen și nutrienți, dar crește vâscozitatea, iar creșterea în peleturi reduce costurile de procesare, dar limitează transferul de

masă. Controlul morfologiei este esențial pentru eficiența proceselor industriale și optimizarea producției [2; 9; 18; 36; 41; 95; 98].

Fungii joacă un rol crucial în toate ecosistemele, interacționând cu plantele într-o relație simbiotică care le ajută să se dezvolte mai bine și să reziste diverselor condiții de mediu. Aceștia contribuie la îmbunătățirea absorbției nutrienților, protejarea împotriva patogenilor și stimularea creșterii plantelor prin diferite mecanisme biochimice. Dintre genurile de fungi care promovează creșterea plantelor cele mai importante includ *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mortierella*, *Phoma* și *Piriformospora*. Mai jos sunt detalii despre fiecare gen și speciile lor relevante:

1. Genul *Trichoderma* este cosmopolit, fiind prezent în majoritatea solurilor din întreaga lume. Acești fungi filamentoși sunt bine cunoscuți pentru capacitatea lor de a promova creșterea plantelor și de a oferi protecție împotriva patogenilor prin control biologic. Unele dintre cele mai importante specii sunt: *T. harzianum*: promovează creșterea plantelor prin colonizarea rădăcinilor și îmbunătățirea absorbției de nutrienți. Este, de asemenea, un agent eficient de control biologic, inhibând creșterea patogenilor prin competiție și producția de enzime hidrolitice; *T. asperellum*: se utilizează pentru biocontrol, protejează plantele prin producția de compuși antimicrobieni și inducerea rezistenței sistemice; *T. viride* și *T. virens*: sunt recunoscute pentru efectele lor sinergice în amestecuri comerciale de biofertilizatori și biopesticide; *T. longibrachiatum* și *T. saturnisporum* - contribuie la îmbunătățirea toleranței plantelor la stresuri abiotice, cum ar fi salinitatea și seceta [3; 8; 19; 99; 123; 118; 138; 186].

2. Genul *Penicillium* - reprezentanții sunt cunoscuți pentru capacitatea lor de a solubiliza fosfatul, făcând acest nutriet esențial disponibil pentru plante. Unele specii produc gibereline, contribuind la modularea creșterii și dezvoltării plantelor. Dintre cele mai importante specii utilizate în agricultura sunt: *P. bilaii* - utilizată comercial pentru solubilizarea fosfatului, în special în solurile cu deficit de fosfor; *P. chrysogenum* - produce siderofori care ajută la absorbția fierului, un nutrient esențial pentru plante; *P. oxalicum* - favorizează creșterea plantelor în condiții de stres abiotic, cum ar fi solurile saline [28; 36; 65; 85; 111].

3. Genul *Aspergillus*, Speciile de *Aspergillus* sunt adaptabile și rezistente, fiind capabile să colonizeze o varietate de soluri și să sprijine creșterea plantelor prin multiple mecanisme. Ele sunt recunoscute pentru capacitatea lor de a mineraliza fosforul din surse organice și anorganice, Specii importante sunt: *A. terreus* - oferă un sprijin considerabil plantelor prin secreția de acizi organici și fitohormoni; *A. niger* - este utilizată pentru mineralizarea fosforului și pentru producția de enzime hidrolitice care îmbunătățesc disponibilitatea nutrienților; *A. awamori* - promovează absorbția de fosfor și alte elemente esențiale; *A. japonicus* - ajută la reducerea stresului abiotice, cum ar fi salinitatea și seceta [86; 186; 199; 201].

4. Genul *Fusarium*. Unele specii de *Fusarium* au fost identificate ca fiind benefice pentru plante, deși multe sunt cunoscute ca patogeni. Speciile benefice oferă protecție împotriva altor patogeni și sprijină creșterea plantelor. Astfel, *F. oxysporum* (tulpini non-patogene) - susține creșterea plantelor prin mecanisme de biocontrol și îmbunătățirea absorbției de nutrimenți; *F. solani* (tulpini non-patogene) - ajută plantele să tolereze stresurile abiotice [11; 49; 184; 204; 232].

5. Genul *Mortierella* și *Phoma*, aceste sunt mai puțin studiate, dar au demonstrat potențial în promovarea creșterii plantelor, în special în condiții de stres abiotic. Cele mai importante specii din genurile date fiind: *Mortierella alpina* - îmbunătățește creșterea rădăcinilor și toleranța plantelor la stres; *Phoma glomerata* - contribuie la protecția plantelor împotriva patogenilor și la îmbunătățirea absorbției de nutrienți [19].

Micromicetele sunt organisme fascinante și utile din punct de vedere biotehnologic, cu un mare potențial de exploatare industrială. În secolul XIX, interesul mondial pentru înlocuirea substanțelor sintetice cu substanțe naturale a crescut semnificativ. Cererea tot mai mare pentru ingrediente naturale a determinat biotehnologia să exploreze și să producă noi bioresurse pentru industrie. Datorită caracteristicilor lor unice și diversității activităților biologice, micromicetele oferă mari promisiuni pentru biotehnologie și industrie, fiind o sursă eficientă de antioxidanți, enzime, pigmenți și alți metaboliți secundari [10; 43; 95; 135; 165].

Micromicetele reprezintă resurse naturale valoroase cu un potențial semnificativ în domeniul biotehnologiei și industriei. Aceste organisme oferă soluții promițătoare în diverse aplicații, de la producția de enzime și antibiotice până la bioremedierea mediului și dezvoltarea de noi materiale. Descoperirile recente subliniază importanța lor în optimizarea proceselor biotehnologice, fiind un factor esențial pentru inovațiile din domeniu [10; 63; 95; 120; 235; 227].

## **1.2. Caracteristica și rolul micromicetelor în biocenoza acvatică**

Se estimează ca 71 % din suprafața planetei este compusă din apă. În apele dulci locuiesc aproximativ 10 % din toate animalele Terrei, și peste 35 % de vertebrate din întreaga lume. Deși s-a demonstrat că diversitatea micromicetelor din apele dulci este mare, studiile despre fungii filamentosi din ape este încă la început de drum. Se cunoaște încă foarte puțin despre diversitatea fungilor acvatici, despre interacțiunea cu alte specii de organisme, și care este importanța micromicetelor în rețelele de apă în care locuiesc. Astfel, putem constata că studierea biodiversității micromicetelor din apele dulci este foarte necesară pentru a completa cunoștințele despre funcțiile ecologice ale acestora și care este potențialul acestui grup divers de microorganisme [194; 330; 331; 1; 20].

Se estimează că există aproximativ 1,5 milioane de specii de funghi filamentoși la nivel global, dintre care doar 3000 sunt asociate habitatelor acvatice, iar 465 se găsesc în apele marine. Prezența micromicetelor în apă este subtilă și necesită metode speciale pentru a analiza diversitatea, structura ecosistemei și funcțiile ecologice [264; 293; 294]. Micromicetele acvatice, cunoscute istoric drept "*Phycomycetes*", includ funghi adevărați *Eumycota* și funghi imperfecti *Oomycetes* și *Thraustochytridiomycetes*. Ele joacă un rol esențial în ecosistemele acvatice, influențând biodiversitatea, rețelele trofice, ciclurile materiei organice și ale nutrienților. Acești funghi sunt valoroși atât ecologic, cât și biotehnologic, datorită enzimelor lor capabile să degradeze polimerii și mecanismelor de detoxifiere. Studiile arată că acestea sunt rezistente, având adaptări morfologice și osmotice, precum pereții celulari hidrofobi, care le permit supraviețuirea în condiții de uscare și accesarea nutrienților prin porii sedimentelor aerate [20; 268; 312]. Diversitatea micromicetelor din ecosistemele acvatice este diferită în dependență de continentul pe care se află. Cele mai multe micromicete s-au raportat în Europa America de nord și Asia. În ecosistemele acvatice sunt multe micromicete necunoscute, din punct de vedere taxonomic de exemplu un nou filum de funghi *Cryptomycota* denumit *Rozellomycota* a fost descoperit în 2011 din sedimentul unui iaz [1; 48; 59; 162; 234].

Micromicetele acvatice au fost descoperite accidental în 1942 de Ingold și au fost neglijate până când limnologii au realizat rolul important al materialelor organice alochtone în lanțurile trofice ale pâraurilor. Acestea contribuie semnificativ la descompunerea detritusului, îmbunătățind calitatea nutrițională a literului pentru nevertebrate și facilitând transferul de energie și nutrienți la nivelele trofice superioare. Deși micromicetele acvatice joacă un rol crucial în menținerea sănătății ecosistemelor de apă dulce, statutul lor de conservare rămâne incert. Implementarea tehnologiilor moleculare avansate poate facilita evaluarea biodiversității acestor specii și contribuirea la protejarea lor. În ciuda progreselor în cercetare, studiul acestor funghi acvatice rămâne insuficient, iar o mai mare sensibilizare asupra importanței lor ecologice și integrarea acestora în strategiile de conservare sunt absolut necesară [32; 34; 54; 81].

Ecosistemul acvatic se întinde de la rezervoarele, lacurilor de munte până la adâncimea oceanului. Cu toate că ecosistemul acvatic este destul de larg și adăpostește o varietate mare de micromicete acvatice s-a acordat puțină atenție habitatelor miceliene în ecosistemele acvatice, deși mușgaiul joacă un rol important în ciclul materiei organice și rețeaua alimentară dinamică. Fungii filamentoși sunt adaptați la o gama largă de ecosisteme de ape dulci. În râuri și curentele apei curgătoare micromicetele sunt adaptați cu mecanisme speciale care le oferă o stabilitate mai sporită. Grupul dominant de funghi din acest habitat hipomicetele acvatice sunt

formate din conidii adaptate morfologic (tetraide și sigmoide) pentru a putea să se atașeze pe substrat [76; 96; 215].

Micromicetele sunt printre cele mai diverse și abundente microorganisme, întâlnindu-se în toate mediile, inclusiv terestre, marine și de apă dulce. În ecosistemele de apă dulce, un număr semnificativ de specii de micromicete au fost descrise, reprezentând un procent considerabil din biomasa microbiană a detritusului vegetal în descompunere. Acestea joacă un rol crucial în procesele ecologice, cum ar fi procesarea carbonului, ciclul nutrienților și transferul de energie către niveluri trofice mai înalte, contribuind la echilibrul ecosistemelor acvatice. Micromicetele sunt descompunători majori ai materiei organice, paraziți, agenți patogeni sau mutualiști și participă la denitrificarea sedimentelor [1; 20; 24; 34; 33].

Originea fungilor filamentosi acvatici este încă incertă, dar se estimează că acestea au evoluat în Proterozoicul târziu, acum 900–570 milioane de ani. Totuși, fosilele din Formațiunea Ongeluk sugerează o origine mult mai veche, de aproximativ 2400 milioane de ani, indicând că micromicetele locuiau în vulcani submarini. Majoritatea speciilor marine actuale au legături cu cele terestre, iar tranzițiile între mediul marin și cel terestru au avut loc de mai multe ori în evoluție. În perioada Precambriană, evenimente precum răcirea apei și creșterea oxigenului dizolvat au facilitat adaptarea și migrarea micromicetelor între cele două medii. Originea exactă a fungilor marine rămâne însă un subiect dezbătut [56; 89; 91; 160].

În ultima perioadă de vreme există un interes mare pentru studierea fungilor filamentosi din mediul acvatic, în primul rând acest interes este deoarece micromicetele joacă un rol semnificativ atât în ciclul nutrienților și elementelor, cât și în procesarea carbonului. Cu toate că aspectele legate de funcțiile metabolice și cele ecologice nu sunt încă bine înțelese este necesar de a investiga bine noile tulpini. Diversitatea micromicetelor din ecosistemele acvatice este modulată de mai mulți factori printre care compoziția comunității în ecosistemele acvatice cât și salinitatea reprezintă o importanță vitală. De exemplu s-a observat că comunitatea de micromicete de apă dulce diferă foarte mult de cele din apele marine. În ecosistemele de apă dulce predominant sunt speciile de fungi din filumul *Chytridiomycota* [167; 224; 272; 271].

Micromicetele acvatice reprezintă o componentă semnificativă a ecosistemelor, fiind asociate cu diverse substraturi, precum sedimente, alge, lemn scufundat și organisme marine. Diviziunile *Chytridiomycota* și *Ascomycota* sunt predominante în astfel de medii. În biofilme, genuri precum *Cladosporium*, *Trichoderma* și *Alternaria* sunt frecvent întâlnite, iar fungii din clasa *Chytridiomycetes* domină substraturi precum sticla și plasticul [74; 75; 97; 107; 238].

Fungii filamentosi acvatici sunt organisme microscopice, fără corpuri fructifere vizibile, care se reproduc asexuat. Ei includ specii care își petrec parțial sau integral ciclul de viață în habitate de apă dulce, precum râuri, lacuri și zone umede, sau care colonizează plante

scufundate. Majoritatea fungilor filamentoși acvatici sunt saprofiți sau paraziți, având un rol esențial în diversificarea și funcționarea ecosistemelor acvatice. Evoluția lor a început în mediul acvatic, unde au format rețele simbiotice cu strămoșii plantelor moderne. Deși studiile ecologice asupra fungilor se concentrează mai mult pe ecosistemele terestre, fungii filamentoși acvatici continuă să joace un rol important, contribuind la formarea comunităților actuale din mediile de apă dulce [34; 51; 128; 141; 159; 167; 194].

Din punct de vedere evolutiv ele sunt foarte diverse datorită faptului că aceste se adaptează foarte ușor condițiilor de stres, astfel au fost întâlnite în toate nișele ecologice globale. Micromicetele acvatice diferă foarte mult de cele terestre, atât din punct de vedere al diversității, structurii cât și a combinației de microbiomi. În ciuda vastității ecosistemelor acvatice, un număr relativ mic de specii de micromicete acvatice au fost caracterizate până acum. Acestea sunt considerate fie locuitori permanenți ai mediului acvatic, fie imigranți proveniți din mediul terestru, în funcție de gradul lor de adaptare [31; 81; 87; 113].

Micromicetele de apă dulce sunt specii adaptate la viața acvatică permanentă sau doar în anumite etape ale ciclului lor vital. Acestea sunt specializate în colonizarea substraturilor acvatice sau semi-acvatice și joacă un rol esențial în descompunerea materialului vegetal mort. Ca descompunători primari, ele contribuie la reciclarea substanțelor organice și reprezintă o sursă importantă de nutriție pentru diverse organisme acvatice, influențând structura și funcționarea ecosistemelor acvatice [1; 29; 33; 35; 73; 97; 137].

Biodiversitatea este crucială pentru biosferă, dar pierderile actuale sunt îngrijorătoare. Din 1970, speciile de micromicete de apă sărate au scăzut cu 83%, iar ecosistemele de apă dulce cu 30%. Aproape o treime din speciile de apă dulce sunt amenințate din cauza activităților umane, poluării și schimbărilor climatice. Micromicetele reprezintă între 10% și 20% din biodiversitatea globală, iar în ecosistemele de apă dulce, majoritatea sunt microscopice. Hifomicetele acvatice joacă un rol esențial în descompunerea materiei organice și reciclarea nutrienților, menținând echilibrul ecologic al apelor dulci și fiind indicatori ai sănătății acestora [31; 32; 35; 56; 79; 136].

Un obiectiv central în ecologia apelor dulci a fost înțelegerea proceselor care modelează diversitatea microbială în ecosistemele acvatice. Comunitățile microbiene din aceste medii sunt formate dintr-o varietate de bacterii, fungi și arhee, care joacă un rol esențial în procesele fundamentale ce susțin funcționarea ecosistemului. Majoritatea studiilor dedicate investigării implicării micromicetelor în ciclurile biogeochimice din ecosistemele de apă dulce s-au concentrat în mod special pe rolul acestora în descompunerea materialului vegetal. Istoric, una dintre principalele dificultăți în aprofundarea cunoașterii rolului micromicetelor în acest proces a fost lipsa metodelor precise pentru cuantificarea biomasei fungice și a ratelor de producție a

acesteia. Această limitare tehnologică a fost un factor major în dificultatea de a înțelege pe deplin impactul fungilor asupra descompunerii deșeurilor organice și asupra ciclurilor nutriționale din aceste ecosisteme [137; 153; 338; 340].

Fungii filamentoși sunt esențiali pentru ecosisteme, contribuind la descompunerea materiei organice și reciclarea nutrienților. Majoritatea trăiesc în medii terestre, dar există și specii acvatice care se dezvoltă pe substraturi organice submerse. Micromicetele acvatice joacă roluri importante în ciclul nutrienților și descompunerea compușilor organici, iar unele specii marine sunt surse promițătoare de compuși bioactivi pentru medicină și industrie. De asemenea, aceștia pot contribui la bioremedierea poluanților [43; 72; 189; 284].

Compușii bioactivi produși de micromicete de apă dulce, care au fost testați în diverse teste biologice, sugerează un potențial important din perspectiva descoperirii de medicamente. În plus, având în vedere importanța apei dulci pentru viața de pe Pământ, relevanța ecologică a acestor micromicete și a metaboliților lor bioactivi ar putea fi semnificativă [69; 94; 93; 97].

Fungii filamentoși acvatici pot descompune contaminanții din apă prin enzime digestive produse de hifele lor și care sunt eliminate în exterior. De asemenea, pot interacționa cu alte microorganisme, precum bacteriile, actinobacteriile într-un consorțiu microbial, formând un sistem complex care contribuie la degradarea substanțelor dăunătoare. Astfel, în dependență de tipul de poluare se formează diverse consorții de microorganisme, inclusiv pentru descompunerea deșeurilor organice complexe și eliminarea poluanților chimici [96; 97; 239].

Omul prin activitatea sa cu diverse tehnici și substanțe chimice introduce în mediul ambiant mai multe metale grele, care reprezintă riscuri ecologice pentru sănătatea sa, dar și a tot ce este viu. Fungii filamentoși acvatici pot ajuta la îndepărtarea acestor metale toxice prin biosorbție, care presupune absorbția metalelor de către biomasa fungică. În prezent utilizarea fungilor filamentoși în bioremedierea apei prin îndepărtarea metalelor grele este încă insuficient explorată, dar potențialul lor de a îndepărta și recupera metale ar putea reprezenta o soluție promițătoare și eficientă din punct de vedere al costurilor pentru tratarea mediilor contaminate [5; 94; 96; 309].

Micromicetele acvatice produc compuși organici esențiali, degradează poluanții și influențează structura și funcționarea habitatelor acvatice. Ele sunt printre principalele organisme care descompun materia organică, cum ar fi frunzele, ramurile și lemnele scufundate, care reglează dinamica habitatelor și oferă suport pentru alte organisme, inclusiv pești și insecte. Micromicetele acvatice sunt adaptate la colonizarea rapidă a substraturilor prin reproducere asexuată și producerea de spori, în special în habitatele lotice. Deși sunt esențiale pentru sănătatea ecosistemelor acvatice, au fost adesea neglijate în cercetare și ca potențiali

bioproducători. Până în prezent, puține specii de micromicete acvatice au fost conservate sau evaluate pentru includerea în Lista Roșie a Speciilor Amenințate [149; 164; 185; 224; 284].

Fungii filamentoși acvatice au atras tot mai multă atenție datorită rolurilor lor ecologice și potențialului biotehnologic. Ele contribuie semnificativ la formarea rețelelor subterane, servesc ca bază pentru medicamente, produc energie și constituie materie primă pentru biotehnologie. Deși micromicetele din apele dulci sunt mai puțin studiate, din cauza dificultăților legate de creșterea lor și secvențierea ADN-ului, acestea sunt esențiale pentru mineralizarea materiei organice și ciclurile biogeochimice. Ele produc enzime hidrolitice capabile să degradeze compuși organici, purificând mediile acvatice. În plus, micromicetele au o capacitate metabolică crescută pentru captarea carbonului și sunt considerate factori-cheie în ciclul carbonului și reglarea climatului global [54; 153; 227; 279; 289].

Micromicetele sunt esențiale în ecosistemele acvatice, contribuind la descompunerea litierelor de frunze și a stufurilor din zonele litorale ale lacurilor și mlaștinilor. Un studiu pe insecte acvatice a arătat că 66% dintre specii conțineau fungi în dietă, iar conidiile de micromicete acvatice erau prezente și în fecalele peștilor, sugerând că fungii saprofiți transferă materia organică către nivelurile trofice superioare. Deși descompunerea și mineralizarea sunt adesea atribuite bacteriilor, fungi filamentoși acvatice au un rol semnificativ în aceste procese, atât ca mineralizatori, cât și ca paraziți [31; 33; 56; 287; 293; 294].

Rolul funcțional al fungilor și bacteriilor acvatice în descompunerea așternuturilor de plante vasculare din cursuri de apă și mlaștini a fost intens studiat. Fungii acvatice superiori filamentoși, cum sunt hifomicetele acvatice, 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. Cu toate acestea, în ecosistemele lentiche, cum sunt lacurile, algele și bacteriile acvatice, datorită capacității lor metabolice de a absorbi carbonul și nutrienții, joacă un rol esențial ca producători primari. Acestea contribuie la declanșarea mineralizării interne în zona pelagică a lacurilor, influențând astfel ciclurile biogeochimice din aceste medii [62; 89; 159; 218].

Deși micromicetele sunt mai puțin numeroase decât bacteriile în ecosistemele acvatice, ele au avantaje semnificative în remediarea biologică. Datorită structurii miceliene, micromicetele pot penetra particule solide și absorbi diverse compuși, inclusiv xenobiotice precum fenolul. Eficiența lor în degradarea petrolului se datorează unui sistem enzimatic puternic, ceea ce le face o resursă valoroasă pentru bioremedierea poluării marine [116; 276; 280]. Micromicetele acvatice sunt organisme heterotrofe care depind de materia organică externă pentru creștere și energie. Ele sunt omniprezente în mediile acvatice, acționând ca paraziți, simbioți și descompunători. Acestea joacă un rol important în descompunerea materiei organice



și reciclarea nutrienților în ecosistemele acvatice, prin secreția de enzime care descompun substanțele complexe în forme accesibile absorbției [5; 31; 35; 229].

Micromicetele parazitare acvatice, cum sunt *Chytridiomycota* și *Oomycota*, au un spectru larg de gazde, incluzând alge și pești. Acestea pot cauza daune semnificative, inclusiv la alge prin "sinuciderea" celulară, și pot afecta populațiile de pești, ceea ce este important în acvacultură. Exemple notabile includ *Aphanomyces*, care provoacă "ciuma la raci", reducând populațiile de raci europeni. Unii fungi filamentoși acvatici, cum ar fi drojdiile din genurile *Candida* și *Cryptococcus*, pot infecta și oamenii, fiind întâlnite în zonele de scăldat [29; 75; 293].

Microorganismele patogene sunt frecvent întâlnite sau chiar stabile în mediile acvatice. Modalitățile prin care acestea ajung în ciclul natural al apei sunt variate, însă sursele principale includ apele uzate, atât tratate, cât și netratate, precum și deșeurile organice provenite din grajduri, aplicate pe terenurile agricole. Deși apele uzate colectate din gospodării și spitale sunt supuse unui proces de tratament în stațiile de epurare, eficiența acestora în eliminarea agenților patogeni este limitată, reducându-i doar cu 1 până la 3 ordine de mărime. Astfel, un număr considerabil de microorganisme patogene continuă să fie eliberate în apele de suprafață, în special în perioadele cu creșteri semnificative ale infecțiilor bacteriene și virale în populația umană, având un impact direct asupra calității și siguranței apelor de consum și a celor din ecosistemele naturale [6; 53; 68; 75; 102].

Descompunerea și reciclarea materialului organic, cum ar fi gunoiul de frunze, sunt procese esențiale în ecosisteme, realizate de descompunători microbieni și nevertebrate. Micromicetele joacă un rol crucial, descompunând compuși organici complecși (celuloză, lignină, etc.) în substanțe biodisponibile. Pierderea biodiversității afectează aceste procese, dar există un potențial pozitiv în ecosisteme pentru descompunerea eficientă. Micromicetele secretă enzime care facilitează descompunerea și contribuie semnificativ la ciclul carbonului, eliberând CO<sub>2</sub> și exportând carbonul sub formă de materie organică fină și dizolvată, esențială pentru ciclurile ecologice [34; 45; 97; 105; 207].

Speciile fungice colonizează rădăcinile, stimulând absorbția nutrienților, sinteza fitohormonilor și toleranța la stres. Acestea sunt micromicete anamorfe, cu conidii care se reproduc asexuat și sunt adaptate la habitate cu niveluri fluctuante de apă, uscăciune periodică și oxigen scăzut. Conidiile plutitoare sunt eliberate când apa scade. Fungii filamentoși tereștri pot și ei pătrund în ecosisteme acvatice, contribuind la descompunerea resturilor vegetale. Grație enzimelor extracelulare, acești fungi degradează polimeri organici (hemiceluloză, celuloză, amidon, pectina) și joacă un rol esențial în reciclarea substanțelor organice în ecosistemele acvatice [11; 12; 18; 92].

Pe de altă parte, s-a demonstrat că fungii din mediile acvatice joacă un rol activ în biotransformarea xenobioticelor și a metalelor grele, contribuind la reducerea efectelor poluării și ajutând la îmbunătățirea calității apei. Din acest motiv, mulți cercetători au propus includerea fungilor acvatice în grupul de bioindicatoare care pot ajuta la monitorizarea stării ecologice a ecosistemelor acvatice și a calității sanitare a apelor. Studiile recente se concentrează din ce în ce mai mult pe cercetarea abundenței și diversității taxonomice a fungilor acvatice în diverse tipuri de ape, în special în lacuri cu statut trofic variat. Încercările de a analiza influența parametrilor fizici și chimici ai apei asupra diversității și abundenței micoplanctonului, în special în apele curgătoare, sunt încă destul de limitate. Scopul principal al cercetării în acest domeniu este identificarea structurii taxonomice și a abundenței fungilor în râuri cu debite și niveluri de contaminare diferite, determinate de nutrienți (C, N și P) și ioni de sulfat și clorură, care sunt indicatori ai poluării antropogene [96; 206; 290; 293].

Micromicetele acvatice sunt deosebit de valoroși datorită proprietăților lor enzimaticice specifice, ce le conferă un potențial semnificativ în diverse aplicații biotehnologice și farmacologice. Apariția platformelor de secvențiere genomică de ultimă generație va facilita obținerea unor informații detaliate despre clusterelor de gene biosintetice ale micromicetelor de apă dulce, permițând astfel identificarea unor metaboliți secundari cu o diversitate metabolică considerabilă. În plus, sunt necesare investigații sistematice aprofundate asupra acestor organisme pentru a înțelege în mod clar identitățile taxonomice, rolurile ecologice și mecanismele evolutive ale acestora. Astfel, acest grup ecologic de fungi poate reprezenta o veritabilă resursă de diversitate chimică neexploată, cu un mare potențial pentru descoperiri științifice și aplicații inovative [37; 69].

### **1.3. Originea și clasificarea micromicetelor acvatice**

Micromicetele au apărut acum aproximativ 1,5 miliarde de ani și au evoluat dintr-un strămoș comun cu flagel, similar cu *Chytridiomycota*. Ulterior, micromicetele derivate, cum sunt *Ascomycota*, *Basidiomycota* și *Zygomycota*, au pierdut flagelul și s-au adaptat mediilor terestre. Primele dovezi ale fungilor terestri datează din perioada Devoniană, acum 400 milioane de ani. *Ascomycota* și *Basidiomycota* au avut o origine terestră și s-au diversificat rapid pe pământ, devenind saprobice, endofite și patogene ale plantelor și animalelor. După extincția Permian-Triasică, micromicetele au înregistrat o creștere rapidă în număr datorită noilor gazde de plante și animale. După extincția Cretacic-Terțiară, fungii au continuat să se diversifice. Astăzi, regnul fungilor cuprinde 20 de filumuri, dintre care opt includ fungi de apă dulce, cum sunt *Ascomycota* și *Basidiomycota*, care au evoluat inițial din medii terestre. Fungi filamentoși de apă dulce au evoluat prin multiple linii evolutive, iar *Ascomycota* este filum dominant în acest

grup [48]. Până în 2007, au fost raportate aproximativ 3000 de specii fungice și 138 de specii de saprolegniale în habitate acvatice. Cu toate acestea, diversitatea acestora este încă insuficient cunoscută, comparativ cu fungii terestri. Geografic, distribuția micromicetelor acvatice variază semnificativ, cu un număr mai mare de specii raportate din Europa, America de Nord și sud-estul Asiei. Studiile asupra fungilor filamentoși marini au crescut recent în Asia, iar unele regiuni sunt încă slab investigate [5; 82; 105; 109; 121; 167; 230; 272].

Conform analizelor moleculare recente, cercetările au arătat că majoritatea speciilor de micromicete acvatice sunt identificate în zonele temperate ale lumii. Până acum, au fost recunoscute 13 filumuri de fungi filamentoși acvatice, dintre care cele mai reprezentative sunt *Ascomycota*, *Basidiomycota* și *Chytridiomycota*, care domină ecosistemele acvatice. În general, *Ascomycota* și *Basidiomycota*, ce includ aproximativ 96.000 de specii, formează subregulul *Dikaria* și sunt predominante și în ecosistemele terestre. Regiunile tropicale și subtropicale sunt subevaluate în ceea ce privește diversitatea fungică, sugerând existența unui potențial neexplorat semnificativ [167; 59; 108; 133]. Descrierea și clasificarea hifomicetelor au evoluat începând cu lucrările lui de Wildeman, care a identificat specii cu conidii tetraradiat și sigmoide. Confuzia între aceste fungi și algele planctonice a persistat până la demonstrațiile lui Lowe și Karling, care au clarificat natura lor fungică. Identificările greșite, mai ales ale sporilor sigmoizi, au complicat studiile ulterioare [30; 32; 56; 80; 304; 212].

Regnul Fungi este un grup monofiletic, care cuprinde diverse filumuri, cele mai recunoscute fiind: *Chytridiomycota*, *Blastocladiomycota*, *Neocallimastigomycota*, *Microsporidia*, *Glomeromycota*, *Ascomycota* și *Basidiomycota* (ultimele două în subregnul *Dikarya*). *Chytridiomycota* sunt considerate cele mai vechi, iar evoluția fungilor superioare a implicat pierderea flagelului și dezvoltarea filamentelor ramificate. *Glomeromycota* s-au separat de Pre-ascomycota și Pre-basidiomycota acum 500 de milioane de ani, iar *Ascomycota* și *Basidiomycota* s-au diferențiat acum 300 de milioane de ani. Diversificarea fungilor de tip „ciupercă” a avut loc între 130-200 de milioane de ani în urmă [48; 238; 263].

Introducerea instrumentelor moleculare pentru determinarea taxonomiei speciilor de micromicete a schimbat semnificativ înțelegerea noastră asupra diversității acestora. În prezent, abordarea filogeniei bazate pe mai multe gene reprezintă pilonul principal al clasificării filogenetice a fungilor. Totuși, cele mai multe studii s-au concentrat pe tulpini de fungi terestri, cu aproximativ 120.000 de specii cunoscute, în timp ce diversitatea fungilor acvatice rămâne în mare parte neexplorată. Până acum, doar 3.000 de specii de micromicete au fost descrise ca fiind specifice habitatelor acvatice [7; 32; 37; 129; 158; 289].

În ecosistemele acvatice, se disting trei tipuri principale de fungi, clasificați în funcție de capacitatea lor de a crește și de a se adapta în acest mediu. Acestea sunt:

- Fungii tereștri: Acest grup este adesea introdus în mediul acvatic prin intermediul fluxurilor de intrare, apei de ploaie, scurgerilor sau vântului. Fungii tereștri sunt cunoscuți sub denumirea de "fungi tranzitorii" sau "imigranți versatili". De obicei, nu prezintă activitate semnificativă în apă, posibil din cauza condițiilor acvatice nefavorabile sau a interacțiunii cu alte organisme [81; 282].

- Fungii parțial adaptați: Această categorie include specii amfibii care își desfășoară o parte din ciclul de viață sub apă și o altă parte în zona de interacțiune aer-apă. Un exemplu specific sunt hifomicetele aero-acvatice, denumite și "imigranți periodici" [141; 157; 188].

- Fungii complet adaptați la medii acvatice: Aceștia, cunoscuți și sub denumirea de "locuitori" (inclusiv micromicetele ingoldiene), sunt capabili să își mențină biomasa în ecosistemele acvatice cu activitate constantă pe parcursul anului. Ei utilizează eficient substraturile și substanțele nutritive disponibile în corpurile de apă și, în majoritatea cazurilor, au capacitatea de a sporula direct în apă [24; 93; 94; 121; 122].

Pe baza morfologiei, stilului de viață și a diverselor comportamente funcționale (independente de filogenie), fungii acvatici sunt împărțiți în șapte grupuri majore:

1. Hifomicetele. Acest grup este întâlnit pe frunzele în descompunere și pe resturile lignocelulozice din ecosistemele acvatice din întreaga lume. Hifomicetele includ tulpini fungice anamorfici din filumurile *Ascomycota* și *Basidiomycota*, fiind adaptate în mod specific habitatelor acvatice prin mecanismele lor de reproducere. Hifomicetele acvatice sunt, la rândul lor, clasificate în două grupuri ecologice, în funcție de comportamentul lor reproductiv:

Hifomicetele aero-acvatice se reproduc prin spori adaptați la interfața aer-apă. Acești fungii își finalizează ciclul de viață prin sporularea deasupra apei. Ele necesită expunere la aer pentru procesul de reproducere, fiind astfel adaptate la interfața dintre aer și apă [92; 293; 294; 302].

Fungii aero-acvatice sunt clasificați pe baza morfologiei conidiilor, care variază semnificativ. Studii importante au folosit trăsături precum dimensiunea, culoarea și ramificarea conidiilor pentru a defini specii, cum ar fi cele din genurile *Helicodendron*, *Helicoon*, *Dendroclathra*, și *Spirosphaera*. Aceste caracteristici, inclusiv tipul de ramificare a filamentelor conidiale, sunt folosite pentru a diferenția și clasifica speciile în funcție de trăsăturile lor taxonomice specifice [288]. Fungii aero-acvatici produc conidii diverse, adaptate pentru plutirea pe apă. Genuri precum *Aegerita*, *Spirosphaera* și *Trichoderma* formează conidii globozate cu diverse forme, cum ar fi botrioidală, broccoli sau bilă, care conțin aer între celulele lor. *Peyronelina* produce conidii în formă de coroană, iar *Helicodendron* și *Helicoon* formează conidii helicoidale, cu celule filamentoase răsucite spiral [58].

Hifomicete strict acvatice – care își completează ciclul reproductiv exclusiv în medii acvatice. Ele au o abilitate remarcabilă de a se adapta la condiții dificile, găsiindu-și refugiu în diverse medii precum lemn, rădăcini vii, sol și sedimente. Pe lângă prezența lor în habitate ecologice neconvenționale, ele pot coloniza și substraturi diferite de frunzele scufundate, cum ar fi lemnul, rădăcinile vii, solul, scoarța de arbori și resturile terestre. Deși detritusul lemnos este un substrat comun în râuri, mai puțin se știe despre colonizarea acestuia de către hifomicete acvatice [34; 56; 87].

2. Micromicetele Ingoldiene. Acestea se caracterizează prin capacitatea lor de a sporula pe materiale vegetale submerse. Ele contribuie la descompunerea organică și sunt esențiale pentru ciclul de nutrienți din ecosistemele acvatice [30; 61; 78]. Micromicetele Ingoldiene, sunt un grup filogenetic eterogen de fungi, alcătuit în principal din stadiile asexuate ale *Ascomicetelor* și *Basidiomicetelor*, care trăiesc în mod preferențial în râuri de pădure cu apă curgătoare rapidă și bine oxigenată. Deși fungii filamentoși acvatice sunt studiați din anii 1840, cunoașterea acestui grup este încă limitată în comparație cu omologii lor tereștri. Acești fungi au o distribuție globală, dar studiile sugerează o diversitate mai mare de specii în regiunile temperate, unde sunt cei mai importanți descompozitori microbieni ai resturilor vegetale din râuri [25; 106; 131; 203; 217].

3. Micromicetele Zoosporice. Acest grup include, în prezent, filumurile: *Chytridiomycota*, *Neocallimastigomycota*, *Kickxellomycotia* și *Blastocladiomycota*. În mod obișnuit, fungii zoosporici apar ca saprofiți, participând la degradarea particulelor de materie organică, inclusiv resturi alimentare, grăuncioare de polen și resturi vegetal. Ele pot acționa, de asemenea, ca paraziți ai animalelor vertebrate (de exemplu, broaște), zooplanctonului și fitoplanctonului sau pot exista în simbioză în sistemul digestiv al mamiferelor erbivore. Aceste micromicete îndeplinesc roluri ecologice esențiale, contribuind la ciclul nutrienților și la reglarea populațiilor de fitoplancton în ecosistemele acvatice. Totodată, ele sunt asociate cu apariția unor boli majore la plante și animale, având un impact semnificativ asupra echilibrului ecologic [45; 89; 150; 238; 277].

4. *Ascomicetele* și *Basidiomicetele* acvatice, în stadiul telemorf, dezvoltă organele de reproducere sexuală, inclusiv ascosporii, care sunt specifici *Ascomicetelor*, și basidiosporii, caracteristici pentru *Basidiomicetelor*. Aceștia sunt fungi microscopici care descompun materialul lemnos scufundat în mediile acvatice. Începând cu anii 1990, cercetările privind *Ascomicetele* din apele dulci au contribuit la creșterea numărului de specii cunoscute, de la 370 la 622. În prezent, sunt identificate aproximativ 675 de specii de *Ascomicete* din ape dulci, care au fost descrise detaliat și clasificate în mai multe grupuri taxonomice. Majoritatea ascomicetelor

din apele dulci formează ascomate microscopice, cu dimensiuni mici (mai puțin de 0,5 mm) [18; 33; 145;].

*Ascomycetele* de apă dulce sunt fungi care trăiesc pe substraturi complet sau parțial scufundate în medii acvatice. Conform lui Jones et al. (2014a), aproximativ 622 de specii (~200 de genuri) de *Ascomycota* au fost identificate în habitatele de apă dulce. Acești fungi aparțin unor clase diverse, inclusiv *Arthoniomycetes*, *Chaetothyriomycetes*, *Dothideomycetes*, *Eurotiomycetes*, *Laboulbeniomycetes*, *Lecanoromycetes*, *Leotiomycetes*, *Lichinomycetes*, *Sordariomycetes*, *Pezizomycetes* și *Lecanoromycetes* [18; 33; 48; 82; 303;].

*Basidiomycetele* din habitatele de apă dulce prezintă o diversitate taxonomică semnificativă, incluzând atât drojdii saprofite, cât și forme filamentose și endofite. Acestea colonizează diverse substraturi, cum ar fi lemnul (*Limnoperdon incarnatum*, *Mycocalia reticulata*, *Stauriella aquatica*, *Psathyrell aquatica*), tulpinile plantelor acvatice (*Mrakiella aquatica*), spuma acumulată pe spruprafata apei (*Crucella subtilis*, *Taeniospora gracilis*) fiind de asemenea izolate din coloana de apă (*Cryptococcus spp.*, *Rhodotorula spp.*). Jones et al. (2014b) au raportat 115 specii de *Basidiomycete* de apă dulce aparținând la 50 de genuri, 8 clase și 19 ordine. Acestea includ micromicete ingoldiene, cum ar fi *Crucella subtilis*, *Ingoldiella hamata*, *Naiadella fluitans* și *Taeniospora descalsii*, care prezintă morfa sexuală cunoscută *Camptobasidium hydrophilum* (*Camptobasidiales*), *Sistotrema hamatum* (*Cantharellales*), *Classicula fluitans* (*Classiculales*) și *Leptosporomyces crucelliger* (*Atheliales*). Fungii levuriformi sunt cei mai numeroși, reprezentând 64,35% (74 specii) din totalul *Basidiomycetelor* de apă dulce. Clasa *Tremellomycetes* include cele mai multe specii (41 specii, 12 genuri, 5 ordine [48; 82; 122; 303; 203].

5. Drojdiile este un grup divers de micromicete unicelulare, cu celule sferice sau ovale, care aparține atât *Ascomicetelor*, cât și *Basidiomicetelor*. Acestea sunt întâlnite mai ales în zona pelagică a apelor dulci, dar și în habitatele pelagice ale mediilor marine. Totuși, cunoștințele despre ecologia și funcțiile pe care le au drojdiile acvatice sunt încă limitate [98; 180; 214; 293; 294]. Studiile recente asupra drojdiilor în medii de apă dulce (râuri și lacuri tropicale și temperate) au identificat specii din genuri precum *Candida*, *Cryptococcus*, *Saccharomyces* și altele, care sunt frecvent asociate cu poluarea apei [180; 303].

6. *Glomeromycota* constituie un grup relativ puțin studiat de micromicete acvatice, iar cunoștințele despre ecologia, compoziția și rolul lor în ecosistemele acvatice sunt încă insuficiente. În general, majoritatea speciilor de *Glomeromycota* sunt terestre, cu excepția *Trichomicetelor* acvatice, care formează un grup polifiletic distinct, având un comportament parazitar sau mutualist în interacțiune cu artropodele acvatice. Din punct de vedere ecologic, *Glomeromycota* include și specii de fungi micorizate, care formează asocieri simbiotice cu

rădăcinile macrofitelor acvatic. Acești fungi se caracterizează prin capacitatea de a forma structuri complexe, precum cele vasculare și arbusculare, în interiorul rădăcinilor plantelor, facilitând astfel procesele de nutriție ale acestora prin absorbția de substanțe esențiale, cum ar fi fosforul și alte minerale [209; 293; 294; 299].

*Dothideomycetele* reprezintă o treime din speciile de *Ascomycota* din habitatele de apă dulce (200 de specii). Acestea se caracterizează prin corpuri fructifere ascostromatiche și asce bitunicate cu dehiscență fisitunicate, fiind frecvent izolate de pe lemn scufundat. Cercetările recente au extins numărul de specii, genuri, familii și ordine, incluzând familii precum *Wicklowiaceae* și ordine precum *Minutisphaerales*. În 2020, Dong et al. au catalogat 145 de genuri de apă dulce în 6 ordine și 43 de familii, dintre care 46 de genuri sunt unice pentru habitatele de apă dulce [48; 64; 154].

7. Organismele asemănătoare fungilor, precum *Oomycetes* și *Straminipila*, sunt bine documentate și considerate a fi cele mai omniprezente grupuri de fungi acvatici. Acestea sunt caracterizate prin prezența heterosporilor biflagelați, cu doi flageli de dimensiuni inegale. Deși *Straminipila* (*Hyphochytriomycota*) și *Oomycota* (*Labyrinthulomycota*) prezintă trăsături morfologice și fiziologice asemănătoare cu fungii adevărați, funcțiile ecologice pe care le îndeplinesc sunt distincte, motiv pentru care sunt adesea denumite „fungii falși”. Aceste organisme îndeplinesc roluri importante în ecosistemele acvatic, însă, spre deosebire de micromicetele adevărate, au mecanisme și comportamente ecologice diferite [56; 65; 93; 94; 128; 160; 224; 279].

#### **1.4. Proprietățile enzimatiche ale tulpinilor de fungi acvatici**

Producția de bunuri de consum necesită mari cantități de materii prime și energie, generând deșeuri și având un impact negativ asupra mediului și calității vieții. 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 [23; 35; 43; 63; 135; 151].

Enzimele microbiene sunt utilizate în procese precum coacerea, fabricarea berii, producerea alcoolului și obținerea brânzei. Un exemplu semnificativ este utilizarea enzimelor pentru hidroliza amidonului, care duce la obținerea de produse precum siropuri de glucoză, maltoză și fructoză, ciclodextrine și altele. Enzimele sunt esențiale atât pentru îmbunătățirea proceselor de producție, cât și pentru crearea de ingrediente funcționale în nutriție și sănătate [23; 63; 135; 306].

Enzimele sunt proteine complexe produse de organismele vii, care catalizează reacții chimice organice și anorganice. Comparativ cu procesele chimice convenționale, procesele enzimatică sunt mai eficiente și ecologice, oferind condiții de reacție mai blânde, selectivitate și specificitate avansată, și reducerea deșeurilor și produselor secundare. Acestea sunt utilizate în diverse industrii, inclusiv în producția de alimente, băuturi, medicină, cosmetice și bioenergie, contribuind la dezvoltarea unor procese mai economice și sustenabile [63; 70; 95; 222].

Procesul enzimatic joacă un rol vital în biotehnologie, fiind utilizat într-o gamă largă de industrii. Enzimele sunt biocatalizatori care îmbunătățesc eficiența proceselor de producție, reducând costurile cu energia și materiile prime și generând mai puține deșeuri toxice, în conformitate cu principiile chimiei verzi. Acestea sunt produse de organisme vii și catalizează reacții biochimice atât în interiorul organismelor, cât și în procesele industriale. Astfel, procesarea enzimatică este o alternativă sustenabilă la metodele convenționale, contribuind la economii de energie, reducerea deșeurilor și îmbunătățirea eficienței producției [52; 35; 70; 151; 306].

La scară industrială, producția și comercializarea enzimelor microbiene au crescut semnificativ, microbii fiind folosiți ca bioreactoare pentru producția de enzime, datorită costurilor reduse și ușurinței proceselor de producție, recuperare și purificare. Aproape 80% dintre enzimele comerciale provin din surse microbiene. Micromicetele acvatice, datorită capacității lor de a produce proteine extracelulare în cantități mari, sunt o sursă preferată pentru producția de enzime, inclusiv celulază, lipază, lactază și multe altele [63; 135; 139; 156; 287].

Utilizarea enzimelor în producția de bunuri pentru consum uman are o tradiție de aproximativ 2000 de ani, începând cu procesele de dospire a pâinii și zaharificare a orezului. Astăzi, industria enzimatică include aproximativ 5500 de enzime, clasificate după tipul reacției catalizate. Utilizarea enzimelor industriale crește datorită avantajelor lor, precum condiții de reacție mai blânde, costuri reduse și produse cu proprietăți remarcabile. Enzimele microbiene, cum ar fi amilazele, sunt preferate datorită stabilității și rapidității producției. Un domeniu promițător este studiul fungilor termofile pentru obținerea de enzime stabile la temperaturi ridicate, utile în procese industriale ce necesită termostabilitate [120; 125; 208; 275; 341].

Micromicetele acvatice produc enzime adaptate la condiții extreme, cum ar fi salinitatea mare și temperaturile variabile, având aplicații în industrii precum biocombustibili, textile, alimentație și farmaceutice. Aceștia sunt o sursă valoroasă de metaboliți bioactivi cu proprietăți antimicrobiene, antioxidante și anticancerigene, utile în farmaceutice și cosmetice. De asemenea, micromicetele acvatice contribuie la mico-remediere, degradând coloranți toxici din industrie într-o manieră ecologică, oferind o alternativă mai sustenabilă la metodele tradiționale [23; 43; 95; 104; 156].



Pentru producția industrială la scară largă, sursele microbiene sunt preferate datorită eficienței, costurilor reduse și adaptabilității. Micromicetele, în special cele filamentoase, sunt o sursă valoroasă de enzime datorită capacității lor de a produce enzime eficiente, stabile și adaptabile la condiții dure. Aceste enzime sunt utilizate în aplicații industriale și au o tradiție de utilizare în fabricarea berii și coacerea pâinii, consolidându-le rolul în biotehnologia modernă [70; 71; 200; 208].

Producția de preparate enzimatică este un domeniu cheie în biotehnologia modernă, cu aplicații variate în industrie. Aceste tehnologii sunt apreciate pentru consumul scăzut de energie, producția redusă de deșeuri și impactul ecologic minim. Cu toate acestea, utilizarea pe scară largă a enzimelor se confruntă cu provocări, în principal din cauza costurilor ridicate de producție, care includ obținerea, purificarea și stabilizarea enzimelor. Cercetările în domeniu sunt orientate spre reducerea acestor costuri prin metode mai eficiente, cum ar fi utilizarea de culturi microbiene modificate genetic sau optimizarea proceselor de fermentație [134]. Stabilitatea enzimelor este crucială pentru procesele industriale, dar multe enzime comerciale nu sunt destul de stabile în condiții extreme. Progresele în biologia moleculară și ingineria genetică au permis dezvoltarea de enzime mai rezistente, prin modificarea structurilor moleculare. Cu toate acestea, stabilitatea rămâne un factor limitativ, iar cercetările continuă pentru îmbunătățirea acestora [37;134; 216; 306; 332].

Enzimele fungice sunt fundamentale atât pentru funcționarea ecosistemelor, cât și pentru diversele procese industriale. Ele sunt esențiale în descompunerea materialului organic, contribuind la reciclarea substanțelor nutritive în ecosisteme, cum ar fi resturile vegetale, degradând structuri complexe precum lignina și celuloza, contribuind astfel la reciclarea nutrienților și îmbunătățirea fertilității solului. În ecosistemele forestiere, aceste enzime sunt vitale pentru mineralizarea materiei organice și menținerea echilibrului ecologic, prevenind stagnarea carbonului. De asemenea, ele protejează plantele împotriva patogenilor. În biotehnologia industrială, enzimele fungice sunt utilizate în diverse domenii, de la producția alimentară la fabricarea biocombustibililor, datorită capacității lor de a cataliza reacții complexe într-un mod eficient și ecologic. Progresele în ingineria genetică au extins utilizarea lor, contribuind la dezvoltarea unor tehnologii sustenabile [95; 120; 125; 187; 292; 306].

Enzimele fungice prezintă un impact major asupra valorificării resurselor naturale. Fungii filamentoși, prin enzimele lor, descompun lignoceluloza din pereții celulelor plantelor, eliberând zaharuri fermentabile, esențiale pentru producția de bioetanol, un biocombustibil care contribuie la reducerea emisiilor de carbon. Enzimele precum celuloazele și hemiceluloazele dezintegrează celuloza și hemiceluloza, generând monozaharide ce pot fi fermentate în biocombustibili. Aceste procese fungice sunt fundamentale pentru tehnologiile ecologice și

sustenabile, iar fungii , prin natura lor heterotrofică, pot fi utilizate și în biotehnologie pentru producerea de enzime industriale și reciclarea materialelor organice, susținând tranziția către o economie circulară și sustenabilă [63; 70; 125; 144].

Dezvoltarea tehnologiei pentru producerea și utilizarea enzimelor este un domeniu cheie în biotehnologie, cu un impact major asupra industriei, medicinei și agriculturii. Enzimele microbiene, esențiale pentru descompunerea polimerilor complecși din materialele vegetale (cum ar fi celuloza și pectina), sunt utilizate în diverse industrii, inclusiv în producția de bioetanol, alimentație și farmaceutică. Piața enzimelor microbiene generează venituri de miliarde de dolari și este în continuă expansiune. Fungii filamentosi precum *Aspergillus* și *Trichoderma* sunt printre microorganismele cele mai promițătoare care produc enzime eficiente. Progresul în fermentație și inginerie genetică va face producția enzimatică mai eficientă și economică, având un impact tot mai mare asupra pieței globale [95; 139; 297; 323].

Enzimele fungice sunt esențiale în numeroase industrii datorită stabilității și versatilității lor. Ele îmbunătățesc calitatea produselor, extind perioada de valabilitate, reduc costurile de producție și sunt eficiente la temperaturi și pH variabile. Utilizate în panificație, fabricarea berii, producția de brânzeturi și antibiotice, enzimele fungice sunt și implicate în prelucrarea materialelor naturale, precum inul și pielea. În ultimele decenii, aplicarea acestora s-a extins în industrii ca hârtia, detergenți și textile. Fungii contribuie la producerea a peste 50% din enzimele industriale, având un rol major în procesele ecologice [35; 43; 71; 120; 125; 156].

Enzimele fungice reprezintă aproximativ 50% din totalul enzimelor industriale utilizate global, cealaltă jumătate provenind din surse bacteriene. Utilizarea enzimelor fungice este în creștere datorită eficienței lor ridicate, în special în descompunerea substanțelor complexe, cum ar fi celuloza și hemiceluloza. Specii de fungi filamentosi precum *Aspergillus*, *Penicillium* și *Trichoderma* sunt capabile să producă enzime extrem de eficiente în aceste procese. Aceste enzime sunt folosite în industrii precum alimentația, textilele și biocombustibilul, datorită stabilității proteice și capacității de a funcționa în condiții variate de temperatură și pH. Enzimele fungice sunt, de asemenea, compatibile cu cerințele de siguranță și reglementările pentru industriile sensibile, iar tendința de utilizare ecologică și sustenabilă continuă să crească [70; 71; 144; 187].

Micromicetele joacă un rol important în reciclarea organică și menținerea echilibrului ecologic. În mediul marin, fungii contribuie la degradarea materiei organice și sunt esențiale în ciclurile de regenerare a nutrienților. De asemenea, ele produc enzime cu aplicații industriale și ecologice, izolate din diverse substraturi marine. Aceste enzime sunt de interes major în biotehnologie, deoarece pot fi utilizate în procese industriale pentru prelucrarea materialelor organice, în bioremedierea mediilor poluate sau în producția de bioenergie, dar și în alte domenii

ecologice. De asemenea, ele au aplicații în industria alimentară, farmacologică și în prelucrarea materialelor naturale. Prin urmare, studiul și utilizarea micromicetelor marine ca sursă de enzime pot adresa nu doar nevoi industriale, ci și provocările ecologice actuale, în special în contextul gestionării sustenabile a resurselor marine și reciclării materiei organice [ 35; 95; 104; 120; 125; 200; 229].

### **Amilazele**

Enzimele hidrolitice, precum amilazele, constituie aproximativ 80% din totalul enzimelor utilizate industrial, având aplicații esențiale în sectoare precum medicina, agricultura, alimentație, chimie și textile. Aceste enzime descompun polimeri complecși în monomeri simpli, folosiți în producția de biocombustibili, alimente, detergenți și alte produse. Stabilitatea lor permite utilizarea eficientă în condiții industriale variate, precum temperaturi și pH ridicate. Proteazele și amilazele sunt printre cele mai utilizate enzime, având aplicații în procesarea proteinelor, producția de medicamente, fermentația alimentară și biocombustibili. Utilizarea acestora crește continuu, contribuind la procese industriale mai sustenabile și ecologice [13; 134; 196; 199; 231; 269].

Enzimele hidrolitice sunt biomolecule proteice care accelerează reacțiile chimice și au multiple aplicații. Un exemplu important este amilaza, care degradează polizaharidele și este folosită în industria alimentară și a furajelor. Amilaza maltogenică din *Bacillus stearothermophilus* este folosită în panificație, iar amilaza ajută și la îmbunătățirea digestibilității fibrei în alimentația animalelor. Această amilază bacteriană este esențială datorită stabilității sale la temperaturi ridicate, ceea ce o face extrem de valoroasă în procesele industriale ce implică căldură. Mediul acvatic oferă microorganisme capabile să producă enzime, cum ar fi *Cladosporium tenuissimum*, *Fusarium keratoplasticum* și *Fusarium solani*, care produc amilază extracelulară. Cercetarea continuă în domeniul enzimelor acvatice din fungi pentru aplicații în industrie, în special în ca medii nutritive, datorită cererii pentru oligozaharide [23; 225; 226].

Amilaza este o enzimă digestivă produsă în principal de pancreas și glandele salivare, având rolul de a descompune amidonul în zaharuri simple. Descoperită la începutul secolului XIX și denumită inițial „diastază”, a primit denumirea de amilază în secolul XX. Este una dintre cele mai importante enzime industriale, reprezentând aproximativ 25% din piața globală de enzime. Cele mai utilizate surse de amilaze sunt micromicetele, în special specii din genul *Aspergillus*, datorită ușurinței de cultivare și productivității ridicate. Amilazele sunt esențiale în industrii precum fabricarea berii, alimentația, producția de biocombustibili și alte aplicații biotehnologice. [13; 134; 196; 199; 235].

Amilazele fungice provin în principal din specii de micromicete din genurile *Aspergillus*, *Penicillium* și *Rhizopus*, care sunt cele mai utilizate în aplicațiile industriale datorită eficienței lor

în descompunerea carbohidraților complecși în zaharuri simple. *Aspergillus niger* și *Aspergillus oryzae* sunt două dintre cele mai populare specii de *Aspergillus* pentru producția de  $\alpha$ -amilază, fiind utilizate pe scară largă în industria alimentară și a biocombustibililor. Speciile de *Penicillium* și *Rhizopus* sunt, de asemenea, apreciate pentru capacitatea lor de a produce enzime de calitate înaltă. Acești fungi filamentoși sunt frecvent izolați din substraturi bogate în amidon, cum ar fi cerealele sau tuberculii, și sunt folosite în procesele de fermentare industrială pentru producerea de produse alimentare, băuturi, biocombustibili și alte aplicații biotehnologice [13; 199; 258; 269].

Amilazele au o istorie fascinantă, începută în 1811 cu descoperirea primei enzime care degradează amidonul în grâu de către Kirchhoff, ceea ce a pus bazele cercetărilor ulterioare. În 1925, Kuhn a denumit  $\alpha$ -amilazele, observând configurația alfa a produselor de hidroliză ale amidonului. În anii '90, cercetările au avansat cu determinarea structurii cristaline tridimensionale a amilazelor, care a evidențiat eficiența acestor enzime. Un moment important a fost în 1894, când amilaza provenită din micromicete a fost utilizată industrial în tratamentele pentru tulburările digestive. De atunci, amilazele au fost aplicate pe scară largă în biotehnologie, iar împărțirea lor în  $\alpha$ -amilază,  $\beta$ -amilază și glucoamilază reflectă diversitatea lor și rolurile esențiale în descompunerea amidonului și în aplicațiile industriale [199; 225; 226; 269].

Utilizarea enzimelor în procesele industriale reprezintă o piață de valoare de miliarde de dolari. În prezent, amilazele, care au și ele capacitatea de a hidroliza amidonul, constituie aproximativ 25% din piața enzimelor și au înlocuit în mare măsură metodele chimice de degradare a amidonului în industria modernă. Amilazele sunt considerată cea mai importantă clasă de enzime pentru degradarea amidonului. Una dintre cele mai utilizate  $\alpha$ -amilaze este cea provenită din *Bacillus licheniformis*, cunoscută sub denumirea comercială „Termamyl” [13; 196; 225; 231].

Amilazele sunt utilizate în industria de prelucrare a amidonului pentru descompunerea acestuia în zaharuri simple. Odată cu avansarea biotehnologiei, aplicațiile amilazei s-au extins în sectoare precum chimia clinică, farmacologia și analiza chimică. După al Doilea Război Mondial, aplicațiile enzimatică au crescut semnificativ datorită progreselor în microbiologia industrială și ingineria biochimică. Totuși, un dezavantaj al tulpinilor producătoare de amilază este activitatea lor scăzută. Cercetările sunt axate pe obținerea unor tulpini super producătoare de enzime cu activitate înaltă, ceea ce ar reduce costurile de producție și ar contribui la scăderea prețului produsului final [196; 220; 231; 258; 269].

### **Catalazele**

Catalaza [oxidoreductaza peroxidului de hidrogen: (EC 1.11.1.6)] este o enzimă omniprezentă, întâlnită în aproape toate organismele vii expuse la oxigen. Aceasta catalizează

descompunerea peroxidului de hidrogen, un oxidant puternic și potențial nociv, transformându-l în oxigen molecular și apă. Sursele comerciale principale de catalază includ ficatul mamiferelor, iar o altă sursă importantă o reprezintă micromicetele din genul *Aspergillus niger*. Datorită versatilității sale, această enzimă este utilizată pe scară largă în diverse industrii, precum cea farmaceutică și sectorul industrial [86; 111; 200; 228; 295].

Catalaza este o enzimă esențială, cu un rol fundamental în protecția organismelor față de efectele dăunătoare ale peroxidului de hidrogen, un produs secundar al metabolismului celular care poate provoca daune oxidative severe. Având capacitatea de a descompune rapid peroxidul de hidrogen în apă și oxigen, catalaza nu doar că protejează celulele, dar joacă și un rol important în diferite procese industriale. În industrii precum agricultura, prelucrarea produselor alimentare și industria textilă, catalaza este folosită pentru a elimina peroxidul de hidrogen din procesele de albire și sterilizare, transformându-l rapid în substanțe mai sigure, cum ar fi apa și oxigenul. Catalaza (EC 1.11.1.6) este un tip de oxidază terminală și se găsește pe scară largă în organismele animale, vegetale și microbiene. În funcție de caracteristicile sale fizice și biochimice, există patru tipuri de catalază:

1. Catalază tipică (monofuncțională) – Este de obicei un tetramer format din patru subunități identice, având un grup protetic hem la centrul său catalitic.
2. Catalază-peroxidază (bifuncțională) – Este o enzimă hem care are și activitate peroxidazică.
3. Catalază non-hem (pseudo-catalaze) – Acestea sunt catalaze care nu conțin hem și înlocuiesc centrul activ cu un ion de mangan bivalent.
4. Catalază minoră – Aceasta include enzime cu activitate catalitică foarte scăzută, cum ar fi cloroperoxidaza, bromoperoxidaza și catalaza-fenol oxidaza.

Studiile anterioare au arătat că catalazele sunt implicate în procesele de dezvoltare și diferențiere celulară, producția de metaboliți și răspunsul la stresul oxidativ, jucând un rol crucial în protejarea celulelor ca „scavenger” al radicalilor liberi [86; 111; 124; 200; 295].

Catalazele sunt enzime antioxidante prezente în bacterii, fungi plante și animale, protejând celulele de daunele oxidative. Aceste enzime au aplicații terapeutice și industriale, inclusiv în protejarea microorganismelor de sistemul imunitar al gazdei. Catalazele sunt localizate în citoplasmă sau peroxizomi și sunt utilizate industrial în formă extracelulară pentru o producție mai ușoară și economică, în special din tulpini de micromicete [9; 86; 111; 124].

Peroxidul de hidrogen ( $H_2O_2$ ) este utilizat în diverse procese industriale, precum albirea, sterilizarea și tratarea apelor uzate, dar reziduurile sale pot afecta sănătatea și mediul, fără a produce ioni de sare, făcând procesul mai ecologic și sigur. Catalazele sunt enzime omniprezente, esențiale în protejarea celulelor de daunele peroxidului de hidrogen și sunt

utilizate în biosenzori, bioremediere, prelucrarea alimentară și medicina biomedicală. Microbii sunt sursa preferată pentru obținerea catalazei datorită activității ridicate și a ușurinței în cultivare [295].

Micromicetele sunt producători importanți de catalaze (CAT). Aceste enzime pot fi monofuncționale sau bifuncționale (catalază-peroxidază). Tulpini de fungi filamentoși precum *Aspergillus nidulans*, *Penicillium chrysogenum* și *Alternaria alternata* au fost raportate ca producători de catalaza. De asemenea, cercetările au arătat că micromicetele din habitate cu temperaturi scăzute, cum ar fi cele antarctice, pot produce enzime catalitice cu activitate optimă la temperaturi de 20-45°C. Aceste enzime sunt mai termolabile și au o structură flexibilă, ceea ce le face eficiente pentru procesele de cataliză [9; 69; 111; 228].

Catalazele fungice, în special cele provenite din genul *Aspergillus*, sunt importante în aplicații biotehnologice, în special pentru neutralizarea  $H_2O_2$ . Aceste enzime protejează micromicetele de efectele dăunătoare ale peroxidului de hidrogen și contribuie la virulența agenților patogeni, având un rol esențial în patogenitatea speciei *Aspergillus*. Inhibarea activității catalazei în aceste tulpini poate stimula imunitatea antifungică și ajută la combaterea infecțiilor fungice [9; 111; 228; 200].

### **Celulazele**

Celuloza este o polizaharidă cristalină insolubilă, formată din unități repetate de glucoză legate prin legături  $\beta$ -1,4-glucozidice. Este principalul constituent al peretelui celular al plantelor, fiind însoțită de hemiceluloze, pectină și lignină. Pentru a descompune complet celuloza, este necesar un grup de enzime numit celulaze, care include trei componente principale: endoglucanaze, exoglucanaze și  $\beta$ -glucozidaze [2].

- Endoglucanazele acționează asupra regiunilor amorfe ale celulozei, deschizând structura pentru acțiunea altor enzime.
- Exoglucanazele atacă regiunile cristaline ale celulozei, rezultând în producerea de unități de celobioză.
- $\beta$ -glucozidazele descompun celobioza în glucoză.

Aceste enzime sunt obținute în principal din microorganisme. Cu toate acestea, fungii filamentoși sunt preferați în producția de celulaze, deoarece au capacitatea de a pătrunde adânc în substraturile celulozice datorită extensiilor lor filamentare. În contrast, bacteriile nu pot penetra substraturile celulozice la fel de eficient. De asemenea, celulazele fungice sunt mai eficiente în acționarea asupra ambelor structuri ale celulozei, atât asupra regiunilor amorfe, cât și a celor cristaline, ceea ce le face superioare enzimelor bacteriene în acest proces [2; 16; 70; 71].

Celuloza este cel mai abundent material organic de pe Pământ și principalul component al peretelui celular al plantelor, fiind alcătuită din unități de  $\beta$ -D-glucopiranoză legate prin legături  $\beta$ -D-glucozil. Procesul de sinteză a celulozei în plante are loc prin fotosinteză. Deși este folosită în producția de biocombustibili și nanomateriale, majoritatea celulozei produse anual, aproximativ  $1,5 \times 10^{12}$  tone, rămâne nevalorificată. Pentru a o transforma într-o formă utilă, celuloza trebuie descompusă în glucoză, prin hidroliza legăturilor  $\beta$ -D-(1,4)-glucozidice, un proces realizat de un sistem enzimatic denumit celulaze. Aceste enzime sunt esențiale pentru degradarea celulozei și sunt formate din trei tipuri principale de enzime. Endoglucanaza (endo-1,4- $\beta$ -D-glucanază, EC 3.2.1.4) - aceasta acționează asupra regiunilor amorfe ale celulozei și fragmentează molecula de celuloză.

1. Celobiohidrolaza (exo-1,4- $\beta$ -D-glucanază, EC 3.2.1.91) - lucrează asupra extremităților lanțurilor de celuloză cristaline, eliberând celobioză.
2.  $\beta$ -glucozidaza (1,4- $\beta$ -D-glucozidază, EC 3.2.1.21) - descompune celobioza în glucoză.

Aceste enzime acționează într-un mod sinergic pentru a descompune celuloza în unități de glucoză care pot fi utilizate ulterior în diverse aplicații biotehnologice, cum ar fi producerea de biocombustibili, bioenergie și alte produse. Microorganismele, inclusiv fungii și bacteriile, joacă un rol important în acest proces de descompunere a celulozei și contribuie semnificativ la reciclarea carbonului în ecosisteme [16; 98; 207; 308].

Degradarea celulozei în sol, realizată în principal de fungi filamentoși, este esențială pentru ciclul substanțelor nutritive și menținerea fertilității solului. Micromicetele sunt mult mai eficiente decât bacteriile în descompunerea reziduurilor vegetale și formarea humusului. Multe specii de micromicete pot sintetiza enzime celulolitice, utilizate în biotehnologie, însă doar câteva culturi de micromicete sunt folosite practic pentru acest scop, în ciuda diversității de specii care pot descompune celuloza. Printre cele mai importante specii de micromicete cu capacități celulolitice se numără: *Talaromyce sp.*, *Mucor sp.*, *Botrytis sp.*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Trichothecium roseum*, *Cladosporium herbarum*, *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, *Chaetomium sp.*, *Stachybotrys atra*, *Myrothecium verrucaria*, *Trichoderma koningii*, *Agrostalagmus cinnabarinus* [2; 126; 186; 190].

Dintre aceste specii, micromicete precum *Cladosporium herbarum*, *Alternaria sp.*, *Chaetomium sp.*, *Fusarium sp.*, și *Trichoderma sp.* sunt cele mai frecvent întâlnite în sol și în ape și sunt recunoscute pentru capacitatea lor de a degrada eficient celuloza. Aceste micromicete joacă un rol crucial în reciclarea materialelor organice din mediul înconjurător, contribuind astfel la sănătatea și fertilitatea solului [124; 186; 202; 315].

Enzimele celulozice joacă un rol esențial în mai multe industrii, datorită capacității lor de a degrada celuloza și alte componente ale biomasei vegetale. Printre industriile care beneficiază de utilizarea acestor enzime se numără:

- Spălătorii și detergenți: Celulazele sunt folosite pentru îmbunătățirea performanței detergenților, prin îndepărtarea petelor de celuloză și îmbunătățirea prospețimii hainelor.
- Industria textilă: Enzimele celulozice sunt folosite pentru îmbunătățirea tratamentelor textile, cum ar fi desfundarea și îndepărtarea impurităților de pe țesături, îmbunătățind astfel aspectul și textura materialelor.
- Industria celulozei și hârtiei: Celulazele sunt utilizate pentru a îmbunătăți procesul de fabricare a hârtiei și pentru a reduce consumul de energie în acest proces.
- Industria alimentară: Aceste enzime sunt folosite pentru a îmbunătăți prelucrarea alimentelor, cum ar fi extragerea proteinelor din soia sau îmbunătățirea consistenței anumitor produse alimentare.
- Producția de biocombustibili: Celulazele sunt fundamentale în conversia biomasei lignocelulozice în etanol, un biocombustibil utilizat pe scară largă.

Cu toate acestea, procesul de producere a enzimelor celulozice este costisitor, fiind cel mai mare cost operațional în industria enzimatică. Acesta implică utilizarea unui proces de hidroliză pentru a fabrica enzimele, ceea ce adaugă costuri semnificative.

Enzimele celololitice sunt esențiale în industrii precum agricultura, alimentară, textile, farmaceutică și producția de bioetanol. Acestea descompun celuloza, hemiceluloza și lignina, iar cerințele pentru ele vor crește pe măsură ce aplicațiile lor se extind. Celulazele fungice sunt deosebit de valoroase pentru descompunerea materialelor biodegradabile în zaharuri fermentabile, esențiale în producția de etanol.

În plus, celulazele au o gamă largă de aplicații industriale, de exemplu:

- Extracția proteinelor din boabe de soia și nucă de cocos.
- Producția de compuși bioactivi, cum ar fi cei din ceaiul verde.
- Producerea de legume unicelulare (în scopuri alimentare sau industriale).
- Fabricarea oțetului din pulpa de citrice.
- Îndepărtarea învelișului semințelor de soia, un proces care îmbunătățește calitatea furajelor.

Aceste aplicații sunt esențiale pentru procesele industriale moderne și pentru valorificarea eficientă a resurselor naturale. Celulazele nu doar că contribuie la procesele de descompunere a materialelor, dar sunt și un factor cheie în optimizarea producției de biocombustibili și în reducerea deșeurilor [16; 71; 95; 98; 325].



Cercetările în domeniul enzimelor celulozice s-au intensificat datorită interesului pentru producția de etanol din biomasa lignocelulozică. Deși etanolul este o sursă valoroasă de combustibil, există provocări legate de utilizarea sa pe scară largă, precum higroscopicitatea și limitele de amestecare cu benzina. Astfel, se dezvoltă biocombustibili de a treia generație, care sunt mai eficiente și compatibili cu infrastructurile existente, contribuind la tranziția către surse de energie regenerabilă [16; 71; 95; 126; 186; 190; 202; 207].

Micromicetele reprezintă o sursă excelentă pentru bioproducția de enzime celololitice (celulaze), datorită capacității lor de a produce și secreta aceste enzime extracelular pentru descompunerea materialelor celulozice din natură, care constituie surse importante de energie. Enzimele secretate extracelular sunt mai avantajoase din punct de vedere al separării și extragerii lor decât cele produse intracelular, iar structura mai eficientă a enzimelor fungice le face mai eficiente în descompunerea biomasei vegetale. În ceea ce privește îmbunătățirea producției de enzime fungice, cercetările s-au concentrat pe maximizarea randamentului de producție al acestor enzime. Acesta poate fi determinat prin evaluarea nivelului de expresie a enzimei în interiorul celulei și a eficienței procesului de secreție. În acest sens, au fost dezvoltate și testate tulpini modificate genetic pentru producția în masă de enzime celololitice [2; 7; 16; 71; 95; 308].

Micromicetele sunt surse excelente de enzime celololitice (celulaze), datorită capacității lor de a secreta aceste enzime extracelulare pentru descompunerea materialelor celulozice din natură, esențiale pentru procesarea biomasei vegetale. Enzimele secretate extracelular sunt mai ușor de extras decât cele intracelulare. Cercetările recente s-au concentrat pe îmbunătățirea producției de enzime fungice, inclusiv prin tulpini modificate genetic, pentru a maximiza randamentul acestora. Tulpinile de *Trichoderma*, *Aspergillus* și *Penicillium* sunt cele mai utilizate, fiecare având caracteristici unice. *Trichoderma* este cel mai frecvent utilizat, dar există o tendință de a utiliza și *Aspergillus* datorită producției mari de  $\beta$ -glucozidază (BGL). *Penicillium* și *Aspergillus* pot descompune eficient polimerii recalcitranți din biomasa vegetală, dar mecanismele moleculare ale secreției acestor enzime sunt încă insuficient studiate. O mai bună înțelegere a proceselor biologice și a mecanismelor de secreție ar putea duce la dezvoltarea unor tulpini mai eficiente pentru producția industrială de enzime celololitice [2; 71; 186; 202; 207; 243; 308].

### **1.5. Proprietățile antibacteriene ale tulpinilor de fungi**

Microorganismele, în special fungii filamentoși, au jucat un rol esențial în dezvoltarea industriei farmaceutice și alimentare. Descoperirea antibioticelor, una dintre cele mai mari realizări ale secolului XX, a fost un pas important în medicina modernă. În ciuda progreselor în dezvoltarea moleculelor sintetice antimicrobiene, produsele naturale, inclusiv cele obținute din

fungii, rămân o sursă valoroasă. Aceste microorganisme sunt esențiale pentru producerea unei game variate de substanțe bioactive, cum ar fi antibiotice, enzime, acizi organici și alcaloizi, care au aplicabilitate extinsă în industriile alimentare, terapeutice și agricultură, contribuind semnificativ la economie [4; 7; 19; 50; 85; 115].

Rezistența antimicrobiană reprezintă o provocare majoră care complică tratamentul eficient al bolilor infecțioase. În acest context, oamenii de știință se concentrează pe identificarea unor medicamente puternice din surse naturale noi, contribuind astfel semnificativ la protejarea și îmbunătățirea sănătății umane. Apariția și răspândirea rezistenței la medicamente în rândul bacteriilor și fungilor patogeni constituie o problemă globală critică, afectând grav sistemele de sănătate. Prin urmare, este esențială o cercetare intensă pentru descoperirea de agenți antimicrobieni inovatori și eficienți, proces care poate fi accelerat prin explorarea unor nișe ecologice și habitate neexploatate până în prezent cum ar fi nișele acvatice [7; 39; 49; 83; 115; 119].

În ultimele decenii, rezistența antimicrobiană a devenit o preocupare globală majoră, iar cercetările pentru descoperirea unor noi substanțe antibacteriene sunt în continuare necesare. Micromicetele și actinobacteriile au fost surse principale de substanțe antimicrobiene, iar speciile de micromicete din medii extreme, precum mările și lacurile, au arătat un mare potențial în producerea de metaboliți cu proprietăți antibacteriene [49; 50; 183]. Se cunoaște că râurile sever poluate adăpostesc un număr mare de specii de micromicete cu potențialul de a produce metaboliți bioactivi. Asociate cu presiunea puternică de selecție asupra comunităților microbiene locale în astfel de medii toxice, fungi filamentoși izolați din astfel de locații au demonstrat o capacitate de a produce metaboliți secundari mai puternici decât cei care sunt produși de obicei în condiții mai stabile. Prin urmare, astfel de medii sunt susceptibile să adăpostească o mare varietate de tulpini de micromicete cu activitate antimicrobiană promițătoare. Microorganismele marine au fost găsite a fi cele mai versatile surse de noi compuși antibacterieni și antifungici. Printre toate microorganismele marine, fungii marini sunt considerați o resursă prolifică pentru descoperirea antimicrobienelor, deoarece prezintă o mare biodiversitate și produc o varietate largă de metaboliți secundari biologic activi. Fungii marini asociați cu nevertebrate au atras o atenție considerabilă [5; 19; 82; 91; 230; 236].

O provocare majoră în biotehnologie și farmacologie este identificarea și izolarea unor noi compuși antimicrobieni naturali pentru dezvoltarea de medicamente inovative, capabile să combată agenți patogeni rezistenți la antibioticele existente. În ultimele decenii, cercetătorii au explorat ecosisteme extreme, precum mările și solurile saline, pentru a descoperi peste 20.000 de compuși biologici noi. Studiul microorganismelor din medii contaminate cu antibiotice a relevat că, în aceste condiții, micromicetele au dezvoltat mecanisme alternative de combatere a

bacteriilor multirezistente, oferind o sursă promițătoare pentru antibiotice inovatoare [19; 55; 75; 142; 260].

De la descoperirea penicilinei, metabolismul secundar fungic a devenit esențial în descoperirea de medicamente. În ultimii 40 de ani, au fost izolați aproximativ 300 de compuși din micromicetele de apă dulce, care au demonstrat activități biologice semnificative, precum inhibarea proliferării celulelor tumorale și proprietăți antibacteriene și insecticide. Mulți dintre acești compuși au fost transformați în medicamente anti-tumorale și antibiotice, având aplicații largi în agricultură și în industria farmaceutică. Cercetările în continuare asupra fungilor filamentoși acvatici, sunt încă puțin studiate, dar ar putea duce la descoperirea de noi substanțe bioactive utile în combaterea bacteriilor rezistente la antibiotice și a cancerului [257].

De-a lungul istoriei, oamenii au căutat soluții pentru a spori producția agricolă și a controla bolile plantelor. În 1874, Roberts a introdus termenul de „antagonism” al microorganismelor, iar în 1921, Hartley a aplicat controlul biologic prin inocularea solului cu fungi antagonici. Weindling a demonstrat în anii 1930 că *Trichoderma lignorum* poate controla patogenii plantelor. Descoperirea penicilinei în 1928 a stimulat cercetările în domeniu. Astăzi, biotehnologia modernă permite utilizarea extinsă a antagoniștilor fungici pentru combaterea bolilor plantelor în condiții diverse [8; 19; 46; 266]. Din cele mai vechi timpuri, omul a căutat modalități de a crește producția agricolă și de a controla bolile plantelor prin modificarea practicilor de cultivare, reducând astfel inoculul inițial și rata infecției. Odată cu descoperirea microorganismelor și a interacțiunilor acestora, au fost dezvoltate diverse metode pentru a controla patogenii, inclusiv utilizarea antagoniștilor fungici [8; 19; 60; 117; 266].

La începutul anilor 1950, industria agrochimică a introdus o gamă variată de substanțe chimice pentru protecția culturilor, inclusiv fungicide. Procesul de sinteză aleatorie, urmat de screening biologic și optimizare empirică, a condus la descoperirea multor compuși eficienți. Deși beneficiile utilizării pesticidelor în agricultură sunt incontestabile pentru fermieri, utilizarea intensă și necontrolată a acestora generează efecte negative semnificative asupra mediului și are implicații dăunătoare asupra sănătății umane [49; 55; 60; 119].

Pentru gestionarea bolilor plantelor, se utilizează diverse strategii, inclusiv dezvoltarea unor varietăți rezistente prin ameliorare vegetală, plante modificate genetic, utilizarea agrochimicelor, metode fizice de control (tratamente termice, iradiere UV, atmosferă controlată) și control biologic. Aceste metode au contribuit semnificativ la îmbunătățirea productivității și calității culturilor. Controlul biologic al bolilor plantelor presupune utilizarea agenților de control biologic microbieni (ACB), care sunt de obicei tulpini de fungi sau bacterii izolate din fitosferă, endosferă sau rizosferă. Acești agenți acționează prin mecanisme directe, cum ar fi antibioza, micoparazitismul, inducerea rezistenței plantei și îmbunătățirea creșterii

plantelor, reducând astfel efectele bolii. De asemenea, ei pot secreta enzime hidrolitice, pot concura pentru nutrienți și pot detoxifia factorii de virulență [19; 117; 266; 309].

La nivel global, reducerea pesticidelor sintetice în agricultură este esențială pentru protejarea ecosistemelor și a sănătății umane. O alternativă promițătoare constă în utilizarea produselor naturale, în special compușilor chimici obținuți din microorganisme. Cercetările recente au intensificat identificarea de metaboliți secundari din micromicete, care au un mare potențial pentru controlul bolilor plantelor și aplicații farmaceutice. Strategiile inovative, cum ar fi co-culturile, reflectă interacțiunile naturale dintre organisme, iar competiția între fungi, prin exploatarea resurselor și interferență, poate duce la descoperirea de noi metaboliți eficienți [38; 55; 85; 205].

Cercetările recente au demonstrat că micromicetele endofitice sunt o sursă valoroasă de metaboliți secundari bioactivi, cu aproximativ 20.000 de compuși izolați din acestea. Diversitatea acestor micromicete este influențată de medii variate, genotipul plantelor gazdă și fiziologia acestora. Micromicetele endofitice protejează plantele gazdă de atacurile insectelor și microorganismelor. De asemenea, micromicetele micorizale, care formează asociații cu plantele ericacee, joacă un rol important în creșterea plantelor gazdă în medii dificile, iar asociația micorizală ericoid (ERM) este cea mai comună interacțiune între rădăcini și micromicete în familia ericaceelor [7; 72; 119; 284; 296].

Pe măsură ce cercetările progresează, agenții de control biologic devin tot mai importanți, fiind considerați alternative ecologice și eficiente față de fungicidele chimice, mai sigure și cu un impact minim asupra mediului. Produsele comerciale pe bază de agenți biologici, cum ar fi cele pe bază de *Trichoderma* sau *Bacillus thuringiensis*, sunt deja utilizate cu succes în agricultura modernă, contribuind la un control mai sigur și mai sustenabil al bolilor fungice [119].

Microbiota fungică endofitică și rizosferică este recunoscută pentru capacitatea sa metabolică ridicată, fiind o sursă valoroasă de produse metabolice secundare. Acești metaboliți pot fi exploatați în diverse scopuri, inclusiv ca antimicrobieni, agenți antiinflamatori, antitumorali, antioxidanți sau promotori ai creșterii plantelor. Cantitatea și diversitatea metaboliților secundari produși de fungii asociați plantelor, fie din țesuturile acestora, fie din solurile rizosferice, pot varia în funcție de numeroși factori biotici și abiotici. Printre aceștia se numără interacțiunile dintre microbiom și gazdă, umiditatea, temperatura mediului, tipul de sol și compoziția exsudatelor radiculare, care influențează semnificativ producția și natura acestor compuși valoroși [38; 85; 119; 128; 130; 142; 146].

Numeroși metaboliți bioactivi din fungi endofiți izolate din plante sănătoase au demonstrat proprietăți farmaceutice remarcabile, în special activitate antimicrobiană. Testarea acestei activități este o metodă eficientă de screening pentru identificarea tulpinilor promițătoare

și a compușilor bioactivi produși. Au fost izolate multe endofite cu activitate antimicrobiană din diverse plante, care produc compuși valoroși, precum terpenoizi, alcaloizi, fenilpropanoizi, compuși alifatici, policetide și peptide, ce au un mare potențial în dezvoltarea de medicamente [38; 55; 62; 79; 296].

Cercetările asupra metaboliților secundari ai fungilor marini s-au concentrat în principal pe genurile *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium* și *Cladosporium*, dar interesul se extinde și către alte genuri, evidențiind potențialul acestor organisme pentru descoperirea de medicamente. Deși metaboliții marini sunt derivați din cei ai fungilor terestri, diferențele în activitățile lor biologice îi fac mai eficienți și specifici, contribuind la dezvoltarea unor terapii avansate. Până în prezent, 14 produse naturale marine sunt aprobate ca medicamente, iar peste 30 se află în studii clinice. [10; 38; 62; 85; 91].

Metaboliții secundari produși de anumiți fungi filamentoși s-au dovedit a avea multiple efecte benefice, inclusiv activități antivirale, antidiabetice, antitumorale, antioxidante, de neutralizare a radicalilor liberi și antibacteriene. Identificarea microorganismelor cu proprietăți unice și promițătoare este extrem de importantă, având în vedere necesitatea urgentă de a combate bolile grave, inclusiv cancerul, care afectează sănătatea și bunăstarea umană [7; 17; 55; 291].

Plantele sunt expuse constant la stres biotic și abiotici, iar schimbările climatice preconizează modificări semnificative ale vegetației și expansiunea zonelor cu condiții nefavorabile pentru creșterea plantelor lemnoase. Aceste schimbări ar putea duce la scăderea productivității speciilor forestiere, reducerea rezistenței acestora la dăunători și boli, pierderea capacității de reproducere și regenerare naturală a pădurilor. În fața acestor provocări globale, este esențială dezvoltarea mecanismelor biologice compensatorii pentru a susține sustenabilitatea ecosistemelor forestiere [3; 4; 39; 62; 141].

Creșterea utilizării pesticidelor a dus la probleme ecologice și rezistență la dăunători, stimulând promovarea practicilor agricole ecologice. Fungii, precum *Trichoderma*, *Aspergillus* și *Penicillium*, sunt valoroși datorită capacității lor de a sprijini creșterea plantelor și de a controla patogenii fără efecte adverse. Aceștia acționează prin producția de enzime hidrolitice, fitohormoni și solubilizarea mineralelor, micoparazitism, competiție saprofită, inducerea rezistenței sistemice și colonizarea rizosferei pentru îmbunătățirea sănătății plantelor [117].

Utilizarea pesticidelor a fost înlocuită treptat cu practici agricole mai ecologice, cum ar fi utilizarea fungilor de promovare a creșterii plantelor (PGPF), datorită preocupărilor legate de reziduuri și rezistența dăunătorilor. PGPF, cum ar fi *Trichoderma*, *Aspergillus*, și *Penicillium*, oferă beneficii plantelor prin producția de enzime, hormoni vegetali și competiție pentru resurse. Acești fungi filamentoși suprimă patogenii din rizosferă și protejează plantele de boli.

Diversitatea speciilor *Trichoderma* este importantă, deoarece diferite specii pot fi mai eficiente în diverse medii sau culturi, iar îmbunătățirea genetică poate spori eficiența lor. Utilizarea acestor micromicete susține agricultura durabilă, reducând nevoia de pesticide chimice [3; 28; 117; 163; 186; 292].

Genul *Trichoderma* are o distribuție largă și este recunoscut pentru promovarea creșterii plantelor și controlul biologic al bolilor. Speciile colonizează rădăcinile, stimulând absorbția nutrienților, sinteza fitohormonilor și toleranța la stres. Aceste beneficii depind de tipul de cultură, condițiile de creștere și formularea produsului. *Trichoderma* combate fitopatogenii prin competiție pentru resurse și producerea de antibiotice și enzime hidrolitice. Specii frecvent utilizate : *T. harzianum*, *T. asperellum*, *T. viride*. Produsele comerciale includ biopesticide și biofertilizatori, cu tendința de a folosi amestecuri pentru eficiență crescută [3; 8; 19; 99; 117; 132; 138; 166].

### **1.6. Concluzii capitolul 1**

**1.** Micromicetele prezintă un grad înalt de diversitate de pe Terra, sunt răspândiți pretutindeni. Ele joacă roluri cheie în ecosisteme printre care procesarea globală a carbonului, ciclul nutrienților și transferul de energie, descompunerea materiei organice, contribuie la creșterea fertilității solului și la purificarea acestuia de organisme patogene, remedierea solului, controlul biologic al bolilor la plante și stimularea creșterii plantelor agricole.

**2.** Micromicetele acvatice de apă dulce, reprezintă o componentă semnificativă a ecosistemelor, care își petrec parțial sau integral ciclul de viață în habitate de apă dulce, precum râuri, lacuri și zone umede, sau care colonizează plante scufundate, fiind asociate cu diverse substraturi, precum sedimente, alge, lemn scufundat și organisme marine. Sunt esențiale în ecosistemele acvatice, contribuind la descompunerea litierelor de frunze și a stufurilor din zonele litorale ale lacurilor și mlaștinilor și reglează dinamica habitatelor și oferă suport pentru alte organisme, inclusiv pești și insecte.

**3.** În ecosistemele acvatice se întâlnesc trei tipuri majore de micromicete, care se deosebesc în funcție de capacitățile lor de creștere și adaptare în ecosisteme acvatice. Primul tip este format din micromicete terestre care au nimerit în mod pasiv în ecosisteme acvatice, ele nu prezintă activitate în apă. Al doilea grup este format din funghi filamentoși acvatice parțial adaptate ecosistemelor acvatice, ciclul de viață al acestora se împarte în 2: jumătate are loc sub apă iar cealaltă jumătate este aero-acvatică. Al treilea grup este constituit din micromicetele complet adaptate, ele pot să-și mențină biomasa în ecosisteme acvatice cu o activitate constantă de la an la an.

4. Enzimele fungice sunt fundamentale atât pentru funcționarea ecosistemelor, cât și pentru diversele procese industriale. Bazinele acvatice sunt o nișă încă slab exploatată de tulpini fungice cu potențial enzimatic înalt. Fungii acvatici sunt excelente surse de enzime hidrolitice, precum celuloaze, amilaze, pectinaze, lipaze etc., datorită capacității lor de a secreta aceste enzime extracelular. Genurile de micromicete care sunt utilizate pentru producerea de enzime sunt: *Aspergillus*, *Rhizopium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, etc.

5. Micromicetele au fost utilizate de-a lungul timpului pentru producerea de substanțe de valoare în industriile farmaceutică și alimentară. Odată cu avansarea biotehnologiei, s-a impus necesitatea identificării și dezvoltării unor noi substanțe antibacteriene, care să constituie fundamentul unor medicamente inovative.

6. Compușii antibacterieni de origine fungică pot fi utilizați în agricultură pentru controlul patogenilor vegetali, ca alternativă ecologică la produsele chimice convenționale. Genurile de micromicete, precum *Trichoderma*, *Aspergillus* și *Penicillium*, sunt cele mai frecvent exploatate în producția de biopreparate destinate uzului agricol.

## 2. OBIECTUL DE STUDIU ȘI METODELE APLICATE ÎN CERCETARE

Rezultatele investigațiilor prezentate în această lucrare au fost obținute în perioada anilor 2021-2025 în cadrul Colecției Naționale de Microorganisme Nepatogene din cadrul Institutului de Microbiologie și Biotehnologie al Universității Tehnice a Moldovei.

### **Echipament de laborator:**

Microscoape „Optica“, „B-292”, Balanțe electronice AQT 250, WTB-200; Balanță analitică BJP-200; pH-metru portabil WTW; Autoclav ГК/100/3; Agitator KB-357; Sterilizator ГП-40МО; Termostat Biobase;

### **2.1. Obiectul de studiu**

În calitate de obiect de studiu au servit fungii filamentoși izolați din bazinele acvatice „La Izvor” (247 tulpini), „Valea Morilor” (124 tulpini) și „Valea trandafirilor” (105 tulpini) din municipiul Chișinău. Acestea sunt unele dintre cele mai mari lacuri din municipiul Chișinău. Toate trei sunt poziționate în zona de parc și reprezintă zone de recreere pentru locuitorii capitalei.

Lacul „La Izvor” este poziționat în regiunea Sculeni în zona parcului cu aceeași denumire, care se întinde pe o suprafață de 150 ha și este format din 3 lacuri unite între ele.

Lacul „Valea Morilor” este poziționat în regiunea Buiucani, în zona parcului Valea Morilor, care se întinde pe o suprafață de 100 ha, având o suprafață de 34 hectare.

Lacul „Valea Trandafirilor” se află în regiunea Botanica, poziționat în parcul cu aceeași denumire, care se întinde pe o suprafață de 145 ha. Dintre care suprafață lacului este de 9 ha.

### **2.2. Analiza, sistematizarea și interpretarea rezultatelor științifice**

Pentru realizarea obiectivelor propuse în această lucrare au fost efectuate cercetări în următoarea ordine:

- Prelevarea probelor din lacurile din municipiul Chișinău: „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”;
- Identificarea biodiversității fungilor din probele colectate și numărarea unităților formatoare de colonii (UFC).
- Izolarea tulpinilor de fungi micelieni din probele prelevate: apă, nămol, biofilm;
- Studiarea proprietăților morfo-culturale și indentificarea tulpinilor de fungi după gen;
- Studiul proprietăților enzimactice ale tulpinilor fungice;



- Studiul proprietăților antimicrobiene ale fungilor izolați;
- Testarea proprietăților fitostimulatoare a 2 biopreparatelor obținute în baza tulpinilor de *Trichoderma* asupra boabelor de grâu.

### 2.3. Metode de cercetare

Pentru realizarea obiectivelor lucrării au fost utilizate următoarele metode:

#### **Prelevarea probelor din bazinele acvatice**

Probele au fost prelevate conform metodelor descrise în sursele [270; 204; 205; 328].

Au fost prelevate probe de apă, sedimente (nămol) și biofilm. 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. Prelevarea s-a efectuat în felul următor: sticla s-a introdus cu gura în jos în apă, după ce s-a umplut cu apă s-a pus dopul și s-a scos sticla.

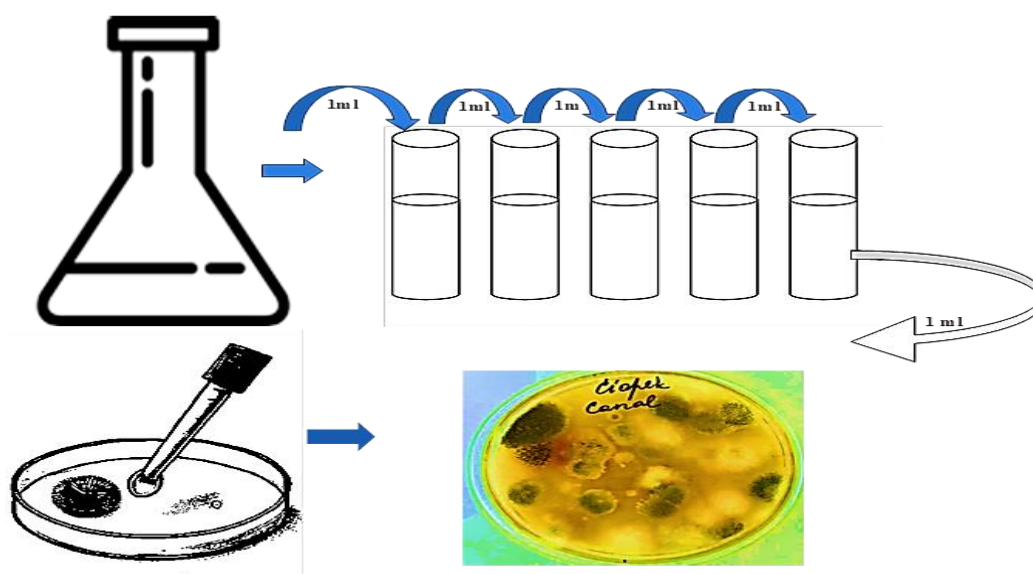
Probele de sedimente (nămol) au fost prelevate de pe fundul lacului pe tot perimetrul lacurilor. Probele au fost prelevate cu ajutorul unei lopeți de sedimente și introduse în vase sterile. După ce sedimentele sau depozitat pe fundul vasului, apa a fost înlăturată, iar din vas s-a luat 1 gr de sedimente și efectuate diluțiile succesive.

Probele de biofilm au fost prelevate de la suprafața apei cu ajutorul unor plăci hidrofobe și introduse în vase sterile. Toate probele prelevate au fost prezentate în laborator pentru izolarea imediată a microorganismelor.

#### **Metodele microbiologice**

##### ***Izolarea microorganismelor din probele prelevate.***

A fost utilizat 1 ml din probele de apă, 1 gr de sedimente (nămol) și 1 gr de biofilm. Izolarea tulpinilor de micromicete din bazinele acvatice s-a efectuat conform schemei (Fig. 1).



**Figura 2.1. Schema efectuării diluțiilor succesive**

Pentru izolarea fungilor din probele prelevate sau preparat diluții succesive pentru micșorarea densității celulelor de microorganisme. S-au realizat cel mult 5 diluții zecimale în dependență de densitatea celulelor din suspensie. Din ultimele 3 diluții s-au realizat inoculări pe 5 medii agarizate specifice creșterii și dezvoltării fungilor filamentoși cu valoarea pH-ului diferit.

Etapele parcurse pentru obținerea diluțiilor:

1. Se iau 1 ml din cultura microbiană inițială.
2. Se adaugă în 9 ml de apă sterilă, realizând diluția 1:10.
3. Se repetă acest proces de **n** ori, ajungând la diluții de 1:10; 1:100; 1:1000; 1:10.000; 1:100.000; etc.
4. Se inoculează o cantitate de 1ml din fiecare diluție pe medii de cultură selectate: Malț agarizat, Czapek, Sabouraud, Agar nutritiv, Raistrik și se numără coloniile formate după incubare.

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

La izolare s-a folosit metoda de încorporare: 1 ml 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°C. Cu mișcări de rotație ușoare într-un sens sau altul totul s-a amestecat bine. După solidificarea mediului, cutiile Petri, au fost transferate în termostat la temperatura de 28-30°C, pentru incubare. Incubarea 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.

#### **Mediile utilizate pentru izolarea fungilor filamentoși (g/l):**

**Malț-agar, g/l** – must de bere (6 B), agar-agar – 20; pH – 2 - 8. Acesta este un mediu universal pe care cresc fungii filamentoși, datorită echilibrului nutritiv pe care acesta îl posedă;

**Mediul Czapek, g/l** -  $\text{NaNO}_3$  - 2;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  - 1;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  - 0,5;  $\text{KCl}$  - 0,5;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  - 0,01; geloză -20, pH - 5 - 8. Mediul universal chimic pe care cresc fungi filamentoși;

**Sabouraud, g/l** - pepton - 10; glucoză - 40; agar-agar - 20; pH - 5,8 - 6,2. Mediul Sabouraud este recomandat pentru cultivarea selectivă a fungilor asociate cu infecțiile pielii, drojdiilor, mucegaiurilor și bacteriilor acidice;

**Agar fără aditivi, g/l** – agar-agar - 18; pH - 5,8 - 6,2. A fost folosit pentru fungii filamentoși ce utilizează o sursă limitată de nutrienți.

**Mediul Raistrik, g/l** - glicerină -7 maltoză - 5, fructoză - 5, zaharoză - 5; pepton -10;  $\text{NaCl}$  - 4;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  - 0,05;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  - 0,05;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  - 0,001, geloză- 20.

Pentru izolarea fungilor în cultura pură fiecare tulpină a fost selectată prin relocarea directă a coloniilor crescute în cutiile Petri primare cu ajutorul unui cârlig pe suprafața mediului nutritiv într-o nouă cutie Petri, cu mediul nutritiv malț-agar, care este unul dintre cel mai potrivit mediu pentru creșterea și dezvoltarea fungilor.

Tulpinile selectate au fost inoculate în cutii Petri și incubate în termostaț la temperatura de 28-30°C, apoi examinate vizual și la microscop.

Examinarea microscopică a fost efectuată folosind un microscop (microscop „Optica”; „B-292”).

**Caracterele morfologice și culturale ale coloniilor de fungi** au fost stabilite conform principiilor și tehnicilor de microbiologie generală [300]. Studiul caracterelor morfo-culturale s-a efectuat prin însămânțarea culturilor de fungi pe mediul malț-agar. Incubarea s-a efectuat la temperatura +28...30°C timp de 10-14 zile. Caracterele morfologice a coloniilor s-a realizat prin notarea formei coloniilor, marginea coloniei, mărimea, culoarea, profilul, reversul coloniei, prezența sau lipsa exsudatului.

În rezultatul examinării vizuale și la microscop a particularităților morfo – culturale ale tulpinilor izolate, utilizând ghidurile de identificare [313; 314; 320; 326;], tulpinile au fost identificate până la nivel de gen.

Frecvența procentuală a genurilor de micromicete izolate din lacurile studiate a fost calculată urmând metoda descrisă în lucrările [1; 164]. Formula folosită este următoarea:

$$\text{Apariția procentuală a fiecărui taxon} = \frac{\text{Numărul total de micromicete izolate}}{\text{Numărul de micromicete de un anumit gen}} * 100$$

$$\text{Numărul de micromicete per probă} = \frac{\text{Numărul total de micromicete izolate}}{\text{Numărul de probe colectate}}$$

Din numărul total de micromicete izolate, 14 tulpini, care sau manifestat printr-o creștere și sporulare activă, dar și prin proprietăți antimicrobiene și enzimatic semnificative au fost identificate, prin tehnici de biologiei moleculară (amplificarea și secvențierea ARNr 16S), până la specie. Cercetările au fost efectuate la Institutul de Biologie din București, România. Identificarea a fost efectuată conform protocolului din kitul pentru identificarea micromicetelor.

## **Metode biochimice**

### **Activitatea enzimatică a micromicetelor acvatică.**

Din numărul total de micromicete izolate din fiecare lac au fost selectate tulpinile cu o creștere semnificativă din genurile dominante: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*,

*Talaromyces*, *Alternaria*, *Mucor*, *Fusarium* și testate după capacitățile enzimatiche: amilaza, catalaza, celulaza și lipaza.

Din lacul „La Izvor” au fost selectate și testate 93 tulpini, din lacul „Valea Morilor” – 43 tulpini, iar din lacul „Valea Trandafirilor” - 28 tulpini.

Pentru identificarea capacității enzimatică a tulpinilor de micromicete activitatea amilazică, catalazică, celulazică și lipazică au fost folosite metodele expres [192; 220; 9; 155; 16; 15; 329; 327].

#### **Screening-ul tulpinilor fungice pentru identificarea activității amilazice**

Tulpinile de fungi au fost cultivate pe mediul malț-agar suplimentat cu amidon (compoziția mediului (g/l): malț (6 B) – 1L; geloză 20,0; amidon 1,0; pH-ul mediului -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 soluție 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 ale diametrul zonelor translucide, au fost prezentate ca rezultate finale [220; 192].

#### **Screening-ul tulpinilor fungice pentru identificarea activității 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<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de 3%). Reacțiile pozitive au fost evidente prin efervescență imediată (formarea bulelor) [9; 155].

#### **Screening-ul tulpinilor fungice pentru identificarea activității celulazice**

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 soluție de iod 1 % sau 3 ml soluție 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 activitatea celulazică [16].

#### **Screening-ul tulpinilor fungice pentru identificarea activității lipazice**

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 [15; 329; 327].

### **Screening-ul tulpinilor de fungi pentru evidentiarea activității antimicrobiene**

Activitatea antimicrobiană a fost determinată prin **metoda difuzimetrică** prin utilizare blocurilor de geloză [316]. Pentru a evalua activitatea antimicrobiană a micromicetelor izolate din bazinele acvatice au fost luați pentru cercetare diferiți agenți patogeni ai plantelor. Activitatea antifungică a fost testată împotriva fitopatogenilor: *Alternaria alternata* CNMN FF 09, *Aspergillus niger* CNMN FD-01, *Botrytis cinerea* CNMNFF 10, *Fusarium oxysporum* CNMN FF 06, *F. solani* CNMN FF 07, iar activitatea antibacteriană a fost verificată împotriva *Agrobacterium tumefaciens* CNMN AB-01, *Bacillus subtilis* CNMN BB-02 *Clavibacter michiganensis* CNMN CB. 01, *Erwinia carotovora* CNMN BE-01, *Xanthomonas campestris* CNMN BB-01.

Culturile test au fost selectate ținând cont de activitățile antifungice și antibacteriene ale tulpinilor izolate au fost testate asupra acestor culturi-test, ținând cont de faptul că acești agenți patogeni provoacă daune mari sectorului agricol din Republica Moldova.

Tulpinile selectate de micromicete izolate din lacurile mun. Chișinău au fost cultivate pe mediul malț-agar, în cutii Petri, timp de 96 ore, la temperatura de 28 - 30°C. Blocurile de agar de 8 mm au fost decupate cu un burghiu de plută steril de pe substratul nutritiv unde microorganismele au crescut abundent. Apoi blocurile de agar au fost transferate în godeurile pregătite în cutiile petri cu mediu nutritiv agarizat inoculat cu culturi test subcultivate instantaneu. Cutiile Petri au fost menținute la rece timp de 24 ore înainte de incubare pentru a permite difuzia substanțelor biocide.

Diametrul zonei de inhibiție a creșterii patogenului a fost măsurat după incubare la 28 – 30°C timp de 96 h pentru fungi și la 37°C timp de 24 h pentru bacterii, respectiv. Sensibilitatea culturilor față de fitopatogeni a fost stabilită după mărimea zonei de inhibiție.

- zona de inhibiție până la 10 mm - sensibilitate redusă;
- zona de inhibiție de 11-15 mm - sensibilitate medie;
- zona de inhibiție de 15-25 mm - sensibilă;
- zona de inhibiție mai mare de 25 mm - sensibilitate crescută.

Prelucrarea datelor statistice a fost efectuată folosind MS Office Excel 2010.

### **Proprietățile fitostimulatoare a tulpinilor de fungi**

A fost identificată activitatea fitostimulatoare a două biopreparate obținute în baza tulpinilor fungice *Trichoderma atrobruneum* CNMN FD 25 și *Trichoderma longibrachiatum* CNMN FD 27 asupra boabelor de grâu, conform metodelor descrise în sursa [318].

Pentru obținerea soluției de metaboliți tulpinile menționate au fost cultivate inițial în tuburi înclinate cu mediul mal-agar, la temperatura de 28-30°C timp de 10-14 zile (până la sporulare abundentă). Apoi a fost pregătită soluția de spori, care ulterior a fost inoculată în

mediul lichid. Compoziția mediului lichid, (g/l): glucoză – 30,0; NaNO<sub>3</sub> –1,0; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> – 1,0; MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O –1,0; CaCO<sub>3</sub> – 1,0; pH- 6,0, apă distilată până la 1 litru și suplimentat cu 10 mg/l extract de drojdii pentru cultivarea tulpinii *T. atrobruneum* CNMN FD 25 și cu 20 mg/l extract de porumb, pentru cultivarea tulpinii *T. longibrachiatum* CNMN FD 27. Cultivarea tulpinilor s-a efectuat în baloane Erlenmayer de 1l, în care se conținea 200 ml mediu lichid inoculat (1x10<sup>7</sup>spoi/ml), la temperatura de 28-30°C, cu agitare continuă (160r/min), timp de 6 zile pentru *T. atrobruneum* CNMN FD 25 și 5 zile pentru *T. longibrachiatum* CNMN FD 27. După cultivare lichidul cultural cu biomasa a fost omogenizat. Pentru standardizarea preparatului a fost calculata cantitatea de masă absolut uscată din preparat. Biopreparatul a fost uscat la temperatura 70 C timp de 3 ore, apoi cântărită masa uscată.

Biopreparatul obținut au fost testate asupra boabelor de grâu, soiul Moldova, primit de la Institutul de Genetică Fiziologia și Protecția Plantelor al USM, cărora le mulțumim.

Au fost montate 5 variante: martor – boabe tratate cu H<sub>2</sub>O și 4 variante în care boabele au fost tratate cu soluții ale biopreparatului în apă distilată în concentrație respective: 1,0 % ; 0,5 %; 0,33 % și 0,25 %.

Semințele de graminee au fost tratate cu preparatele microbiene timp de 1 oră, apoi semănate în sol și cultivate la temperatura de 18-20°C, în laborator cu iluminare de zi. .

#### **Metodele de analiză statistică a datelor.**

Rezultatele experimentale au fost supuse analizei statistice uzuale cu aplicarea instrumentelor statisticii descriptive (calculul mediilor aritmetice, abaterilor standart, coeficientului de variație) și statisticii inferențiale (testele de valabilitate și testele de semnificație). Calculul indicatorilor statistici a fost efectuat utilizând programul Microsoft Office Excel 2010.

### **2.4. Concluzii la capitolul 2**

1. În calitate de obiecte de studiu, pentru realizarea obiectivelor propuse, au fost utilizate micromicete izolate din lacurile: „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor” din municipiul Chișinău;
2. În cercetări au fost utilizate metodele clasice și moderne: microbiologice, biochimice, statistice.
3. Izolarea, studierea particularităților morfo-culturale, proprietăților antimicrobiene, enzimatic și fitostimulatoare ale micromicetelor au fost efectuate utilizând mediile nutritive specifice pentru creșterea micromicetelor, conform standardelor și protocoalelor corespunzătoare, fiind aplicate metode microbiologice și biochimice.

### **3. IZOLAREA, IDENTIFICAREA ȘI PARTICULARITĂȚILE MORFOLOGICE ȘI CULTURALE ALE MICROMICETELOR ACVATICE**

Bazinele acvatice sunt medii favorabile pentru microorganisme (bacterii, viruși, protozoare, alge și micromicete), datorită condițiilor de viață mai stabile, comparativ cu cele de pe uscat, precum principalii factori de mediu: temperatura, compoziția minerală și gazoasă, protecția de radiațiile solare, diversitatea bogată în nutrienți, etc. Microorganismele participă activ la descompunerea materiei organice, care sunt abundente în ecosistemele acvatice. Densitatea și varietatea lor, în apele dulci variază mult în dependență de anotimp și de populația de pe mal, manifestându-se minimal primăvara în perioada de inundații sau după ploi abundente.

Un grup taxonomic prezent în ecosistemele acvatice sunt micromicetele (funghi miceliali), care sunt printre cele mai diverse și răspândite în lume. [1; 42; 103; 148].

Prezența micromicetelor în diferite ecosisteme depinde direct de schimbările climatice ale temperaturii, umidității și conținutului de nutrienți. Totodată micromicetele dezvoltă un sistem de protecție împotriva stresului ce le permite să se adapteze la orice mediu de trai. Micromicetele acvatice au o rețea hifală, contribuie la descompunerea substanțelor organice din ecosistemele acvatice, fiind cunoscute sub numele de „hifomicete acvatice”. Hifomicetele acvatice sunt cele mai frecvente în apele curate, bine oxigenate, curgătoare [30; 114]. Micromicetele sau adaptat la o gamă diversă de ecosisteme acvatice: mări, oceane [100; 121], apele curgătoare (râuri, pârâuri), dar și în bazinele cu apă dulce stagnantă (lacuri, iazuri, bălți, șanțuri, pârâuri cu curgere lentă) [96; 97].

Fungii acvatice au structuri morfologice complexe, care variază de la miceliu dispersat până la structuri compacte de tip pelet. Hipomicetele acvatice sunt caracteristice apelor curgătoare, sunt anamorfe, cu conidii mari, cu forme stauroforme (ramificate radial) și scolecoforme (alungite și curbate), care le permit să colonizeze substraturi organice scufundate, de asemenea conidele stauroforme le permit atașarea la suprafețe acvatice, care se aseamănă cu planctonul [30; 57; 84; 87; 113; 129]. În dependență de modul de adaptare la mediul în care trăiesc și modul de dispersie al conidiilor fungii acvatice se deosebesc între ei [67; 113; 273]. Fungii acvatice se bazează pe curentul apei pentru dispersia conidiilor, în timp ce fungii aero-acvatice se bazează pe forma conidiilor, care le permite plutirea pe suprafața apei, în timp ce miceliul vegetal crește sub apă [302]. Fungii marini manifestă o gamă largă de strategii de viață pentru obținerea nutrienților și energiei. Ei își pot controla presiunea de turgescență printr-o cale conservată, cunoscută sub numele de cale de semnalizare a glicerolului cu osmolalitate ridicată (HOG), care reglează pompele de eliminare a sărurilor și producția de osmoliți compatibili cu

funcțiile celulare [91; 88]. În contrast, fungii mitosporici acvatici, cum sunt cei Ingoldieni, trăiesc în medii cu apă curgătoare, ca pârâuri sau cascade, și se reproduc prin conidii care sunt dispersate de curentul apei. Diferența majoră între aceștia și fungii aero-aquatici este modul de dispersie a conidiilor: fungii acvatici se bazează pe curentul apei, iar fungii aero-aquatici pe flotabilitatea conidiilor care plutesc pe suprafața apei [80; 203; 30;].

Ascosporii micromicetelor marine au morfologii variate, culori și forme diverse, precum și apendice, care ajută la aderarea și dispersia acestora în apă [112].

Micromicetele sunt clasificate în mod tradițional pe baza caracteristicilor lor culturale, structurale și biochimice. Progresele recente în tehnologiile de secvențiere bazate pe ADN/ARN, oferă mai multe avantaje la nivel de specie, astfel au permis detectarea unor specii de fungi care nu au fost niciodată observate în culturi, crescând diversitatea taxonomică și fungilor în mediile acvatice [148; 233].

În prezent sunt disponibile o cantitate mare de date bazate pe secvențe precum fungal ITS, cea ce a condus la dezvoltarea multor site-uri web, care reprezintă diverse aspect ale micologiei: GenBank, Index Fungorum, Species Fungorum, MycoBank, International Nucleotide Sequence Database Collaboration (INSDC): GenBank, ENA și DDBJ (<http://www.insdc.org/>); Ectomycorrhiza nordic ITS, NCBI, EBI, UNITE, etc [121; 127].

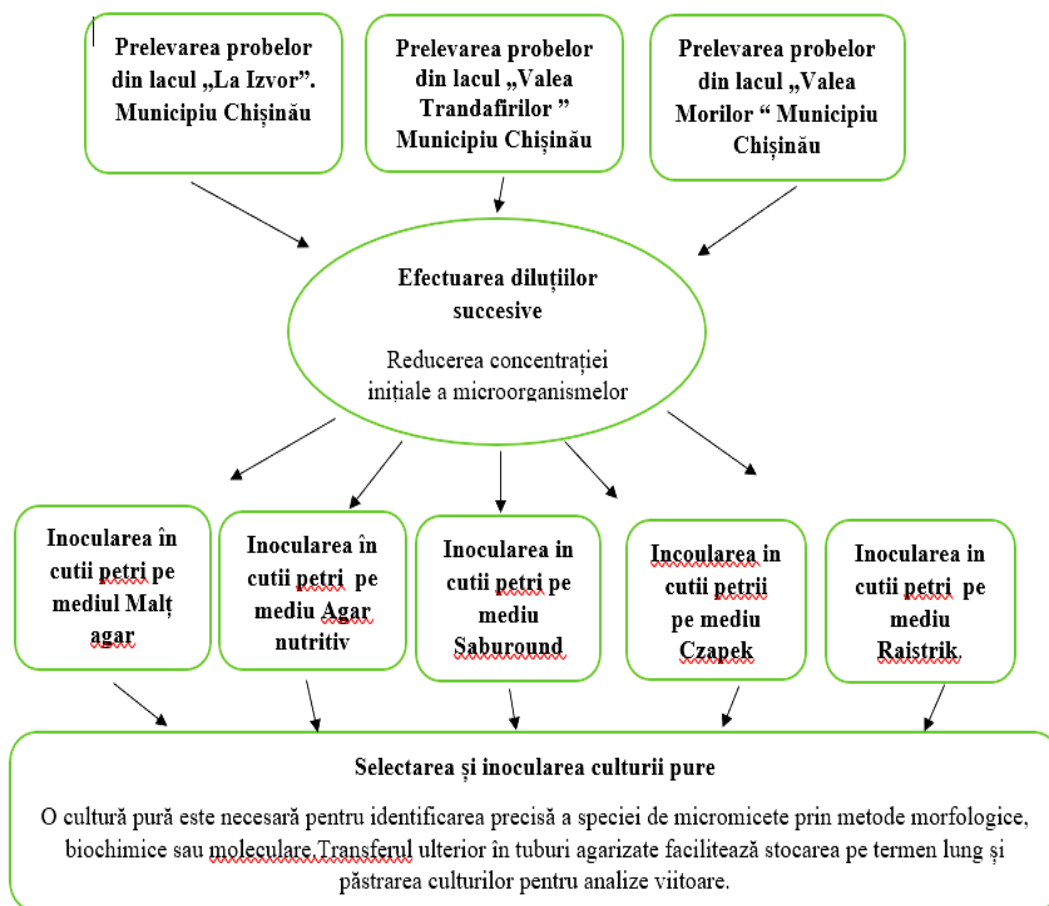
Scopul acestei lucrări a fost de a evidenția diversitatea micromicetelor din probele de apă, sediment și biofilme din 3 lacuri ale municipiului Chișinău: „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”

### **3.1. Izolarea micromicetelor din bazine acvatice din municipiul Chișinău.**

Cercetările efectuate au constat în prelevarea probelor de apă, biofilm și sediment (nămol) din bazinele acvatice ale municipiului Chișinău: „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”

Din fiecare lac în vase sterile au fost prelevate probe de apă, biofilme și sedimente (nămol). Din lacul „La Izvor” au fost prelevate câte 11 probe de fiecare (apă, sedimente, biofilmel), din lacul „Valea Morilor” câte 10 probe, iar din lacul „Valea Trandafirilor” câte 9 probe. Probele au fost transportate în laborator. Din probele prelevate au fost luat câte 1 ml de apă, 1 gr. de sedimente (nămol) și 1 gr. de biofilm și efectuate diluțiile succesive. Izolarea micromicetelor s-a efectuat după schema din Fig. 3.1.1





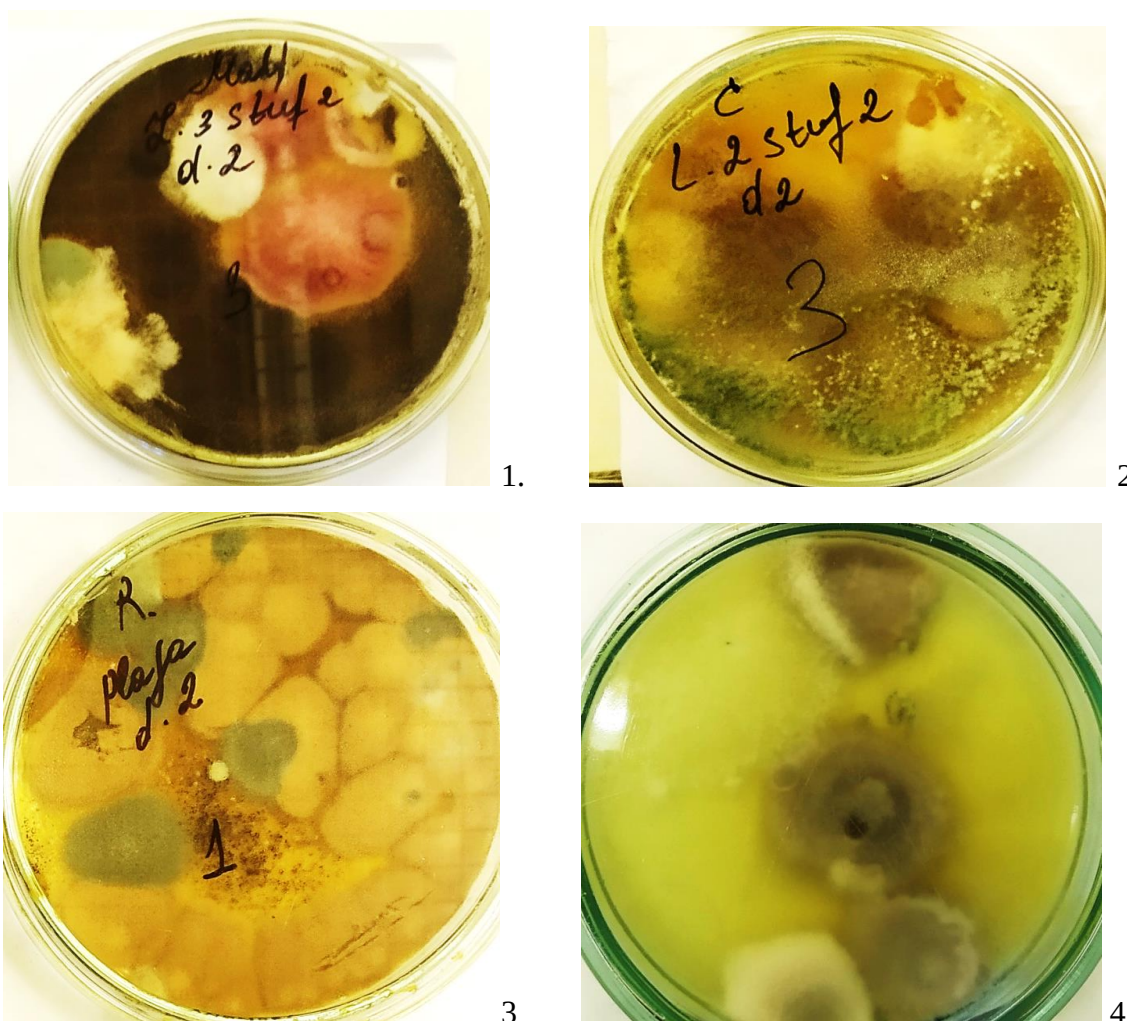
**Figura 3.1.1. Schema pentru izolarea micromicetelor**

În aceeași zi din diluțiile efectuate a fost luat câte 1 ml și inoculat în cutii Petri, ce conțineau diferite medii agarizate (agar fără aditivi, Saburaund, malț-agar, Czapek (pH 10, pH 7, pH 5), Raistrick.) în care a fost adăugat soluție de gentamicină sau levomicetină în concentrație de 0,1% pentru a bloca creșterea bacteriilor.

După 3 - 7 zile de inoculare în termostațat, la temperatura de 26-28°C pe cutiile Petri au apărut colonii de micromicete de culori, forme și mărimi diferite (Fig. 3.1.2). În unele cutii Petri după 3 zile au apărut *Mucoraceae*, fungi cu creștere foarte rapidă și cu miceliul aerian bine dezvoltat, care ulterior au fost neînsămânțate cu mare atenție în alte cutii Petri, împiedicând căderea sporilor acestora și dând posibilitate la creșterea coloniilor secundare. După 5 -7 zile de inoculare a fost efectuată contabilitatea coloniilor crescute pe cutiile Petri. Coloniile de drojdie și micromicete au fost separate vizual. Colonii de drojdii au fost depistate pe cutiile Petri cu medii malț-agar și Saburound, acestea erau mari, convexe, culoarea alb-cenușii, strălucitoare, cu o suprafață netedă și o margine uniformă, reversul incolor sau pal gălbui. Coloniile de micromicete erau însoțite de miceliu de diferite culori și aveau forme diferite.

Cel mai mare număr de colonii au fost depistate în cutiile Petri cu mediul malț-agar, urmate de cele crescute în cutii Petri cu mediul Saburaud, Czapek (pH 5), Raistrick. În cutiile

Petri cu mediul Czapek cu pH-ul 7 și pH-ul 10, dar și în cele cu mediul agar fără aditivi au fost depistate puține colonii, ceea ce e în conformitate cu datele din literatura științifică în care se menționează că mediul optim pentru creșterea fungilor trebuie să fie bogat în surse nutritive, iar valoarea optimală a pH-ului variază în limitele 4,5-6,5.



**Figura 3.1.2. Colonii de micromicete din diluția  $10^{-2}$  crescute pe diferite medii nutritive: 1- Malt-agar ; 2 – Czapek ; 3 – Raistrik ; 4 – agar nutritiv.**

Pentru a stabili densitatea micromicetelor, coloniile apărute în cutiile Petri cu mediul malt - agar, fiind cele mai numeroase, au fost numărate și stabilită densitatea unităților formatoare de colonii (UFC)/ ml. Datele obținute sunt prezentate în Tab. 3.1.1.

Conform rezultatelor prezentate densitatea medie a UFC/ml a variat de la un lac la altul, cea mai mare densitate fiind depistată în lacul „La Izvor”. De asemenea densitatea medie a UFC/ml a variat și în dependență de locul izolării. În toate bazinele acvatice studiate densitatea cea mai mare UFC/ml fiind depistată în sedimente, variind de la  $4 \times 10^4$  în lacul „Valea Morilor” până la  $2 \times 10^6$  în lacul „La Izvor”. În apă și în biofilm densitatea micromicetelor de asemenea a fost mai mare în lacul „La Izvor”, comparativ cu celelalte lacuri. La tulpinile izolate din

sedimente s-a observat o sporulare abundentă, ceea ce demonstrează că sunt foarte active și se înmulțesc repede.

**Tabelul 3.1.1. Densitatea UFC/ml în probele de apă, sedimente și biofilme**

| Lacul                 | Locul izolării | Densitatea UFC/ml        |
|-----------------------|----------------|--------------------------|
| „La Izvor”            | Apă            | $6 \pm 0,68 \times 10^4$ |
|                       | Sedimente      | $2 \pm 0,39 \times 10^6$ |
|                       | Biofilme       | $5 \pm 0,70 \times 10^3$ |
| „Valea Morilor”       | Apă            | $5 \pm 0,61 \times 10^4$ |
|                       | Sedimente      | $4 \pm 0,87 \times 10^4$ |
|                       | Biofilme       | $2 \pm 0,30 \times 10^3$ |
| „Valea Trandafirilor” | Apă            | $3 \pm 0,87 \times 10^4$ |
|                       | Sedimente      | $8 \pm 0,87 \times 10^4$ |
|                       | Biofilme       | $1 \pm 0,21 \times 10^3$ |

Microorganismele, în special micromicetele, joacă un rol important în descompunerea substanțelor organice din bazinele acvatice, care le servește drept hrană, și pot fi considerate ca un indice al poluării acestora cu substanțe de orice natură: vegetală, animală sau provenite din apele uzate care nimeresc în bazine, deci cu cât e mai mare cantitatea de substanțe organice cu atât e mai mare densitatea micromicetelor.

Conform datelor din literatura de specialitate [31; 54] puritatea apei din lacuri este influențată de cantitatea de fungi detectați în aceste ecosisteme. Genurile de micromicete predominante, precum *Trichoderma*, *Penicillium* și *Aspergillus*, participă activ la descompunerea materiilor organice din apă și contribuie semnificativ la curățarea apei poluate [31].

Mabel Patricia (2018), în articolele sale, a subliniat importanța filumuri *Ascomycota*, *Basidiomycota*, *Chytridiomycota*, care sunt decompozitori esențiali ai materialului organic și joacă un rol important în circuitul nutrienților, bio-remediere și funcționarea ecosistemelor. Ortiz-Vera (2018) a evaluat cantitativ efectul contaminării apelor dulci asupra diversității și compoziției fungilor, stabilind că diversitatea fungică în lacuri este strâns legată de puritatea apei [198].

Hipomicetele acvatice, sunt bioindicatori promițători pentru evaluarea sănătății și integrității ecosistemelor de apă dulce, datorită distribuției lor omniprezente, rolurilor ecologice diverse, diversității biologice remarcabile și sensibilității ridicate la schimbările de mediu. Ele joacă roluri esențiale în ecosistem, în special în descompunerea materiei organice, cum ar fi deșeurile de frunze și resturile vegetale în biodegradarea sau biotransformarea compușilor toxici în forme mai puțin dăunătoare, fiind considerați ca bioindicatori în biomonitorizare și bioremediere a contaminanților [31; 286].

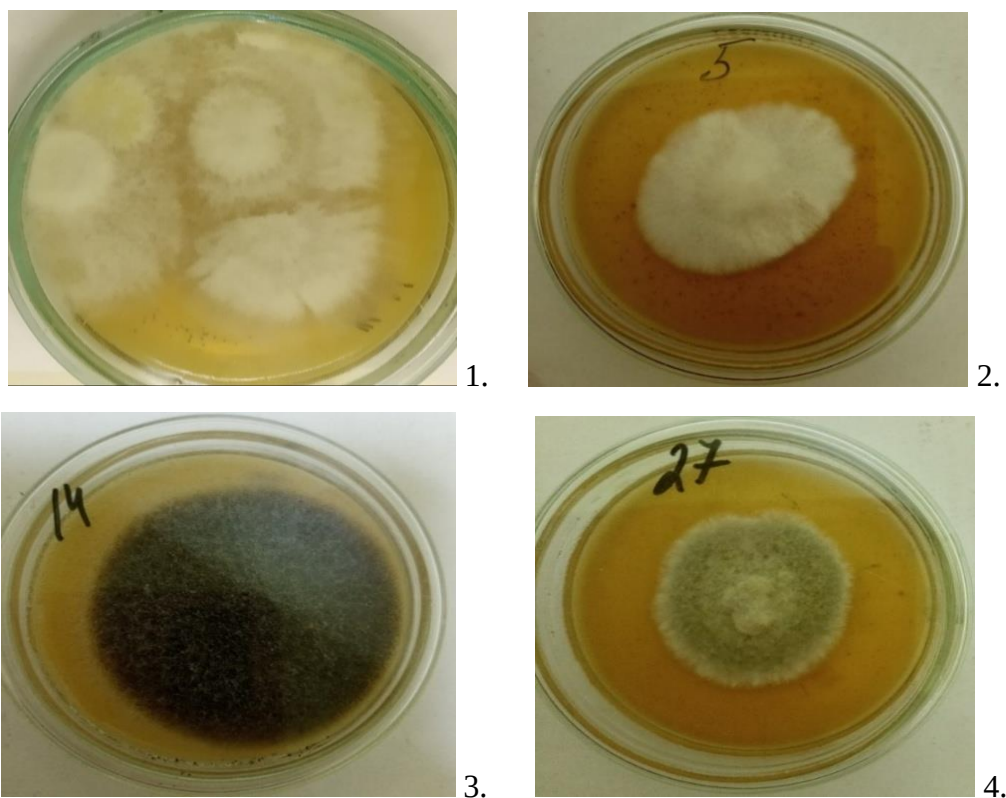
Conform relatărilor lui Maurya, G.K și coaut (2022) „comunitățile fungice au capacitatea de a bioacumula sau de a absorbi diferiți poluanți, cum ar fi pesticide, metale, radionucleizi și

hidrocarburi, permițându-le să reflecte concentrațiile de poluanți în timp real în ecosisteme”[161].

Perez J. și coaut. (2012), studiind fungii din trei lacuri din Spania au constatat că bogăția taxonomică și activitatea reproductivă (rata de sporulare) sunt legate de descompunerea așternutului de frunze. Densitatea și diversitatea comunităților fungice depinde de cantitatea substanțelor organice și resturilor vegetale din lac [204].

Astfel, reieșind din densitatea micromicetelor depistată în bazinele acvatice putem constata că cel mai poluat lac cu resturi vegetale din cele studiate este bazinul „La Izvor” în care densitatea micromicetelor depistat, indiferent de locul izolării (apă, sedimente biofilm,) este cea mai mare.

La următoarea etapă din fiecare colonie fungică distinctă morfologic, s-a efectuat subcultivarea aseptică a miceliului în cutii Petri pe mediu malț-agar și apoi incubată la 25-28°C. Astfel, coloniile de micromicete crescute pe mediile agarizate diferite au fost transferate în cutii Petri pe mediul malț-agar, fiind izolate în cultură pură în figura 3.1.3 sunt prezentate câteva dintre rezultatele izolărilor realizate.



**Figura 3.1.3. Colonii de micromicete din genul 1. *Ambrosiella*, 2. *Fusarium*, 3. *Aspergillus*, 4. *Penicillium* izolate din lacul „La Izvor” cultivate pe mediul malț-agar.**

În rezultatul examinării coloniilor pe cutiile Petri cu malț-agar după trăsăturile acestora de pe diferite medii agarizate s-a stabilit că, multe culturi erau identice (forma, culoarea,

mărimea, marginea, culoarea reversului) ceea ce demonstrează variabilitatea micromicetelor acvatice după mai multe caractere: culoarea coloniilor, mărimea și forma lor, în dependență de mediul nutritiv folosit.

O parte din tulpini ce au crescut inițial slab pe diferite medii agarizate, după reînsămânțare pe mediul malț-agar nu au crescut, demonstrând astfel, că nu toate tulpinile fungice se pot adapta la mediile de cultură artificiale, utilizate în laborator.

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

Astfel, din probele prelevate din lacul „La Izvor” au fost izolate 247 tulpini, din lacul „Valea Morilor” - 124 tulpini, iar din lacul „Valea Trandafirilor” - 105 tulpini. Numărul tulpinilor a variat în dependență de lacul din care a fost prelevate probele, dar și în dependență de locul izolării. Rezultatele obținute sunt prezentate în Tab. 3.1.2.

**Tabelul 3.1.2. Numărul de tulpini izolați din lacurile „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor” în dependență de locul izolării**

| Lacul                 | Numărul total de tulpini izolate | Locul izolării | Numărul de tulpini izolate |
|-----------------------|----------------------------------|----------------|----------------------------|
| „La Izvor”            | 247                              | Apă            | 85                         |
|                       |                                  | Sedimente      | 87                         |
|                       |                                  | Biofilme       | 75                         |
| „Valea Morilor”       | 124                              | Apă            | 49                         |
|                       |                                  | Sedimente      | 45                         |
|                       |                                  | Biofilme       | 30                         |
| „Valea Trandafirilor” | 105                              | Apă            | 36                         |
|                       |                                  | Sedimente      | 49                         |
|                       |                                  | Biofilme       | 20                         |

Conform datelor prezentate în Tab. 3.1.2, putem constata că, în lacurile „Valea Morilor”, „La Izvor”, „Valea Trandafirilor” abundența micromicetelor a fost diferită în dependență de locul izolării, nămol apoi în apă și mai puține în biofilme, de aceea și numărul de izolate a fost diferit. Multe dintre tulpinile izolate din lacurile luate în studiu erau identice după particularitățile morfo-culturale. Tulpinile izolate din același lac se deosebeau numai prin unele particularități morfo-culturale în dependență de locul izolării (apă, sedimente, biofilm). Aceasta ne indică că multe tulpini pot fi variante diferite ai aceleiași specii. Aceasta poate fi explicat prin variabilitatea naturală a micromicetelor, care indică că particularitățile morfo-culturale pot varia în dependență de mediul nutritiv și condițiile de trai.

Variabilitatea naturală a populației microorganismelor este caracteristică atât tulpinilor noi izolate, cât și celor păstrate pe medii nutritive agarizate o perioadă îndelungată de timp, mai intens manifestându-se la cele noi izolate din diverse habitate. Variabilitatea culturii se manifestă

prin particularitățile morfologice, culturale, biosintetice ale coloniilor ce alcătuiesc populația. Cultivate pe medii agarizate coloniile unei culturi se deosebesc după formă, dimensiuni, viteza de creștere, culoarea miceliului aerian și a celui de substrat, sporulare, proprietatea coloniilor de a elimina pigmenți, care colorează mediul agarizat [319; 321; 322].

Conform datelor din literatura de specialitate există o dependență între tipul morfologic al culturii și activitatea biosintetică. Există diverse variante active și neactive ale culturii. Astfel, coloniile tipice ale populației ce alcătuiesc majoritatea, de regulă, sunt mai active în comparație cu cele ce prezintă modificări morfologice sau culturale [321; 337].

Rezultatele obținute în acest studiu ne permit să concluzionăm că, bazinele acvatice abundă în diverse micromicete. Astfel, din probele prelevate din lacurile „Valea Morilor”, „La Izvor”, „Valea Trandafirilor” au fost izolate și studiate 476 tulpini de micromicete, reprezentate de diferite genuri și specii. Tulpinile fungice au fost izolate din apă, sedimentele și biofilmele lacurilor „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”. Densitatea și varietatea maximă a tulpinilor fiind depistată în lacul „La Izvor”. În dependență de locul izolării în toate lacurile studiate cea mai mare diversitate de micromicete a fost depistată în probele de sedimente.

### **3.2. Particularitățile morfo-culturale ale micromicetelor izolate din bazinele acvatice**

Biodiversitatea micromicetelor este încă în mare parte necunoscută și prezența lor în anumite ecosisteme, cum ar fi habitatele de apă dulce, este adesea subestimată. Hifomicetele acvatice, sunt un grup de fungi, specializați în colonizarea resturilor vegetale moarte. Ele contribuie la circuitul de carbon și a nutrienților în ecosistemele acvatice, fiind o legătură între biomasa terestră și troficile superioare acvatice. Prin colonizarea resturilor de frunze și celor lemnoase hifomicetele acvatice contribuie la descompunerea materiei organice și reciclarea nutrienților, cresc valoarea nutrițională și formează baza rețelelor trofice acvatice, având și un rol important în menținerea echilibrului ecologic al apelor dulci și fiind indicatori ai sănătății [32; 81; 167].

Cercetările hifomicetelor acvatice au început încă cu mijlocul secolului al XIX-lea fiind ulterior documentate cu diverse studii privind biologia, ecologia, biodiversitatea și taxonomia lor [69; 271]. Fungii de apă dulce sunt un grup divers din punct de vedere morfologic, filogenetic și ecologic. Primele studii taxonomice a hifomicetelor se bazau pe identificarea în principal a caracterelor morfologice și culturale, iar în cazul drojdiilor pe testele biochimice de asimilare și de fermentație ale culturilor [313; 320].

În 2022 Calabon et al. au realizat o clasificare a hifomicetelor în care sunt incluse 13 clase, 3.870 de specii care provin din diverse substraturi și locații geografice. Dintre acestea,

2.968 de specii (în 1.018 genuri) aparțin *Ascomycota*, 333 de specii (în 97 genuri) aparțin *Chytridiomycota*, 221 de specii (în 105 genuri) aparțin *Rozellomycota*, iar 218 specii (în 100 genuri) aparțin *Basidiomycota*. Altele phylum-uri mai puțin reprezentate includ *Blastocladiomycota*, *Monoblepharomycota*, *Entomophthoromycota*, *Mucoromycota*, *Aphelidiomycota*, și altele, cu mai puțin de 50 de specii fiecare [48].

Taxonomic, hifomicete sunt asociate cu filumul *Ascomycota*, și doar un procent mic este afiliat la *Basidiomycota*, iar cele aeroacvative sunt clasificate ca *Ascomycota*, iar patru specii ca *Basidiomycota* și o specie ca *Oomycetete* [234; 294]. Filumul *Ascomycota* include genuri care trăiesc exclusiv în habitate de apă dulce, fungi care trăiesc atât în habitate de apă dulce, cât și în habitate terestre, specii de fungi care trăiesc în habitate de apă dulce și marine și specii care se găsesc în habitate de apă dulce, terestre și marine [281]. Din punct de vedere microscopic, ele sunt caracterizate prin asci unificați inoperculați și ascomate periteciale [48; 58; 152].

În cercetarea realizată de către Calabon, M.S. în anul 2022 a fost stabilit că Fhylumul *Basidiomycota* include 11 clase, 100 de specii [48], acesta includ fungi filamentoși, endofite și drojdii saprofite. Caracteristic fungilor din această grupă este prezența celulelor binucleate sau a conexiunilor clamp, multe dintre ele folosesc carbohidrați simpli, iar speciile filamentoase sunt capabile să descompună lignina, celuloza, hemiceluloza [122].

Grupul *Hyphomycetes* include 95 de genuri și 330 de specii în habitatele de apă dulce, formate printr-o formă asexuată de *Ascomycota* și *Basidiomycota* [78]. Ele se caracterizează prin producerea de conidii hialine modificate cu forme unice: tetraradiat, filiforme, multiradiat, sigmoide, ramificate și solenoide [90; 114]. Ele pot fi găsite în cursuri cu curgere rapidă, lacuri bine aerate și medii umede care cresc pe material vegetal în descompunere scufundat [66].

În acest compartiment tulpinile izolate au fost cultivate în cutii Petri pe mediul malt-agar, examinate vizual și la microscop și identificată apartenența de gen. În rezultatul examinării și identificării după gen s-a constatat că, în bazinele acvatic „La Izvor”, „Valea Trandafirilor” și „Valea Morilor” conviețuiesc o gamă foarte largă de micromicete, ce se deosebesc după particularitățile morfologice și culturale, care sunt reprezentate de diferite genuri (Tab. 3.2.1).

Conform rezultatelor prezentate în tabelul 3.2.1. din probele prelevate din lacul „La Izvor” (apă, sedimente, biofilm) au fost izolate 247 tulpini. Conform studiului efectuat privitor la caracterele morfo-culturale tulpinile izolate sunt reprezentanți ai 18 genuri: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Monilia*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Acremonium*, *Cladosporium*, *Trichocladium*, *Phoma*, *Chaetomium*, *Arthrimum*, *Ulocladium*, *Ambrosiela*, *Talaromyces*. Aceste genuri au fost depistate în toate probele indiferent de locul izolării (apă, sedimente, biofilm).



**Tabelul 3.2.1. Numărul de izolate depistat în probele prelevate din bazinele acvatice:  
„La Izvor”, „Valea Trandafirilor” și „Valea Morilor ”**

| Nr<br>d/o | Genul tulpinilor         | „La Izvor”        |                | „Valea Morilor”   |                 | „Valea Trandafirilor” |                 |
|-----------|--------------------------|-------------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
|           |                          | Nr.<br>Tulpinilor | Frecvența<br>% | Nr.<br>Tulpinilor | Frecvența,<br>% | Nr.<br>Tulpinilor     | Frecvența,<br>% |
| 1         | <i>Penicillium sp.</i>   | 40                | 16,19          | 27                | 21,78           | 22                    | 20,96           |
| 2         | <i>Aspergillius sp.</i>  | 41                | 16,6           | 29                | 23,40           | 28                    | 26,68           |
| 3         | <i>Trichoderma sp.</i>   | 17                | 6,88           | 10                | 8,06            | 12                    | 11,43           |
| 4         | <i>Alternaria sp.</i>    | 23                | 9,31           | 10                | 8,06            | 5                     | 4,76            |
| 5         | <i>Fusarium sp.</i>      | 12                | 4,86           | 6                 | 4,84            | 7                     | 6,67            |
| 6         | <i>Mucor sp.</i>         | 9                 | 3,64           | 5                 | 4,03            | 4                     | 3,81            |
| 7         | <i>Rhizopus sp.</i>      | 9                 | 3,64           | 3                 | 2,42            | 2                     | 1,90            |
| 8         | <i>Acremonium sp.</i>    | 9                 | 3,65           | 2                 | 1,62            | 2                     | 1,90            |
| 9         | <i>Talatomyces sp.</i>   | 5                 | 2,02           | 3                 | 2,42            | 2                     | 1,90            |
| 10        | <i>Botrytis sp.</i>      | 8                 | 3,24           | 2                 | 1,62            | 2                     | 1,90            |
| 11        | <i>Phoma sp.</i>         | 4                 | 1,62           | 1                 | 0,8             | 1                     | 0,95            |
| 12        | <i>Chaetomium sp.</i>    | 5                 | 2,02           | 1                 | 0,8             | 2                     | 1,90            |
| 13        | <i>Ulocladium sp.</i>    | 3                 | 1,21           | 1                 | 0,8             | 0                     | 0               |
| 14        | <i>Monilia sp.</i>       | 6                 | 2,43           | 2                 | 1,62            | 1                     | 1,90            |
| 15        | <i>Arthriniun sp.</i>    | 4                 | 1,62           | 0                 | 0               | 0                     | 0               |
| 16        | <i>Ambrosiella sp.</i>   | 6                 | 2,43           | 0                 | 0               | 0                     | 0               |
| 17        | <i>Trichocladium sp.</i> | 3                 | 1,21           | 0                 | 0               | 0                     | 0               |
| 18        | <i>Cladosporium sp.</i>  | 6                 | 2,43           | 2                 | 1,62            | 1                     | 0,95            |
| 19        | Nedetrminate             | 37                | 15,0           | 20                | 16,13           | 14                    | 13,34           |
| 20        | Total                    | 247               | 100 %          | 124               | 100 %           | 105                   | 100 %           |

Din numărul total de tulpini izolate (247) din lacul „La Izvor ”, 40 tulpini au fost reprezentanți ai genului *Penicillium*, iar 41 au aparținut genului *Aspergillium*. Frecvența de apariție pentru tulpinile fungice menționate constituie 16,19% și respectiv 16,6% din numărul total de tulpini izolate. Un număr semnificativ de tulpini sunt reprezentanți ai genurilor: *Alternaria* (23), *Trichoderma* (17) și *Fusarium* (12), frecvența de apariție a căroră constituie respectiv 9,31%, 6,88% și 4,86 din numărul total. Genurile: *Mucor*, *Rhizopus* și *Acremonium* au fost reprezentate de câte 9 tulpini fiecare, frecvența de apariție a căroră constituind 3,64% fiecare, iar a genului *Botrytis* (8 tulpini) - 3,24%, din numărul total de tulpini izolați. Frecvența de apariție a tulpinilor din restul genurilor identificate a fost mai mică de 3% fiecare, variind în limitele 1,21-2,43%. Tulpinile neidentificate au constituit 15% din numărul total de tulpini izolate.

În dependență de locul izolării șirul tulpinilor izolate în ordine descrescătoare poate fi reprezentat în felul următor :



### Lacul „La Izvor”:

- În apă: *Penicillium* → *Aspergillus* → *Trichoderma* → *Alternaria* → *Fusarium* → *Botrytis* → *Acremonium* → *Monilia* → *Mucor* → *Rhizopus* → *Cladosporium* → *Chaetomium* → *Talaromyces* → *Ambrosiella* → *Ulocladium* → *Arthrinium* → *Phoma* → *Trichocladium*
- În sedimente (nămol): *Aspergillus* → *Penicillium* → *Alternaria* → *Trichoderma* → *Fusarium* → *Acremonium* → *Mucor*, *Rhizopus* → *Botrytis*, *Monilia* → *Talaromyces* → *Chaetomium* → *Cladosporium* → *Phoma* → *Ambrosiella*, *Arthrinium*, *Ulocladium*, *Trichocladium*.
- Din biofilm: *Aspergillus* → *Penicillium* → *Alternaria* → *Trichoderma* → *Mucor*, *Rhizopus*, *Acremonium* → *Botrytis*, *Monilia*, *Talaromyces* → *Chaetomium* → *Cladosporium* → *Phoma* → *Ambrosiella*, *Arthrinium*, *Ulocladium*, *Trichocladium*.

Indiferent de locul izolării au predominat reprezentanții genurilor *Aspergillus* și *Penicillium*. În apă au predominat reprezentanții genului *Penicillium*, iar în sedimente și biofilm, reprezentanții genului *Aspergillus*.

Rezultatele obținute sunt în concordanță cu cele prezentate în diverse studii privitor la diversitatea fungică în apele dulci. Astfel, Lin, W și coaut. (2023) [149] în studiul diversității fungice a ecosistemul râului Shenzhen, au demonstrat că, din 115 tulpini izolate cele mai abundente trei genuri izolate au fost: *Meyerozyma* (18 tulpini), *Aspergillus* (17 tulpini) și *Penicillium* (14 tulpini), indicând totodată că în sedimente au predominat genurile: *Meyerozyma*, *Trichoderma* și *Talaromyces*. În rezultatele cercetărilor privitor la evaluarea diversității comunităților fungice din Lacul Ohrid (Macedonia), a fost demonstrat că din 213 tulpini izolate au fost identificate 36 specii. Comunitatea autohtonă este formată din 10 specii, iar comunitatea alohtonă este compusă din 26 de specii din 15 genuri de fungi. Genurile dominante sunt: *Aspergillus* (5 specii, 13,86% din speciile determinate), *Penicillium* (6 specii, 16,66%) și *Cladosporium* și *Fusarium* (3 specii, 8,33%). Speciile *Kloeckera apiculata*, *Didiostible* sp., *Gliocladium roseum* și *Varicosporium delicatum* fiind identificate pentru prima dată în ecosistemele de apă dulce din Balcani [54]. Xue et al. (2022), în studiul fungilor filamentoși cultivabili din apa lacului Nam Co de pe Platoul Tibetan au arătat că cele mai frecvent izolate genuri sunt *Lecanicillium*, *Mucor* și *Penicillium*, iar *Alternaria chlamydosporigena* și *Mucor hiemalis* au fost identificate ca specii dominante [300]. În studiul diversității fungice a apei din lacul Dal, Kashmir se menționează că au fost identificate 23 specii de fungi, care aparțin la 5 genuri: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Acremonium* și *Mucor* [27], dominante fiind genurile *Penicillium* și *Aspergillus*. Cea mai răspândită specie din genul *Penicillium* fiind *P. chrysogenum*, care a fost depistată în toate probele prelevate [27]. Diversitatea fungilor din lacul Big Tambukan din Caucaz, Rusia este reprezentată de ascomicete din genurile

*Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Chordomyces*, *Emericellopsis*, *Fusarium*, *Gibellulopsis*, *Myriodontium*, *Penicillium* și *Pseudeurotium* [83].

Din lacul „Valea Morilor” au fost izolate 124 tulpini, reprezentanți ai 15 genuri: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Monilia*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Acremonium*, *Cladosporium*, *Phoma*, *Chaetomium*, *Ulocladium*, *Talaromyces*.

Din numărul de tulpini izolate au fost identificați ca reprezentanți ai genului *Aspergillus* 29 tulpini, 27 tulpini ai genului *Penicillium*, frecvența cărora constituie 23,4% și respectiv 21,78%. Genurile *Trichoderma* și *Alternaria* au fost reprezentate de 10 tulpini fiecare, frecvența de apariție constituind 8,06% fiecare, iar genurile *Fusarium* (6 tulpini) și *Mucor* (5 tulpini) au o frecvență de 4,84, respectiv 4,03% din numărul de tulpini izolate. Reprezentanții celorlalte genuri depistate au avut o frecvență nesemnificativă ce a variat în limitele 0,8-2,42% din numărul total de tulpinilor izolate. Numărul tulpinilor neidentificate a fost de 20 și a constituit 16,13% din numărul total.

Șirul tulpinilor izolate din lacul „Valea Morilor” în descreștere în dependență de locul izolării arată în felul următor :

În apă: *Aspergillus* → *Penicillium* → *Alternaria* → *Trichoderma* → *Mucor* → *Rhizopus* → *Fusarium* → *Talaromyces* → *Botrytis* → *Monilia* → *Acremonium* → *Cladosporium*.

Sedimente: *Aspergillus* → *Penicillium* → *Trichoderma* → *Alternaria* → *Fusarium* → *Talaromyces* → *Mucor* → *Rhizopus* → *Acremonium* → *Chaetomium* → *Cladosporium* → *Phoma*.

Biofilm: *Penicillium* → *Aspergillus* → *Trichoderma* → *Alternaria* → *Fusarium* → *Mucor* → *Rhizopus* → *Acremonium* → *Talaromyces* → *Botrytis* → *Monilia* → *Ulocladium*.

În acest lac au predominat reprezentanții genul *Aspergillus* în apă și sedimente, iar reprezentanții genului *Penicillium* în biofilm.

Din lacul „Valea Trandafirilor” au fost izolate 105 tulpini, reprezentanți ai 14 genuri: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Monilia*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Acremonium*, *Cladosporium*, *Chaetomium*, *Phoma*, *Talaromyces*.

Mai reprezentativi au fost reprezentații genurilor *Penicillium* (22 tulpini), *Aspergillus* (28 tulpini) și *Trichoderma* (12 tulpini), frecvența de apariție a 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 identificați, frecvența 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: *Aspergillus* → *Penicillium* → *Trichoderma* → *Mucor* → *Botrytis* → *Alternaria* → *Talaromyces* → *Fusarium*.

În toate probele prelevate din apă, sedimente și biofilm au predominat reprezentanții genului *Aspergillus*, urmat de reprezentanții genului *Penicilium* [224].

Din rezultatele obținute putem constata că, comunitatea fungică din lacurile „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor” este aproximativ la fel, în toate locațiile predomină genurile *Penicillium*, *Aspergillus* și *Trichoderma*. Majoritatea fungilor depistați în apele dulci sunt prezenți și în sol, dar și în apele sărate ale mărilor și oceanelor, ceea ce denotă că au ajuns în lac odată cu apele după ploaie.

În numeroase studii este demonstrat că fungii *Ascomycota* și *Basidiomycota* sunt cele mai abundente grupuri și în ecosistemele din adâncurile mării, reprezentând între 70–80% și, respectiv, 10–20%. Printre cele mai abundente genuri de fungi filamentoși se numără genurile *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* și *Fusarium*, iar dintre drojdii cele mai abundente sunt genurile: *Rhodotorula*, *Cryptococcus*, *Candida*, *Rhodosporidium* și *Metschnikowia* [148; 298; 285; 224]. Apele hipersaline găzduiesc și specii din genurile *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria* și *Acremonium* [168].

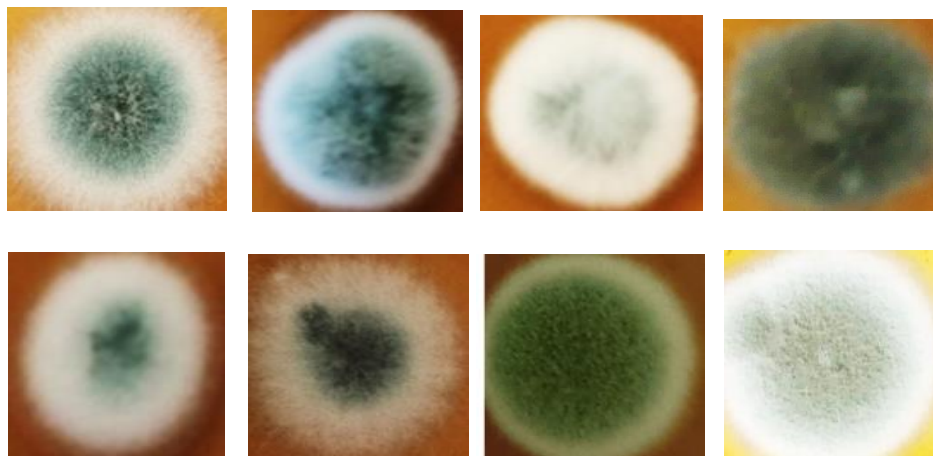
Rezultatele obținute și prezentate în acest compartiment au fost prezentate la diferite conferințe științifice și publicate în diverse articole [169; 170; 171; 172; 174; 175; 179; 240; 241; 246; 250; 254].

## **Caracteristica proprietăților morfoculturale ale unor tulpini izolate**

### **Genul *Penicillium***

Studiul caracterelor morfo-culturale a permis depistarea deosebirilor dintre reprezentanții aceluiași gen. Astfel, în rezultatul examinării au fost depistate tulpini care aparțin genului *Penicillium*, dar care se deosebesc între ele după caracterele morfo-culturale (mărimea, culoarea miceliului aerian și de substrat, forma coloniilor, textura acestora (catifelată, aspră, pufoasă, granulară), sporularea, prezența sau lipsa exudatului, culoarea reversului. Examinarea microscopică a demonstrat că, aceste tulpini se deosebesc după numărul nivelelor de verticule (1, 2, 3 și mai multe), numărul, forma și structura fialidelor, suprafața lor (aspră, netedă). De asemenea se deosebesc după prezența sau absența unei coloane formate din lanțuri de conidii care se extind din fialide (lanțurile strict paralele sau divergente și se împletesc), conexiunea

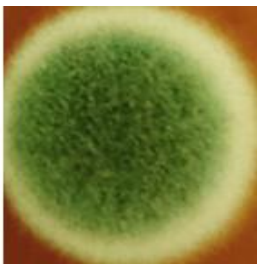
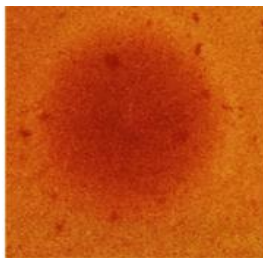
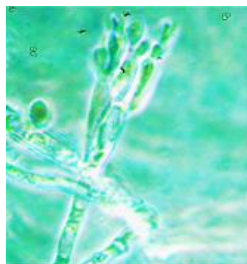
conidioforilor cu substratul (conidioforii sunt atașați la substrat sau miceliu aerian), forma (sferică, ovală alungită) și suprafața conidiei (netedă, rugoasă, cu negi). Aceste particularități ale micromicetelor descrise ne-au permis să constatăm că tulpinile izolate aparțin diferitor specii ale genului *Penicillium*. În Fig. 3.2.1 sunt prezentate colonii de micromicete din genul *Penicillium* izolate din bazinele acvatice din municipiul Chișinău. Din 247 tulpini izolate din lacul „La Izvor” 40 au fost reprezentanți ai genului *Penicillium*, din lacul „Valea Morilor” – 27 tulpini, iar din lacul „Valea Trandafirilor” - 22 tulpini.

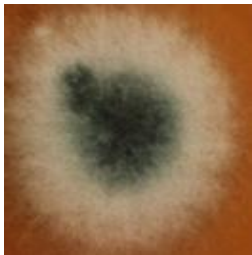
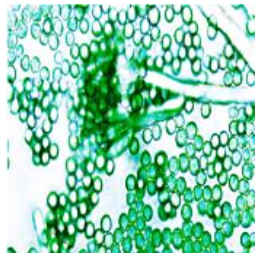
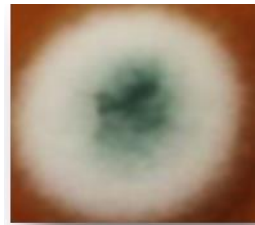
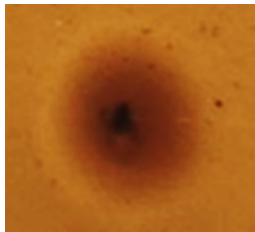
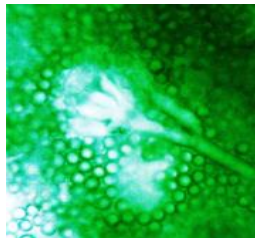
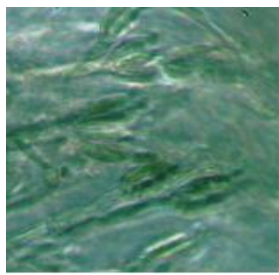
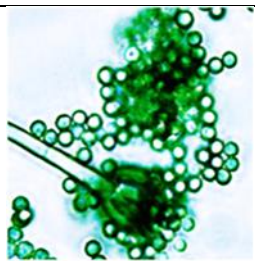
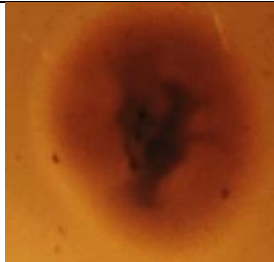
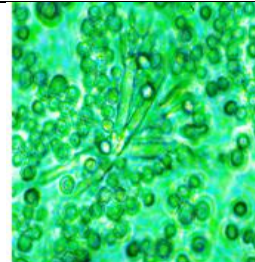


**Figura 3.2.1. Colonii de micromicete din genul *Penicillium* izolate din lacurile: „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”,**

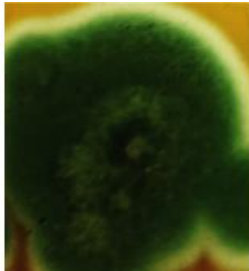
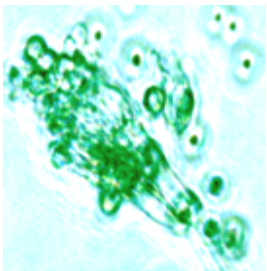
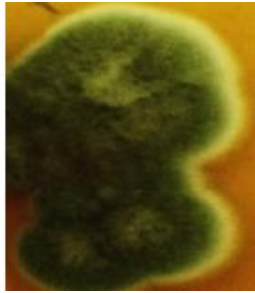
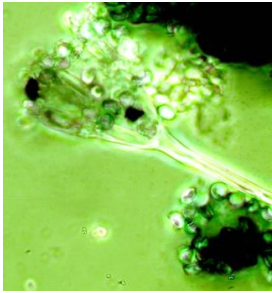
În rezultatul studiului particularităților morfo-culturale ale tulpinilor izolate din cele trei lacuri din locuri diferite (apă, sedimente, biofilm) s-a constatat că multe din ele sunt identice. Ceia ce ne demonstrează că diversitatea micromicetelor din lacurile studiate este practic identică, predomină aceleași genuri și specii. Astfel a fost dată caracteristica particularităților morfo-culturale ale tulpinilor care se deosebesc după particularitățile morfo-culturale indiferent din ce lac și din ce loc au fost izolate. În Tab. 3.2.2. sunt descrise unele colonii ale tulpinilor de *Penicillium* care se deosebesc după particularitățile morfo-culturale, indiferent de locul izolării

**Tabelul 3.2.2. Carcterele morfo-culturale ale unor tulpini de micromicete din genul *Penicillium* izolate din lacurile: „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”**

| No | Descrierea tulpinii                                                                                                                                                                                                                                                  | Fața                                                                                | Revers                                                                               | Imagine microscopică                                                                  |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | <b><i>Penicillium</i> sp.</b><br>Colonie rotundă, axială, culoarea verde- surie cu margine albă, reversul incolor, exudatul lipsește. Este formată din 5-6 fialide în 2 rânduri, mărimea 164X 62,12 px. Conidiofori rotunzi, rușoși de mărimea 57., 44,72., 59,4 px. |  |  |  |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | <p><b><i>Penicillium sp.</i></b><br/> Colonii mici, pufoase de culoare verde-portocaliu în mijloc, cu marginea albă, reversul de culoare portocaliu, 4-5 fialide într-un rând de mărimea 182X60 px. Conidiofori mici, rotunzi de mărimea 52,40, 50,12., 56,30 px.</p>                 |    |    |    |
| 4 | <p><b><i>Penicillium sp.8</i></b><br/> Colonii mici de culoare verde închis, forma rotundă în mijloc mai pufoasă, reversul de culoare sură. 5-7 fialide într-un rând, de mărimea 182X60 px, conidiofori mici rotunzi, de mărimea 52, 40, 50, 12., 56,30 px.</p>                       |    |    |    |
| 5 | <p><b><i>Penicillium sp.11.</i></b><br/> Colonie mică, rotundă, pufoasă de culoare verde-deschis cu marginea albă, lipsită de exudat. Este formată din 4-6 fialide într-un rând, mărimea 154,20X 52,12 px, conidiofori rotunzi rușoși de 56, 57, 46, 72. 49,4 px.</p>                 |   |   |   |
| 6 | <p><b><i>Penicillium sp. 32.</i></b><br/> Colonie mică rotundă pufoasă, culoarea verde-deschis cu marginea albă, lipsa exudatului, reversul gri. Este formată din 4-6 fialide într-un rând 154,20 X 52,12 px, conidiofori rotunzi rușoși de mărimea 56,57.,46,72.,49,4 px.</p>        |  |  |  |
| 8 | <p><b><i>Penicillium sp</i></b><br/> Colonie axială rotundă, pufoasă, de culoare alb-surie, reversul- gri. Este formată din 4-6 fialide într-un rând 154,20 X52,12 px, conidiofori rotunzi rușoși de mărimea 56,57.,46,72.,49,4 px.</p>                                               |  |  |  |
| 9 | <p><b><i>Penicillium</i></b><br/> Colonii mici, pufoase, axiale, culoare verde închis, cu marginea alba, lipsa exudatului, reversul – gri. Format din 4-6 fialide aranjate într-un rând, cu mărimea 144,20X 42,92 px, conidiofori rotunzi rușoși de mărimea 46,58.,48,02.,46,9 px</p> |  |  |  |



|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                      |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | <b><i>P. funiculosum</i></b><br>Colonii de culoare verde deschis cu marginea albă forma rotundă în mijloc mai pufoase, reversal de culoare sură cu marginea albă. Format din 2 rânduri de fialide. Primul rând format din 3-4 fialide rândul 2 din 7-10 fialide<br>Conidiofori rotunzi de mărime 5,12.,37,69.,52,40                         |   |   |   |
| 11 | <b><i>Penicillium sp.7</i></b><br>Colonie mică rotundă axială, pufoasă, în mijloc surie, marginea albă, reversal - gri. Fialide în 2 rânduri, 5-8 fialide pe rând 1 rând și 3-4 fialide rândul 2. Mărimea 190,96X63,25 px, conidiofori mici de mărime 2,15.,64,12.,65,17.                                                                   |   |   |   |
| 12 | <b><i>Penicillium sp.</i></b><br>Colonie mică, rotundă, bombată, culoarea verde deschis, cu margine albă, reversul gri, în mijloc și pe margini gri închis, lipsa exudatului, reversul gri-verzui. Fialide în 2 rânduri, câte 7-10 pe rând 1 rând și 3-4 rândul 2, mărimea 206 X 53 px. Conidiofori mici, mărimea 52,15., 64,12., 65,17 px. |  |  |  |

În descrierea tulpinilor de micromicete din genul *Penicillium* de către Eremeeva S.V. (2008) se menționează că: „tulpinile din genul *Penicillium* se caracterizează prin conidioforii scurți și netezi, cu o lungime de 300 mcm și diametrul 5-8 mcm au o culoare verde, în special în partea superioară, provin nemijlocit de la hifele substratului sau cu ramuri foarte scurte ale miceliului aerian, se largesc treptat în partea superioară și se transformă aproape neobservat în o formație apicală conică de 20-30 mcm în diametru de aceeași culoare cu conidioforul, fertilă numai în partea superioară. Fialidele într-un rând, două sau trei, colorate identic, 6-8 x 2-3 mcm, compacte, cu axa longitudinală paralelă axei conidioforului. Conidiile în majoritate verzui, cu negi, sferice sau aproape sferice, 2.5-3.0 mcm” [317]

### **Genul *Aspergillus***

Tulpinile izolate ce fac parte din genul *Aspergillus*, s-au deosebit unele de altele prin dimensiunea, culoarea și forma coloniilor, sporulare, prezența sau absența profialidelor, culoarea conidioforului (incoloră sau colorată), forma conidioforului (sferică, alungită, clavată) împreună

cu lanțuri de conidii. Au fost depistate tulpini care aveau 1 sau 2 rânduri de fialite, care purtau un număr diferit de sterigme secundare, aveau conidii cu forme diferite (sferică, ovală) și suprafețe diferite (netedă, rugoasă, cu negi), culoare și dimensiuni diferite.

Majoritatea tulpinilor din acest gen pe mediul malț-agar formează colonii de culoare închisă (neagră, gri, verde închis), însă sunt și unele mai colorate (galben, alb, bej) Fig. 3.2.2

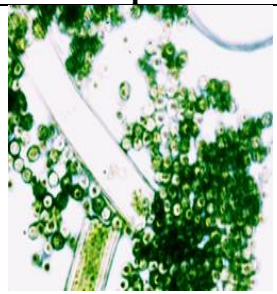
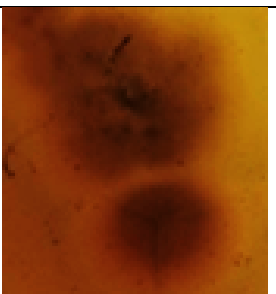
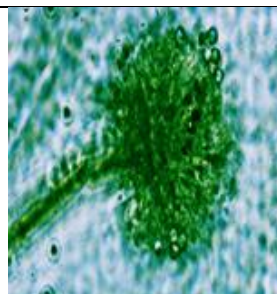
Din genul *Aspergillus* au au fost depistate speciile *A. niger*, *A. flavus*, *A. fumigatus* s.a. Majoritatea tulpinilor însă, indiferent de locul izolării erau reprezentate de specia *A. niger*.

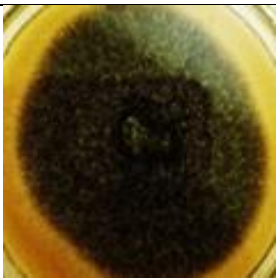
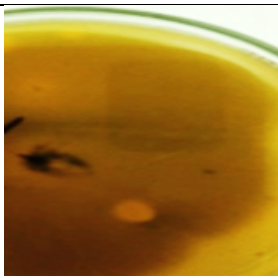
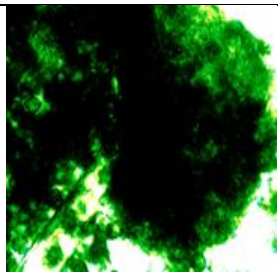
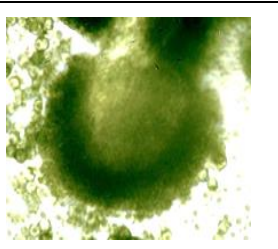
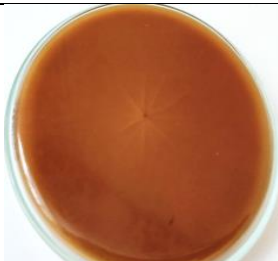
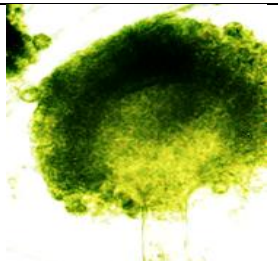
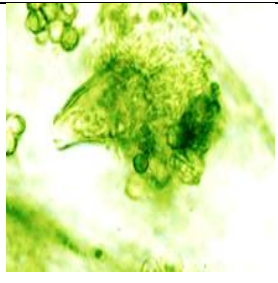
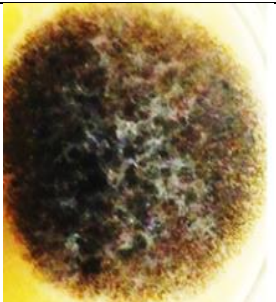
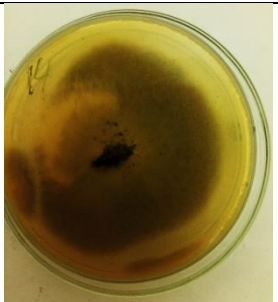
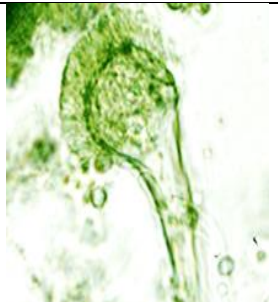


**Figura 3.2.2. Colonii ale tulpinilor de micromicete din genul *Aspergillus* izolate din lacurile „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”**

În Tab. 3.2.3 este prezentată descrierea caracterelor morfo-culturale ale unor tulpinilor din genul *Aspergillus* izolate din lacurile „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”.

**Tabelul 3.2.3. Tulpini de micromicete din genul *Aspergillus* colectate din lacurile „Valea Morilor” „La Izvor” și „ Valea Trandafirilor”**

| N | Genul tulpini                                                                                                                                                                                                                            | Fata                                                                                | revers                                                                               | Imagine microscopică                                                                  |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | <b><i>Aspergillus niger</i>.</b><br>Colonie de culoare neagra a miceliul pufos alb, reversul de culoare neagră netedă, exudatul lipsește. Fialide de mărimea 1499X278,11p. Conidiofori mici rotunzi de mărimea 77,67., 70,65., 80.09 px. |  |  |  |
| 2 | <b><i>Aspergillus flavus</i>.</b><br>Colonie pufoasă, culoarea galbenă, înconjurată de o margine albă, reversul de culoarea cafenie cu margină alba. Fialide de mărimea 1027,94X116,62 px. Conidiofori de mărimi 77,67., 85,60 px.       |  |  |  |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | <p><b><i>Aspergillus sp.</i></b><br/>           Colonie de culoare neagra, forma concave, deasupra coloniei puf alb, reversul de culoare neagră, exudatul lipsește. Fialide mari de mărimea 1500X301 px. Conidiofori mici rotunzi, de mărimea 72,99., 70,65., 68.09 px.</p>                                         |    |    |    |
| 4 | <p><b><i>Aspergillus sp.</i></b><br/>           Colonie mare rotunda, pufoasă, culoare neagră, sporulentă, reversul in mijloc gri, iar pe margini neagră. Fialide de mărime 1500X306 px. Conidiofori mari de mărimea 75,99., 70,6</p>                                                                               |    |    |    |
| 5 | <p><b><i>Aspergillus sp.</i></b><br/>           Colonie de culoare neagra catifelată, la mijloc pufoasă, reversul de culoare neagră. Fialide mari de mărimea 1500X301 px. Conidiofori mici rotunzi de mărimea 72,99., 70,65., 68.09 px.</p>                                                                         |   |   |   |
| 6 | <p><b><i>Aspergillus fumigatus</i></b><br/>           Colonii mici pufoase, de culoarea verde-surie cu margine alba, reversul de culoare gri, marginea alba. Format din 2 rânduri de fialide, mărimea primului rând 401,28X425,69 px. Rândul 2 - 127,56X12,65 px. Conidiofori mici de mărimea 60,60., 71,22 px.</p> |  |  |  |
| 7 | <p><b><i>Aspergillus sp.</i></b><br/>           Colonie mare, rotunda, de culoare neagră, foarte sporulentă, reversul pe mijloc de culoare gri, iar pe margini neagră. Fialide mari de mărimea 1400X501px. Conidiofori mici rotunzi de mărimea 70,99., 70,6., 68.18 px.</p>                                         |  |  |  |

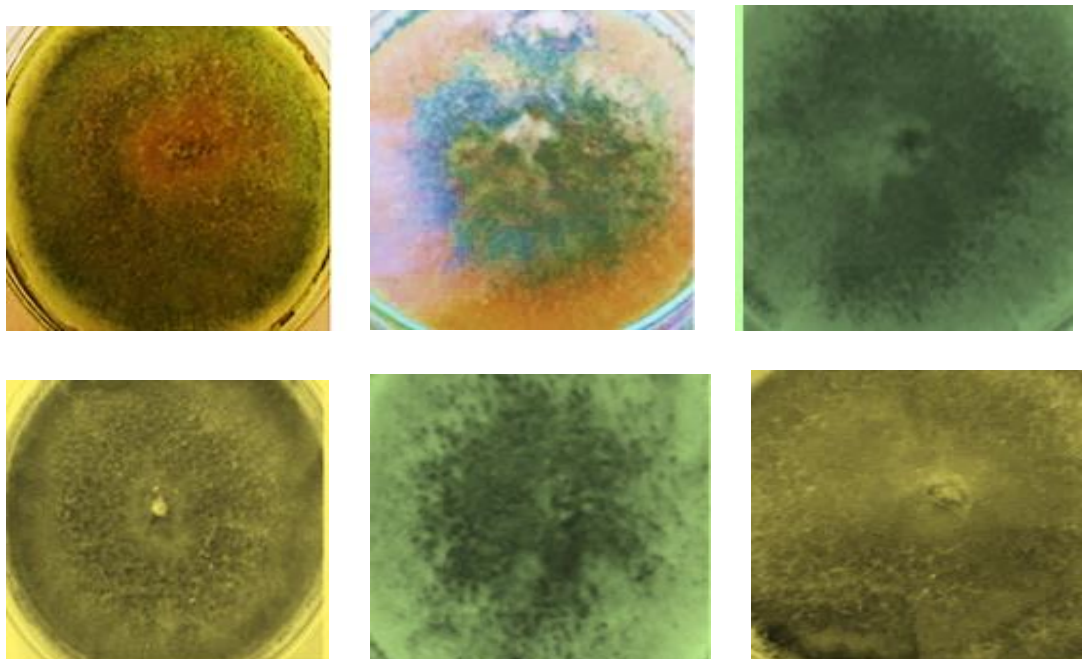


### Genul *Trichoderma*

Conform descrierii de către Min Qiao genul *Trichoderma* este caracterizat prin conidiofori asemănători arborilor, ramuri pereche sau în spirale de 3–4, fialide fusiforme ( $5,0\text{--}10,0 \times 2,0\text{--}3,0 \mu\text{m}$ ), conidii subgloboze până la globoase ( $3,7\text{--}4,9 \times 3,1\text{--}3,8 \mu\text{m}$ ) [166].

Tulpinile izolate reprezentanți ai genului *Trichoderma* se caracterizează prin colonii foarte extinse, pufoase, de culoare inițial albă, apoi verde cu nuanțe diferite (galben, alb), sporularea diferită (mai intense la mijlocul sau marginea coloniei), conidiofori ramificați, conidii cu forme diferite (sferice, ovale, alungite) colectate în capete. La unele au fost observate mănunchiuri de conidiofori ramificați cu fialide situate solitar sau în grupuri de 2-3, iar la altele în grupuri a câte 5-6 ce au forme diferite ca și conidiile și clamidosporii.

Caracterele morfologice distincte ale micromicetelor din acest gen: miceliul acoperă placa după 72 de ore la 25 °C și 30 °C pe mediul agarizat, fără creștere la 35 °C. Colonii omogene sau neomogene, nuanțe de galben pal, sau verde, contur circular. Hife aeriene rare, relativ abundente la margine, distinct radiale, arahnoide. Producția de conidii după 4 zile. În Fig. 3.2.3. sunt prezentate colonii ale tulpinilor din genul *Trichoderma* izolate din bazinele acvatice.

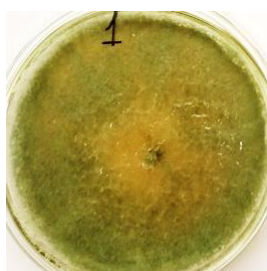
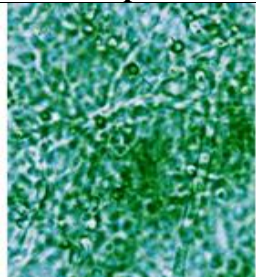
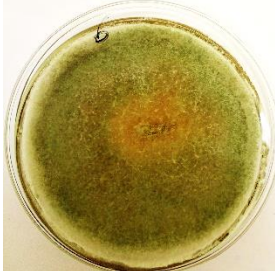
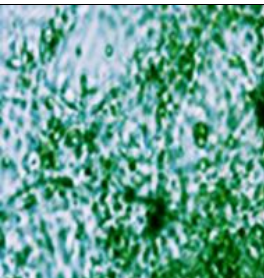
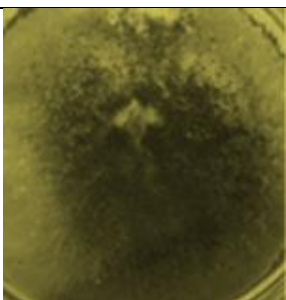
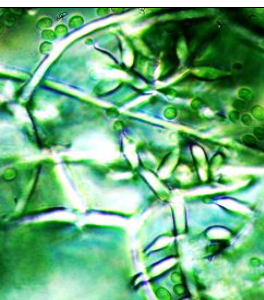
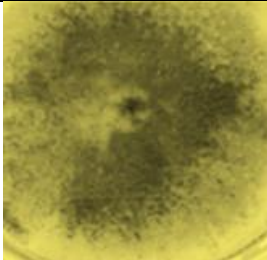
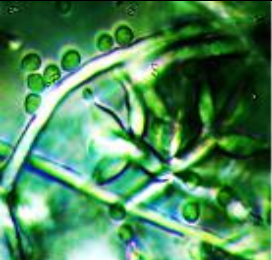
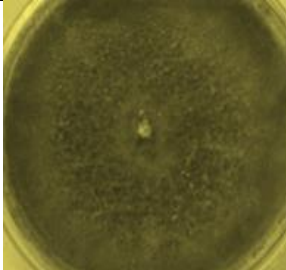
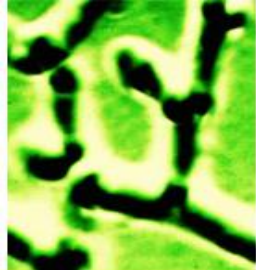


**Figura 3.2.3. Colonii ale tulpinilor din genul *Trichoderma* izolate din bazinele acvatice**

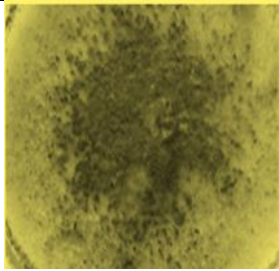
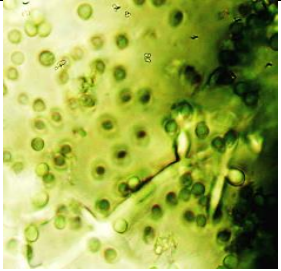
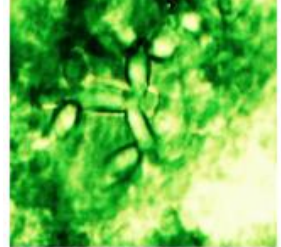
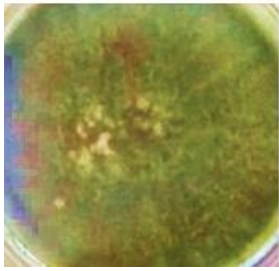
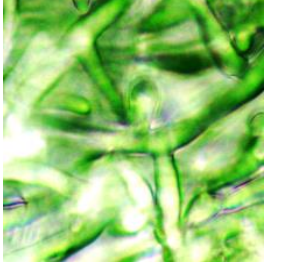
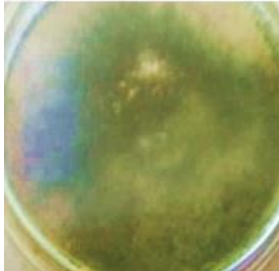
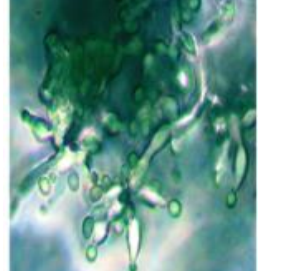
În Tab. 3.2.4 sunt descrise caracterele morfo-culturale ale unor tulpini din genul *Trichoderma* izolate din lacurile „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”.

Conform datelor obținute din genul *Trichoderma* cele mai întâlnite specii au fost: *Tr. viride*, *Tr. harzianum*, *Tr. atrobrunneum*, *Tr. vermifimicola*, *Tr. longibrachiatum*, *Tr. simmonsii*, *Tr. lentiforme*, *Tr. zeloharzianum*.

**Tabelul 3.2.4. Caracterele morfo-culturale ale unor tulpini de micromicete din genul *Trichoderma* izolate din lacurile „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”.**

| No | Genul tulpinii                                                                                                                                                                                                                                              | Fata                                                                                | Revers                                                                               | Imagine microscopică                                                                  |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | <i>Trichoderma simmonsii</i><br>Colonie, axială, de culoare verde- surie, marginea mai pufoasă, reversul culoare surie, lipsa de exsudat. Fialide de mărimea 166,47x 64,0 px<br>Conidiofori rotunzi netezi de 52,15., 40,20., 45,16 px.                     |    |    |    |
| 2  | <i>Trichoderma sp.</i><br>Colonie axială de culoare verde surie, margini mai pufoasă, reversul de culoare surie, lipsa de exsudat. Fialide de lungimea 166,47x 64 px. Conidiofori rotunzi netezi de mărimea 52,15.,40,20., 45,16 px.                        |    |    |    |
| 3  | <i>Trichoderma. sp.</i><br>Colonie rotunda, axială de culoare verde închis la mijloc albă , bombată, pufoasă pe margini, reversul de culoare sură cu margini albe. Fialide de mărimea 160,67x 60,0 px. Conidiofori rotunzi, netezi 50,15., 50,20., 45,0 px. |   |   |   |
| 4  | <i>Trichoderma sp.</i><br>Colonie rotunda, axială, culoarea verde închis, pe margine spori de culoare albă, reversul suriu. Fialide de mărimea 150,57x 50,70 px. Conidiofori rotunzi netezi de mărimea 60,45.,55,20., 45,60 px.                             |  |  |  |
| 5  | <i>Trichoderma. sp.</i><br>Colonie axială, rotunda, culoarea verde, pufoasă pe margine, fără exude, verersulde culoare sur închisă. Fialide de mărimea 160,40x 60,60 px. Conidiofori rotunzi netezi de mărimea 50,45.,55,30., 55,34 px.                     |  |  |  |

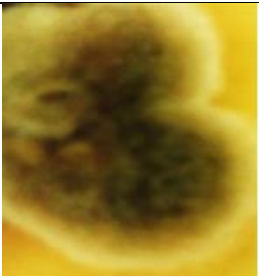
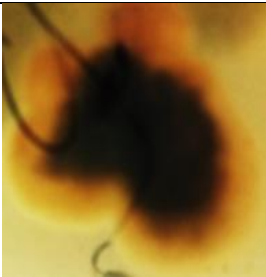
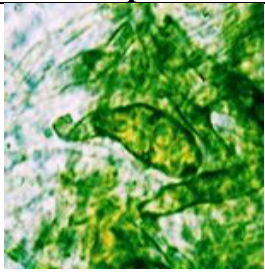
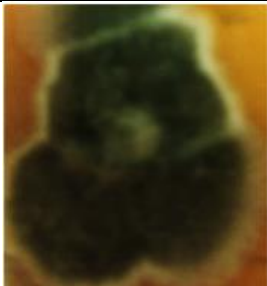
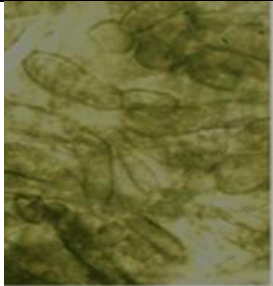


|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 6 | <p><b><i>Trichoderma sp.</i></b><br/>           Colonie verde, axială, pe margini miceliu de culoare albă, în mijloc este granulată, fără exudat, reversul de culoare gri.<br/>           Fialide de mărimea 165,45x66.07 px.<br/>           Conidiofori rotunzi netezi de mărimea 55,14.,45,17px</p> |    |    |    |
| 7 | <p><b><i>Trich. longibrachiatum</i></b><br/>           Colonie rotunda, rugoasă, de culoare verde, care se întinde uniform pe tot perimetru, reversul de culoare sur închis. Fialide mărimea 145,45x66.07px<br/>           Conidiofori rotunzi netezi de mărimea 65,49,56,19 px</p>                   |    |    |    |
| 8 | <p><b><i>Trichoderma harzianum</i></b><br/>           Colonie pufoasă, axială, de culoare verde surie în mijloc puțin albă, reversul de culoare surie, în mijloc albă. Fialide de mărimea 155,55x66.07 px.<br/>           Conidiofori rotunzi netezi de mărimea 55,39, 56,33px</p>                    |   |   |   |
| 9 | <p><b><i>Trihoderma sp.</i></b><br/>           Colonie, axială, pufoasă de culoare verde închis, marginea de culoare albă, reversul de culoare surie, fără exudat. Fialide de mărimea 150,55x56.0 px<br/>           Conidiofori rotunzi netezi de mărimea 60,9,58,29 px</p>                           |  |  |  |

### Genul *Alternaria*

În cadrul analizei efectuate asupra bazinelor acvatice, din bazinul „La Izvor” au fost identificate un total de 23 de tulpini din genul *Alternaria*, în timp ce din lacul „Valea Morilor” au fost izolate 10 tulpini, iar din lacul „Valea Trandafirilor” s-au izolat 12 tulpini. Caracteristicile caracterelor morfo-culturale ale unor tulpini izolate din bazinele acvatice din genul *Alternaria* sunt prezentate în tabelul 3.2.5.

**Tabelul 3.2.5. Caracterile morfo-culturale ale unor micromicete din genul *Alternaria* izolate din lacurile „La Izvor”, si „Valea Morilor”**

| No | Tulpina                                                                                                                                                                                                                | Fata                                                                              | Revers                                                                             | Imagine microscopică                                                                |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | <b><i>Alternaria sp.</i></b><br>Colonii mici, pufoase, de culoare gri-închisă, marginea albă, reversul- roșietic cu margine albă.<br>Fialide septatae in 5-6 segmente de mărime 561,55x192,21 px.<br>Conidii 90,24 px. |  |  |  |
| 2  | <b><i>Alternaria sp.</i></b><br>Colonie mici pufoase de culoare verde închis cu marginea albă, reversul de culoare neagră. Fialide septate in 3-4 segmente de mărime 540,65x182,70 px. Conidii 85,2 px.                |  |  |  |

Conform lui Hudec K, „tulpinile din genul *Alternaria* se caracterizează prin colonii efuze, de culoare gri, maro negricios închis sau negre. Miceliu imersat sau parțial superficial, hife incolore, maro-olice sau maro. Conidiofori simpli sau neregulați, slab ramificați, culoarea maro pal sau brun, solitari sau in fascicule. Conidiile terminale, politretice, simpodiale sau monotretice, cicatrizate. Conidii catenate sau solitare, uscate, ovoide, obovoide, cilindrice, îngust elipsoide sau obclavate, cu cioc sau fără cioc, pal sau mediu oliveo-brun până la brun, netede sau verucoase, cu sept transversale și cu sau fără sept oblice sau longitudinale. Septele pot fi groase, întunecate și rigide și se poate forma o structură internă asemănătoare celulelor. Sunt cunoscute specii cu creștere meristematică” [110].

### **Genul *Fusarium***

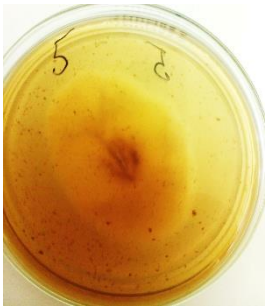
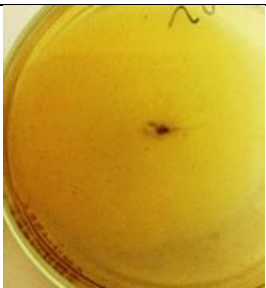
Tulpinile din genul *Fusarium* se caracterizează prin colonii mari, de culoare deschisă, pufoase sau catifelate, reversul de culoare deschisă, produc trei tipuri de spori: macroconidii, microconidii și chlamydospori. Macroconidiile septate pot fi produse pe monofialide și polifialide în miceliul aerian, dar și pe monofialide scurte în structuri specializate numite sporodochie. Microconidii pot varia după formă și dimensiune, sunt produse în miceliul aerian în aglomerări sau lanțuri, atât pe monofialide cât și pe polifialide. Chlamydospori sunt structuri de rezistență cu pereți îngroșați și conținut ridicat de lipide; în cazul prezenței lor, se pot forma în mijlocul hifelor sau la nivelul lor termeni. Forma diferită a macroconidiilor rămâne cea mai importantă caracteristică pentru distingerea speciilor [184].

Tulpinile izolate din bazinele acvatice, sau caracterizat prin colonii mari pufoase, de culoare albă, cu nuanțe de roz, galben, gri, reversul de culoare deschisă, creștere abundentă, unele avea microconidii cu forme diferite (ovală, alungită), altele cu macroconidii septate (2 - 5 segmente) cu forme diferite la capăt (rotundă, ascuțită, în formă de seceră, canoi, etc), conidii de mărimi și forme diferite (ovale, rotunde, în formă de fasole), suprafața netedă sau rugoasă.

Cele mai des întâlnite dintre tulpini izolate din genul *Fusarium* au fost reprezentate de speciile *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. nivale*, *F. gibbosum*.

În Tabelul 3.2.6 sunt prezentate unele colonii de *Fusarium* izolate din bazinele acvatice și descrise caracterele morfo-culturale ale acestora.

**Tabelul 3.2.6. Tulpini de micromicete din genul *Fusarium* colectate din lacurile „Valea Morilor” „La Izvor” și „Valea Trandafirilor”**

| No | Tulpina                                                                                                                                                                                 | Fata                                                                                | Revers                                                                               | Imagine microscopică                                                                  |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | <b><i>Fusarium sp.</i></b><br>Colonie mare ovală, axială, pufoasă de culoare albă, reversul - alb. Conidiofor septat în 1-2 segmente de mărimea 264,48x129. Conidii în formă de fasole. |   |   |   |
| 2  | <b><i>Fusarium solani</i></b><br>Colonie mare ovală, axială, culoarea albă, reversul alb. Conidiofor septat în 3-4 septe de mărimea 424,8x120,86. Macroconidii în formă de canoaia.     |  |  |  |
| 3  | <b><i>Fusarium nivale</i></b><br>Colonie mare de culoare albă, axială catifelată, pe margini mai pufoasă. Conidiofor septat în 1-2 segmente de mărimea 633,62 x 120,86. Conidii ovale.  |  |  |  |

### Genul *Mucor*

Caracteristic pentru acest gen este miceliul aerian foarte bine dezvoltat, care peste 2-3 zile de cultivare pe medii agarizate împânzește toată cutia Petri. Se caracterizează prin formarea



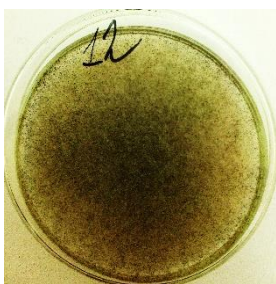
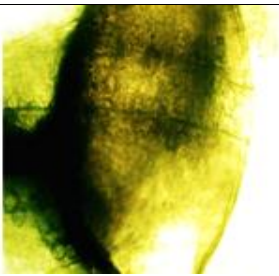
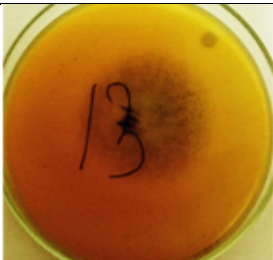
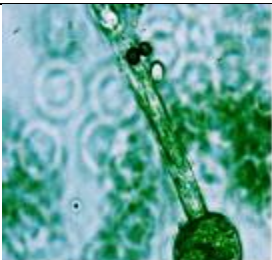
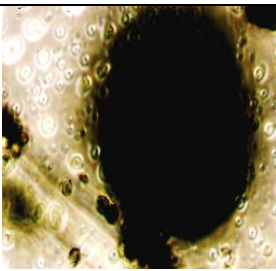
de sporangiospori în stilosporange. La maturitate, prin ruperea membranei și eliberarea sporilor rămâne la baza columelei un coluar. Sprangiosforii pot fi repartizați de-a lungul hifelor vegetative, monopodial, simpodial, sau dichotomic. În funcție de specie columela poate avea dimensiuni și forme diferite.

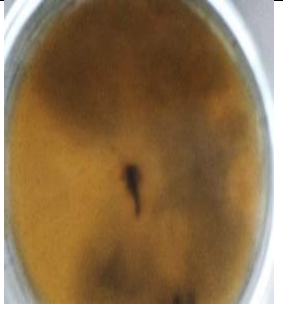
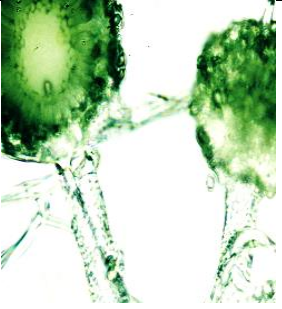
Din lacul „La Izvor”, au fost izolate 9 tulpini ai genului *Mucor*, din lacul „Valea Morilor” 5 tulpini, iar din lacul „Valea Trandafirilor” 4 tulpini.

### Genul *Rhizopus*

Dintre tulpinile izolate, un număr mai mic de tulpini au fost identificate ca reprezentanți ai genului *Rhizopus*. Astfel, din lacul „La Izvor” au fost izolate 9 tulpini, în lacul „Valea Morilor” - 3 tulpini, iar în lacul „Valea Trandafirilor” - 2 tulpini. În Tab. 3.2.7 sunt prezentate caracterele morfo-culturale ale unor tulpini din genul *Rhizopus*, izolate din lacurile „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”.

**Tabelul 3.2.7. Caracterele morfo-culturale ale unor micromicete din genul *Mucor* izolate din lacurile „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”**

| No | Tulpina                                                                                                                                                                                                    | Față                                                                                | Revers                                                                               | Imagine microscopică                                                                  |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | <b><i>Mucor sp.</i></b><br>Colonie pufoasă de culoare neagră surie. Spori de culoare neagră. reversul de culoare surie. Fialide de mărime 1760x1942 px. Conidia de mărimea 140,46 px.                      |   |   |   |
| 2  | <b><i>Mucor sp.</i></b><br>Colonie pufoasă, rotundă de culoare verde suriu în mijloc și albă la periferie, reversul de culoare surie cu marginea albă. Fialide mari de 527,06x511,62 px. Conidii 148,5 px. |  |  |  |
| 3  | <b><i>Mucor sp.</i></b><br>Colonie rotundă, pufoasă de culoare surie deasupra albă, revers - surie - albuie. Fialide mari de dimensiune 557,76x619,97 px. Conidia 150,3 px.                                |  |  |  |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <p><b><i>Mucor sp.</i></b><br/>         Colonie rotunda<br/>         pufoasă de culoare<br/>         surie pală, reversal de<br/>         culoare gri deschis.<br/>         Fialide mari de<br/>         dimensiune<br/>         557,76x619,97px.<br/>         Conidii de mărimea<br/>         145,50.px.</p> |  |  |  |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|

Tulpinile din genul *Rhizopus* se caracterizează prin colonii mari. Extinderea coloniei are loc rapid pe medii agarizate, la temperaturi de 25-30°C, ca urmare a formării unor lăstari micelieni denumiți stoloni. Stilosporange de dimensiuni mari cu columelă semisferică, fără collar după ruperea membranei sporangelui. Sporangioforii se dezvoltă în mănunchi dintr-un punct în care se dezvoltă rhizoizi-hife de susținere cu rol absorbant. Sporii sunt numeroși, rotunzi de culoare neagră sau gri.

#### **Genul *Acremonium***

Tulpinile izolate din genul *Acremonium* se caracterizează prin colonii pufoase mici, de culoare albă cu nuanțe diferite (crem, gri, roz pal), conidiofori sub formă de ramuri de miceliu laterale, conidii mici, ovoide, netede, la capete sau în lanțuri. Hifele sunt subțiri, fialidele lungi, înguste sau conice, cu ramificații simple, sau verticilate

În lacurile luate în studiu, au fost identificate într-un număr restrâns tulpini din genul *Acremonium*. Din lacul „La Izvor” s-au identificat 9 tulpini din acest gen, iar câte 2 tulpini au fost izolate din lacul „Valea Morilor” și lacul „Valea Trandafirilor”. Colonii ale tulpinilor din genul *Acremonium* izolate din lacul „La Izvor” fiind reprezentate în (Fig. 3.2.4).



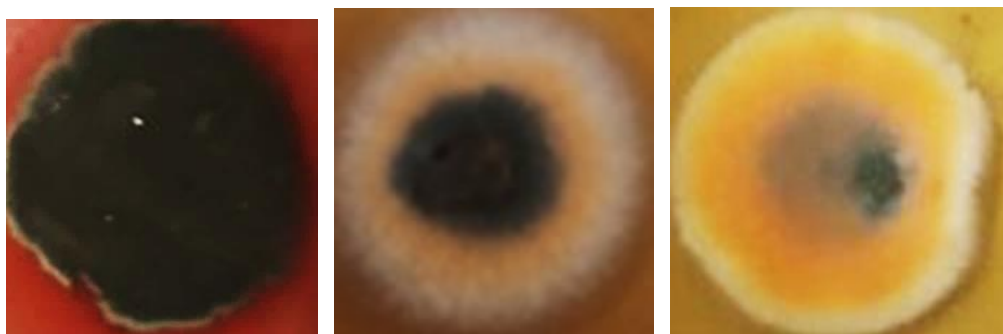
**Figura 3.2.4 Colonii ale tulpinilor din genul *Acremonium***

#### **Genul *Talaromyces***

*Talaromyces* este un gen de fungi miceliari din familia *Trichocomaceae*, bazat pe telemorful *Penicillium* și a fost descris în 1955 de micologul american Chester Ray Benjamin. Se

caracterizează prin colonii mari, pufoase, de culoare preponderent verde, sau galben, crem, roz sau roșietică. Conidioforii biverticilați sau terverticilați cu fialide aceroză cu vârful îngust. Speciile din acest gen formează corpuri de fructificație moi, (ascocarpi) cu pereți celulari din hife strâns întrețesute. Corpurile fructelor sunt adesea gălbui sau sunt înconjurate de granule gălbui. Studiile filogenetice primare ale *Talaromyces spp.* au dezvăluit că formează o cladă distinctă care include specii clasificate anterior în *Penicillium* subgenul *Biverticillium*, separate de *Eupenicillium* și *Penicillium spp.* în alte subgenuri [213; 21].

În Fig. 3.2.5 sunt prezentate colonii de micromicete, reprezentanți ai genului *Talaromyces*, izolate din bazinele acvatice „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”.



**Figura 3.2.5. Colonii ale tulpinilor din genul *Talaromyces***

Caracteristic pentru tulpinile din acest gen este prezența pigmentului, care colorează mediul agarizat. Coloniile sunt de 2-4 cm, sunt pufoase, culoarea crem, galben intens, cu nuanțe roz, sau verzui, la mijloc mai întunecate, marginea albă, reversul galben sau roșu. Conidiofori netezi, sau cu pereți aspri, cu ramuri subterminale, unele specii monoverticilate sau cu fialide solitare. Metulele din 3-10 fialite de lungimi diferite. Unul sau 2 rânduri de fialide. Conidii aseptate cu suprafața netedă sau cu spini, verzi sau gălbui, cu forme diferite de la ovoidale, globoase, elipsoidale până la fuziforme, ce formează lanțuri.

### **Genul *Botrytis***

Toate speciile de *Botrytis* prezintă trăsături morfologice comune: colonii mari, pufoase, culoarea gri sau gri-verzuie, reversul gălbui, verzui. Conidioforii în formă de strugure (poartă ciochine). Dimensiunea, forma și numărul macroconidiilor sunt diferite, organizarea și dimensiunea scleroților și morfologia miceliu este diferită pe mediile agarizate. Sunt micromicete fitopatogene foarte răspândite pe plantele agricole.

În cadrul cercetărilor efectuate asupra lacurilor examinate, s-au identificat un număr relativ mic de specii de *Botrytis*. Din lacul „La Izvor” au fost izolate 8 tulpini, în timp ce din lacul „Valea Morilor” și lacul „Valea Trandafirilor” s-au izolat a câte 2 tulpini. Aceste observații sugerează o diversitate mai scăzută a speciilor de *Botrytis* în aceste ecosisteme acvatice.



### Genul *Trichocladium*

Genul *Trichocladium*. Colonii mari foarte pufoase, inițial de culoare deschisă (albă), la mijocul coloniei miceliul mai lung de culoare albă sau surie. Reversul incolor, sau galben-pal. Conidiofori lungi în mănunchiuri, de culoare negricioasă, conidiile sunt ovale, măslinii cu constricție bicelulară în tinerețe, unicelulare Fig. 3.2.6. Aceste tulpini sunt paraziți ai frunzelor .

Tulpini din genul *Trichocladium* au fost întâlnite doar în lacul „La Izvor”, unde s-au izolat 3 tulpini din acest gen. Acest fapt sugerează că, în lacurile situate în municipiul Chișinău, tulpinile din genul *Trichocladium* sunt relativ rare și nu sunt întâlnite frecvent în aceste ecosisteme acvatice.

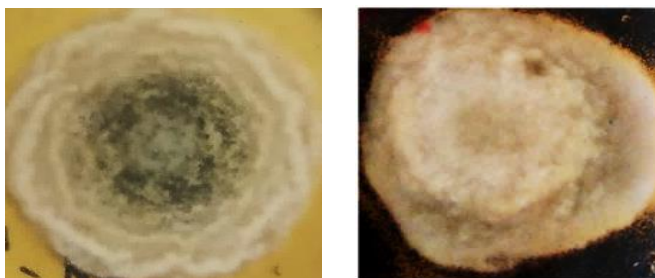


Figura 3.2.6 Colonii ale tulpinilor din genul *Trichocladium*

### Genul *Cladosporium*

Colonii de *Cladosporium* spp. se caracterizează prin miceliul catifelat, făinoase, de culoare gri-verde până la verde-măsliniu, reversul gălbui-verzui. Cresc rapid, temperatura optimă de inoculare 25°C. Hifele sunt târâtoare, septate la suprafață sau în substrat. Conidiofori aproape erecți, ramificați și flocoși, adesea formează un gazon de culoare măsliniu. Formează blastosporii (1 – 3), variabili ca formă și mărime. Conidii unicelulare, verzui, globoase sau ovale Fig. 3.2.7.(1)

Din genul *Cladosporium* au fost izolate un total de 6 tulpini din lacul „La Izvor”, 2 tulpini din lacul „Valea Morilor” și doar o tulpină din lacul „Valea Trandafirilor”. Aceste observații sugerează o prezență mai semnificativă a speciilor din acest gen în lacul „La Izvor”, în comparație cu celelalte două lacuri luate în studiu.

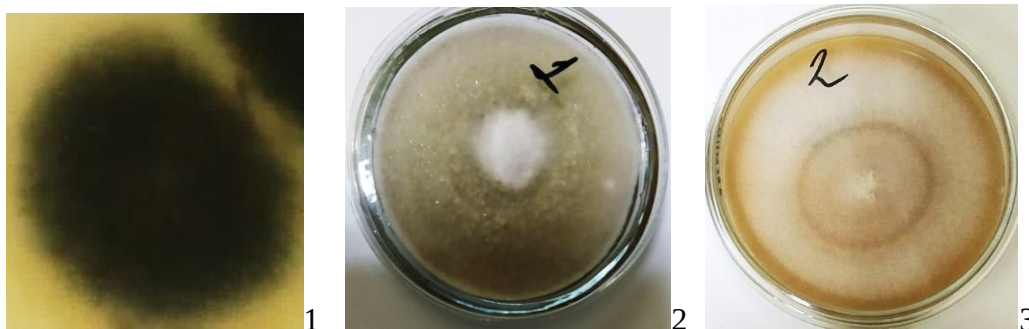


Figura 3.2.7. Colonii de micromicete: 1 – *Cladosporium*; 2- *Phoma*; 3 – *Chaetomium*

### **Genul *Phoma***

Tulpinile din genul *Phoma* se caracterizează prin colonii mari, la mijloc miceliul formează un ascom solitar, subglobos, conic, lat sau îngust, de dimensiuni mici, initial alb, apoi brun închis până la negru, neted. Conidioforii sunt celule conidiogene fialidice, hialine, netede, ampuliforme. Conidii hialine, aseptate, elipsoidale până la subcilindrice (Fig. 3.2.7 (2)).

Din genul *Phoma* au fost izolate 4 tulpini în lacul „La Izvor”, iar din lacurile „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor” a fost izolată câte o tulpină din acest gen

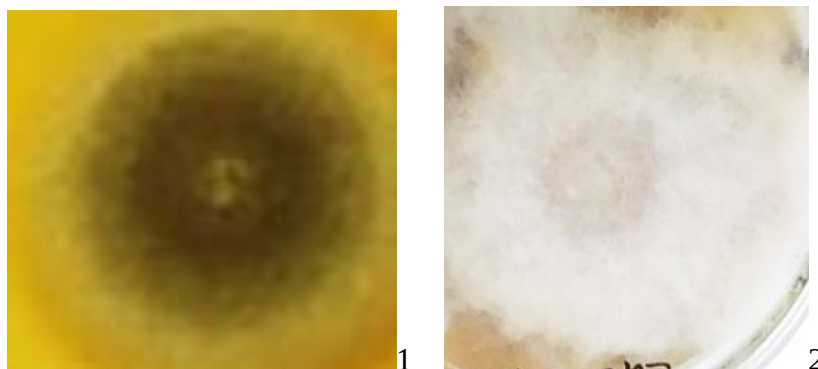
### **Genul *Chaetomium***

Un număr mai mare de tulpini din genul *Chaetomium* a fost izolat din lacul „La Izvor”, de unde s-au izolat 5 tulpini. În schimb, în lacul „Valea Morilor” a fost izolată o singură tulpină, iar în lacul „Valea Trandafirilor” 2 tulpini.

Tulpinile din genul *Chaetomium* au ascomate ostiolate cu un perete peritecial membranaceu acoperit de fire de păr relativ bine dezvoltate, produc asci fasciculați și evanescenti și ascospori unicelulari, netezi și pigmentați. Unele specii produc ascomate globuloase până la ovate, cu un perete format din textura intricată, acoperită de o morfologie diversă a perilor ascomatali, care variază de la erecți, flexibili până la încolăciți. Ascomatele conțin asci clavați, iar ascosporii sunt limoniformi și de formă aplatizată bilateral și au un por germen apical (Fig. 3.2.7 (3)).

### **Genul *Ulocladium***

Tulpinile din genul *Ulocladium* se caracterizează prin creștere rapidă, colonii mari, pufoase, de culoare gri închis, neagră sau verzuie, reversul de culoare gri au verzuie. Conidioforii de culoare maro pal, erecți, multicelulați. Conidiile negre, aspre, cu baza ascuțită când sunt tinere, cu septuri transversale și longitudinale, simple sau în lanț scurt. Speciile din acest gen sunt atât agenți patogeni ai plantelor, cât și agenți de alterare a alimentelor (Fig. 3.2.8).



**Figura 3.2.8. Colonii ale tulpini de fungi din genul 1-*Ulocladium* și 2-*Ambrosiela***

Tulpinile din genul *Ulocladium* sunt mai rar întâlnite în lacurile studiate. Din lacul „La Izvor” au fost izolate 3 tulpini, în timp ce din lacul „Valea Morilor” a fost izolată o singură tulpină, iar în lacul „Valea Trandafirilor” nu au fost depistate tulpini din genul *Ulocladium*. Aceste rezultate sugerează o prezență limitată a acestui gen în habitatele studiate.

### **Genul *Ambrosiella***

Tulpinile din genul *Ambrosiella*, se caracterizează prin colonii mari, hifale cu creștere rapidă, rare, culoarea albă, gri deschis, cu centre de culoare închisă, reversul incolor sau gălbui. Produce două tipuri de conidii: fialoconidia înălțuită din fialide și aleurioconidia înălțuită pe conidiofori ramificați non-monilioizi. Sporularea este densă pe întreaga suprafață (Fig. 3.2.8).

Specii din genul *Ambrosiella* s-au izolat doar din lacul „La Izvor ” pe când în lacurile „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor” nu s-au identificat tulpini din genul *Ambrosiella*.

### **Genul *Monilia***

Tulpinile din genul *Monilia* se caracterizează prin colonii mari, miceliu târător, septat, răspândindu-se în interiorul substratului și formând părți dense de tampoane de fuziune pe suprafața sa; hife purtătoare de spori, ascendente vertical sau ridicate deasupra substratului miceliului, în mare parte, aglomerate dicotomic sau incorect, slab sau abundent ramificate. Conidii elipsoidale, ovate în formă de lămâie, rareori sferice, unicelulare, incolore sau de culoare deschisă.

După examinarea particularităților morfo-culturale tulpinile fungice au fost transferate în tuburi agarizate pentru efectuarea cercetărilor ulterioare privitor la evaluarea proprietăților lor enzimatic, antimicrobiene și fitostimulatoare.

Rezultatele obținute, în acest compartiment, denotă, că diversitatea micromicetelor în bazinele acvatice este foarte vastă. Pe baza caracterelor morfologice și culturale, au fost identificate 18 genuri de micromicete, izolate din probele de apă, sedimente și biofilme ale bazinelor acvatice „La Izvor” , „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor” din municipiul Chișinău. Însă o parte din tulpinile de micromicete izolate, care constituie în medie 18-20% din numărul total, nu au fost identificați, deoarece necesită cercetări suplimentate prin metode mai precise, cum ar fi identificarea prin metoda microbiologiei moleculare.

În toate probele (apă, sedimente, biofilme) predomină reprezentanții genurilor *Aspergillus* și *Penicillium*, frecvența de apariție a cărora constituie în jur de 20% din numărul total de micromicete depistate.

Rezultatele obținute în cadrul acestui compartiment au fost diseminate prin publicațiile: [224; 226; 231; 236; 305; 313; 316; 324; 334].

### 3.3. Identificarea unor tulpini prin tehnici de biologie moleculară

Inițial, clasificarea fungilor de apă dulce s-a bazat pe cadrul taxonomic morfologic al ascomicetelor precum corpurile fructifere și sporii, însă progresele în tehnicile moleculare au schimbat rapid acest sistem. Astfel, metoda tradițională de secvențiere a ADN-ului (secvențierea Sanger), a revoluționat biologia moleculară. Aceasta se baza pe înserarea unor nucleozide marcate radioactiv sau fluorescent în procesul de sinteză a ADN-ului, iar capătul secvenței era determinat pe baza semnalelor emise. Secvențierea ADN-ului permite obținerea unei hărți detaliate a materialului genetic al unui organism și furnizează informații despre structura, funcția și evoluția genelor. Deși era precisă această metodă a fost înlocuită de tehnologii de secvențiere de nouă generație, deoarece era costisitoare și de lungă durată [221].

Ulterior au fost dezvoltate tehnici moleculare pentru identificarea tulpinilor noi, care se bazează pe secvențierea genelor ribozomale nucleare (SSU, ITS și LSU), aceste date sunt disponibile în baze de date precum NCBI Gen Bank. De asemenea se utilizează și markeri de codificare a proteinelor, cum ar fi RPB2, tef1 și MCM7, pentru a determina relațiile filogenetice ale tulpinilor strâns înrudiți [152; 69]. În prezent există mai multe tehnici de secvențiere genomică, fiecare având avantajele și aplicațiile sale specifice

Expresia genelor funcționale la fungii acvatici reprezintă un instrument valoros pentru monitorizarea stresorilor de mediu. Tehnicile moleculare moderne, cum ar fi PCR-ul cantitativ și secvențierea ARN-ului, oferă metode rapide și sensibile pentru a detecta modificările în expresia genică. Aceste metode permit identificarea răspunsurilor la poluanți specifici, cum ar fi metalele grele și contaminanții emergenți [31].

Compoziția comunității fungice acvatice a fost influențată semnificativ de calitatea locală a apei, indicând că ADN-ul reflectă activitatea fungilor din ecosistem, nu doar intrările exogene de ADN. Secvențierea de mare viteză a ampliconilor DNA este o metodă robustă pentru caracterizarea diversității fungilor acvatici, oferind informații critice despre interacțiunea comunităților fungice cu mediul [81].

Analizele filogenetice ale speciilor existente și introducerea de noi tulpini au contribuit la crearea unui sistem de clasificare modern al regnului Fungi, care se modifică neîncetat. În acest context, au fost descrise multe genuri, familii, ordine și chiar subclase noi [69].

Au fost identificați 14 tulpini acvatici, izolați din lacul „La Izvor” din mun. Chișinău, prin tehnici ale biologiei moleculare până la specie fiind aplicată amplificarea și secvențierea ARNr 16S.

Tulpinile au fost izolate din apă, sedimente și biofilm. Toate tulpinile se deosebeau după caracterele morfologice și culturale. Identificarea s-a efectuat la Institutul de Biologie din

București, România în colaborare cu colaboratorii Institutului (Ruginescu R., Enache M.) fiind utilizate chituri pentru identificarea fungilor. Rezultatele obținute sunt prezentate în Tab.3.2.7

În rezultatul identificării s-a constatat că, tulpinile studiate aparțin genurilor *Talaromyces* (7 tulpini), *Trichoderma* (5 tulpini) și *Aspergillus* (1 tulpină) [262].

**Tabelul 3.2.8. Rezultatele identificării tulpinilor de fungi prin tehnici de biologie moleculară**

| <b>Tulpina</b> | <b>Perechi de baze (pb)</b> | <b>Similaritate</b>                         |
|----------------|-----------------------------|---------------------------------------------|
| B1             | 461                         | <i>Talaromyces tumuli</i> NRRL 62151        |
| B5             | 528                         | <i>Trichoderma atrobrunneum</i> CBS 548.92  |
| B8             | 477                         | <i>Talaromyces adpressus</i> CBS 140620     |
| A1             | 549                         | <i>Trichoderma atrobrunneum</i> CBS 548.92  |
| A3             | 474                         | <i>Talaromyces purpureogenus</i> CBS 286.36 |
| A4             | 513                         | <i>Talaromyces purpureogenus</i> CBS 286.36 |
| A5             | 513                         | <i>Talaromyces purpureogenus</i> CBS 286.36 |
| A13            | 575                         | <i>Trichoderma longibrachiatum</i>          |
| N3             | 513                         | <i>Talaromyces purpureogenus</i> CBS 286.36 |
| N7             | 509                         | <i>Talaromyces purpureogenus</i> CBS 286.36 |
| N8             | 520                         | <i>Aspergillus fumigatus</i> ATCC 1022      |
| A23            | 520                         | <i>Aspergillus fumigatus</i> ATCC 1022      |
| N9             | 537                         | <i>Trichoderma simmonsii</i> CBS 130431     |
| N14            | 555                         | <i>Trichoderma longibrachiatum</i>          |

Notă: A- tulpini izolate din apă; B- tulpini izolate din biofilme și N – tulpini izolate din sedimente

După identificare la fiecare tulpină a fost elaborat pașaportul și depozitate în CNMN, ca potențiali producători de substanțe bioactive. Tulpinilor li s-a atribuit număr de înregistrare, cu ulterioara includere în Catalogul CNMN, care poate fi accesat pe *site-ul* [cnmn.imb.md](http://cnmn.imb.md).

#### **Caracteristica tulpinilor de micromicete identificate conform pașaportului:**

##### **Talaromyces tumuli – Talaromyces tumuli CNMN FD 22**

Tulpina a fost izolată din biofilmul lacului „La Izvor”, din mun. Chișinău, R. Moldova, în anul 2020 pe mediu malț-agar, la temperatura de 28-30°C.

Caracterele morfo-culturale ale tulpinii: Crescută pe mediul mal-agar la temperatura de 20-25°C tulpina formează colonii de 2-3 cm, funiculoase, inițial de culoare verde, apoi albastru-verde, la T 30°C coloniile sunt mai mici și mai închise la culoare, sporulația abundentă, exudatul incolor sau galben caisat, reversul de culoare galben deschis. Conidioforii (150–200 × 2,0–3,0 μm) netezi, purtând terminale biverticilate, uneori monoverticilate. Conidii subgloboze până la

elipsoidale, cu pereți netezi până la fin aspre, formează coloane scurte sau lanțuri scurte, dezordonate de 2-4  $\mu\text{m}$ .

Particularitățile fiziologo-biochimice ale tulpinii: Microorganism aerob. Tulpina crește în limitele de temperatură  $+5^{\circ}\dots+45^{\circ}\text{C}$ , optimul de dezvoltare  $+20\dots+35^{\circ}\text{C}$ , pH-ul mediului variază în limita 4,0 – 7,5. Tulpina utilizează glucoza, zaharoza, amidonul, se caracterizează prin activitatea enzimatică la amilaza și celulaza.

Importanța practică: Tulpina *Talaromyces tumuli* sintetizează exometaboliți cu activitate antifungică pronunțată asupra tulpinilor de fitopatogeni fiind valoroasă pentru agricultură datorită antagonismului față de aceștia. Prezintă zone de inhibiție a creșterii *in vitro* a următoarelor specii de fitopatogeni: *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*.

#### **Talaromyces adpressus Talaromyces adpressus CNMN FD 24**

Tulpina a fost izolată din biofilmul lacului „La Izvor”, din mun. Chișinău, R. Moldova, în anul 2020, pe mediu agarizat malț-agar.

Caracterele morfo-culturale ale tulpinii: Pe mediul mal-agar la temperatura de 25 - 28°C tulpina formează colonii ce au miceliul mai dezvoltat în centru cu o textură flocozată, inițial de culoare albă, apoi în centru verde, sporulare rară, pigmenți solubili absenți; exsudate absente; reversul - galben deschis. Diametrul după 7 zile 3,2-3,4 cm. Conidioforii biverticelează, tije netede, 250–400  $\times$  6-8  $\mu\text{m}$ . Metule de 250–400  $\mu\text{m}$ , câte 3-5 fialide per metulă, 15 - 20  $\times$  2-4  $\mu\text{m}$ . Conidii netede, globoase sau elipsoidale de 2- 4  $\mu\text{m}$

Particularitățile fiziologo-biochimice ale tulpinii: Microorganism aerob. Tulpina crește în limitele de temperatură  $+5^{\circ}\dots+40^{\circ}\text{C}$ , optimul de dezvoltare  $+25\text{-}28^{\circ}\text{C}$ , pH-ul mediului variază în limita 4,0 – 7,5. Tulpina utilizează glucoza, zaharoza, amidonul.

Importanța practică și domeniile de aplicare: Tulpina *Talaromyces adpressus* sintetizează exometaboliți cu activitate enzimatică semnificativă: amilaza, celulaza, catalaza și lipaza ce pot fi utilizați în diverse domenii, precum medicină, farmaceutică, agricultură, industria alimentară.

#### **Talaromyces purpureogenus - Talaromyces purpureogenus CNMN-FD-26.**

Tulpina a fost izolată din apa lacului „La Izvor”, anul 2020 pe mediu agarizat malț-agar. Caracterele morfologice-culturale ale tulpinii: Cultivată pe mediul mal-agar, timp de 7 zile formează colonii de 35–40 mm, mijloc concav, marginia de 3–4 mm; miceliu portocaliu verzui, marginea albă; textura flocozată, cu unele zone catifelate; sporulare moderat densă, la unele colonii absentă, conidii în masă de culoare verde tern; exudat absent; pigment solubil absent; revers de culoare galben maroniu până la portocaliu maroniu.

Conidioforii strict biverticilați, ramurile subterminale absente; stipuri cu pereți netezi,  $150\text{--}250 \times 2,5\text{--}3,5 \mu\text{m}$ ; metule în verticile de  $3\text{--}5$ ,  $9\text{--}13 \mu\text{m}$ ; fialide  $3\text{--}6$  per metulă de dimensiuni  $12\text{--}13,5 \times 2\text{--}3 \mu\text{m}$ ; conidii netede, elipsoidale de  $3\text{--}3,5 \mu\text{m}$ .

Particularitățile fiziologo-biochimice ale tulpinii: Microorganism aerob. Tulpina crește în limitele de temperatură  $+5^{\circ}\text{...}+35^{\circ}\text{C}$ , optimul de dezvoltare  $+25\text{--}28^{\circ}\text{C}$ , pH-ul mediului variază în limita  $4,0\text{--}8$ . Tulpina utilizează glucoza, zaharoza, amidomul.

Importanța practică: Tulpina sintetizează exometaboliți cu activitate antimicrobiană și enzimatică semnificativă. Poate fi utilizată în diverse domenii (agricultură, industria alimentară, industria farmaceutică, etc.).

**Tulpinile A4 și A 5**, izolate din probe diferite de apă ale lacului „La Izvor”, de asemenea au fost identificate ca *Talaromyces purpureogenus*. Acestea se deosebesc între ele după culoare, mărime și formă, dar și după capacitățile enzimaticice și antimicrobiene.

#### **Talaromyces purpureogenus - Talaromyces purpureogenus CNMN FD 28.**

Tulpina a fost izolată din sedimentele lacului „La Izvor,” din. mun. Chișinău, R. Moldova, în a 2020, pe mediul malt-agar.

Caracterele morfo-culturale ale tulpinii: Cultivată pe mediul malt-agar, timp de 7 zile formează colonii de  $35\text{--}40 \text{ mm}$ , mijloc concav, marginea de  $3\text{--}4 \text{ mm}$  de culoare albă, miceliu portocaliu cu nuanțe de maroniu; textura puțin flocozată, cu zone catifelate; sporulare densă, conidii în masă verde sau gălbui; exudatul lipsește; pigment solubil gălbui; revers de culoare portocalie spre maronie. Conidioforii strict biverticilați cu pereți netezi ( $150\text{--}250 \times 2,5\text{--}4,0 \mu\text{m}$ ), ramurile subterminale absente; metule în verticile de  $9\text{--}13 \mu\text{m}$ ; fialide  $5\text{--}6$  per metulă de  $12\text{--}14,0 \times 2\text{--}3 \mu\text{m}$ ; conidii netede, elipsoidale, sau ascuțite de  $3\text{--}4,0 \times 2\text{--}3,0 \mu\text{m}$ .

Particularitățile fiziologo-biochimice ale tulpinilor: Cresc în limitele de temperatură  $+5^{\circ}\text{...}+35^{\circ}\text{C}$ , optimul de dezvoltare  $+25\text{--}28^{\circ}\text{C}$ , pH-ul mediului variază în limita  $4,0\text{--}8$ , utilizează glucoza, saharoza, amidomul.

Importanța practică a tulpinilor (domeniul de utilizare): Sintetizează exometaboliți cu activitate antimicrobiană și enzimatică semnificativă (amilaza, catalaza, lipaza, celulaza), dar pot sintetiza și antibiotice. Pot fi utilizate în diverse domenii precum: agricultură, industria alimentară, industria farmaceutică, etc. pentru obținerea de substanțe bioactive.

#### **Talaromyces purpureogenus - Talaromyces purpureogenus CNMN FD 29**

Tulpina a fost izolată din nămol prelevat din lacul „La Izvor”, anul 2020 pe mediu malt-agar. Caracterele morfologice-culturale ale tulpinii: cultivată pe mediul malt-agar, timp de 7 zile formează colonii de  $35\text{--}40 \text{ mm}$ , mijloc concav, marginea de  $3\text{--}4 \text{ mm}$ ; miceliu portocaliu, marginea albă; textura flocozată, cu unele zone catifelate; sporulare moderat densă, conidii în masă verde tern; exudat absent; pigment solubil absent; colorare revers galben maronie.

Conidioforii strict biverticilati, ramurile subterminale absente; stipuri cu pereți netezi,  $150\text{--}250 \times 2,5\text{--}3,5 \mu\text{m}$ ; metule în verticile de 3–5,  $9\text{--}13 \mu\text{m}$  peste apex,  $12\text{--}14,5 \times 2,5\text{--}4 \mu\text{m}$ ; fialide aceroză, 3–6 per metulă,  $12\text{--}13,5 \times 2\text{--}3 \mu\text{m}$ ; conidii netede, elipsoidale,  $3\text{--}3,5 \times 2\text{--}2,5 \mu\text{m}$ .

Particularitățile fiziologo-biochimice ale tulpinii: Microorganism aerob. Tulpina crește în limitele de temperatură  $+5^{\circ}\text{...}+35^{\circ}\text{C}$ , optimul de dezvoltare  $+25\text{--}28^{\circ}\text{C}$ , pH-ul mediului variază în limita 4,0 – 8. Tulpina utilizează glucoza, zaharoza, amidonul.

Importanta practică a tulpinii (domeniul de utilizare): Tulpina *Talaromyces purpureogenus* sintetizează exometaboliți cu activitate antimicrobiană și enzimatică semnificativă (amilaza, catalaza, celulaza, lipaza) Poate fi utilizată în diverse domenii (agricultură, industria alimentară, industria farmaceutică, etc.).

#### **Trichoderma atrobrunneum - Trichoderma atrobrunneum CNMN FD 23,**

Tulpina a fost izolată din biofilm, lacul „La Izvor”, mun. Chișinău, R. Moldova în an 2020.

Caracterele morfologo-culturale ale tulpinii: cresc bine pe mediile malț-agar, cartof agarizat, Czapek. Pe mediul malț-agar după 3-4 zile formează colonii de 3 - 4 cm, culoarea coloniei se schimbă de la alb-verde la verde, apoi verde închis. Creșterea coloniei este zonală, reversul coloniei este incolor. În timpul formării conidiilor tulpina emite un miros caracteristic nucului de cocos. Creșterea maximă se observă la temperatura  $+25\text{--}28^{\circ}\text{C}$ . La temperatura de  $+35^{\circ}\text{C}$  creșterea încetinește semnificativ, iar la temperatura de  $+40^{\circ}\text{C}$  tulpina nu crește. Hifele sunt septate, ramificate, netede, de  $1,5\text{--}12 \mu\text{m}$  în grosime. *Chlamidosporii* sunt intercalați sau terminali, netezi, incolori, cu diametrul de  $8\text{--}13,6 \text{ mkm}$ . și formează în substrat. *Conidioforii* ramificați, amplasați opus, prevăzuți cu fialide situate solitar, sau în grupuri de 2-3. *Fialidele* au formă de „garafă” – adică bombate în partea de jos și subțiri la vârf, adesea curbate în partea terminală pe care sunt situate conidiile. *Fialosporii* sunt unicelulari, rotunzi sau elipsoidali, cu pereții netezi, mărimea de  $2,8\text{--}4,2 \times 2,8\text{--}3,5 \mu\text{m}$  (după Rifai  $2,8\text{--}3,2 \times 2,5\text{--}2,8 \mu\text{m}$  ), se formează solitar sau aglomerat la vârful fialidelor cu capi globulari.

Particularitățile fiziologo-biochimice ale tulpinilor: Microorganism aerob. Tulpinile cresc în limitele de temperatură  $+8^{\circ}\text{...}+35^{\circ}\text{C}$ , optimul de dezvoltare  $+25\text{--}28^{\circ}\text{C}$ , pH-ul mediului variază în limita 4,5 – 8,0, pH-ul optimal 5,5-6,5. În calitate de sursă de carbon asimilează: zaharoza, glucoza, amidonul, melasa, iar în calitate de sursă de azot anorganic sărurile:  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Tulpinile cresc bine pe substraturi organice de proveniență vegetală.

Importanta practică a tulpinilor sunt eficiente împotriva unui spectru larg de agenți patogeni ai culturilor agricole din genurile *Botrytis*, *Sclerotinia*, *Monilia*, *Fusarium*,



*Streptomyces*, *Aspergillus*, *Alternaria*. Tulpina produce substanțe antimicrobiene și are un avantaj mare în comparație cu alte tulpini. Sunt recomandate drept furnizor de preparate fungicide, dar și ca fitostimulatori de creștere a plantelor agricole.

#### **Trichoderma atrobrunneum -Trichoderma atrobrunneum CNMN FD 25**

Tulpina a fost izolată din apa lacului „La Izvor” în a.2020, pe mediul malț-agar

Caracterele morfo-culturale ale tulpinii: Tulpina creșcută bine pe mediile malț-agar, cartof agarizat, Czapek. Pe mediul mal-agar după 3-4 zile formează colonii pe 3-4 cm, culoarea coloniei se schimbă de la alb-verde la verde deschis și la sfârșit la verde închis. Creșterea coloniei este zonală, reversul coloniei este incolor. În timpul formării conidiilor tulpina emite un miros caracteristic nucului de cocos. Creșterea maximă se observă la temperatura +25-28°C. La temperatura de +35°C creșterea încetinește semnificativ, iar la temperatura de +40°C tulpina nu crește. *Hifele* sunt septate, ramificate, netede, de 1,5-12 μm în grosime. *Chlamidosporii* sunt intercalați sau terminali, netezi, incolori, cu diametrul de 8-13,6 μm și formează în substrat. *Conidioforii* ramificați, amplasați opus, prevăzuți cu fialide situate solitar, sau în grupuri de 2-3. *Fialidele* au formă de „garafă” – adică bombate în partea de jos și subțiri la vârf, adesea curbate în partea terminală pe care sunt situate conidiile. *Fialosporii* sunt unicelulari, rotunzi sau elipsoidali, cu pereții netezi, mărimea de 2,8-4,2 X 2,8-3,5 μm, se formează solitar sau aglomerat la vârful fialidelor cu capi globulari.

Particularitățile fiziologo-biochimice ale tulpinii: Microorganism aerob. Tulpina crește în limitele de temperatură +8°...+35°C, optimul de dezvoltare +25 -.+28°C, pH-ul mediului variază în limita 4,5 – 8,0, pH-ul optimal 5,5-6,5. În calitate de sursă de carbon asimilează: zaharoza, glucoza, amidonul, melasa, iar în calitate de sursă de azot anorganic sărurile: KNO<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Tulpina crește bine pe substraturi organice de proveniență vegetală.

Importanța practică a tulpinii (domeniul de utilizare): Tulpina *Trichoderma atrobrunneum* (5B) este eficientă împotriva unui șir larg de agenți patogeni ai culturilor agricole. Tulpina produce substanțe antimicrobiene și are un avantaj mare în comparație cu alte tulpini. Se recomandă drept furnizor de preparate microbiologice (fungicide).

#### **Trichoderma simmonsii - Trichoderma simmonsii CNMN FD 31.**

A fost izolată din sedimente (nămol) ale lacului „La Izvor”, mun. Chișinău, r. Moldova, în anul 2020, pe mediu agarizat malț-agar, la temperatura de 28-30°C.

Caracterele morfo-culturale ale tulpinii: Tulpina creșcută pe mediul malț-agar, timp de 7 zile, la temperatura +25 - +28° C formează colonii granulare albicioase cu nuanțe verzui de 3 – 4 cm, miceliul aerian abundent. Reversul de culoare gălbuie, cărămidie. Conidii subgloboase până la ovoide, verzi cu dimensiuni în intervalul 2,5–3,0 μm în lățime 2,8–3,5 μm lungime. Conidiofori formează ramuri având o spirală terminală de fialide multiple.

Particularitățile fiziologo-biochimice ale tulpinii: Microorganism aerob. Tulpina crește în limitele de temperatură +8°...+35°C, optimul de dezvoltare +25 -.+28°C, pH-ul mediului variază în limita 4,5 – 8,0, pH-ul optimal 5,5-6,5. În calitate de sursă de carbon asimilează: zaharoza, glucoza, amidonul, melasa, iar în calitate de sursă de azot anorganic sărurile: KNO<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Tulpina crește bine pe substraturi organice de proveniență vegetală.

Importanța practică a tulpinii (domeniul de utilizare): Tulpina *Trichoderma simmonsii* este eficientă împotriva unui spectru larg de agenți patogeni ai culturilor agricole din genurile *Botrytis*, *Sclerotinia*, *Monilia*, *Fusarium*, *Streptomyces*, *Aspergillus*, *Alternaria*. Produce substanțe antimicrobiene. Se recomandă drept furnizor de preparate microbiologice (fungicide).

#### **Trichoderma longibrachiatum Trichoderma longibrachiatum CNMN-FD-27.**

Tulpina a fost izolată din apa lacului „La Izvor” din Chișinău, a. 2020 pe mediul malț-agar. Caracterele morfo-culturale ale tulpinii: Tulpina are o creștere rapidă pe mediul mal-agar, produc colonii de culoare albă, care se transformă odată cu vârsta în verde – gri. Coloniile în a 4-a zi ajung în diametru 6 -7 cm. Sporularea conidiană este concentrată în mănunchiuri, apoi plută. Conidioforii sunt lungi, cu ramuri scurte, slab ramificate. Fialide predominant solitare, rar pereche sau în spirale de trei, în formă de balon, 5,3–11,6 × 2–3,2 μm. Conidiile sunt verde pal, ovoide sau elipsoidale, 3,4–6,6 × 2,3–3,5 μm, cu pereți netezi.

Particularitățile fiziologice și biochimice ale tulpinii. Microorganism strict aerob. Tulpinile cresc în intervalul de temperatură +8...+35°C, temperatura optimă +25...+28°C. Limitele valorii pH-ului pentru dezvoltarea tulpinii - 4,75...8,0, pH-ul optimal – 5,5-6,5. În calitate de sursă de carbon asimilează: zaharoza, glucoza, amidonul, melasa, extract de porumb. În calitate de sursă de azot anorganic asimilează sărurile: KNO<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Tulpina crește bine pe diferite substraturi organice de proveniență vegetală.

Importanța practică a tulpinii (domeniul de utilizare): *Trichoderma longibrachiatum* produce enzime în special celulazele, amilaze, lipase, catalaze, proteaze. Tulpina *Trichoderma longibrachiatum* ar putea fi utilizată ca agent de control biologic pentru efectele parazitare și letale asupra chisturilor nematodului *Heterodera avenae*, în combaterea bolilor fungice pe culturile agricole, de asemenea în calitate de fitostimulator ai plantelor de cultură.

Tulpinile depozitate în CNMN sunt considerate nepatogene. În CNMN tulpinile se păstrează în stare liofilizată, sub ulei de vazelină și în tuburi pe mediul mal-agar.

Pentru revitalizarea tulpinilor din starea liofilizată se folosește apa distilată, iar ca mediu pentru multiplicare pot fi utilizate mediile nutritive: malț-agar, Czapek sau Sabourand.

#### **Trichoderma longibrachiatum - Trichoderma longibrachiatum CNMN FD 32**

Tulpina a fost izolată din sedimente ale lacului „La Izvor” în a.2020, pe mediul malț-agar.

Caracterele morfo-culturale ale tulpinii: *Trichoderma longibrachiatum* are o creștere rapidă pe mediul mal-agar, produce colonii de culoare albă-verzuie, care se transformă odată cu vârsta în verde - gri. Coloniile în a 4-a zi ajung în diametru 6-7 cm. Sporularea conidiană este concentrată în mănunchiuri, apoi plută. Conidioforii sunt lungi, cu ramuri scurte, slab ramificate. Fialide predominant solitare, rar pereche sau în spirale de trei, în formă de balon,  $5,3-11,6 \times 2-3,2 \mu\text{m}$ . Conidiile sunt verde pal, ovoide sau elipsoidale,  $3,4-6,0 \times 2,3-3,0 \mu\text{m}$ , cu pereți netezi.

Particularitățile fiziologice și biochimice ale tulpinii. Microorganism strict aerob. Tulpina crește în intervalul de temperatură  $+8...+35^{\circ}\text{C}$ , temperatura optimă  $+25...+28^{\circ}\text{C}$ . Limitele valorii pH-ului pentru dezvoltarea tulpinii - 4,75...8,0, pH-ul optimal - 5,5-6,5. În calitate de sursă de carbon asimilează: zaharoza, glucoza, amidonul, melasa. În calitate de sursă de azot anorganic asimilează sărurile:  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Tulpina crește bine pe diferite substraturi organice de proveniență vegetală.

Importanța practică a tulpinii (domeniul de utilizare): *Trichoderma longibrachiatum* produce enzime în special celulazele, amilaze, lipaze, catalaze, proteaze. Tulpina *Trichoderma longibrachiatum* ar putea fi utilizată ca agent de control biologic pentru efectele parazitare și letale asupra insectelor dar și în combaterea bolilor fungice pe culturile agricole, de asemenea în calitate de fitostimulator al plantelor de cultură.

#### **Aspergillus fumigatus Aspergillus fumigatus CNMN FD 30.**

Tulpina *Aspergillus fumigatus* (8N) a fost izolată din nămol prelevat din lacul „La Izvor”, mun. Chișinău, R. Moldova, anul 2020 pe mediu malț-agar, iar tulpina **Aspergillus fumigatus ATCC 1022 (23 A)** din apa lacului. Tulpinile se deosebesc prin capacitățile enzimaticе.

Caracterele morfo-culturale ale tulpinii: cultivate pe mediul mal-agar, timp de 7 zile la temperatura  $25-28^{\circ}\text{C}$ , formează colonii de 30–50 mm, catifelate, miceliu verde albăstriu; sporulare densă, exudat absent; colorare inversă galben verde. *Aspergillus fumigatus* se bazează în principal pe morfologia conidilor și a conidioforilor. Organismul se caracterizează prin conidii echinulate verzi, cu diametrul de 2,5 până la 3  $\mu\text{m}$ , produse în lanțuri basipetale din fialide verzui, cu dimensiuni de 6 până la 8 pe 2 până la 3  $\mu\text{m}$ . Lanțurile de conidii sunt purtate direct pe vezicule clavate late (20 până la 30  $\mu\text{m}$  în diametru) în absența metulelor. Nu se cunoaște stadiul sexual pentru această specie.

Particularitățile fiziologo-biochimice ale tulpinii: Microorganism aerob. *A. fumigatus* este o specie termofilă, cu creșterea care are loc la temperaturi de până la  $55^{\circ}\text{C}$  și supraviețuirea menținută la temperaturi de până la  $70^{\circ}\text{C}$ , optimul de dezvoltare  $+25-28^{\circ}\text{C}$ . pH-ul mediului variază în limita 4,0 –8. Tulpina utilizează glucoza, zaharoza, amidonul.

Importanța practică a tulpinii (domeniul de utilizare): Tulpina *Aspergillus fumigatus* sintetizează exometaboliți cu activitate enzimatică semnificativă. Preparatele enzimatice pot fi utilizate în diverse domenii (agricultură, industria alimentară, industria farmaceutică, etc.).

În Colecția Națională de Microorganisme Nepatogene tulpinile se păstrează în stare liofilizată, sub ulei de vaselină și în tuburi pe mediul mal-agar.

Pentru revitalizarea tulpinilor din starea liofilizată se folosește apa distilată, iar ca mediu pentru multiplicare pot fi utilizate mediile nutritive: malț-agar, Czapek sau Sabourand.

### 3.4. Concluzii la capitolul 3

1. Din probele prelevate din bazinele acvatice „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor” au fost izolate 476 de tulpini fungice.
2. Studiul particularităților morfo-culturale al tulpinilor fungice izolate a permis identificate a 18 genuri: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Monilia*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Acremonium*, *Cladosporium*, *Trichocladium*, *Talaromyces*, *Chaetomium*, *Arthrimum*, *Ulocladium*, *Ambrosiella*, *Phoma*.
3. S-a constatat că în bazinele acvatice din Chișinău, indiferent de locul izolării (apă, sedimente, biofilm) predomină reprezentanții genurilor *Aspergillus* și *Penicillium*, frecvența de apariție a cărora variază în limitele 17 – 26% și respectiv 16,2 – 21,8% din numărul total de tulpini fungice izolate.
4. Conform particularităților morfo-culturale ale fungilor izolați din locațiile menționate sunt reprezentate de mai multe specii.
5. Din numărul total de micromicete izolate au fost selectate 14 tulpini cu potențial înalt de sinteză a substanțelor enzimatice și antimicrobiene, care au fost identificate prin tehnici morfo-culturale și de biologie moleculară până la specie, elaboratele pașapoarte și depozitate în Colecția Națională de Microorganisme Nepatogene. (CNMN) cu includerea în Catalogul microorganismelor CNMN , care poate fi accesat pe site [cnmn.imb.md](http://cnmn.imb.md).

#### **4. PROPRIETĂȚI BIOSINTETICE ALE MICROMICETELOR IZOLATE DIN BAZINE ACVATICE ALE MUNICIPIULUI CHIȘINĂU**

Micromicetele sunt organisme care pot coloniza diverse substraturi, datorită capacității de a crește în condiții variate de mediu (sol, apă, aer, plante, alimente și animale). Acestea se caracterizează și prin creșterea productivității în soluri sărace, oferind astfel soluții sustenabile pentru agricultură [62].

Metaboliții produși de micromicetele acvatice sunt asociate cu activități antimicrobiene, antivirale, antioxidante, antiinflamatoare și enzimatic, fiind un potențial biotehnologic enorm și inepuizabil. Prin obținerea acestor compuși se reduce dependența de produse chimice sintetice. Se oferă oportunități unice pentru dezvoltarea de medicamente și terapii ecologice, aditivi alimentari, produse fitosanitare [13; 53].

Pe lângă rolul lor ca sursă de compuși bioactivi, micromicetele acvatice sunt recunoscute și pentru capacitățile lor metabolice în bioremedierea solului și îmbunătățirea mediului [307; 189; 267]. În studiile efectuate de Wang F. (2024) a fost demonstrat că micromicetele pot biodegrada petrolul brut și substanțele sale toxice, remedia solurile contaminate de activitățile de război, care includ explozibili, metale toxice și radionucleizi [283]. În studiile efectuate de către Vassilev N., 2024 s-a demonstrat că pe lângă beneficiile în nutriția plantelor, fungii pot contribui și la biocontrolul patogenilor și la degradarea pesticidelor toxice. Fungii ca *Penicillium* și *Aspergillus* au capacitatea de a degrada poluanți recalcitranti, iar studiile recente sugerează că aceștia ar putea fi utilizați pentru a reduce poluarea în solurile agricole [278].

Datorită proprietăților antimicrobiene semnificative micromicetele sunt utilizate cu succes în controlul biologic al bolilor la plantele agricole, fiind considerate alternative ecologice și sigure față de fungicidele chimice. Mecanismele de acțiune ale acestora pot fi directe (producerea de enzime, fitohormoni, antibioza, micoparazitism) și indirecte (inducerea rezistenței sistemice la plante prin colonizarea rizosferei și filosferei, promovarea creșterii, solubilizarea mineralelor (N, P, Fe) [117; 266].

Din cele menționate putem constata că, studiul noilor tulpini de micromicete din habitate precum bazinele acvatice este important pentru potențiale utilizări biotehnologice, atât din perspectiva ecologică, cât și industrială.

##### **4.1. Proprietățile enzimatic ale micromicetelor izolate din lacurile municipiului Chișinău**

În ultimii ani producția și comercializarea enzimelor a crescut semnificativ [14; 86; 200].

La scară industrială, microorganismele sunt folosite ca bioreactoare pentru producerea de enzime, datorită simplității proceselor de producție, recuperare și purificare și sinecostului redus. Micromicetele acvatice, datorită capacității lor de a produce proteine extracelulare în cantități mari, sunt o sursă preferată pentru producția de enzime, inclusiv celulază, lipază, catalază, amilază etc. [2; 13; 151; 191; 199; 200; 201].

Din punct de vedere biotehnologic, enzimele microbiene sunt folosite în industrie pentru a reduce timpul de producție, a îmbunătăți scalabilitatea și purificarea, și a stabili 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 [255].

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 [35].

Micromicetele pot metaboliza o gamă largă de poluanți anorganici și organici datorită enzimelor lor, facilitând descompunerea multor compuși. Enzimele extracelulare, cum sunt amilaze și celulaze, joacă un rol esențial în procesele de biodegradare, catalizând reacții oxidative care rup legături chimice în structuri complexe [276].

Pentru a identifica capacitățile enzimatică (amilaza, catalaza, celuloza, lipaza) ale unor tulpini izolați au fost testate 93 de tulpini din lacul „La Izvor”, 43 tulpini din lacul „Valea Morilor” și 28 tulpini din lacul „Valea Trandafirilor”, care aparțin celor mai reprezentative genuri de fungi izolați. Acestea sunt reprezentanți ai genurilor *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus*, considerați că posedă proprietăți enzimatică semnificative.

Din lacul „La Izvor” au fost testate 35 tulpini izolate din apă, 28 tulpini izolate din biofilm și 30 tulpini izolate din sedimente (nămol).

În Tab. 4.1.1 sunt prezentate rezultatele obținute la testarea activității enzimatică a tulpinilor izolate din apă. Conform datelor prezentate putem menționa că tulpinile manifestă o activitate enzimatică diferită. Astfel la 12 tulpini activitatea catalazei a fost la medie (++), la 11 tulpini - slabă (+), iar la 12 tulpini această activitate a lipsit (-). Activitatea amilazei, lipazei și celulozei, de asemenea, a fost slabă la majoritatea tulpinilor testate. Activitatea medie (++) față de 3 enzime au manifestat câte 4 tulpini. Celelalte tulpini au demonstrat o activitate slabă (+) a acestor enzime sau lipsa activității. La 10 tulpini activitatea amilazei nu s-a manifestat, a lipazei

- la 13 tulpini, iar activitatea celulazei la 12 tulpini. Activitate a enzimelor studiate medie n-a manifestat nici o tulpină. Tulpinile A 12 și A 14 au manifestat activitate medie la 3 enzime, A 12 - catalază, lipază și celulază, iar A 14 - catalază, amilază și celulază.

Cei mai activ după capacitățile enzimactice au fost reprezentanșii genurilor *Trichoderma*, *Talaromyces* și *Penicillium*, demonstrând activitate medie sau slabă a enzimelor studiate.

**Tabelul 4.1.1. Activitatea enzimatică a micromicetelor izolate din apa lacului „La Izvor “**

| Nr d/o | Tulpina, genul          | Catalaza | Amilaza | Lipaza | Celulaza |
|--------|-------------------------|----------|---------|--------|----------|
| 1      | A 1 <i>Trichoderma</i>  | +        | +       | +      | +        |
| 2      | A 2 <i>Talaromyces</i>  | -        | +       | +      | +        |
| 3      | A 3 <i>Talaromyces</i>  | -        | +       | ++     | +        |
| 4      | A 4 <i>Talaromyces</i>  | +        | +       | +      | ++       |
| 5      | A 5 <i>Talaromyces</i>  | ++       | +       | +      | ++       |
| 6      | A 6 <i>Penicillium</i>  | -        | +       | ++     | +        |
| 7      | A 7 <i>Penicillium</i>  | ++       | +       | -      | +        |
| 8      | A 8 <i>Penicillium</i>  | ++       | -       | +      | +        |
| 9      | A 9 <i>Penicillium</i>  | ++       | +       | -      | -        |
| 10     | A 10 <i>Penicillium</i> | -        | +       | +      | +        |
| 11     | A 11 <i>Trichoderma</i> | ++       | +       | -      | -        |
| 12     | A 12 <i>Trichoderma</i> | ++       | -       | ++     | ++       |
| 13     | A 13 <i>Trichoderma</i> | ++       | ++      | +      | +        |
| 14     | A 14 <i>Trichoderma</i> | ++       | ++      | +      | ++       |
| 15     | A 15 <i>Trichoderma</i> | +        | ++      | +      | +        |
| 16     | A 16 <i>Trichoderma</i> | ++       | +       | +      | +        |
| 17     | A 17 <i>Mucor</i>       | ++       | ++      | -      | -        |
| 18     | A 18 <i>Mucor</i>       | +        | +       | -      | -        |
| 19     | A 19 <i>Fusarium</i>    | -        | -       | -      | -        |
| 20     | A 20 <i>Fusarium</i>    | ++       | -       | -      | -        |
| 21     | A 21 <i>Alternaria</i>  | -        | +       | -      | +        |
| 22     | A 22 <i>Alternaria</i>  | -        | +       | -      | +        |
| 23     | A 23 <i>Alternaria</i>  | +        | +       | +      | +        |
| 24     | A 24 <i>Alternaria</i>  | +        | -       | +      | -        |
| 25     | A 25 <i>Alternaria</i>  | +        | -       | +      | -        |
| 26     | A 26 <i>Alternaria</i>  | -        | +       | +      | +        |
| 27     | A 27 <i>Fusarium</i>    | +        | +       | +      | +        |
| 28     | A 28 <i>Fusarium</i>    | ++       | +       | -      | +        |
| 29     | A 29 <i>Fusarium</i>    | -        | -       | -      | -        |

|    |                         |   |   |   |   |
|----|-------------------------|---|---|---|---|
| 30 | A 30 <i>Aspergillus</i> | - | - | - | - |
| 31 | A 31 <i>Aspergillus</i> | + | - | - | - |
| 32 | A 32 <i>Aspergillus</i> | + | + | + | + |
| 33 | A 33 <i>Aspergillus</i> | + | + | + | + |
| 34 | A 34 <i>Aspergillus</i> | + | + | + | + |
| 35 | A 35 <i>Aspergillus</i> | + | - | + | - |

Notă: „-” – lipsa activității; „+” – activitate slabă; „++” – activitate enzimatică medie.

La tulpinile izolate din biofilm activitatea enzimatică a celor 4 enzime a fost mai slabă (Tab. 4.1.2.), activitatea catalazei: medie (++) - 3 tulpini, slabă (+) - 15 tulpini, iar la 10 tulpini a fost înregistrată lipsa activității (-). Activitatea amilazei: 2 tulpini activitate medie (++) , 11 tulpini – slabă (+), la 15 (-) n-a fost observată activitate enzimatică. Activitatea lipazei și catalazei la tulpinile testate, de asemenea, a fost slabă sau a lipsit. Nici una dintre tulpinile izolate din biofilm nu a manifestat activitatea enzimatică a lipazei și celulazei la nivel mediu. La 9 tulpini activitatea lipazei a fost lipsă, iar a celulazei - la 18 tulpini.

Activitate enzimatică mai semnificativă au demonstrat reprezentanții genurilor *Trichoderma*, *Talaromyces* și *Fusarium*. Cele mai active după proprietățile enzimatice au fost tulpinile B 6, B 9 (*Trichoderma* sp.), B 8 (*Talaromyces* sp.) și B 10 (*Fusarium* sp.) .

**Tabelul 4.1.2. Activitatea enzimatică a micromicetelor izolate din biofilme ale lacului „La Izvor”**

| Nr d/o | Tulpina                | Catalaza | Amilaza | Lipaza | Celulaza |
|--------|------------------------|----------|---------|--------|----------|
| 1      | B 1 <i>Talaromyces</i> | -        | -       | +      | -        |
| 2      | B 2 <i>Penicillium</i> | -        | -       | +      | +        |
| 3      | B 3 <i>Penicillium</i> | -        | -       | +      | +        |
| 4      | B 4 <i>Penicillium</i> | +        | -       | +      | -        |
| 5      | B 5 <i>Trichoderma</i> | ++       | -       | +      | -        |
| 6      | B 6 <i>Trichoderma</i> | ++       | ++      | +      | -        |
| 7      | B 7 <i>Trichoderma</i> | +        | +       | +      | -        |
| 8      | B 8 <i>Talaromyces</i> | +        | +       | +      | +        |
| 9      | B 9 <i>Trichoderma</i> | ++       | ++      | +      | -        |
| 10     | B 10 <i>Fusarium</i>   | +        | +       | +      | +        |
| 11     | B 11 <i>Fusarium</i>   | +        | +       | +      | -        |
| 12     | B 12 <i>Fusarium</i>   | +        | +       | -      | +        |
| 13     | B 13 <i>Fusarium</i>   | +        | -       | -      | -        |
| 14     | B 14 <i>Fusarium</i>   | -        | -       | +      | -        |
| 15     | B 15 <i>Mucor</i>      | +        | -       | +      | -        |
| 16     | B 16 <i>Mucor</i>      | +        | +       | -      | -        |



|    |                          |   |   |   |   |
|----|--------------------------|---|---|---|---|
| 17 | B 17 <i>Mucor</i>        | + | + | - | - |
| 18 | B 18 <i>Rhizopus</i>     | - | - | + | - |
| 19 | B 19 <i>Rhizopus</i>     | - | - | + | + |
| 20 | B 20 <i>Alternaria</i>   | + | - | + | + |
| 21 | B 21 <i>Alternaria</i>   | + | - | + | - |
| 22 | B 22 <i>Alternaria</i>   | + | - | + | + |
| 23 | B 23 <i>Aspergillius</i> | + | + | - | - |
| 24 | B 24 <i>Aspergillius</i> | - | + | + | + |
| 25 | B 25 <i>Aspergillius</i> | + | + | - | + |
| 26 | B 26 <i>Aspergillius</i> | - | + | - | - |
| 27 | B 27 <i>Aspergillius</i> | - | - | - | - |
| 28 | B 28 <i>Aspergillius</i> | - | - | - | - |

Notă: „-” – lipsa activității; „+” – activitate slabă; „++” – activitate enzimatică medie.

Din sedimente (nămol) au fost testate 30 tulpini. Datele obținute în rezultatul testelor efectuate sunt prezentate în Tabelul 4.1.3. Din cele 30 tulpini testate, activitatea medie a catalazei (++) a fost înregistrată la 20 tulpini, activitate slabă (+) la 8 tulpini și lipsa (-) activității catalazei la 2 tulpini. Activitatea medie a amilazei (++) a fost obținută la 18 tulpini, activitate slabă (+) - la 10 tulpini, iar la 2 tulpini activitatea amilazei a lipsit (-). Activitate medie a lipazei (++) a fost înregistrată la 18 tulpini, activitate slabă (+) la 9 tulpini, iar la 3 tulpini lipsă (-). Activitatea medie a celulazei (++) au manifestat 6 tulpini, activitate slabă (+) - 19 tulpini, iar la 5 tulpini activitatea celulazei a lipsit (-).

**Tabelul 4.1.3. Activitatea enzimatică a micromicetelor izolate din sedimente a lacului „La Izvor “**

| Nr d/o | Tulpina, genul          | Catalaza | Amilaza | Lipaza | Celulaza |
|--------|-------------------------|----------|---------|--------|----------|
| 1      | N 1 <i>Talaromyces</i>  | +        | +       | +      | +        |
| 2      | N 2 <i>Trichoderma</i>  | ++       | ++      | ++     | +        |
| 3      | N 3 <i>Trichoderma</i>  | ++       | +       | +      | +        |
| 4      | N 4 <i>Trichoderma</i>  | +        | +       | +      | +        |
| 5      | N 5 <i>Penicillium</i>  | ++       | ++      | ++     | ++       |
| 6      | N 6 <i>Penicillium</i>  | -        | -       | -      | +        |
| 7      | N 7 <i>Talaromyces</i>  | ++       | ++      | ++     | ++       |
| 8      | N 8 <i>Aspergillus</i>  | ++       | ++      | ++     | +        |
| 9      | N 9 <i>Trichoderma</i>  | ++       | ++      | ++     | +        |
| 10     | N 10 <i>Trichoderma</i> | +        | +       | +      | ++       |
| 11     | N 11 <i>Trichoderma</i> | ++       | ++      | ++     | +        |
| 12     | N 12 <i>Trichoderma</i> | ++       | ++      | ++     | ++       |

|    |                          |    |    |    |    |
|----|--------------------------|----|----|----|----|
| 13 | N 13 <i>Trichoderma</i>  | ++ | +  | +  | ++ |
| 14 | N 14 <i>Trichoderma</i>  | ++ | ++ | ++ | ++ |
| 15 | N 15 <i>Mucor</i>        | ++ | ++ | ++ | +  |
| 16 | N 16 <i>Mucor</i>        | ++ | ++ | ++ | -  |
| 17 | N 17 <i>Rhizopus</i>     | ++ | ++ | ++ | -  |
| 18 | N 18 <i>Rhizopus</i>     | ++ | ++ | ++ | -  |
| 19 | N 19 <i>Fusarium</i>     | ++ | ++ | ++ | +  |
| 20 | N 20 <i>Fusarium</i>     | +  | +  | +  | ++ |
| 21 | N 21 <i>Fusarium</i>     | +  | +  | -  | -  |
| 22 | N 22 <i>Fusarium</i>     | ++ | ++ | ++ | +  |
| 23 | N 23 <i>Aspergillius</i> | ++ | ++ | ++ | -  |
| 24 | N 24 <i>Aspergillius</i> | +  | +  | +  | +  |
| 25 | N 25 <i>Aspergillius</i> | ++ | ++ | ++ | -  |
| 26 | N 26 <i>Aspergillius</i> | -  | -  | +  | +  |
| 27 | N 27 <i>Aspergillius</i> | ++ | ++ | ++ | +  |
| 28 | N 28 <i>Aspergillius</i> | +  | +  | -  | +  |
| 29 | N 29 <i>Aspergillius</i> | ++ | ++ | ++ | +  |
| 30 | N 30 <i>Aspergillius</i> | +  | +  | +  | +  |

Notă: „-” – lipsa activității; „+” – activitate slabă; „++” – activitate enzimatică medie.

Conform rezultatelor obținute putem constata că, cele mai active tulpini după activitatea enzimatică sunt tulpinile izolate din sedimente, indiferent de apartenența de gen. La 4 tulpini a fost înregistrată activitatea enzimatică medie (++) a catalazei, amilazei, lipazei și celulazei. Aceste sunt tulpinile N5, N7, N 12, N 14., reprezentanți ai genurilor *Penicillium*, *Talaromyces* și *Trichoderma*.

Din lacul „**Valea Morilor**” au fost testată activitatea enzimatică a 19 tulpini izolate din apă, 17 tulpini izolate din sedimente și 7 tulpini izolate din biofilm (Tab. 4.1.4).

În rezultatul acestui studiu s-a stabilit că, 3 tulpini izolate din apă posedă activitate medie a catalazei (++), 12 tulpini - activitate slabă (+) și 6 tulpini nu posedă activitate catalazică. Din cele 17 tulpini izolate din sedimente – o tulpină posedă activitate catalazică medie (++), 11 tulpini posedă activitate scăzută (+) și 6 tulpini nu posedă activitate catalazică. La tulpinile izolate din biofilm activitatea catalazei a fost slabă (+), iar o tulpină nu a manifestat activitate catalazică.

**Tabelul 4.1.4. Activitatea enzimatică a micromicetelor izolate din probele de apă, sedimente și biofilm a lacul “Valea Morilor”**

| Nr. d/o         | Tulpina, genul | Catalaza | Amilaza | Celulaza | Lipaza |
|-----------------|----------------|----------|---------|----------|--------|
| Izolate din apă |                |          |         |          |        |

|                                      |                         |    |    |    |    |
|--------------------------------------|-------------------------|----|----|----|----|
| 1                                    | A 1 <i>Trichoderma</i>  | ++ | -  | +  | -  |
| 2                                    | A 2 <i>Talaromyces</i>  | +  | -  | -  | -  |
| 3                                    | A 3 <i>Talaromyces</i>  | —  | -  | -  | -  |
| 4                                    | A 4 <i>Talaromyces</i>  | +  | -  | -  | -  |
| 5                                    | A 5 <i>Talaromyces</i>  | ++ | -  | -  | +  |
| 6                                    | A 6 <i>Trichoderma</i>  | +  | ++ | ++ | ++ |
| 7                                    | A 7 <i>Aspergillus</i>  | +  | ++ | ++ | +  |
| 8                                    | A 8 <i>Aspergillus</i>  | ++ | +  | +  | +  |
| 9                                    | A 9 <i>Alternaria</i>   | +  | ++ | ++ | +  |
| 10                                   | A 10 <i>Fusarium</i>    | +  | ++ | ++ | +  |
| 11                                   | A 11 <i>Aspergillus</i> | +  | -  | -  | -  |
| 12                                   | A 12 <i>Mucor</i>       | +  | ++ | ++ | ++ |
| 13                                   | A 13 <i>Trichoderma</i> | +  | -  | -  | +  |
| 14                                   | A 14 <i>Aspergillus</i> | -  | -  | -  | -  |
| 15                                   | A 15 <i>Penicillium</i> | -  | -  | -  | -  |
| 16                                   | A 16 <i>Aspergillus</i> | -  | -  | -  | -  |
| 17                                   | A 17 <i>Penicillium</i> | -  | -  | -  | -  |
| 18                                   | A 18 <i>Aspergillus</i> | -  | +  | +  | -  |
| 19                                   | A 19 <i>Penicillium</i> | +  | -  | -  | -  |
| <b>Izolate din Sedimente (Nămol)</b> |                         |    |    |    |    |
| 20                                   | N 1 <i>Talaromyces</i>  | +  | -  | +  | -  |
| 21                                   | N 2 <i>Trichoderma</i>  | +  | ++ | ++ | ++ |
| 22                                   | N 3 <i>Trichoderma</i>  | -  | -  | -  | -  |
| 23                                   | N 4 <i>Aspergillus</i>  | +  | -  | +  | -  |
| 24                                   | N 5 <i>Aspergillus</i>  | +  | -  | +  | -  |
| 25                                   | N 6 <i>Penicillium</i>  | +  | -  | -  | -  |
| 26                                   | N 7 <i>Mucor</i>        | -  | -  | -  | -  |
| 27                                   | N 8 <i>Mucor</i>        | +  | -  | -  | -  |
| 28                                   | N 9 <i>Fusarium</i>     | -  | -  | -  | -  |
| 29                                   | N 10 <i>Aspergillus</i> | -  | -  | +  | -  |
| 30                                   | N 11 <i>Aspergillus</i> | +  | +  | +  | +  |
| 31                                   | N 12 <i>Talaromyces</i> | -  | -  | -  | -  |
| 32                                   | N 13 <i>Aspergillus</i> | ++ | -  | +  | -  |
| 33                                   | N 14 <i>Aspergillus</i> | +  | +  | +  | +  |
| 34                                   | N 15 <i>Alternaria</i>  | +  | -  | ++ | ++ |
| 35                                   | N 16 <i>Aspergillus</i> | -  | +  | +  | -  |
| 36                                   | N 17 <i>Trichoderma</i> | +  | ++ | ++ | ++ |
| <b>Izolate din Biofilm</b>           |                         |    |    |    |    |
| 37                                   | B 1 <i>Penicillium</i>  | +  | +  | +  | +  |
| 38                                   | B 2 <i>Talaromyces</i>  | +  | ++ | ++ | ++ |
| 39                                   | B 3 <i>Aspergillus</i>  | +  | +  | +  | +  |
| 40                                   | B 4 <i>Aspergillus</i>  | +  | ++ | ++ | ++ |
| 41                                   | B 5 <i>Fusarium</i>     | -  | -  | +  | -  |
| 42                                   | B 6 <i>Trichoderma</i>  | +  | +  | +  | +  |
| 43                                   | B 7 <i>Mucor</i>        | +  | +  | +  | +  |

Activitatea amilazei a fost diferită de activitatea catalazei (Tab. 4.1.4). Rezultatele obținute sau prezentat în felul următor: 5 tulpinile izolate din apă posedă activitate medie (++) și 2 tulpini - activitate slabă (+), restul tulpinilor nu au manifestat activitate. Dintre tulpinile izolate

din sedimente: 2 tulpini au manifestat activitate medie (++) și 2 tulpini – activitate slabă (+), la restul 13 tulpini nu s-a observat activitatea amilazei. Din 7 tulpini izolate din biofilm 2 tulpini au manifestat activitate medie (++) , 4 tulpini au manifestat activitate slabă (+), iar o tulpină nu a manifestat activitate a amilazei.

Activitatea celulozei este asemănătoare cu activitatea amilazei (Tab. 4.1.4). La tulpinile izolate din apă activitatea medie a celulozei (++) a fost observată la 5 tulpini, activitate slabă (+) la 3 tulpini, iar 11 nu au manifestat activitate a celulozei. Tulpinile izolate din sedimente: la 3 tulpini a fost observată activitate medie (++) a celulozei, la 8 tulpini activitate slabă (+) , la restul nu a fost observată activitate enzimatică a celulozei. La cele 7 tulpini, izolate din biofilm, 2 tulpini au manifestat o activitate medie (++) a celulozei, iar 5 tulpini activitate slabă (+).

Activitate a lipazei au manifestat mai puține tulpini. Astfel, 2 tulpini izolate din apă au manifestat activitate medie (++) , 6 tulpini activitate slabă (+), la restul tulpinilor nu a fost observată activitatea lipazei. La 3 tulpini izolate din sedimente activitatea lipazei a fost medie (++) , iar la 2 tulpini activitatea lipazei a fost slabă (+), 12 tulpini nu au manifestat activitate lipolitică. Dintre tulpinile izolate din biofilm 2 tulpini au manifestat activitate medie (++) , 4 tulpini a manifestat activitate scăzută (+) și o tulpină nu a manifestat activitate.

Cele mai active tulpini izolate din lacul „Valea Morilor” după activitatea enzimatică a enzimelor studiate s-au dovedit a fi tulpinile din genul *Trichoderma* și *Aspergillus*, majoritatea fiind izolate din apă. Din 19 tulpini 6 au manifestat activitate a 4 enzime studiate, 5 dintre care la nivel mediu (++) .

Din lacul „**Valea Trandafirilor**” au fost testate 28 de tulpini: 9 tulpini izolate din apă, 14 tulpini izolate din sedimente și 5 tulpini din biofilmul acestuia (Tab. 4.1.5). În comparație cu lacul „La izvor” și lacul „Valea Morilor” activitatea enzimatică a tulpinilor din lacul „Valea Trandafirilor” a fost mai slabă. Astfel doar 2 tulpini din apă (A 2 și A 8), reprezentativi ai genului *Trichoderma*, au manifestat activitate catalazică medie (++) , 5 tulpini au demonstrat o activitate scăzută(+) și 2 tulpini nu au manifestat activitate catalazică. Dintre tulpinile izolate din sedimente numai la 3 tulpini a fost observată activitate catalazică scăzută (+), iar la restul 11 tulpini nu a fost înregistrată o astfel de activitate. La tulpinile izolate din biofilm activitate slabă (+) a catalazică a fost observată numai la 3 din 5 tulpini testate.

Activitatea amilazei de asemenea a fost destul de redusă (Tab. 4.1.5). Astfel, doar 1 tulpină, izolată din apă a manifestat activitate medie (++) , 6 tulpini posedă activitate scăzută (+) și 2 tulpini nu au manifestat activitate. Tulpinile izolate din sedimente s-au manifestat în felul următor: 1 tulpină a manifestat activitate scăzută (+) și 13 tulpini nu au manifestat activitate amilolitică. Din 5 tulpini izolate din biofilm activitate amilolitică au demonstrat numai la 2 tulpini, iar 3 tulpini nu au manifestat activitate.

**Tabelul 4.1.5. Activitatea enzimatică a micromicetelor izolate din lacul „Valea Trandafirilor”**

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

Ca și în cazul activității amilazei activitatea celulei la tulpinile menționate a fost scăzută. Activitate scăzută (+) a celulei 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. 4.1.5).

Activitatea lipazei de asemenea a fost scăzută, la toate tulpinile izolate din acest lac. Astfel, activitate scăzută (+) a fost observată 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 (-).

În comparație cu tulpinile izolate din lacul „La Izvor” și lacul „Valea Morilor” tulpinile izolate din lacul „Valea Trandafirilor” au demonstrat o activitate enzimatică mai slabă, iar cele mai active sau dovedit a fi tulpinile izolate din apă, evidențiindu-se 2 tulpini cu activitate medie asupra unei enzime, acestea fiind tulpinile A 2 și A 8, reprezentanți ai genului *Trichoderma*

Rezultatele obținute au demonstrat că, majoritatea micromicetelor acvatice studiate posedă activitate semnificativă a unei sau a mai multor enzime, care facilitează descompunerea materiei vegetale și a substanțelor organice din lacuri în carbohidrați simplificați, contribuind totodată la purificarea apei din ecosistemele acvatice. Cele mai active, din punct de vedere enzimatic sau prezentat reprezentanții genurilor *Penicillium*, *Talaromyces*, *Aspergillus*, *Trichoderma* și *Fusarium*. Din numărul total de 164 tulpini testate peste 12,2% au prezentat o activitate medie a celor 4 enzime studiate.

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.

Toate tulpinile cu potențial enzimatic semnificativ sunt depozitate și au completat Colecția Națională de Microorganisme Nepatogene.

Rezultatele obținute în cadrul acestui compartiment au fost diseminate prin publicarea în: [173; 241; 248; 249; 252; 333].

#### **4.2. Potențialul antimicrobian al micromicetelor acvatice**

În prezent cercetările pentru tratarea bolilor plantelor sunt îndreptate spre obținerea produselor naturale ca alternative la fungicidele și insecticidele sintetice pentru siguranța acestora și impactul benefic asupra mediului. Micromicetele sunt utilizate în biotehnologie ca producători de substanțe bioactive cu aplicații în diverse domenii, inclusiv și în agricultură, ca biopesticide și biofertilizanți pentru a înlocui îngrășămintele sintetice, stimulând creșterea și toleranța la stres a plantelor și totodată calitatea solului. Cele mai cunoscute micromicete folosite în fabricarea biopreparatelor de uz agricol sunt reprezentanți ai genurilor: *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus* și *Fusarium*. Genul *Trichoderma* este deosebit de valoros pentru promovarea creșterii plantelor și controlul biologic al bolilor prin absorbția nutrienților, sinteza enzimelor și a fitohormonilor și protecția împotriva patogenilor [19]. Aceste beneficii depind de tipul de cultură, condițiile de creștere și formularea produsului. *Trichoderma* combate fitopatogenii prin competiție pentru resurse și producerea de antibiotice și enzime hidrolitice. Specii frecvent utilizate: *T. harzianum*, *T. asperellum*, *T. viride*. Produsele comerciale includ biopesticide și biofertilizatori, cu tendința de a folosi amestecuri pentru eficiență crescută [117].

Controlul biologic al bolilor plantelor implică reducerea activității patogenilor prin mecanisme biologice, utilizând agenți de control biologic microbieni (ACB) precum fungi și bacterii. Mecanismele de acțiune ale acestor microorganisme fiind directe (antibioza, micoparazitism) și indirecte (inducerea rezistențe la stres la plante, promovarea creșterii prin

sinteza de fitohormoni), de asemenea pot coloniza rădăcinile plantelor și pot elibera molecule bioactive care induc răspunsuri defensive [265; 19].

Speciile de *Penicillium* favorizează creșterea plantelor prin solubilizarea fosfaților, producția de enzime, siderofili și fitohormoni. Aceste micromicete sunt eficiente în soluri deficitare în fosfor, fiind utilizate pentru culturi precum grâul, susanul, floarea-soarelui și quinoa. *Penicillium* are un rol important în îmbunătățirea fertilității solului și sănătății plantelor.

Genul *Aspergillus* contribuie la creșterea plantelor prin mineralizarea fosforului, producția de fitohormoni (auxine, gibereline) și inducerea rezistenței sistemice la stres și fitopatogeni. Specii precum *A. terreus*, *A. niger*, *A. awamori* sunt frecvent utilizate datorită beneficiilor lor asupra sănătății plantelor și protecției împotriva bolilor. În plus, fungi precum *Aspergillus niger* au arătat un potențial ridicat în solubilizarea fosforului din surse insolubile, sprijinind astfel creșterea plantelor în soluri sărace [19; 278].

Pe lângă beneficiile în nutriția plantelor, fungii pot contribui și la biocontrolul patogenilor și la degradarea pesticidelor toxice. Fungii ca *Penicillium* și *Aspergillus* au capacitatea de a degrada poluanți recalcitranti, iar studiile recente sugerează că aceștia ar putea fi utilizați pentru a reduce poluarea în solurile agricole [278].

Pentru identificarea activității antimicrobiene a tulpinilor acvatice au fost testate tulpini izolate din lacurile „La Izvor”, „Valea Trandafirilor” și „Valea Morilor” față de 5 fungi fitopatogeni (*A. niger*, *A. alternata*, *B. cinerea*, *F. solani*, *F. oxysporum*) și 5 bacterii fitopatogene (*B. subtilis*, *X. campestris*, *C. miciganensis*, *A. tumefaciens*, *E. caratovora*).

#### a) Proprietățile antifungice

Din numărul total de tulpini de fungi izolate din bazinul acvatic „La Izvor”, au fost selectate și testate după capacitatea antifungică față de fungii fitopatogeni: *A. niger*, *A. alternata*, *B. cinerea*, *F. solani*, *F. oxysporum* 33 tulpini izolate din lacul „La Izvor”, 18 tulpini din lacul „Valea Morilor” și 20 tulpini din lacul „Valea Trandafirilor”, reprezentanți ai genurilor *Talaromyces*, *Penicillium* și *Trichoderma*, care sunt considerați potențiali producători de substanțe bioactive de uz agricol.

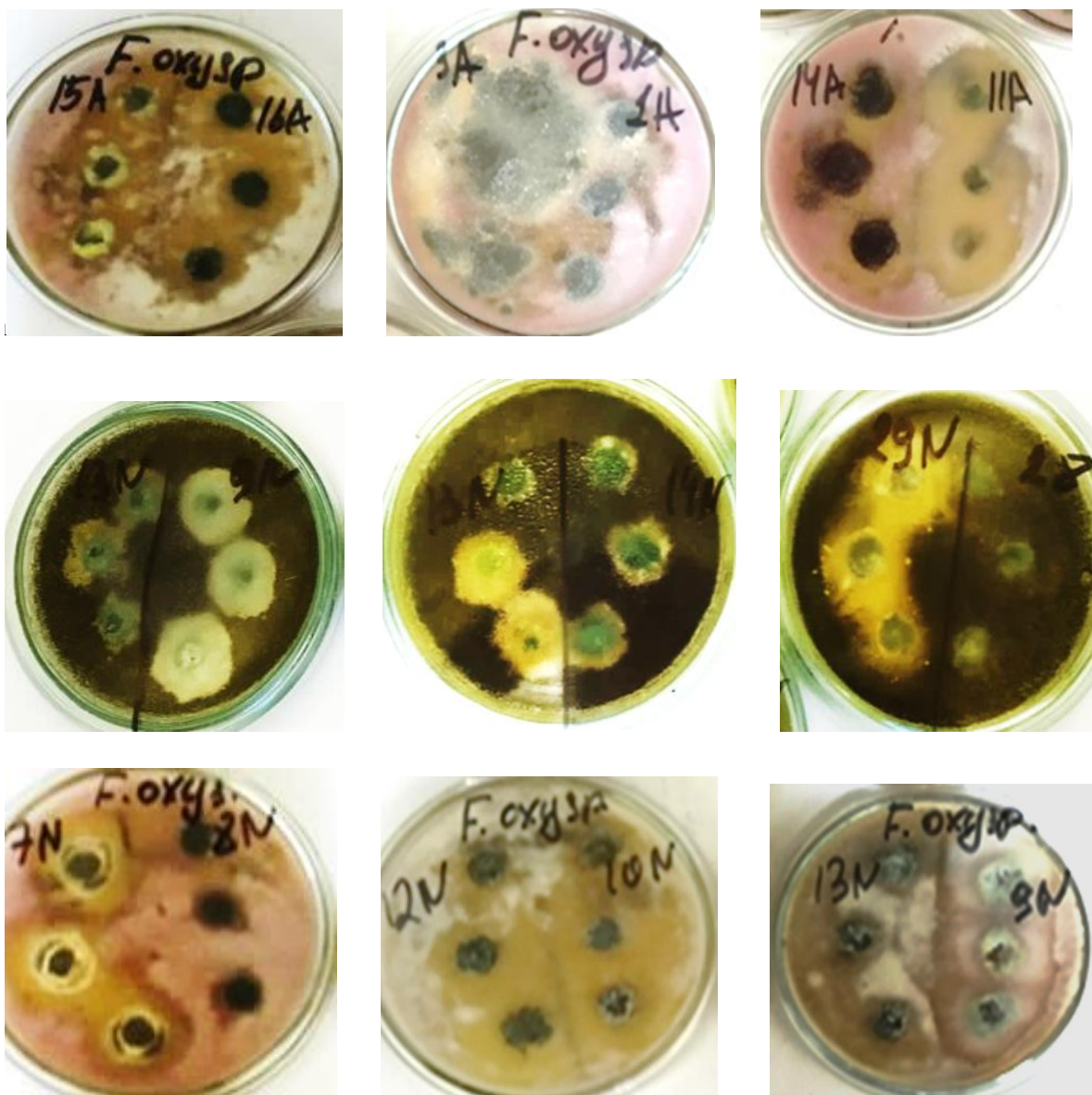
Tulpinile izolate din lacul „La Izvor” și testate după capacitățile antifungice au fost selectate: 14 tulpini din apă, din probele de biofilm 3 tulpini și 16 tulpini izolate din sedimente. Rezultatele obținute sunt prezentate în Tab. 4.2.1. și Fig. 4.2.1.

**Tabelul 4.2.1. Activitatea antifungică a tulpinilor de micromicete izolate din lacul „La Izvor”**

| Nr. d/o         | Tulpin, genul          | <i>Aspergillus niger</i> | <i>Alternaria alternata</i> | <i>Botrytis cinerea</i> | <i>Fusarium solani</i> | <i>Fusarium oxysporum</i> |
|-----------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| Izolate din apă |                        |                          |                             |                         |                        |                           |
| 1               | A 1 <i>Trichoderma</i> | 16,0±1,13                | 21,7±3,27                   | 14,3±2,36               | 15,7±0,65              | 20,0±1,31                 |

|    |                                      |           |           |           |           |           |
|----|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2  | A 2 <i>Talaromyces</i>               | 15,0±1,13 | 20,7±1,31 | 19,0±1,13 | 22,0±2,26 | 22,0±2,26 |
| 3  | A 3 <i>Talaromyces</i>               | 25,3±0,65 | 23,3±3,27 | 0         | 15,0±1,13 | 26,0±1,13 |
| 4  | A 4 <i>Talaromyces</i>               | 20,0±2,26 | 22,3±0,65 | 19,3±1,31 | 22,7±1,31 | 23,3±1,31 |
| 5  | A 5 <i>Talaromyces</i>               | 21,0±1,13 | 21,3±1,31 | 18,7±1,73 | 24,0±2,26 | 28,0±2,26 |
| 6  | A 6 <i>Penicillium</i>               | 22,3±0,65 | 26,0±1,13 | 16,0±1,13 | 25,3±1,31 | 24,7±1,31 |
| 7  | A 7 <i>Penicillium</i>               | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| 8  | A 8 <i>Penicillium</i>               | 0         | 0         | 17,7±1,31 | 12,7±1,31 | 13,3±1,31 |
| 9  | A 10 <i>Penicillium</i>              | 21,0±1,13 | 23,0±1,13 | 11,3±1,31 | 27,3±1,31 | 30,3±0,65 |
| 10 | A 11 <i>Trichoderma</i>              | 19,3±1,31 | 0         | 31,3±1,31 | 26,7±3,27 | 31,7±3,27 |
| 11 | A 13 <i>Trichoderma</i>              | 16,0±1,13 | 14,0±2,26 | 28,0±2,26 | 28,7±1,31 | 19,0±1,13 |
| 12 | A 14 <i>Trichoderma</i>              | 0         | 0         | 15,7±0,65 | 0         | 0         |
| 13 | A 15 <i>Trichoderma</i>              | 0         | 21,7±3,27 | 16,0±1m13 | 21,3±1,31 | 24,7±2,85 |
| 14 | A 16 <i>Trichoderma</i>              | 0         | 21,7±3,27 | 33,7±3,64 | 37,0±1,13 | 26,3±1,73 |
|    | <b>Izolate din biofilm</b>           |           |           |           |           |           |
| 15 | B 1 <i>Talaromyces</i>               | 0         | 0         | 14,3±0,65 | 13,7±1,73 | 12,0±2,26 |
| 16 | B 3 <i>Penicillium</i>               | 0         | 0         | 14,7±0,65 | 15,7±0,65 | 16,3±1,73 |
| 17 | B 5 <i>Trichoderma</i>               | 23,0±2,99 | 0         | 17,0±1,13 | 22,3±2,85 | 35,0±1,13 |
|    | <b>Izolate din sedimente (nămol)</b> |           |           |           |           |           |
| 18 | N 1 <i>Penicillium</i>               | 0         | 18,0±2,26 | 0         | 15,0±1,13 | 14,0±1,13 |
| 19 | N 2 <i>Penicillium</i>               | 0         | 18,3±2,36 | 14,7±0,65 | 12,7±0,65 | 10,7±1,31 |
| 20 | N 3 <i>Talaromyces</i>               | 0         | 39,0±1,13 | 14,3±1,73 | 15,0±1,13 | 18,0±2,26 |
| 21 | N 4 <i>Penicillium</i>               | 0         | 39,0±1,13 | 13,3±1,31 | 15,3±0,65 | 11,3±1,31 |
| 22 | N 5 <i>Penicillium</i>               | 0         | 17,3±1,31 | 16,7±1,31 | 14,7±0,65 | 0         |
| 23 | N 6 <i>Penicillium</i>               | 0         | 17,7±2,85 | 0         | 16,3±1,73 | 0         |
| 24 | N 7 <i>Talaromyces</i>               | 28,3±1,73 | 17,3±1,31 | 13,3±1,31 | 18,7±1,31 | 26,3±1,31 |
| 25 | N 8 <i>Aspergillus</i>               | 0         | 16,0±1,13 | 16,3±0,65 | 15,7±0,65 | 0         |
| 26 | N 9 <i>Trichoderma</i>               | 24,7±0,65 | 28,7±1,31 | 40,0±1,13 | 40,0±2,26 | 29,0±4,08 |
| 27 | N 10 <i>Trichoderma</i>              | 16,0±1,13 | 40,0±2,26 | 40,7±1,73 | 40,0±1,96 | 40,0±1,13 |
| 28 | N 11 <i>Trichoderma</i>              | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| 29 | N 12 <i>Trichoderma</i>              | 18,0±2,26 | 40,0±2,26 | 40,7±1,73 | 40,0±1,96 | 40,0±1,13 |
| 30 | N 13 <i>Trichoderma</i>              | 18,0±2,26 | 31,7±3,27 | 40,0±2,26 | 40,0±2,26 | 40,0±1,96 |
| 31 | N 14 <i>Trichoderma</i>              | 18,7±1,31 | 40,0±2,26 | 41,3±1,31 | 40,3±1,73 | 40,3±1,73 |
| 32 | N 28 <i>Talaromyces</i>              | 0         | 27,7±2,85 | 14,3±1,73 | 22,0±2,26 | 27,7±2,85 |
| 33 | N 29 <i>Talaromyces</i>              | 23,0±2,99 | 22,0±2,26 | 16,3±0,65 | 25,3±0,65 | 18,0±2,26 |





**Figura 4.2.1. Zonele de inhibiție a fitopatogenului a), c) *F. oxysporum*, b) *A. niger* sub influența metaboliților unor tulpini de fungi izolați din lacul „La Izvor”**

Activitatea antifungică a tulpinilor izolate din apă, de a inhiba fungii fitopatogeni a fost diferită: 1 tulpină, A 8 din genul *Trichoderma*, a manifestat antagonism față de 3 fungi fitopatogeni, 4 tulpini (A 3, A 11, A 15, A 16), reprezentanți ai genurilor *Talaromyces* (2 tulpini) și *Trichoderma* (2 tulpini) față de 4 fitopatogeni, 6 tulpini au manifestat antagonism față de 5 fungi fitopatogeni (A 2, A 4, A 5, A 6, A 10, A 13), 1 tulpină (A. 14, *Trichoderma* sp.) – numai față de *B. cinerea*, iar tulpina A 7 din genul *Penicillium* nu a manifestat activitate față de fitopatogenii testați. Diametrul zonelor de inhibiție a fitopatogenilor sub influența metaboliților fungici a variat în limitele 11 – 41 mm. Cele mai semnificative rezultate antifungice au fost înregistrate de tulpinile A 6 (*Penicillium* sp.) față de *A. alternata*, *F. solani* și *F. oxysporum*, (Ø zonei de inhibiție 24,6 – 26,0 mm), tulpinile A 10 (*Penicillium* sp.), A 13 (*Trichoderma* sp.), A

16 (*Trichoderma* sp.) față de *B. cinerea*, *F. solani* și *F. oxysporum* (Ø zonelor de inhibiție 26,3 – 37 mm).

Dintre tulpinile izolate din biofilm au fost testate 3 tulpini după capacitatea de a sintetiza metaboliți cu activitate antagonistă față de fungi fitopatogeni (Tab. 4.2.1). Nici una dintre tulpinile testate nu a manifestat antagonism față de *A. alternata*, iar 2 față de *A. niger*. Antagonism mai semnificativ a manifestat numai tulpina B 5 (*Trichoderma* sp.) față de *F. oxysporum* (Ø zonei de inhibiție 35 mm).

Mai active față de fungi fitopatogeni testați au fost tulpinile izolate din sedimente. Din cele 16 tulpini studiate numai tulpina N 11 (*Trichoderma* sp.) nu a manifestat antagonism față de fitopatogenii luați în studiu. Față de fitopatogenul *A. niger* au manifestat antagonism 7 tulpini, diametrul zonelor de inhibiție variind în limitele 16,0 - 23,0 mm, față de fitopatogenii *A. alternata* și *F. solani* – 15 tulpini (diametrul zonei 16 - 40 mm), față de *B. cinerea* 13 tulpini (diametrul zonei – 13 - 41 mm), iar față de *F. oxysporum* - 12 tulpini cu zone de inhibiție de la 11 mm până la 40 mm. Astfel, 7 tulpini, izolate din lacul „La Izvor” au manifestat activitatea antifungică semnificativă față de cei 5 fungi fitopatogeni, 2 tulpini din genul *Talaromyces* și 5 tulpini din genul *Trichoderma*. După capacitățile antifungice, față de fitopatogenii testați sau manifestat mai activi reprezentanții genului *Trichoderma*, comparativ cu reprezentanții genului *Penicillium* și *Talaromyces*, indiferent de locul izolării.

Astfel din 33 tulpini izolate din lacul „La izvor” 48,5% au manifestat activitate antifungică față de *A. niger*, 75,75% față de *A. alternata*, 84,85% față de *B. cinerea*, 90,9% față de *F. solani* și 75,75% față de *F. oxysporum*.--

Pentru teste antifungice din lacul „Valea Trandafirilor” au fost selectate 20 tulpini, 10 tulpini izolate din apă, 6 tulpini izolate din sedimente și 4 tulpini izolate din biofilm. Rezultatele sunt prezentate în Tab. 4.2.2, Fig. 4.2.2

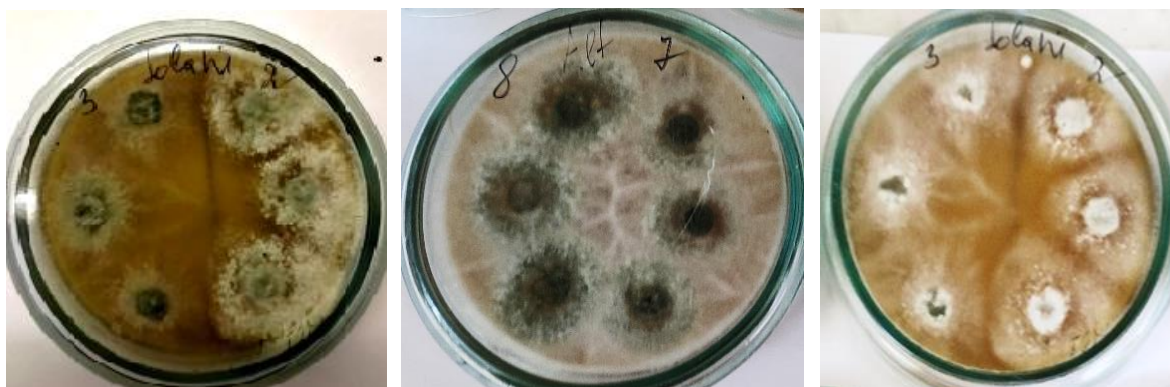
**Tabelul 4.2.2. Activitatea antifungică a tulpinilor izolate din lacul „Valea Trandafirilor”**

| Nr. d/o                | Tulpin, genul                  | <i>Aspergillus niger</i> | <i>Alternaria alternata</i> | <i>Botrytis cinerea</i> | <i>Fusarium solani</i> | <i>Fusarium oxysporum</i> |
|------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| <b>Izolate din apa</b> |                                |                          |                             |                         |                        |                           |
| 1                      | <b>A 1 <i>Trichoderma</i></b>  | 38,3±3,3                 | 35,0±5,7                    | 35,0±3,4                | 27,7±2,8               | 28,7±1,7                  |
| 2                      | <b>A 2 <i>Trichoderma</i></b>  | 27,7±2,8                 | 30,7±1,3                    | 28,3±3,3                | 28,3±3,3               | 23,3±3,3                  |
| 3                      | <b>A 3 <i>Trichoderma</i></b>  | 28,3±3,3                 | 30,7±1,3                    | 27,3±7,3                | 31,7±1,7               | 30,7±1,3                  |
| 4                      | <b>A 4 <i>Trichoderma</i></b>  | 25,7±1,3                 | 26,7±1,7                    | 0                       | 34,0±4,1               | 35,7±1,7                  |
| 5                      | <b>A 7 <i>Trichoderma</i></b>  | 28,7±1,3                 | 28,7±1,3                    | 36,7±3,3                | 28,7±1,7               | 32,3±4,6                  |
| 6                      | <b>A 8 <i>Trichoderma</i></b>  | 24,3±4,6                 | 26,0±6,0                    | 35,0±5,7                | 38,3±3,3               | 36,7±3,3                  |
| 7                      | <b>A 11 <i>Trichoderma</i></b> | 0                        | 24,3±4,6                    | 31,7±3,3                | 30,0±2,3               | 25,0±3,4                  |

|                                      |                                |          |          |          |          |          |
|--------------------------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 8                                    | <b>A 14 <i>Trichoderma</i></b> | 18,3±4,0 | 16,7±1,7 | 27,0±2,3 | 28,3±3,3 | 29,0±2,0 |
| 9                                    | <b>A 15 <i>Talaromyces</i></b> | 0        | 18,7±1,7 | 19,3±2,6 | 17,3±2,8 | 20,7±1,3 |
| 10                                   | <b>A 16 <i>Penicillium</i></b> | 0        | 21,3±3,6 | 17,7±2,8 | 0        | 0        |
| <b>Izolate din sedimente (Nămol)</b> |                                |          |          |          |          |          |
| 11                                   | <b>N 1 <i>Talaromyces</i></b>  | 0        | 28,7±1,3 | 26,7±3,3 | 21,7±3,3 | 20,7±1,3 |
| 12                                   | <b>N 2 <i>Trichoderma</i></b>  | 0        | 28,3±3,3 | 0        | 21,0±4,1 | 20,0±2,3 |
| 13                                   | <b>N 3 <i>Trichoderma</i></b>  | 27,3±2,8 | 19,7±3,3 | 31,7±3,3 | 31,7±3,3 | 0        |
| 14                                   | <b>N 10 <i>Trichoderma</i></b> | 17,7±2,8 | 36,7±6,0 | 31,7±3,3 | 33,3±3,3 | 29,3±1,3 |
| 15                                   | <b>N 5 <i>Penicillium</i></b>  | 0        | 0        | 19,3±1,3 | 19,3±1,3 | 32,3±2,8 |
| 16                                   | <b>N 14 <i>Trichoderma</i></b> | 0        | 24,7±5,1 | 21,7±3,3 | 21,7±3,3 | 20,2±1,3 |
| <b>Izolate din biofilm</b>           |                                |          |          |          |          |          |
| 17                                   | <b>B 1 <i>Trichoderma</i></b>  | 25,0±3,4 | 27,3±2,8 | 16,3±2,6 | 21,7±3,3 | 20,7±1,3 |
| 18                                   | <b>B 3 <i>Trichoderma</i></b>  | 0        | 29,3±1,3 | 21,7±3,3 | 17,7±2,8 | 0        |
| 19                                   | <b>B 5 <i>Trichoderma</i></b>  | 17,7±2,8 | 21,0±4,1 | 0        | 25,0±5,7 | 25,0±4,9 |
| 20                                   | <b>B 9 <i>Trichoderma</i></b>  | 22,0±2,3 | 15,7±1,7 | 17,7±2,8 | 22,7±7,3 | 20,2±1,3 |







**Figura 4.2.2. Zonele de inhibiție a fitopatogenilor *A. niger* și *F. solani*, *A. alternata* și *B. cinerea* sub influența metaboliților fungilor izolați din lacul „Valea Trandafirilor”**

Conform rezultatelor prezentate în Tab. 4.2.2 și Fig. 4.2.2 constatăm că, din cele 10 tulpini izolate din lacul „Valea Trandafirilor” 6 tulpini au manifestat activitate inhibitoare față de toți cei 5 fitopatogeni, 3 tulpini față de 4 fitopatogeni, iar tulpina A 16 numai față de 2 fitopatogeni. Foarte active au acționat tulpinile față de fitopatogenul *A. niger*. Față de acest fitopatogen au manifestat activitate 7 din cele 10 tulpini izolate din apă, cu zone de inhibiție de la 24,3 mm până la 38,3 mm. Antagonism față de *Alternaria alternata* au manifestat 10 tulpini testate, cu zone de inhibiție care variază între 16,7 mm și 35,0 mm. Activitate inhibitoare față de fitopatogenul *B. cinerea* nu a manifestat numai tulpina A 4 (*Trichoderma* sp.). Zonele de inhibiție a acestui fitopatogen au variat în limitele 17,7-36,7 mm. Față de *F. solani* și *F. oxysporum* au demonstrat activitate 9 tulpini, cu zonele de inhibiție de la 17,3 mm până la 38,3 mm și respective 20,7 mm – 36,7 mm. Numai tulpina A 16 (*Penicillium* sp.) nu a manifestat activitate față de acest fitopatogen. Tulpinile izolate din sedimentele lacului „Valea Trandafirilor” au fost mai puțin active în raport cu fitopatogenii luați în studiu. Din cele 6 tulpini testate numai tulpinile N 3 și N 10 au manifestat antagonism față de *A. niger* cu zone de inhibiție de 17,7 mm. Față de fitopatogenii *A. alternata*, *B. cinerea* și *F. oxysporum* au manifestat 5 tulpini, zonele de inhibiție a acestor patogeni au variat în limitele 19,3 - 36,7 mm, iar față de fitopatogenul *F. solani* au manifestat activitate toate cele 6 tulpini testate, cu zone de inhibiție de la 19,3 mm până la 33,3 mm.

Tulpinile izolate din biofilm au fost active față de fitopatogeni, astfel față de fitopatogenii: *A. niger*, *B. cinerea* și *F. oxysporum* 3 din cele 4 tulpini testate au manifestat activitate de inhibiție cu zone de inhibiție ce variază în limitele 16,3 mm – 25 mm, iar față de fitopatogenii *A. alternata* și *F. solani* – 4 tulpini, cu zone de inhibiție 15,7 - 29,3 mm și respectiv 20,2 mm - 25,0 mm.

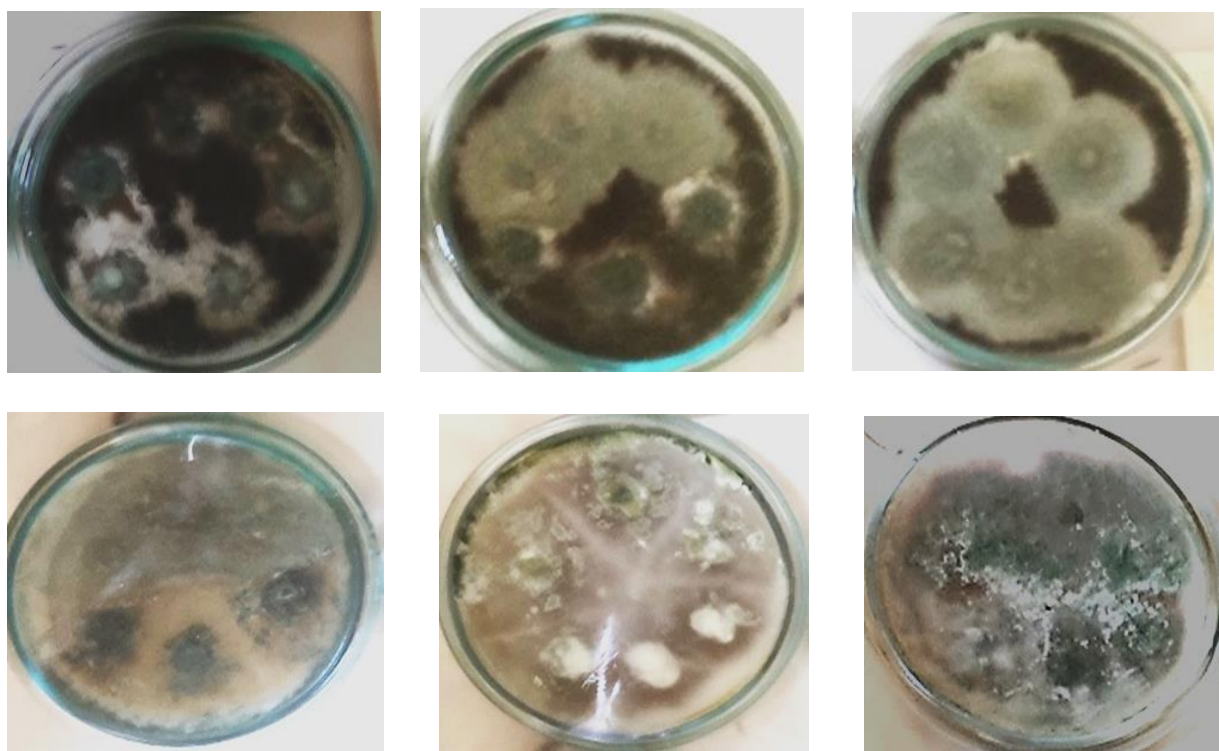
Comparând activitatea antifungică a tulpinilor testate în dependență de locul izolării putem constata că, cele mai active au fost tulpinile izolate din apă, reprezentate de genul *Trichoderma*.

În rezultatul acestor cercetări s-a constatat că, din cele 20 tulpini, izolate din lacul „Valea Trandafirilor”, au manifestat activitate antifungică față de fitopatogenul *A niger* 60%, față de *A. alternata* și *F. solani* 95%, iar față de *B. cinerea* și *F. oxysporum* 85%.

Din lacul „Valea Morilor” au fost testate 18 tulpini de micromicete: 8 tulpini din apă, 6 tulpini din sedimente și 4 din biofilm (Tab. 4.2.3, Fig. 4.2.3). Cele mai active au fost tulpinile izolate din apă. 9 din aceste tulpini, reprezentanți ai genului *Trichoderma* au manifestat activitate față de toți fitopatogenii testați, cu zonele de inhibiție cuprinse între 29 mm – 44,0 mm, cu excepția tulpinii A 10 (*Trichoderma* sp.), care nu a manifestat antagonism față de *A. niger*. Tulpina A 5, ce aparține genului *Penicillium* a manifestat antagonism numai față de fitopatogenii genului *Fusarium* cu zone de inhibiție de 15,6 - 20,2 mm.

**Tabelul 4.2.3. Activitatea antifungică a tulpinilor de micromicete izolate din lacul „Valea Morilor”**

| Nr. d/o                              | Tulpin, genul                  | <i>Aspergillus niger</i> | <i>Alternaria alternata</i> | <i>Botrytis cinerea</i> | <i>Fusarium solani</i> | <i>Fusarium oxysporum</i> |
|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| <b>Izolate din apă</b>               |                                |                          |                             |                         |                        |                           |
| 1                                    | <b>A 1</b> <i>Trichoderma</i>  | 43,3±3,3                 | 35,7±1,3                    | 33,3±3,3                | 41,7±3,3               | 30,3±0,7                  |
| 2                                    | <b>A 3</b> <i>Trichoderma</i>  | 44,0±2,0                 | 30,7±1,3                    | 30,7±1,3                | 27,3±2,8               | 32,7±1,3                  |
| 3                                    | <b>A5</b> <i>Penicillium</i>   | 0                        | 0                           | 0                       | 15,6±1,8               | 20,2±2,8                  |
| 4                                    | <b>A 7</b> <i>Trichoderma</i>  | 14,7±2,8                 | 36,7±6,5                    | 27,3±1,3                | 26,7±3,3               | 41,7±3,3                  |
| 5                                    | <b>A 9</b> <i>Trichoderma</i>  | 21,3±2,6                 | 31,7±3,3                    | 30,7±1,3                | 30,7±1,3               | 33,3±3,3                  |
| 6                                    | <b>A 10</b> <i>Trichoderma</i> | 0                        | 39,7±0,7                    | 32,0±2,3                | 31,3±1,3               | 43,3±3,3                  |
| 7                                    | <b>A13</b> <i>Trichoderma</i>  | 32,3±2,8                 | 33,3±3,3                    | 23,3±3,3                | 30,3±0,7               | 33,0±2,0                  |
| 8                                    | <b>A15</b> <i>Trichoderma</i>  | 30,7±1,3                 | 41,7±3,3                    | 29,0±2,0                | 30,3±0,7               | 25,3±0,7                  |
| <b>Izolate din sedimente (Nămol)</b> |                                |                          |                             |                         |                        |                           |
| 9                                    | <b>N2</b> <i>Trichoderma</i>   | 0                        | 29,3±1,3                    | 29,3±1,3                | 26,3±1,3               | 27,7±1,3                  |
| 10                                   | <b>N3</b> <i>Trichoderma</i>   | 28,7±1,3                 | 26,3±1,3                    | 24,0±2,0                | 30,7±1,3               | 31,7±3,3                  |
| 11                                   | <b>N5</b> <i>Trichoderma</i>   | 30,7±1,3                 | 17,3±0,7                    | 18,7±1,3                | 21,3±1,3               | 0                         |
| 12                                   | <b>N7</b> <i>Trichoderma</i>   | 32,0±2,3                 | 17,7±1,3                    | 15,3±0,7                | 19,3±1,3               | 25,7±1,3                  |
| 13                                   | <b>N8</b> <i>Trichoderma</i>   | 30,7±1,3                 | 33,3±3,3                    | 27,7±2,8                | 31,3±1,3               | 30,7±1,3                  |
| 14                                   | <b>N10</b> <i>Trichoderma</i>  | 33,0±3,0                 | 30,7±1,3                    | 33,0±3,0                | 31,7±1,7               | 22,2±2,8                  |
| <b>Izolate din biofilm</b>           |                                |                          |                             |                         |                        |                           |
| 15                                   | <b>B1</b> <i>Penicillium</i>   | 0                        | 21,3±1,3                    | 17,7±1,3                | 16,3±1,3               | 17,0±3,0                  |
| 16                                   | <b>B2</b> <i>Trichoderma</i>   | 25,7±1,3                 | 25,3±0,7                    | 28,7±1,3                | 26,3±1,3               | 20,0 ±1,3                 |
| 17                                   | <b>B4</b> <i>Penicillium</i>   | 0                        | 0                           | 0                       | 0                      | 0                         |
| 18                                   | <b>B6</b> <i>Trichoderma</i>   | 30,7±1,3                 | 31,7±3,3                    | 28,3±0,7                | 30,7±1,3               | 26,3±1,7                  |



**Figura. 4.2.3. Activitatea antimicotică a micromicetelor din lacul „Valea Morilor”**

Tulpinile izolate din sedimente de asemenea au fost active față de fitopatogenii testați. Din 6 tulpini testate 4 au manifestat sensibilitate față de 5 fitopatogeni, iar 2 tulpini față de 4 fitopatogeni. Zonele de inhibiție au variat în limitele 17,3 – 33,0 mm.

Din 4 tulpini izolate din biofilm au manifestat activitate față de cei fitopatogeni luați în studiu 2 tulpini ce aparțin genului *Trichoderma*. Tulpina B 1, ce aparține genului *Penicillium*, a manifestat activitate față de 4 fitopatogeni cu zone de la 16,3 - 21,3 mm, iar tulpina B 4, reprezentant al aceluiași gen, nu manifestă sensibilitate față de fitopatogenii studiați

Din 18 tulpini, izolate din lacul „Valea Morilor”, 72,2% au manifestat activitate față de fitopatogenul *A. niger*, 88,9% față de fitopatogenii : *A. alternata*, *B. cinerea* și *F. oxysporum*, iar față de fitopatogenul *F. solani* 94,4%.

Din rezultatele obținute putem constata că micromicetele izolate din lacurile „La Izvor”, „Valea Trandafirilor” și „Valea Morilor”, prezintă activitate antifungică sporită față de fitopatogenii testați mai active s-au dovedit a fi tulpinile din genul *Trichoderma*, izolate din sedimente și apă urmate de micromicetele izolate din biofilm.

Comparând activitatea antifungică a tulpinilor de micromicete izolate din cele trei lacuri putem concluziona că, tulpinile izolate din probele de apă și sedimente a lacul „La Izvor” posedă cel mai înalt potențial antifungic.

Rezultatele obținute în cadrul acestui compartiment au fost diseminate în publicațiile: [177; 244; 245; 336].

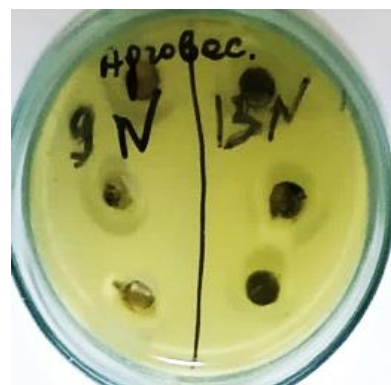
#### a) Activitatea antibacteriană a tulpinilor acvatice

Tulpinile de micromicete izolate din lacul „La Izvor”, studiate față de bacteriile fitopatogene (Tab. 4.2.4. Fig. 4.2.4) au demonstrat o activitate mai înaltă, comparativ cu sensibilitatea față de fungii fitopatogeni (Tab. 4.2.1). Din 14 tulpini, izolate din apă, 12 au manifestat antagonism față de bacteriile fitopatogene, cu zone de inhibiție a fitopatogenilor ce variază în limitele 12,7 - 34,7 mm. Cele mai semnificative rezultate antibacteriene au fost obținute la tulpinile A 1, A 14 din genul *Trichoderma*, cu zone de inhibiție ce variază în limitele 22,3 - 32,3 mm și respectiv 22,3 - 27,3 mm, de asemenea tulpina A 3 cu zone de inhibiție de la 22,0 mm până la 34,7 mm. Tulpinile A 11 și A 16 nu au manifestat antagonism față de tulpinile de referință.

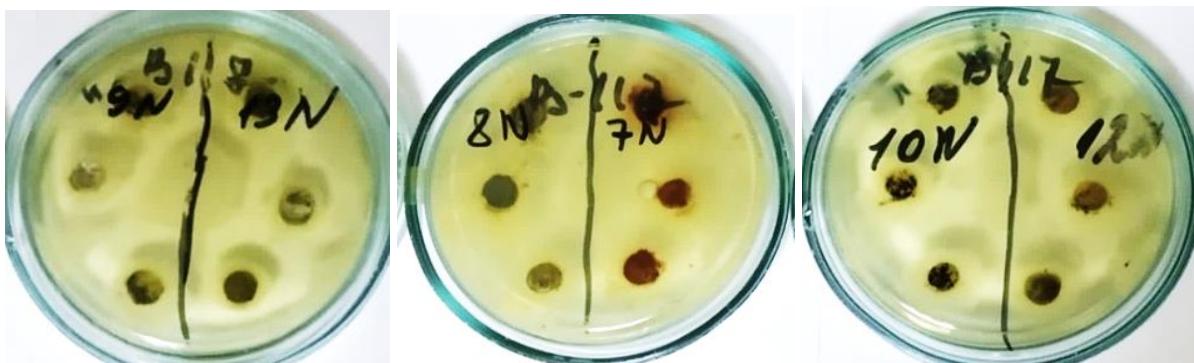
**Tabelul 4.2.4. Activitatea antibacteriană a tulpinilor de micromicete izolate din lacul „La Izvor”**

| Nr. d/o                    | Nr. Tulpinii            | <i>Bacillus subtilis</i> | <i>Xanthomonas campestris</i> | <i>Corynebacterium miciganensis</i> | <i>Agrobacterium tumefaciens</i> | <i>Erwinia carotovora</i> |
|----------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| <b>Izolate din apă</b>     |                         |                          |                               |                                     |                                  |                           |
| 1                          | A 1 <i>Trichoderma</i>  | 32,3±2,85                | 22,3±2,85                     | 31,3±1,31                           | 24,0±1,94                        | 30,7±1,31                 |
| 2                          | A 2 <i>Talaromyces</i>  | 17,0±1,13                | 20,3±0,65                     | 20,7±0,65                           | 18,7±1,31                        | 21,0±1,13                 |
| 3                          | A 3 <i>Talaromyces</i>  | 34,7±0,65                | 27,3±5,58                     | 22,0±2,26                           | 25,0±2,99                        | 29,0±4,08                 |
| 4                          | A 4 <i>Talaromyces</i>  | 16,0±1,96                | 18,7±1,73                     | 17,3±1,31                           | 19,3±1,31                        | 18,7±1,31                 |
| 5                          | A 5 <i>Talaromyces</i>  | 16,3±0,65                | 17,3±1,31                     | 17,7±0,65                           | 18,7±1,31                        | 16,3±1,73                 |
| 6                          | A 6 <i>Penicillium</i>  | 15,3±0,65                | 17,3±1,31                     | 15,0±1,13                           | 16,3±2,36                        | 18,7±1,31                 |
| 7                          | A 7 <i>Penicillium</i>  | 13,0±1,13                | 12,7±1,31                     | 15,3±0,65                           | 14,0±1,13                        | 15,7±0,65                 |
| 8                          | A 8 <i>Penicillium</i>  | 19,0±1,13                | 18,3±0,65                     | 18,7±1,31                           | 18,7±2,36                        | 16,7±1,31                 |
| 9                          | A 10 <i>Penicillium</i> | 16,7±1,73                | 18,0±1,13                     | 17,3±0,65                           | 16,7±1,31                        | 18,7±1,31                 |
| 10                         | A 11 <i>Trichoderma</i> | 0                        | 0                             | 0                                   | 0                                | 0                         |
| 11                         | A 13 <i>Trichoderma</i> | 18,0±2,26                | 20,3±0,65                     | 19,0±1,13                           | 17,0±1,13                        | 18,7±1,31                 |
| 12                         | A 14 <i>Trichoderma</i> | 23,3±3,27                | 23,3±3,46                     | 22,3±0,65                           | 23,3±1,73                        | 27,3±2,85                 |
| 13                         | A 15 <i>Trichoderma</i> | 13,0±1,13                | 12,7±1,31                     | 15,3±0,65                           | 14,0±1,13                        | 15,7±0,65                 |
| 14                         | A 16 <i>Trichoderma</i> | 14,7±2,61                | 0                             | 0                                   | 0                                | 0                         |
| <b>Izolate din biofilm</b> |                         |                          |                               |                                     |                                  |                           |
| 15                         | B 1 <i>Talaromyces</i>  | 32,3±2,85                | 23,3±1,31                     | 17,3±2,61                           | 16,0±6,0                         | 0                         |
| 16                         | B 3 <i>Penicillium</i>  | 32,3±2,85                | 22,7±2,61                     | 20,3±0,65                           | 23,3±1,31                        | 0                         |
| 17                         | B 5 <i>Trichoderma</i>  | 0                        | 0                             | 0                                   | 0                                | 0                         |
| <b>Izoalte din nămol</b>   |                         |                          |                               |                                     |                                  |                           |
| 18                         | N1 <i>Penicillium</i>   | 0                        | 0                             | 0                                   | 0                                | 0                         |

|    |                         |           |           |           |           |           |
|----|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 19 | N 2 <i>Penicillium</i>  | 38,0±1,13 | 25,7±0,65 | 20,7±1,31 | 22,7±3,46 | 20,7±1,31 |
| 20 | N 3 <i>Trichoderma</i>  | 31,3±1,31 | 20,0±2,26 | 10,7±1,31 | 16,3±0,65 | 0         |
| 21 | N 4 <i>Penicillium</i>  | 31,3±1,31 | 19,3±1,31 | 15,0±1,13 | 18,3±1,73 | 28,0±2,26 |
| 22 | N 5 <i>Penicillium</i>  | 33,0±4,0  | 22,3±2,85 | 25,0±1,13 | 25,3±0,65 | 24,3±2,36 |
| 23 | N 6 <i>Penicillium</i>  | 34,0±1,96 | 21,7±3,27 | 23,3±1,31 | 25,7±0,65 | 0         |
| 24 | N 7 <i>Trichoderma</i>  | 36,3±1,31 | 26,0±1,13 | 17,3±1,31 | 22,0±2,26 | 17,3±0,65 |
| 25 | N 8 <i>Aspergillus</i>  | 30,3±0,65 | 23,3±1,73 | 19,3±1,31 | 21,3±1,31 | 0         |
| 26 | N 9 <i>Trichoderma</i>  | 33,7±1,73 | 12,7±1,31 | 17,3±1,31 | 21,0±1,13 | 20,7±1,31 |
| 27 | N 10 <i>Trichoderma</i> | 33,3±3,27 | 29,3±1,31 | 25,7±1,31 | 24,0±2,26 | 30,7±1,31 |
| 28 | N 11 <i>Trichoderma</i> | 35,7±1,31 | 30,7±1,31 | 26,0±2,26 | 28,0±1,96 | 30,0±2,26 |
| 29 | N 12 <i>Trichoderma</i> | 36,0±1,96 | 25,7±3,64 | 20,7±1,31 | 24,3±1,31 | 28,7±2,61 |
| 30 | N 13 <i>Trichoderma</i> | 34,0±1,96 | 22,3±2,85 | 20,7±1,31 | 24,7±1,73 | 23,0±1,96 |
| 31 | N 14 <i>Trichoderma</i> | 30,7±1,31 | 26,7±1,73 | 23,7±1,73 | 26,7±1,73 | 28,7±1,73 |
| 32 | N 28 <i>Talaromyces</i> | 37,3±1,31 | 25,3±0,65 | 25,7±1,31 | 25,3±0,65 | 0         |
| 33 | N 29 <i>Talaromyces</i> | 35,7±0,65 | 28,3±1,73 | 26,0±1,96 | 23,3±1,31 | 0         |







**Figura 4.2.4. Zonele de inhibiție a fitopatogenilor a) *Agrobacterium tumefaciens*; b) *Bacillus subtilis* sub acțiunea unor tulpini de fungi izolați din lacul „La Izvor”**

Din cele 3 tulpini izolate din biofilm tulpina B 5 (*Trichoderma* sp.) nu a manifestat antagonism față de tulpinile de referință, iar tulpinile B1 (*Talaromyces* sp.) și B3 (*Penicillium*) au manifestat activitate față de 4 fitopatogeni, zonele de referință variind în limitele 22,7 - 32,3 mm, însă nu au manifestat antagonism față de fitopatogenul *E. carotovora*.

Tulpinile izolate din sedimente au fost mai active față de bacteriile fitopatogene, cu zone de inhibiție de la 15 mm până la 37,3 mm. Numai tulpina N 1 (*Penicillium*) nu a manifestat sensibilitate față de tulpinile bacteriene de referință. Diametrul zonelor de inhibiție a fitopatogenului *B. subtilis* a variat în limitele 30,7 - 38 mm, iar diametrul zonelor de inhibiție față de restul tulpinilor de referință, cu mici excepții, variază în limitele 20-30,7 mm.

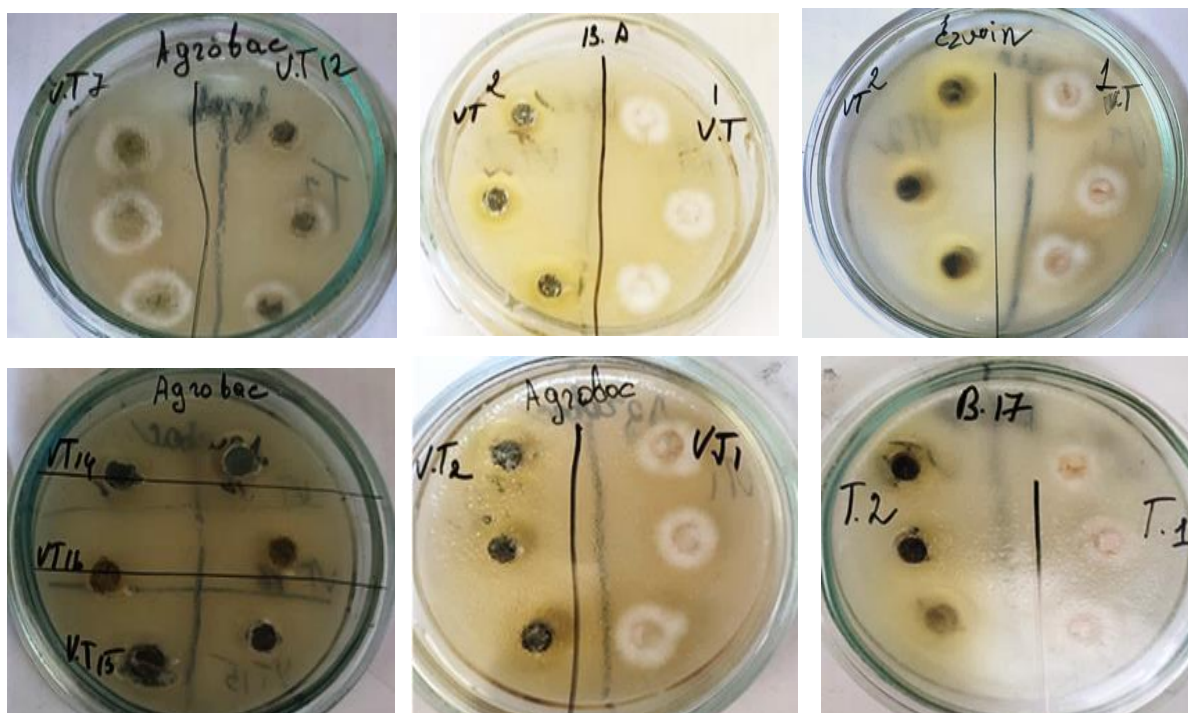
Astfel, conform datelor prezentate, activitate antimicrobiană mai semnificativă în raport cu fitopatogenii de referință au manifestat tulpinile izolate din sedimente, reprezentate de genurile *Trichoderma*, *Talaromyces* și *Penicillium*. S-a constatat că din 33 tulpini testate 90,9% manifestă sensibilitate față de fitopatogenul *B. subtilis*, 87,88% față de fitopatogenii *X. campestris*, *A. tumefaciens* și *C. miciganensis*, iar 66,67% față de *E. carotovora*.

Rezultatele obținute demonstrează că activitatea tulpinilor acvatice izolate din sedimente este mai înaltă față de fitopatogenul *B. subtilis* comparativ cu ceilalți fitopatogeni. Ceea ce este în acord cu literatura de specialitate, în care se menționează că tulpinile fungice acvatice sunt foarte active față de unii patogeni. Georgieva, Marina L., și col. (2023) în studiul efectuat asupra activității antimicrobiene a fungilor izolați din sedimentele lacului Bik Tambukan din Caucaz, Rusia, au demonstrat că 87,5% dintre tulpini au fost active împotriva *Bacillus subtilis*, iar 39,6% au fost eficiente împotriva *Escherichia coli*. De asemenea majoritatea tulpinilor au fost active împotriva *Aspergillus niger* și *Candida albicans*, aproximativ 66,7% și 62,5%, respectiv. Aceste tulpini reprezentate de genurile *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Chordomyces*, *Emericellopsis*, *Fusarium*, *Gibellulopsis*, *Myriodontium*, *Penicillium* și *Pseudeurotium* se consideră implicate în formarea nămolurilor terapeutice [83].

Din lacul „**Valea Trandafirilor**” au fost testate 20 tulpini: 10 izolate din apă, 6 tulpini izolate sedimente și 4 tulpini izolate din biofilm, față de bacteriile fitopatogene: *Bacillus subtilis*, *Xanthomonas campestris*, *Corynebacterium miciganensis*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Erwinia carotovora* (Tab. 4.2.5, Fig. 4.2.5). Conform datelor prezentate în Tabel. 4.2.5 indiferent de locul izolării, majoritatea din ele demonstrând zone de inhibiție ce variază de la 15,3 mm până la 36,7 mm față de fitopatogenii tulpinile de referință. Astfel, din 10 tulpini izolate din apă activitate față de toate bacteriile de referință au manifestat 4 tulpini, față de 4 tulpini de referință – 4 tulpini, iar tulpinile A 2 (*Trichoderma* sp.) și A 16 (*Penicillium* sp.) nu au manifestat sensibilitate față de bacteriile de referință. Diametrul zonelor de inhibiție a fitopatogenilor a variat în limitele 17 - 36 mm. Numai 5 tulpini au manifestat antagonism față de fitopatogenul *E. carotovora* cu zone de inhibiție de la 12,7 mm până la 21,3 mm.

**Tabelul 4.2.5. Activitatea antibacteriana a tulpinilor izolate din lacul „Valea Trandafirilor”**

| N0                                   | Tulpina, genul          | <i>Bacillus subtilis</i> | <i>Xanthomonas campestris</i> | <i>Corynebacterium miciganensis</i> | <i>Agrobacterium tumefaciens</i> | <i>Erwinia carotovora</i> |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| <b>Izolate din apă</b>               |                         |                          |                               |                                     |                                  |                           |
| 1                                    | A 1 <i>Trichoderma</i>  | 36,7±1,7                 | 27,0±2,0                      | 19,0±1,1                            | 23,0±1,1                         | 18,0±3,0                  |
| 2                                    | A 2 <i>Trichoderma</i>  | 0                        | 0                             | 0                                   | 0                                | 0                         |
| 3                                    | A 3 <i>Trichoderma</i>  | 15,7±2,4                 | 17,0±2,0                      | 16,7±3,3                            | 17,3±0,7                         | 18,3±1,7                  |
| 4                                    | A 4 <i>Trichoderma</i>  | 17,7±2,8                 | 19,0±2,0                      | 19,7±2,4                            | 24,0±2,3                         | 21,3±2,6                  |
| 5                                    | A 7 <i>Trichoderma</i>  | 18,3±1,7                 | 18,7±1,3                      | 22,0±2,3                            | 24,0±2,3                         | 0                         |
| 6                                    | A 8 <i>Trichoderma</i>  | 30,0±2,3                 | 29,3±1,3                      | 32,3±2,8                            | 18,3±1,7                         | 0                         |
| 7                                    | A 11 <i>Trichoderma</i> | 0                        | 17,3±2,8                      | 23,0±4,1                            | 26,7±3,3                         | 18,3±1,7                  |
| 8                                    | A 14 <i>Trichoderma</i> | 20,7±1,3                 | 16,7±1,7                      | 18,3±3,3                            | 18,3±1,3                         | 12,7±1,3                  |
| 9                                    | A 15 <i>Talaromyces</i> | 19,7±0,7                 | 21,7±1,7                      | 15,3±0,7                            | 14,3±2,8                         | 0                         |
| 10                                   | A 16 <i>Penicillium</i> | 0                        | 0                             | 0                                   | 0                                | 0                         |
| <b>Izolate din sedimente (Nămol)</b> |                         |                          |                               |                                     |                                  |                           |
| 11                                   | N 1 <i>Talaromyces</i>  | 33,3±1,7                 | 26,3±1,3                      | 25,3±0,7                            | 30,3±0,7                         | 28,3±1,3                  |
| 12                                   | N 2 <i>Trichoderma</i>  | 17,0±2,3                 | 16,7±1,3                      | 19,3±0,7                            | 15,3±1,7                         | 0                         |
| 13                                   | N 3 <i>Trichoderma</i>  | 0                        | 0                             | 0                                   | 0                                | 0                         |
| 14                                   | N 10 <i>Trichoderma</i> | 30,7±1,3                 | 26,0±2,0                      | 21,3±1,3                            | 22,7±1,3                         | 19,7±0,7                  |
| 15                                   | N 5 <i>Penicillium</i>  | 17,7±0,7                 | 14,7±0,7                      | 17,7±1,7                            | 14,0±1,1                         | 14,7±0,7                  |
| 16                                   | N 14 <i>Trichoderma</i> | 34,0±2,0                 | 25,7±1,3                      | 18,0±2,3                            | 16,3±0,7                         | 0                         |
| <b>Izolate din biofilm</b>           |                         |                          |                               |                                     |                                  |                           |
| 17                                   | B 1 <i>Trichoderma</i>  | 29,3±1,3                 | 26,3±1,7                      | 10,7±1,3                            | 24,7±2,8                         | 19,0±1,1                  |
| 18                                   | B 3 <i>Trichoderma</i>  | 26,7±3,3                 | 19,3±0,7                      | 15,3±0,7                            | 18,0±1,1                         | 16,3±1,7                  |
| 19                                   | B 5 <i>Trichoderma</i>  | 31,7±3,3                 | 31,3±1,7                      | 17,3±1,7                            | 20,7±1,3                         | 0                         |
| 20                                   | B 9 <i>Trichoderma</i>  | 33,3±3,3                 | 18,3±1,7                      | 0                                   | 0                                | 0                         |



**Figura 4.2.5. Zonele de inhibiție a fitopatogenilor a) *Agrobacterium tumefaciens*; b) *Bacillus subtilis* sub acțiunea unor tulpini de fungi izolați din lacul „Valea Trandafirilor”.**

Active față de bacteriile fitopatogene au fost și tulpinile izolate din sedimente, 3 tulpini din 6 testate au manifestat activitate antibacteriană față de toate tulpinile de referință, 2 tulpini față de 4 fitopatogeni, iar tulpina N 3 (*Trichoderma* sp.) nu a manifestat activitate antimicrobiană față de fitopatogenii testați. Diametrul zonelor de inhibiție a fitopatogenilor a variat de la 16,3 mm până la 34 mm. Activitate semnificativă față de bacteriile de referință au manifestat și tulpinile de *Trichoderma*, izolate din biofilm. Astfel, 2 tulpini, din 4 tulpini testate au manifestat sensibilitate față de 5 bacterii de referință cu zone de inhibiție de 15,3-29,3 mm, 1 tulpină față de 4 fitopatogeni, cu zonele de la 17,3 mm până la 31,73 mm, iar tulpina B 9 a demonstrat antagonism numai față de fitopatogenii *B. subtilis* și *X. campestris* cu zone de 33,3 mm și respectiv 18,3 mm.

Rezultatele obținute demonstrează că tulpinile de micromicete acvatice posedă proprietăți antibacteriene înalte față de tulpinile de referință, luate în studiu, cu excepția fitopatogenului *E. carotovora*, față de care numai 10 din cele 20 tulpini testate au manifestat activitate de inhibiție, cea ce constituie 50%. Față de fitopatogenii *B. subtilis*, *C. miciganensis* și *A. tumefaciens* au manifestat sensibilitate 80% din tulpinile testate, iar față de *X. campestris* 85%.

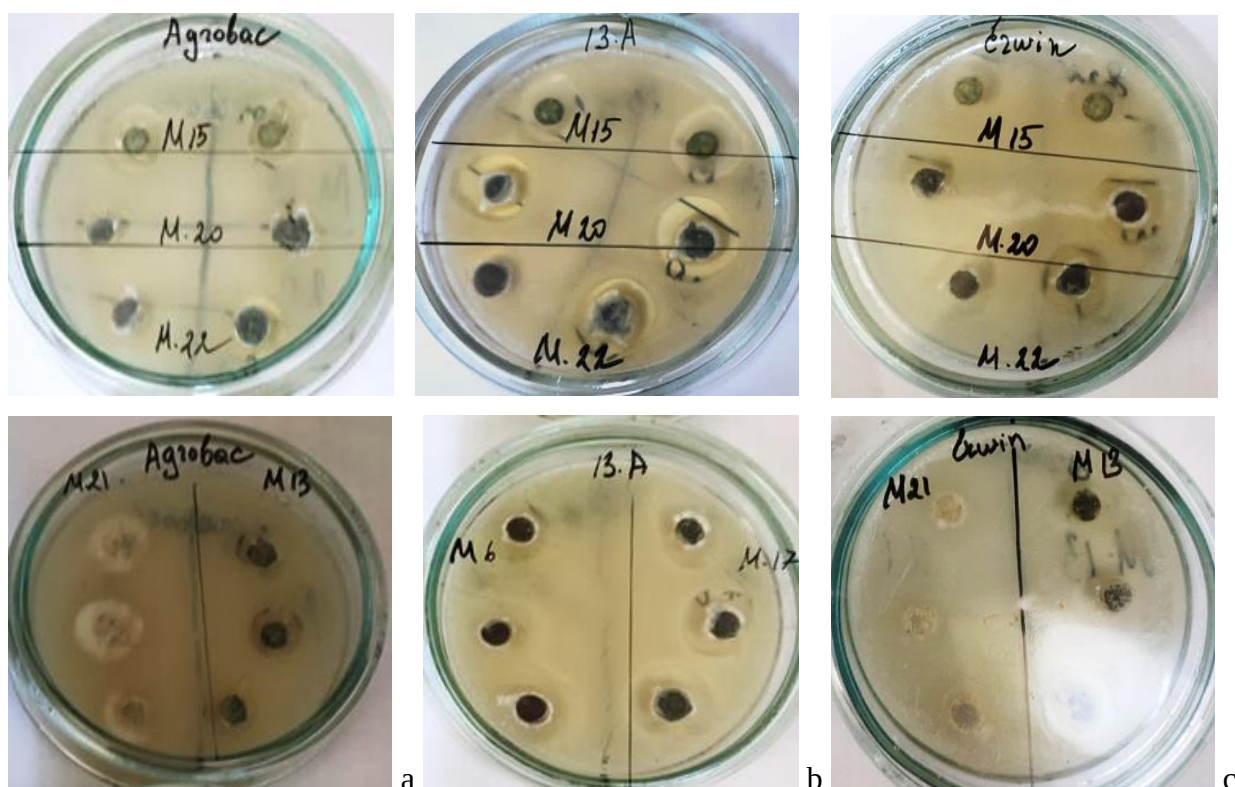
În Tabelul 4.2.6 și Fig. 4.2.6 sunt prezentate rezultatele obținute la testarea tulpinilor izolate din lacul „Valea Morilor” față de bacteriile de referință.

**Tabelul 4.2.6. Activitatea antibacteriana a tulpinilor izolate din lacul „Valea Morilor “**

| N0                         | Tulpina                 | <i>Bacillus subtilis</i> | <i>Xanthomonas campestris</i> | <i>Corynebacterium michiganensis</i> | <i>Agrobacterium tumefaciens</i> | <i>Erwinia carotovora</i> |
|----------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| <b>Izolate din apă</b>     |                         |                          |                               |                                      |                                  |                           |
| 1                          | A 1 <i>Trichoderma</i>  | 30,7±1,3                 | 31,7±3,3                      | 29,3±0,7                             | 29,3±1,3                         | 28,7±1,3                  |
| 2                          | A 3 <i>Trichoderma</i>  | 31,0±2,0                 | 29,7±0,7                      | 31,3±1,3                             | 26,7±1,7                         | 33,0±2,0                  |
| 3                          | A 5 <i>Penicillium</i>  | 19,0±2,0                 | 28,3±0,7                      | 30,7±1,3                             | 26,0±2,0                         | 33,0±2,0                  |
| 4                          | A 7 <i>Trichoderma</i>  | 0                        | 28,7±1,3                      | 26,3±0,7                             | 25,7±1,3                         | 33,0±2,0                  |
| 5                          | A 9 <i>Trichoderma</i>  | 27,7±2,8                 | 28,7±1,3                      | 30,0±0,7                             | 18,7±1,3                         | 28,3±1,7                  |
| 6                          | A 10 <i>Trichoderma</i> | 0                        | 29,3±1,3                      | 30,0±0,7                             | 28,7±1,3                         | 28,3±1,7                  |
| 7                          | A 13 <i>Trichoderma</i> | 31,7±3,3                 | 28,7±1,3                      | 0                                    | 28,3±1,7                         | 27,7±0,7                  |
| 8                          | A 15 <i>Trichoderma</i> | 29,3±1,3                 | 28,7±1,3                      | 25,7±1,3                             | 28,3±1,7                         | 0                         |
| <b>Izolate din nămol</b>   |                         |                          |                               |                                      |                                  |                           |
| 9                          | N 2 <i>Trichoderma</i>  | 0                        | 28,3±0,7                      | 28,7±1,3                             | 24,7±0,7                         | 25,3±0,7                  |
| 10                         | N 3 <i>Trichoderma</i>  | 29,3±1,3                 | 25,7±1,3                      | 34,0±2,0                             | 30,3±0,7                         | 23,3±3,3                  |
| 11                         | N 5 <i>Trichoderma</i>  | 0                        | 15,7±1,3                      | 18,7±1,3                             | 21,3±1,3                         | 0                         |
| 12                         | N 7 <i>Trichoderma</i>  | 0                        | 0                             | 0                                    | 0                                | 0                         |
| 13                         | N 8 <i>Trichoderma</i>  | 29,3±1,3                 | 28,7±1,3                      | 27,7±2,8                             | 32,3±2,8                         | 24,0±2,0                  |
| 14                         | N 10 <i>Trichoderma</i> | 29,3±1,3                 | 28,0±2,0                      | 31,0±4,1                             | 31,0±1,3                         | 0                         |
| <b>Izolate din biofilm</b> |                         |                          |                               |                                      |                                  |                           |
| 15                         | B 1 <i>Penicillium</i>  | 0                        | 21,3±1,3                      | 17,7±1,3                             | 16,3±1,3                         | 15,7±1,3                  |
| 16                         | B 2 <i>Trichoderma</i>  | 25,3±1,7                 | 25,3±0,7                      | 28,7±1,3                             | 26,3±1,3                         | 0                         |
| 17                         | B 4 <i>Penicillium</i>  | 0                        | 0                             | 0                                    | 0                                | 0                         |
| 18                         | B 6 <i>Trichoderma</i>  | 29,3±0,7                 | 30,7±1,3                      | 28,7±1,3                             | 29,3±1,3                         | 21,7±3,3                  |

Conform datelor prezentate în Tab. 4.2.6 activitatea antibacteriană a tulpinilor, izolate din apa lacului „Valea Morilor, este înaltă, din 8 tulpini testate 4 tulpini au demonstrat activitate față de 5 bacterii d referință, iar 4 față de 4 fitopatogeni cu zone de inhibiție ce variază în limitele 18,7 - 33,0 mm. Față de fitopatogenii *X. campestris* și *A. tumefaciens* au manifestat activitate toate tulpinile de micromicete testate, cu zone de inhibiție de la 18,7 mm până la 31,7 mm.

Din 6 tulpini izolate din sedimente 1 tulpină (B 7, *Trichoderma* sp.) nu a demonstrat activitate antimicrobiană față de tulpinile de referință, 2 au fost active față de toți fitopatogenii cu zone de inhibiție de la 24,0 mm până la 34,0 mm. Față de fitopatogenii *B. subtilis* și *Erwinia carotovora* au manifestat activitate numai 3 tulpini cu zone de inhibiție de 29,3 și respectiv 23,3 - 25,3 mm. Tulpinile izolate din biofilm, ce aparțin genului *Trichoderma* au demonstrat sensibilitate față de bacteriile de referință cu zone de inhibiție de la 21,7 mm până la 30,7 mm. Din cele 2 tulpini ce aparțin genului *Penicillium* 1 tulpină a demonstrat activitate față de 4 fitopatogeni cu zone de inhibiție 15,7 -21,3 mm, iar 1 tulpină (B 4) nu a demonstrat activitate antibacteriană.



**Figura 4.2.6. Zonele de inhibiție a fitopatogenilor a) *A. tumefaciens*; b) *B. subtilis*; c) *E. carotovora* sub acțiunea unor tulpini de fungi izolați din lacul „Valea Morilor”.**

Astfel, din numărul total de 18 tulpini, izolate din lacul „Valea Morilor”, activitate antibacteriană au manifestat 61,1% față de *B. subtilis*, 88,9% față de *X. compestris* și *A. tumefaciens*, 83,3% față de *C. miciganensis* și 66,7% față de *E. carotovora*.

Rezultatele obținute în acest compartiment demonstrează că majoritatea tulpinilor de micromicete, izolate din lacurile „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”, posedă proprietăți antifungice și antibacteriene înalte și pot fi potențiale pentru biotehnologie ca surse de substanțe bioactive.

Rezultatele obținute în cadrul acestui compartiment au fost diseminate în publicațiile:[177; 244; 245; 335].

### **4.3. Evaluarea potențialului fitostimulator al unor micromicete acvatice**

Utilizarea excesivă a îngrășămintelor chimice și pesticidelor duce la degradarea solurilor, iar în viitor ar putea genera o criză alimentară. Creșterea populației și necesitatea unei cantități de produse alimentare tot mai mare impune cercetătorii să caute noi soluții și tehnologii inovatoare. Aceste tehnologii reprezintă o alternativă promițătoare pentru atenuarea stresul biotic și abiotic, oferind rezistență la diferite boli, de asemenea, îmbunătățind calitatea nutrienților și a culturilor agricole, ca rezultat stimulează cantitatea și calitatea recoltei la plantele agricole [3; 77; 132].



Conform relatărilor lui Bano Asghari (2022) „fitostimulenții sunt substanțe naturale care, aplicate plantelor, boabelor, sau substraturilor de creștere, pot modifica procesele fiziologice ale plantelor, îmbunătățind creșterea, dezvoltarea și răspunsul acestora la stres, fără a include nutrienți sau pesticide. Utilizarea lor în agricultura durabilă ajută la protejarea mediului prin reducerea inputurilor chimice, păstrând în același timp randamentele și calitatea culturilor” [28].

Ca alternativă a substanțelor chimice de uz agricol sunt utilizate pe scară largă microorganismele, printre care și fungii promotori ai creșterii plantelor, care sunt microorganisme benefice ce îmbunătățesc mecanismele de apărare contra bolilor, duc la combaterea invaziei fitopatogenilor și stimulează creșterea plantelor. Cele mai cunoscute genuri de fungi beneficiu sunt reprezentanți ai genurilor: *Gliocladium*, *Penicillium*, *Phoma*, *Rhizoctonia*, și *Trichoderma*, care au demonstrat efecte pozitive asupra creșterii unor culturi precum porumb, grâu, floarea soarelui, tutun, soia, vinete, roșii, castraveți, morcovi, bumbac etc. [138; 151; 219; 232; 237; 311]

Fitostimulanții fungici sunt micromicete, care aduc beneficii plantelor prin diverse mecanisme, contribuind la îmbunătățirea creșterii și toleranței acestora la stresuri. Acestea sunt clasificate în două categorii principale: micromicete micorizale și micromicete care promovează creșterea plantelor [28].

Produsele pe bază de *Trichoderma* sunt folosite în calitate de fitostimulatori pentru a accelera germinarea și înrădăcinarea, capacitatea de fructificare și reducerea perioadei de maturare, rezistența la boli și la factorii adversi. Cel mai important factor de stimulare în aproape toate etapele de creștere și dezvoltare a plantelor este sinteza enzimelor, fitohormonilor și a fitoregulatorilor [29; 47; 60; 118; 123; 274].

Astfel, micromicetele din genul *Trichoderma*, datorită proprietăților sale antimicrobiene față de microorganismele patogene, stimulative a creșterii plantelor, participante la fertilizarea solului, sunt mai fiabile comparativ cu alte microorganisme pentru utilizare în domeniul agriculturii determinând creșterea randamentului atât biologic, cât și economic a culturilor prin reducerea utilizării substanțelor chimice nocive și dezvoltarea agriculturii ecologice.

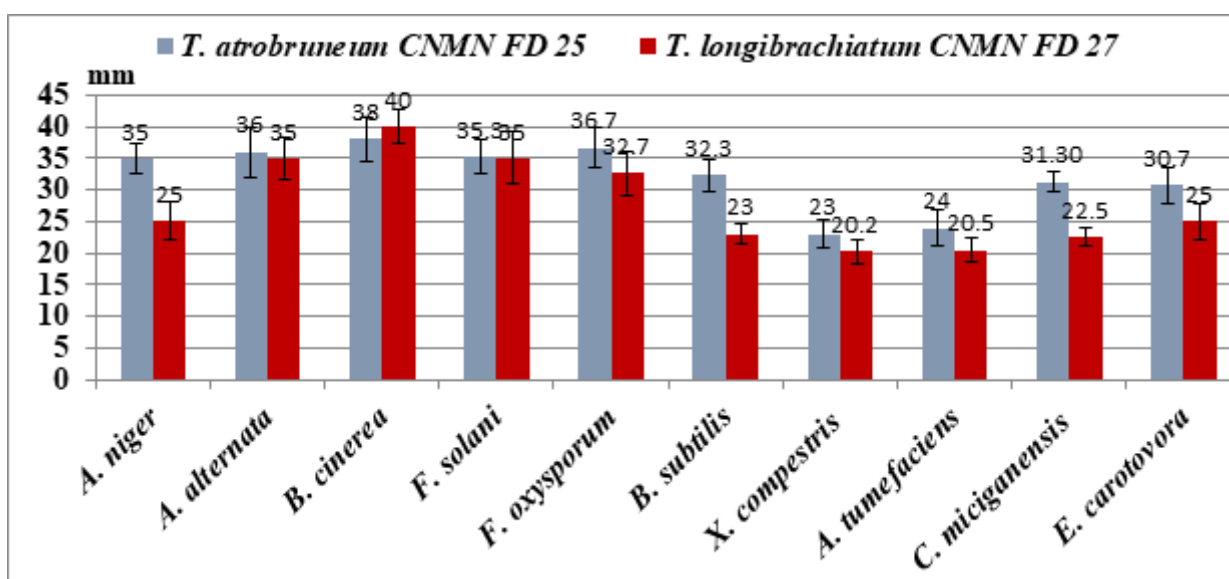
Biopreparatele obținute în baza tulpinilor de micromicete din genul *Trichoderma* sunt cunoscute pentru proprietăților lor fitostimulative, fapt pentru care sunt utilizate pe larg în agricultură în calitate de stimulator de creștere a plantelor agricole [28; 137].

Pentru identificarea capacități de fitostimulator, din gama largă de tulpini de micromicete acvatice studiate, au fost selectate două tulpini, ce aparțin genului *Trichoderma*, izolate din lacul „La Izvor”, care posedă proprietăți enzimatică și antimicrobiene semnificative față de fitopatogenii testați: Tulpina A 1 (*T. atrobruneum* CNMN FD 25), izolată din apă și tulpina N 14

(*T. longibrachiatum* CNMN FD 27), izolată din sedimente, în baza cărora au fost obținute biopreparate, care au fost testate asupra boabelor de grâu.

Pentru obținerea biopreparatelor cu activitate antimicrobiană înaltă tulpinile *T. atrobruneum* CNMN FD 25 și *T. longibrachiatum* CNMN FD 27 au fost cultivate submers în mediul cu compoziția: (g/l): glucoză – 30,0; NaNO<sub>3</sub> –1,0; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> – 1,0; MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O –1,0; CaCO<sub>3</sub> – 1,0; pH- 6,0, apă distilată până la 1 litru și suplimentat cu 10 mg/l extract de drojdii (pentru *T. atrobruneum* CNMN FD 25) și cu 20 mg/l extract de porumb (pentru *T. longibrachiatum* CNMN FD 27) la temperatura de 28-30°C, cu agitare continuă 160 r/minut, timp de 6 zile *T. atrobruneum* CNMN FD 25 și 5 zile *T. longibrachiatum* CNMN FD 27.

Biopreparatele obținute în rezultatul cultivării submerse au fost testate asupra fitopatogenilor luați în studiu. Rezultatele obținute în acest studiu sunt prezentate în Fig. 4.3.1.



**Figura 4.3.1. Activitatea antimicrobiană a biopreparatelor *T. atrobruneum* CNMN FD 25 și *T. longibrachiatum* CNMN FD 27 asupra fitopatogenilor.**

Biopreparatul obținut în baza tulpinii *T. atrobruneum* CNMN FD 25 a manifestat o activitate înaltă față de fungi fitopatogeni cu diametrul zonelor de inhibiție fitopatogeni 35 –38 mm, iar a bacteriilor fitopatogene de 23 - 32,3 mm. Zonele de inhibiție a fungilor fitopatogeni sub acțiunea biopreparatului obținut în baza tulpinii *T. longibrachiatum* CNMN FD au variat în limitele 25-40 mm, iar a bacteriilor fitopatogene 20,2 - 25 mm.

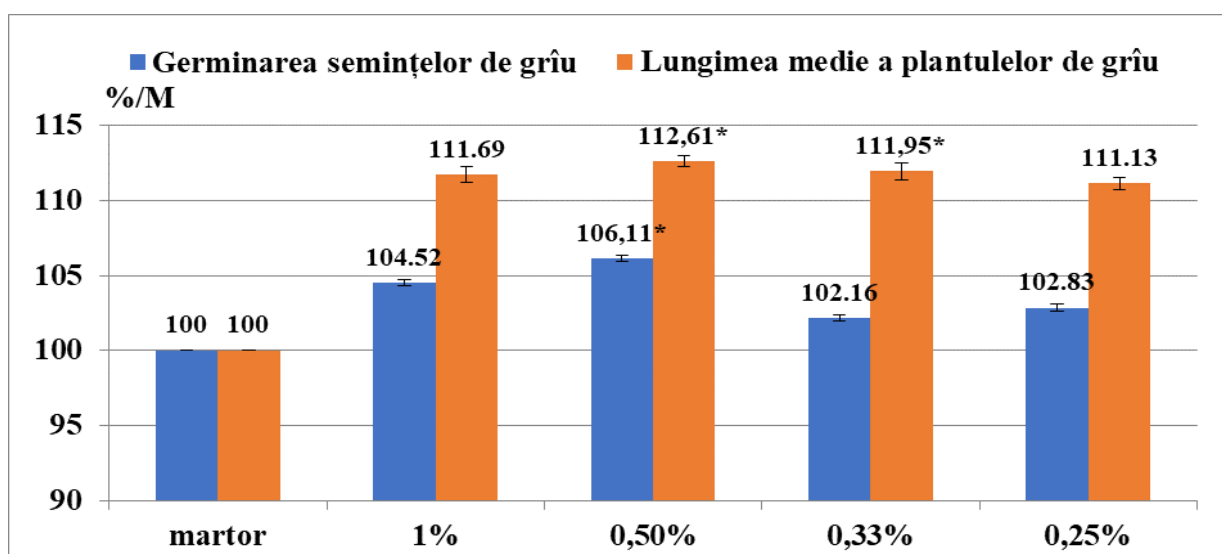
Eficiența fitostimulatoare a biopreparatelor a fost testată pe boabe de grâu( soiul Moldova 16), oferit cu amabilitate de dr. hab. G. Lupașcu din Institutul de Genetică, Fiziologia și Protecția Plantelor, USM.

Boabele de grâu au fost tratate cu preparatele microbiene timp de 1 oră, apoi semănate în sol și cultivate la temperatura de 18-20°C, în laborator cu iluminare de zi. Au fost montate câte 4 variante în care boabele au fost tratate cu soluții de exometaboliți în concentrație de: 1 %; 0,5%,

0,33 % și 0,25 %. În varianta martor semințele au fost tratate cu apă din robinet. După 14 zile de cultivare au fost evaluați unii indici biomertici ai plantulelor de grâu: germinarea, lungimea medie a plantulelor, masa uscată a plantulelor și a rădăcinilor.

Rezultatele obținute la testarea biopreparatului obținut în baza tulpinii *T. atrobruneum* CNMN FD 25 sunt prezentate în Fig. 4.3.2 și Fig. 4.3.3.

Datele prezentate în Fig. 4.3.2 demonstrează că, tratarea boabelor de grâu cu biopreparat de *T. atrobruneum*, indiferent de concentrația aplicată, acționează pozitiv asupra acestora, stimulând atât germinarea, cât și creșterea plantulelor. Cele mai relevante rezultate fiind înregistrate în varianta în care boabele au fost tratate cu soluție de metaboliți de 0,5 %, astfel germinarea boabelor a crescut cu 6,11%, iar lungimea plantulelor cu 12,61%, comparativ cu varianta martor.



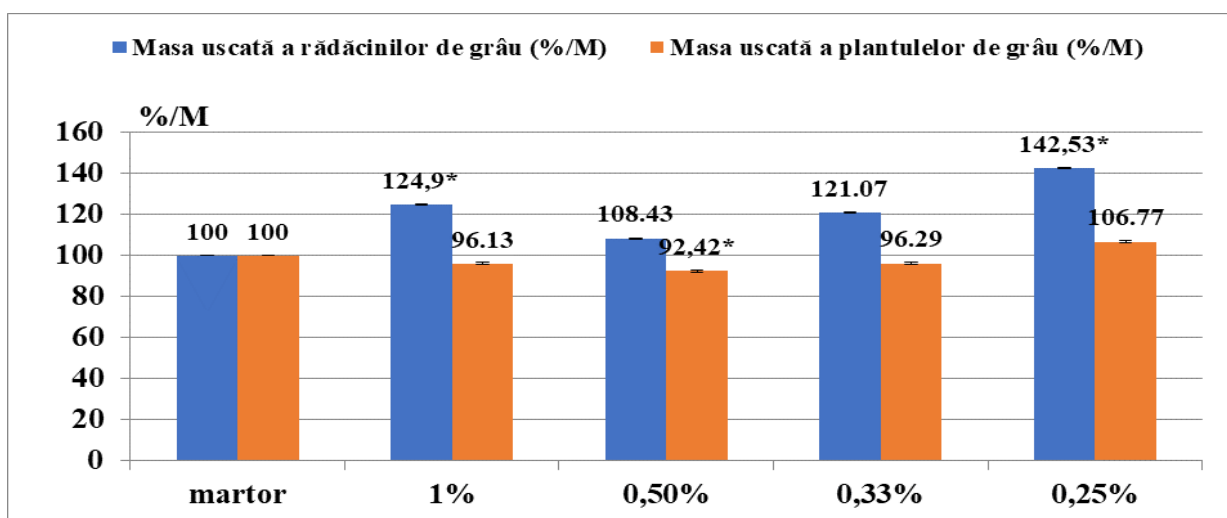
**Figura 4.3.2. Acțiunea biopreparatului obținut în baza tulpinii *T. atrobruneum* CNMN FD 24 asupra boabelor de grâu, \* $p \leq 0,05$**

Indicii masa uscată a plantulelor și masa uscată a rădăcinilor, de asemenea, au înregistrat date pozitive (Fig. 4.3.3).

Rezultatele obținute asupra masei uscate a plantulelor a variat în limitele  $\pm 4\%$  față de varianta martor. Cele mai înalte rezultate de 106,77% față de varianta martor fiind obținute în varianta a fost aplicată soluția de metaboliți de 0,25 % (Fig. 4.3.3), iar în varianta în care soluția de metaboliți aplicată a fost de 0,5% acest indice a constituit doar 92,42% .

Asupra masei uscate a rădăcinilor biopreparatul testat a acționat mai benefic, stimulând acest indice semnificativ cu 124,9%, în varianta în care boabele au fost tratate cu biopreparat de 1%, și cu 142,53%, în varianta în care s-a utilizat biopreparat de 0,25 %, comparativ cu varianta martor.





**Figura 4.3.3. Acțiunea biopreparatului *T. atrobruneum* CNMN FD 25 asupra masei uscate a plantulelor și rădăcinilor de grâu, \* $p \leq 0,05$**

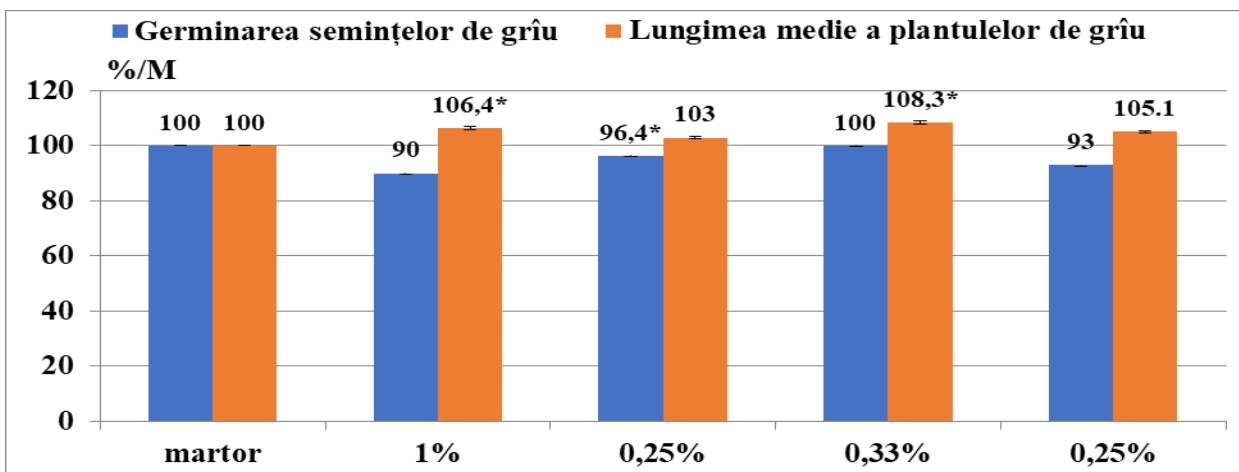
Astfel, constatăm că acest biopreparat a acționat mai benefic asupra sistemului radicular și mai puțin asupra creșterii întregi a plantulelor de grâu.

În diverse studii a fost demonstrat că *Trichoderma spp.* produce enzime și hormoni vegetali, cum ar fi auxina, acidul harzianic și harzionalidul, acid indol acetic (IAA), care sunt responsabili de dezvoltarea rădăcinilor [274; 283; 219; 118; 8].

Tratarea boabelor de grâu cu biopreparat obținut în baza tulpinii *T. longibrachitum* CNMN FD 27, de asemenea, a demonstrat stimulări ale unor indici morfo-biologici ai plantulelor de grâu (Fig. 4.3.4, Fig. 4.3.5).

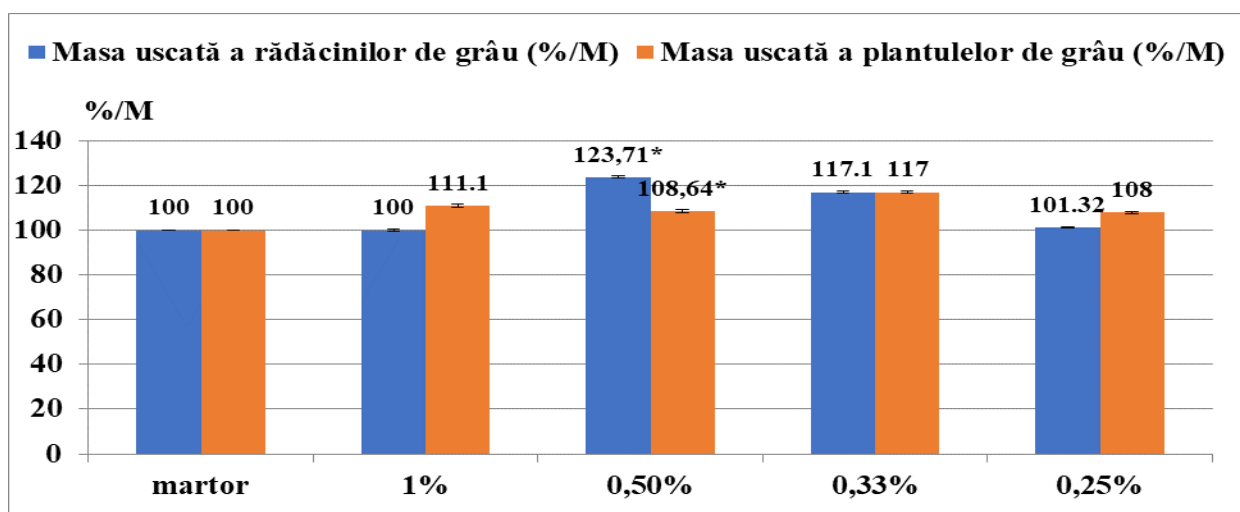
Astfel, tratarea boabelor de grâu cu biopreparat, obținut în baza tulpinii *T. longibrachiatum* CNMN FD 27 (Fig. 4.3.4), nu a stimulat capacitatea de germinarea semințelor, numai în varianta în care boabele au fost tratate cu soluție de metaboliți de 0,33% germinarea a fost la nivelul martorului, iar în restul variantelor acest indice a înregistrat o diminuare de la 4,6%, în varianta în care concentrația soluție de metaboliți aplicată a fost de 0,5%, până la 10% în varianta în care concentrația soluție de metaboliți aplicată asupra semințelor a fost de 1 %, față de varianta martor (Fig. 4.3.4). Deci, putem constata că biopreparatul testat nu a stimulat germinarea boabelor de grâu, dar a acționat negativ sau neutru, valoarea acestui indice variind în limitele 90 - 100%, față de martor.

Evaluând acțiunea biopreparatului asupra creșterii plantulelor putem menționa că au fost înregistrată o stimulare nesemnificativă, lungimea acestora oscilând în limitele 106,4 % (varianta cu conc. 1 %) - 108,3% (varianta cu conc. 0,33 %), față de varianta martor (Fig. 4.3.4).



**Figura 4.3.4. Acțiunea biopreparatului obținut în baza tulpinii *T. longibrachiatum* CNMN FD 27 asupra germinării boabelor și lungimii plantulelor de grâu, \* $p \leq 0,05$**

Un efect stimulator s-a constatat pentru indicii masa uscată a rădăcinilor și masa uscată a plantulelor (Fig. 4.3.5). Avantajul maxim al indicelui masa uscată a rădăcinilor - 123,71%, comparativ cu martorul, a fost obținut în varianta în care pentru tratarea boabelor a fost utilizată concentrația biopreparatului de 0,5%. Indicele masa uscată a plantulelor a înregistrat valori mai mici. În varianta în care boabele au fost tratate cu soluția de metaboliți de 0,5 % acest indice a constituit 108,64% față de martor.



**Figura 4.3.5. Acțiunea biopreparatului obținut în baza tulpinii *T. longibrachiatum* CNMN FD 27 asupra masei uscate a plantulelor și rădăcinilor de grâu, \* $p \leq 0,05$**

Ca și în cazul biopreparatului obținut pe bază de tulpinii *T. atrobruneum* CNMN FD 25, tratarea boabelor de grâu cu biopreparatul obținut pe bază de baza tulpinii *T. longibrachiatum* CNMN FD 27 a acționat mai benefic asupra sistemului radicular și mai puțin asupra creșterii plantulelor de grâu, aceasta fiind demonstrat prin stimularea semnificativă a indicelui masa uscată a rădăcinilor față de varianta martor.

Rezultatele obținute în acest studiu sunt în concordanță cu cele prezentate în diferite cercetări în care sunt descrise mecanismele de acțiune a biopreparatelor în baza micromicetelor din genul *Trichoderma* asupra sistemului radicular al plantelor de cultură.

Numeroase studii au confirmat că *Trichoderma* este genul de micromicete simbiotice, oportuniste și virulente, care colonizează nu numai solul rizosferei dar și suprafața rădăcinii, în principal în zona de vârf și alungire a rădăcinii și stimulează creșterea plantelor prin mecanisme similare cu cele utilizate de ciupercile micorizice [195; 102; 138].

Conform rezultatelor obținute putem concluziona că tulpinile *T. atrobruneum* CNMN FD 25 și *T. longibrachiatum* CNMN FD 27 pot fi considerate de perspectivă pentru utilizarea în agricultură în calitate de fitostimulatori ai plantelor de cultură.

Rezultatele obținute în cadrul acestui compartiment au fost diseminate în publicațiile: [176; 178; 251; 253; 245; 197].

#### 4.4. Concluii la capitolul 4

1. Rezultatele obținute au demonstrat că majoritatea micromicetelor acvatiche studiate posedă activitate semnificativă a unei sau a mai multor enzime studiate. În dependență de apartenența de gen cele mai active, din punct de vedere enzimatic sau prezentat reprezentanții genurilor *Penicillium*, *Talaromyces*, *Aspergillus*, *Trichoderma* și *Fusarium*.
2. Din numărul total de 164 tulpini testate peste 12,2% au prezentat activitate medie la cele 4 enzime studiate, cele mai active fiind tulpinile izolate din sedimente. Tulpinile izolate din sedimente și apa lacului „La Izvor” au fost mai active comparativ cu cele izolate din sedimentele lacurilor „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor”.
3. Din 71 tulpini de micromicete acvatiche testate după proprietățile antifungice au manifestat activitate antifungică față de: *A. niger* - 57,75%, *A. alternata* - 84,5%, *B. cinerea* - 85,9%, *F. solani* - 93,0%, *F. oxysporum* - 81,7% cu zone de inhibiție ce variază în limitele 15-40 mm.
4. Activitate antibacteriană, au manifestat majoritatea micromicetelor testate, față de fitopatogenul: *B. subtilis* - 80,3%, *X. compestris* - 87,32%, *A. tumefaciens* - 85,91%, *C. miciganensis* - 84,5%, iar față de *E. carotovora* - 62 % cu zone de inhibiție de la 15 mm până la 35mm.
5. Testarea a 2 biopreparate obținute în baza tulpinilor *T. atrobruneum* CNMN FD 25 și *T. longibrachiatum* CNMN FD 27, care manifestă activitate enzimatică semnificativă și antimicrobiană înaltă, în concentrație de 0,5% și 0,33%, asupra boabelor de grâu, soiul Moldova a demonstrat o creștere a indicilor: germinarea boabelor cu 6,11%; lungimea medie a plantulelor cu 12,6%, masa uscată a rădăcinilor cu 123, 7% și masa uscată a plantulelor de grâu 8,64%.

## CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

1. Din lacurile „La Izvor”, „Valea Morilor” și „Valea Trandafirilor” din municipiul Chișinău, au fost izolate 476 tulpini de micromicete din probe de apă, sedimente și biofilm. Au fost identificate 18 genuri, reprezentând 85% din totalul izolatelor, dintre care predominante sunt genurile *Aspergillus*, *Penicillium*, și *Trichoderma*, cu frecvență 17 – 26%, 16,2 – 21,8% și 6,88-11,43%, respectiv.
2. Din numărul total de micromicete izolate din mediul acvatic, au fost selectate 14 tulpini cu potențial biosintetic înalt, identificate prin tehnici morfo-culturale și de biologie moleculară. Acestea au fost documentate prin elaborarea de pașapoarte și depozitate în Colecția Națională de Microorganisme Neputogene (CNMN) ca obiecte de interes biotehnologic.
3. Evaluarea activităților enzimactice (amilazei, catalazei, celulazei și lipazei) a 164 tulpini a evidențiat că 12,2 %, dintre acestea prezintă activitate similară pentru toate cele patru enzime. Cele mai active tulpini au fost izolate din sedimentele și apa lacului „La Izvor”.
4. Testarea proprietăților antimicrobiene ale 71 de tulpini împotriva fitopatogenilor a demonstrat că peste 80% au manifestat activitate înaltă, cu zone de inhibiție de până la 40 mm pentru fungi și până la 35 mm pentru bacterii fitopatogene. Cele mai active tulpini au izolate din sedimentele și apa lacului „La Izvor”.
5. Capacitatea fitostimulatoare a două biopreparate elaborate în baza tulpinilor *Trichoderma atrobruneum* CNMN FD și *Trichoderma longibrachiatum* CNMN FD 27, a fost testată asupra boabelor de grâu. Aplicarea biopreparatelor în concentrații de 0,5 % și 0,33 % a determinat creșterea ratei de germinare cu 6%, lungimii plantulelor cu 12,6%, masei plantulelor cu 8,6%, masei rădăcinilor cu 23,7 %.
6. **Ipoteza de cercetare** care a stat la baza acestei lucrări a fost confirmată, demonstrându-se că bazinele acvatice din municipiul Chișinău reprezintă o sursă valoroasă de tulpini de micromicete cu potențial ridicat de sinteză a substanțelor bioactive, cu aplicabilitate în biotehnologie.

### Recomandări practice

**Se recomandă:** utilizarea tulpinilor de micromicete acvatice cu potențial enzimatic și antimicrobian înalt pentru biotehnologie pentru obținerea substanțelor bioactive.

Se propun în calitate de fitostimulatori ai plantelor de graminee utilizarea biopreparatelor obținute în baza tulpinilor fungice *Trichoderma atrobruneum* CNMN FD 25 și *Trichoderma longibrachiatum* CNMN FD 27.

**Aportul personal:** Rezultatele obținute în cadrul elaborării tezei de doctor, analiza, generalizările și concluziile aparțin autoarei.

Materiale prezentate în brevetele de invenție MD 4896. „Tulpină de fungi *Trichoderma atrobrunneum* cu proprietăți antimicrobiene” (anexa 1), și „Mediul nutritiv de cultivare a tulpinii fungice *Trichoderma longibrachiatum* CNMN-FD-27”, Nr. de intrare 2552 din 06.06.2024, autoarei îi revine cotă parte conform listei autorilor.

**Publicații la tema tezei:** Rezultatele cercetărilor la tema tezei de doctor au fost publicate în 35 de lucrări științifice: 8 articole în reviste recenzate dintre care 3 articole în bazele de date Web of Science și SCOPUS, 2 brevet de invenție.

**Implementarea rezultatelor științifice:** Tulpinile de micromicete cu potențial enzimatic, antimicrobian și fitostimulator au completat Colecția Națională de Microorganisme Nepatogene cu producători de perspectivă, iar biopreparatele obținute în baza tulpinilor *T. atrobrunneum* CNMN FD 25 și *T. longibrachiatum* CNMN FD 27 au fost testate în condiții de laborator pe boabe de grâu, fiind demonstrată acțiunea lor fitostimulatoare asupra plantulelor de grâu.

## BIBLIOGRAFIE

1. ABDEL-AZIZ, F. Diversity of aquatic fungi on *Phragmites australis* at Lake Manzala, Egypt. In: *Sydowia*. 2008, vol. 60, pp. 1-14. ISSN 0082-0598.
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, vol. 51, pp. 79-87. ISSN 0717-3458.
3. ABEED, A.H.A., MAHDY, R.E., ALSHEHRI, D., HAMMAMI, I., EISSA, M.A., ABDEL, LATEF, A.A.H., MAHMOUD, G.A. Induction of resilience strategies against biochemical deteriorations prompted by severe cadmium stress in sunflower plant when *Trichoderma* and bacterial inoculation were used as biofertilizers. In: *Frontiers in Plant Science*. 2022, vol. 13, p. 1004173. ISSN 1664-462X.
4. ABOUAMAMA, S., ANIS, B., ABIR, S., MAROUA, H., SIRINE, B. Amylolytic and antibacterial activity of filamentous fungi isolated from the rhizosphere of different plants grown in the Tamanghasset region. In: *Research Article Heliyon*. 2023, vol. 9, p. E14350. ISSN 2405-8440.
5. ABUQAMAR, S.F., ABD EL-FATTAH, H.I., NADER, M.M., ZAGHLOUL, R. A., ABD EL-MAGEED, T.A., SELIM, S., OMAR, B.A., MOSA, W.F., SAAD, A. M., EL-TARABILY, K.A., EL-SAADONY, M.T. Exploiting fungi in bioremediation for cleaning-up emerging pollutants in aquatic ecosystems. In: *Marine Environmental Research*. 2023, vol. 190, p. 106068. ISSN 1879-0291.
6. ADAMS, RACHEL, I., MILETTO, MARZIA., TAYLOR, JOHN, W., BRUNS, THOMAS, D. Dispersal in microbes: fungi in indoor air are dominated by outdoor air and show dispersal limitation at short distances. In: *The ISME Journal*. 2023, vol. 7, pp. 1262-1273. ISSN 1751-7370.
7. ADEOYO, O.R., PLETSCHKE, B.I., DAMES, J.F. Molecular identification and antibacterial properties of an ericoid associated mycorrhizal fungus. In: *BMC Microbiology*. 2019, vol. 19, p. 178. ISSN 1471-2180.
8. AGBESSENOU, A, AKUTSE, K.S., YUSUF, A.A., KHAMIS, F.M. The endophyte *Trichoderma asperellum* M2RT4 induces the systemic release of methyl salicylate and (z)-jasmane in tomato plant affecting host location and herbivory of tuta absoluta. In: *Frontiers in Plant Science*. 2022, vol. 5, nr. 13, p. 860309. ISSN 1664-462X.
9. AGGEZ, C.A., KARAKUS, Y.Y. Production, purification and characterization of catalase from *Aspergillus fumigatus*. In: *Journal of Microbiology & Biotechnology*. 2022, vol. 7. DOI: 10.23880/oajmb-16000246. ISSN 2576-7771.
10. AHMED, M., ABDEL-AZEEM, A., NATH, Y., MINAXI, S., NEELAM, Y. Industrially important fungi for sustainable development. In: *Bioprospecting for Biomolecules*. 2021, vol. 2, DOI: [10.1007/978-3-030-85603-8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-85603-8) . ISBN 2198-7785.
11. AHUACTZIN-PÉREZ, M., TLECUITL-BERISTAIN, S., GARCÍA-DÁVILA, J., SANTACRUZ-JUÁREZ, E., GONZÁLEZ-PÉREZ, M., GUTIÉRREZ-RUÍZ, M., SÁNCHEZ, C. Mineralization of high concentrations of the endocrine disruptor dibutyl phthalate by *Fusarium culmorum*. In: *Biotech*. 2018, vol. 8, pp.1-10. ISSN 0147-6513.
12. AHUACTZIN-PÉREZ, M., TLÉCUITL-BERISTAIN, S., GARCÍA-DÁVILA, J., SANTACRUZ-JUÁREZ, E., GONZÁLEZ-PÉREZ, M., CONCEPCIÓN, M.,

- GUTIÉRREZ-RUIZ, SÁNCHEZ, C. Kinetics and pathway of biodegradation of dibutyl phthalate by *Pleurotus ostreatus*. In: *Fungal Biology*. 2018, vol. 122, pp. 991-997. ISSN 1878-6146.
13. AKINFEMIWA, O., ZUBAIR, M., MUNIRAJ, T. Amylase. In: *StatPearls Treasure Island FL*. 2024. ISBN 978-1-64385-274-0.
  14. 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: *Scientific Reports*. 2021, vol. 11, p. 19670. ISSN 2045-2322.
  15. ALY, M.N., TORK, S., AL-GARNI, S.M., NAWAR, L. Production of lipase from genetically improved *Streptomyces exfoliates* LP10 isolated from oil contaminated soil. In: *African Journal of Microbiology Research*. 2012, vol. 6, nr. 6, pp. 1125-1137. ISSN 1996-0808
  16. AMER, A., ASIA, B. Fungal cellulase; production and applications: minireview. In: *LIFE: International Journal of Health and Life Sciences*. 2018, vol. 4, nr. 1, pp. 19-36. ISSN 2454-5872.
  17. APAEVA, N.N., YAMALIEVA, A.M., KUDRYASHOVA, L.B., MANISHKIN, S.G. The role of granular organic fertilizers in improving the micromycete composition of the soil. In: *Agritech-II-2019 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020, p. 421. ISSN 1755-1315.
  18. ARANDA, E. Promising approaches towards biotransformation of polycyclic aromatic hydrocarbons with *Ascomycota* fungi. In: *Current Opinion in Biotechnology*. 2016, vol. 38, pp. 1-8. ISSN 1879-0437.
  19. ARGUMEDO-DELIRA, R., GÓMEZ-MARTÍNEZ, M.J., MORA-DELGADO, J. Plant growth promoting filamentous fungi and their application in the fertilization of pastures for animal consumption. In: *Agronomy*. 2022, vol. 12, nr. 12, p. 3033. ISSN 2073-4395.
  20. ARIAS-REAL, R., HURTADO, P., GIONCHETTA, G., GUTIÉRREZ-CÁNOVAS, C. Drying shapes aquatic fungal community assembly by reducing functional diversity. In: *Diversity*. 2023, vol. 15, p. 289. ISSN 2075-4418.
  21. ASHTEKAR, N., RAJESHKUMAR, K., LAD, S., HARIKRISHNAN K., VARGHESE, S. *Talaromyces qii*, a new record of a rare *Talaromyces* from the Northern Western Ghats, India. In: *Kavaka*. 2023, vol. 59, nr. 1, pp. 25-32. ISSN 0379-5179.
  22. AVERILL, C., HAWKES, C.V. Ectomycorrhizal fungi slow soil carbon cycling. In: *Ecology Letters*. Bardgett R. (ed.): 2016, pp. 937-994. ISSN 1461-0248.
  23. AYUNINGTYAS, E., SIBERO, M., ELISABET, BR. H., NADIA, F., EVAN, MURWANI, RETNO, Z., DEWI, S., WIJAYANTI, D., SABDONO, A., PRINGGENIES, D., RADJASA, O., ZHANG, Z. Screening of extracellular enzyme from phaeophyceae-associated fungi. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021, DOI 10.1088/1755-1315/750/1/012005. ISSN: 1755-1315.
  24. BAHRAM, M., NETHERWAY, T. Fungi as mediators linking organisms and ecosystems. In: *FEMS Microbiology Reviews*. 2022, vol. 46, nr. 2, <https://doi.org/10.1093/femsre/fuab058>. ISSN 1574-6976.
  25. BAI, Y., WANG, Q., LIAO, K., JIAN, Z., ZHAO, C., QU, J. Fungal community as a bioindicator to reflect anthropogenic activities in a river ecosystem. In: *Frontiers in Microbiology*. 2018, vol. 9, p. 3152. ISSN 1664-3038.

26. BAKHTIYOROVA, M.S., ZAYNITDINOVA, L.I., KUKANOVA, S.I., TASHPULATOV, J.J. Diversity of micromycetes inhabiting technogenic zones. In: *Journal of Mycology & Mycological Sciences*. 2020, vol. 3, nr. 2, pp. 1-5. ISSN: 2689-7822.
27. BANDH, S.A., KAMILI, A.N., GANAI, B.A., SALEEM, S., LONE, B.A., NISSA H. First qualitative survey of filamentous fungi in Dal Lake, Kashmir. In: *Advanced Journal of Microbiology Research*. 2011, vol. 2011, pp. 1-5. ISSN 2736-1756.
28. BANO, A., WAQAR, A., KHAN, A., TARIQ, H. Phytostimulants in sustainable agriculture. In: *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2022, nr. 6, p. 801788. ISSN 2673-7116.
29. BANOS, S., MORSELLI-GYSI, D., RICHTER-HEITMANN, T., GLÖCKNER, F., BOERSMA, M., WILTSHIRE, K.H., GERDTS, G., WICHELS, A., MARLIS., R. Seasonal dynamics of pelagic mycoplanktonic communities: interplay of taxon abundance, temporal occurrence, and biotic interactions. In: *Frontiers in Microbiology*. 2020, vol. 11, p. 1305. ISSN 1664-302X.
30. BÄRLOCHER, F. On the ecology of ingoldian fungi. In: *BioScience*. 1982, vol. 32, nr. 7, pp. 581-586. ISSN 1525-3244.
31. BARROS, J., BEN, TANFOUS, S., SEENA, S. Aquatic fungi as bioindicators of freshwater ecosystems. In: *Water*. 2024, vol. 16, p. 3404. ISSN 2073-4441.
32. BARROS, J., SEENA, S. Fungi in freshwaters: Prioritising aquatic hyphomycetes in conservation goals. In: *Water*. 2022, vol. 14, nr. 4, p. 605. ISSN 2073-4441.
33. BASCHIEN, C., HYDE, K.D. Special issue on freshwater *Ascomycetes* and other aquatic fungi. In: *Mycological Progress*. 2018, vol. 17, pp. 509-510. ISSN 1617-4178.
34. BAUDY, P., ZUBROD, P., KONSCHAK, M., KOLBENSCHLAG, S., POLLITT, A., BASCHIEN, C., SCHULZ, R., BUNDSCHUH, M. Fungal-fungal and fungal-bacterial interactions in aquatic decomposer communities: bacteria promote fungal diversity. In: *Ecology*. 2021, vol. 102, nr. 10, p. e03471. ISSN:1939-9170.
35. BAUTZ, N. *Effects of temperature on enzyme activity of aquatic litter-associated fungi*: Abstracts of honors theses in biology sciences. Conway (South Carolina, USA), 2019. p. 33.
36. BELIAEV, D., PUSHKARE, M., KOZLOV, G., RYABININ, I., MISHIN, A. Biosynthesis lipase from the fungus *Penicillium hordei* isolated from waste fat. In: *Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering*. 2020, vol. 164, pp. 1-11. ISSN 2267-1242.
37. BENSON, D.A., CAVANAUGH, M., CLARK, K., KARSCH-MIZRACHI, I., LIPMAN, D.J., OSTELL, J., SAYERS, E.W. GenBank. In: *Nucleic Acids Research*. 2017, vol. 45, pp. 37-42. ISSN 1362-4962.
38. BILLS, G.F., GLOER, J.B. Biologically Active secondary metabolites from the fungi. In: *ASM Journals Microbiology Spectrum*. 2016, vol. 4, nr. 6. ISSN 2165-0497.
39. BILOUS, S., LIKHANOV, A., BORODAY, V., MARCHUK, Y., ZELENIA, L., SUBIN, O., BILOUS, A. Antifungal activity and effect of plant-associated bacteria on phenolic synthesis of quercus robur l. In: *Plants*. 2023, vol. 12, nr. 6, p. 1352. ISSN 2227-7390.



40. BING, W., MUZAMMIL, H., WEIWEI, Z., MARC, S., XINGZHONG, L., MEICHUN, X. Current insights into fungal species diversity and perspective on naming the environmental DNA sequences of fungi. In: *Mycology*. 2019, vol. 10, nr. 3, pp.127-140. ISSN 2150-1203.
41. BIVOL, C., CILOCI, (DESEATNIC), A., TIURINA, J., LABLIUC, S., DVORNINA, E., CLAPCO, S., GUȚUL, T., RUSU, E. Strategie de izolare a lipazelor sintetizate de micromiceta *Aspergillus niger* CNMN FD 01 cultivată în prezența nano-dioxidului TiO<sub>2</sub>. In: *Buletinul AȘM. Științele vieții*. 2019, nr. 1(337), p. 148-154. ISSN 1857-2047.
42. BLACKWELL, M. The Fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 million species? In: *American Journal of Botany*. 2011, vol. 98, nr. 3, pp. 426-438. ISSN 1537-2197.
43. BONUGLI-SANTOS, R.C., DOS, SANTOS, VASCONCELOS, M.R., PASSARINI, M.R., VIEIRA, G.A., LOPES, V.C., MAINARDI, P.H., DOS, SANTOS, J.A., DE AZEVEDO, DUARTE, L., OTERO, I.V., DA SILVA YOSHIDA, A.M., FEITOSA, V.A., PESSOA, A.J., SETTE, L.D. Marine-derived fungi: diversity of enzymes and biotechnological applications. In: *Frontiers in Microbiology*. 2015, vol. 6, p. 269. ISSN 1664-302X.
44. BRABCOVÁ, V., NOVÁKOVÁ, M., DAVIDOVÁ, A., BALDRIAN, P. Dead fungal mycelium in forest soil represents a decomposition hotspot and a habitat for a specific microbial community. In: *New Phytologist*. 2016, vol. 210, pp. 1369-1381. ISSN 1469-8137.
45. BREYER, E., ZHAO, Z., HERNDL, G., BALTAR, F. Global contribution of pelagic fungi to protein degradation in the ocean. In: *Microbiome*. 2022, vol. 10, nr. 1, p. 143. ISSN 2049-2618.
46. BRYCE, K. Fungi: ecological importance and impact on humans. In: *Encyclopedia of Life Sciences*. 2001, <https://doi.org/10.1038/npg.els.0000369>, pp. 1-5. ISSN 2042-206X.
47. CAI, W-J., YE, T-T., WANG, Q., CAI, B-D., FENG, Y-Q. A rapid approach to investigate spatiotemporal distribution of phytohormones in rice. In: *Plant Methods*. 2016, vol. 12, p. 47. ISSN 1746-4811.
48. CALABON, M.S., HYDE, K.D., JONES, E.B.G., LUO, Z.L., DONG, W., HURDEAL, V.G., GENTEKAKI, E., ROSSI, W., LEONARDI, M., LESTARI, A.S. Freshwater fungal numbers. In: *Fungal Diversity*. 2022, vol. 114, nr. 3-4, pp. 3-235. ISSN 1878-9129.
49. CANTO, E. *Diversidade e produção de antimicrobianos dos fungos decompositores de madeira submersa em lagos da região do baixo rio Tapajós – Pará*: Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, na Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia, área de concentração, Biotecnologia. Manaus – AM (Brasil), 2020. 117 p.
50. CANTO, E.S.M., BENTES, V.S., SILVA, M.J.A., LIMA, E.S., SILVA, D.R., NUNEZ, C.V., CORTEZ, A.C.A., SOUZA, E.S., SOUZA, J.V.B. Apping into Tapajos: antibacterial potential of fungal strains isolated from decaying wood in the Brazilian Amazon. In: *Brazilian Journal of Biology*. 2023, vol. 83, p. e275573. ISSN 1678-4418.
51. CAZABONNE, J., BARTROP, L., DIERICKX, G., GAFFOROV, Y., HOFMANN, T. A., MARTIN, T., PIEPENBRING, M., RIVAS-FERREIRO, M., HAELEWATERS, D. Molecular-based diversity studies and field surveys are not mutually exclusive: On the importance of integrated methodologies in mycological research. In: *Frontiers in Fungal Biology*. 2022, vol. 3, p. 860777. ISSN 2673-6128.

52. CESÁRIO, L.M., PIRES, G.P., PEREIRA, R., FANTUZZI, E., DA SILVA, X., ANDRÉ, C., SERVIO, T.A. Optimization of lipase production using fungal isolates from oily residues. In: *BMC biotechnology*. 2021, vol. 21 p. 1-13. ISSN 1471-2164.
53. CHIN, J., JEEWON, R., ALREFAEI, A., PUCHOOA, D., BAHORUN, T., NEERGHEEN, V. Marine-derived fungi from the genus *Aspergillus* (Ascomycota) and their anticancer properties. In: *Mycology*. 2024, pp.1-48. ISSN 2150-1203.
54. COMI, L., RANKOVI, B., NOVEVSKA, V., OSTOJI, A. Diversity and dynamics of the fungal community in Lake Ohrid. In: *Aquatic Biology*. 2010, vol. 9, pp. 169-176. ISSN 1864-7790.
55. CONRADO, R., GOMES, T.C., ROQUE, G.S.C., DE, SOUZA, A.O. Overview of bioactive fungal secondary metabolites: cytotoxic and antimicrobial compounds. In: *Antibiotics*. 2022, vol. 11, p. 1604. ISSN 2079-6382.
56. CORNUT, J., CHAUVET, E., MERMILOD-BLONDIN, F., ASSEMAT, F., ELGER, A. Aquatic hyphomycete species are screened by the hyporheic zone of woodland streams. In: *Appl Environ Microbiol*. 2014, vol. 80, nr. 6, pp. 1949-1960. ISSN 1098-5336.
57. DANG, C.K., GESSNER, M.O., CHAUVET, E. Influence of conidial traits and leaf structure on attachment success of aquatic hyphomycetes on leaf litter. In: *Mycologia*. 2007, vol. 99, nr. 1, pp. 24-32. ISSN 0027-5514.
58. DAYARATHNE, M.C., BOONMEE, S., BRAUN, U., CROUS, P.W., DARANAGAMA, D.A., DISSANAYAKE, A.J., EKANAYAKA, H., JAYAWARDENA, R., JONES, E.B.G. Taxonomic utility of old names in current fungal classification and nomenclature: Conflicts, confusion & clarifications. In: *Mycosphere*. 2016, vol. 7, nr. 11, pp. 1622-1648. ISSN 2077-7019.
59. DEBELJAK, P., BALTAR, F. Fungal diversity and community composition across ecosystems. In: *Journal of Fungi*. 2023, vol. 9, nr. 5, p. 510. ISSN 2309-608X.
60. DELA, CRUZ, J.A., CAMENZIND, T., XU, B., RILLIG, M.C. Limited role of fungal diversity in maintaining soil processes in grassland soil under concurrent fungicide stress. In: *Environmental Sciences Europe*. 2024, vol. 36, p. 156. ISSN 2190-4715.
61. DESCALS, E. Techniques for handling ingoldian fungi. In: *Methods to Study Litter Decomposition*. Springer, Cham. 2020. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30515-4\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30515-4_23), ISBN 978-3-030-30515-4.
62. DHAWI, F. The role of plant growth-promoting microorganisms (PGPMs) and their feasibility in hydroponics and vertical farming. In: *Metabolites*. 2023, vol. 13, nr. 2, p. 247. ISSN 2218-1989.
63. 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, vol. 2, pp. 263-309. ISBN 978-3-030-68260-6.
64. DONG, W., WANG, B., HYDE, K., MCKENZIE, E., RAJA, H., TANAKA, K., ABDEL-WAHAB, M., ABDEL-AZIZ, F., DOILOM, M., PHOOKAMSAK, R., HONGSANAN, S., WANASINGHE, D., YU, X-D., WANG, G., YANG, H., YANG, J., THAMBUGALA, K., TIAN, Q., LUO, Z-L. Freshwater *Dothideomycetes*. In: *Fungal Diversity*. 2020, vol. 105, p. 10. ISSN 1560-2745.

65. DUARTE, S., ANTUNES, B., TRABULO, J., SEENA, S., CÁSSIO, F., PASCOAL, C. Intraspecific diversity affects stress response and the ecological performance of a cosmopolitan aquatic fungus. In: *Fungal Ecology*. 2019, vol. 41, pp. 218-223. ISSN 1878-6154
66. DUARTE, S., BÄRLOCHER, F., TRABULO, J. *et al.* Stream-dwelling fungal decomposer communities along a gradient of eutrophication unraveled by 454 pyrosequencing. In: *Fungal Diversity*. 2015, nr. 70, pp. 127-148. ISSN 1876-8296.
67. DUARTE, S., BATISTA, D., BÄRLOCHER, F., CÁSSIO, F., PASCOAL, C. Some new DNA barcodes of aquatic hyphomycete species. In: *Mycosciences*. 2015, vol. 56, pp. 102-108. ISSN 1340-3540.
68. EDEM, E.N., MBONG, E.O., SAJJAD, H., NTEKPE, M. Diversity and distribution of fungi associated with ikwe pond water source: their impact on water quality and human health. In: *American Journal of Innovative research and applied Sciences*. 2020, vol. 11, pp. 126-130. ISSN 2076-3315.
69. EL-ELIMAT, T., RAJA, H.A., FIGUEROA, M., SHARIE, A.H., BUNCH, R.L., OBERLIES, N.H. Freshwater fungi as a source of chemical diversity: a review. In: *Journal of Natural Products*. 2021, vol. 84, pp. 898-916. ISSN 1520-6025.
70. 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: *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*. 2021, vol. 8 nr. 1, p. 23. ISSN 2309-608X.
71. EL-GENDI, H., TAHA, T.H., RAY, J.B. Recent advances in bacterial cellulose: a low-cost effective production media, optimization strategies and applications. In: *Cellulose*. 2022, vol. 29, nr.14, pp. 7495-7533. ISSN1572-882X.
72. ELKHATEEB, W.A., SOMASEKHAR, T., THOMAS, P.W., WEN, T., DABA, G.M. Mycorrhiza and lichens as two models of fungal symbiosis. In: *Journal of Microbiology Biotechnology and Food Sciences*. 2021, vol. 11, nr. 3, p. e4644. ISSN 1338-5178.
73. EVELEISE, S., MARTINS, C., ANA, C., ALVES, C., JOSIANE, S.M., FLAVIA, R., BARBOSA, S., ZELSKI, J., VICENTE, B. Composition and diversity of fungal decomposers of submerged wood in two lakes in the Brazilian Amazon State of Pará. In: *International Journal of Microbiology*. 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/6582514>. ISSN 2314-6141.
74. FARIDA, EL-HISSY., ABDEL-ROUF, M., KHALLIL, MOHAMED, A., EL-NAGDY. Fungi associated with some aquatic plants collected from freshwater areas at assiut upper Egypt. In: *Journal of Islamic Academy of Sciences*. 1990, vol. 3, nr. 4, pp. 298-304. ISSN 1010-0840.
75. FEICHTMAYER, J., DENGAND, L., GRIEBLER, C. Antagonistic microbial interactions: contributions and potential applications for controlling pathogens in the aquatic systems. In: *Frontiers in Microbiology, Aquatic Microbiology*. 2017, vol. 8, p. 2192. ISSN 1664-3038.
76. FERRARO, V., VENTURELLA, G., CIRLINCIONE, F., MIRABILE, G., GARGANO, M.L., COLASUONNO, P. The checklist of Sicilian macrofungi: Second edition. In: *Journal of Fungi*. 2022, vol. 8, p. 556. ISSN 2309-608X.
77. FIORENTINO, N., VENTORINO, V., WOO, S.L., PEPE, O., DE, ROSA, A., GIOIA, L., ROMANO, I., LOMBARDI, N., NAPOLITANO, M., COLLA, G., ROUPHAEL, Y. *Trichoderma*-based biostimulants modulate rhizosphere microbial populations and improve

- N uptake efficiency, yield, and nutritional quality of leafy vegetables. In: *Frontiers in Plant Science*. 2018, vol. 9, pp. 1-15. ISSN 1664-462X.
78. FIUZA, P.O., BARBOSA, F.R., MEDEIROS, A.O., GUSMÃO, L.F.P. Ingoldian fungal assemblages from Brazilian rainforests shrubland and savanna. In: *New Zealand Journal of Botany*. 2022, vol. 60, nr. 3, pp. 297-313. ISSN 0028-825X.
  79. FRĄC, M., SILJA, E., BEŁKA, M., JĘDRYCZKA, M. Fungal biodiversity and their role in soil health. In: *Frontiers in Microbiology*, 2018. doi.org/10.3389/fmicb.2018.00707, ISSN 1664-302X.
  80. FRANCO-DUARTE, R., FERNANDES, I., GULIS, V., CÁSSIO, F., PASCOAL, C. ITSrDNA barcodes clarify molecular diversity of aquatic hyphomycetes. In: *Microorganisms*. 2022, vol. 10, nr. 8, p. 1569. ISSN: 2076-2607.
  81. FRENCH, L.C., JUSINO, M.A., CHAMBERS, R.M., SKELTON, J. Community structure and functional diversity of aquatic fungi are correlated with water quality: Insights from multi-marker analysis of environmental DNA in a coastal watershed. In: *Environmental DNA*. 2024, vol. 6, nr. 3, p. 576. ISSN 2637-4943.
  82. GARETH, J., KA-LAI, P., WALTER DE G. *Marine fungi: and fungal-like organisms*. De Gruyter; 1st edition, 2012. 543 p. ISBN 978-3110263985.
  83. GEORGIEVA, M.L., BILANENKO, E.N., PONIZOVSKAYA, V.B., KOKAEVA, L.Y., GEORGIEV, A.A., EFIMENKO, T.A., MARKELOVA, N.N., KUVARINA, A.E., SADYKOVA, V.S. Haloalkalitolerant fungi from sediments of the big Tambukan Saline Lake (Northern Caucasus): Diversity and antimicrobial potential. In: *Microorganisms*. 2023, vol. 11, nr. 10, p. 2587. ISSN: 2076-2607.
  84. GESSNER, M.O., CHAUVET, E. Importance of stream microfungi in controlling breakdown rates of leaf litter. In: *Ecology*. 1994, vol. 75, nr. 6, pp. 1807-1817. ISSN 0012-9658.
  85. GHARAEI-FATHABAD, E., TAJICK-GHANBARY, M.A., SHAHROKHI, N. Antimicrobial properties of *Penicillium* species isolated from agricultural soils of Northern Iran. In: *Research journal of toxins*. 2014, vol. 6, nr. 1, pp. 1-7. ISSN 2348-2135
  86. 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
  87. GHATE, S.D., SRIDHAR, K.R. A new technique to monitor conidia of aquatic hyphomycetes in streams using latex-coated slides. In: *Mycology*. 2015, vol. 6, nr. (3-4), pp. 161-167. ISSN 2150-1203.
  88. GLADFELTER, A.S., JAMES, T.Y., AMEND, A.S. Marine fungi. In: *Current Biology*. 2019, vol. 29, pp. 191-195. ISSN 0960-9822.
  89. GLEASON, F.H., SCHOLZ, B., JEPHCOTT, T.G., OGTROP, F.F., HENDERSON, L., LILJE, O., KITTELMANN, S., MACARTHUR, D. J. Key Ecological roles for zoosporic true fungi in aquatic habitats. In: *Microbiol Spectr*. 2017, vol. 5, nr. 2. ISSN 2165-0497.
  90. GOH, T.K., HYDE, K.D. Biodiversity of freshwater fungi. In: *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 1996, vol. 17, nr. 5, pp. 328-345. ISSN 1476-5535.
  91. GONÇALVES, M.F.M., ESTEVES, A.C., ALVES, A. Marine fungi: opportunities and challenges. In: *Encyclopedia*. 2022, vol. 2, nr. 1, pp. 559-577. ISSN 2673-8392.

92. GÖNCZÖL, J., RÉVAY, Á. Treehole fungal communities: Aquatic, aero-aquatic and dematiaceous hyphomycetes. In: *Fungal Diversity*. 2003, vol.12, pp. 19-34. ISSN 1560-2745.
93. GROSSART, H-P., HASSANC, E.A., MASIGOLD, H., ARIAS-ANDRESE , M., ROJAS-JIMENEZF, K. Inland water fungi in the anthropocene: current and future perspectives. In: *Encyclopedia of Inland Waters, 2nd edition*. 2022, vol. 4, pp. 667-684. ISSN 0065-2911.
94. GROSSART, H-P., KEILOR, R-J. Aquatic fungi: targeting the forgotten in microbial ecology. In: *Current Opinion in Microbiology*. 2016, vol. 3, pp. 140-145. ISSN 1879-0364.
95. GUDYNAITE-SAVITCH, L., WHITE, T.C. Fungal biotechnology for industrial enzyme production: focus on (hemi)cellulase production strategies, advances and challenges. In: *Gene Expression Systems in Fungi: Advancements and Applications. Fungal Biology*. Springer, Cham. 2016, pp 395-439. ISBN 978-3-319-27951-0.
96. GULIS, V., KUEHN, K., SUBERKROPP, K. The role of fungi in carbon and nitrogen cycles in freshwater ecosystems. In: *Fungi in Biogeochemical Cycles*. Cambridge University Press. 2006, pp. 404-435. ISBN 100-521-84579-3.
97. GULIS, V., RONG, S., KEVIN, A. Fungal decomposers in freshwater environments. The structure and function of aquatic microbial communities. In: *Cham: Springer International Publishing*. 2019, pp. 121-155. ISBN 978-3-030-16774-5.
98. GUPTA, R., KUMARI, A., SYAL, P., SINGH, Y. Molecular and functional diversity of yeast and fungal lipases: their role in biotechnology and cellular physiology. In: *Progress in Lipid Research*. 2015, vol. 57, pp. 40-54. ISSN 1873-2197.
99. HALIFU, S., DENG, X., SONG, X., SONG, R. Effects of two *Trichoderma* strains on plant growth, rhizosphere soil nutrients and fungal community of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* annual seedlings. In: *Forests*. 2019, vol. 10, nr. 9, p. 758. ISSN 1999-4907.
100. HASSETT, B.T., DUCLUZEAU, A.L.L., COLLINS, R.E., GRADINGER, R. Spatial distribution of aquatic marine fungi across the western Arctic and Sub-Arctic. In: *Environmental Microbiology*. 2017, vol. 19, nr. 2, pp. 475-484. ISSN 1758-2229.
101. HAUKE, H., DIETMAR, S., LUKAS ,Y.W. Untapped potential: exploiting fungi in bioremediation of hazardous chemicals. In: *Nature Reviews Microbiology*. 2011, vol. 9, pp. 177-192. ISSN 1740-1534.
102. HAWES, M., ALLEN, C., TURGEON, G., CURLANGO-RIVERA, G., TRAN, T.M., HUSKEY, D.A., XIONG, Z. Root border cells and their role in plant defense. In: *Annual Review of Phytopathology*. 2016, vol. 54, pp. 143-161. ISSN 0066-4286.
103. HAWKSWORTH, D.L., LÜCKING, R. Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. In: *Microbiology Spectrum*. 2017, vol. 5, nr. 4, pp. 1-17. ISSN 2165-0497.
104. HEEGER, F., BOURNE, E.C., WURZBACHER, C., FUNKE, E., LIPZEN, A., HE, G., NG, V., GRIGORIEV, I.V., SCHLOSSER, D., MONAGHAN, M.T. Evidence for lignocellulose-decomposing enzymes in the genome and transcriptome of the aquatic hyphomycete *Clavariopsis aquatica*. In: *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*. 2021, vol. 7, nr. 10, p. 854. ISSN 2309-608X
105. HEITGER, M., BALTAR, F. Respiration, production, and growth efficiency of marine pelagic fungal isolates. In: *Journal of Fungi*. 2023, vol. 9, nr. 4, p. 417. ISSN 2309-608X.

106. HERNÁNDEZ-RESTREPO, M., GENÉ, J., CASTAÑEDA-RUIZ, R. F., MENA-PORTALES, J., CROUS, P. W., GUARRO, J. Phylogeny of saprobic microfungi from Southern Europe. In *Studies in Mycology*. 2017, vol. 86, pp. 53–97. ISSN 1872-9797
107. HO, W.H., HYDE, K.D., HODGKISS, I.J. Fungal communities on submerged wood from streams in Brunei, Hong Kong and Malaysia. In: *Mycological Research*. 2001, vol. 105, nr. 12, pp. 1492-1501.
108. HOSOYA, T., TSUKAYA, H., SULEIMAN, M. Survey of stream spora in maliau river in borneo. In: *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series B*. 2019, vol. 45, nr. 2, pp. 57-62. ISSN 1342-8144.
109. HU, D.M., LIU, F., CAI, L. Biodiversity of aquatic fungi in China. In: *Mycology*. 2013, vol. 4, nr. 3, pp. 125-168. ISSN 2042-6445.
110. HUDEC, K., ROHÁČIK, T. *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler – New pathogen on sugar beet leaf in Slovakia – New and unusually reports. In: *Plant Protection Science*. 2018, nr. 38, pp. 81-82. ISSN 0049-4747.
111. HUSSEIN, F., HAMED, R.R., EL-BEIH, F., MOSTAFA, E.M., EL-SHERSHABY, A. Enhanced production of catalase by *Penicillium chrysogenum* in benchtop bioreactor. In: *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 2015, vol. 6. ISSN 2277-1581.
112. HYDE, K.D. The numbers of fungi. In: *Fungal Diversity*. 2022, vol. 114, pp. 213-226. ISSN 1876-9860.
113. HYDE, K.D., GOH, T.K. Adaptations for dispersal in filamentous freshwater fungi. In: *Freshwater Mycology*. Fungal Diversity Press, Hong Kong, 2003, pp. 231-258. ISBN 978-9628-6765-38.
114. INGOLD, C.T. An illustrated guide to aquatic and water-borne hyphomycetes (Fungi imperfecti) with notes on their biology. In: *Freshwater Biological Association*. 1975, p. 96. ISBN 978-09-0038-6220.
115. IRAILTON, P.D.S., LUÍS, C.N.S., MÁRCIA, V.S., JANETE, M.A., MARILENE, S.C., VERA, L.M.L. Antibacterial activity of endophytic fungi from leaves of *Indigofera suffruticosa* Miller (Fabaceae). In: *Antimicrobials, Resistance and Chemotherapy*. 2015, vol. 6, p. 350. ISSN 1664-3038.
116. ISAKOVA, E.A., KORNEYKOVA, M.V. Destructive activity of hydrocarbon-oxidizing micromycetes extracted from the substrates of the coastal areas, the Barents and White Seas. In: *Vestnik of MSTU*. 2021, vol. 24, pp. 178-189. ISSN 1991-1240.
117. JAHAGIRDAR, S., KAMBREKAR, D.N., NAVI, S.S., KUNTA, M. Plant growth-promoting fungi: diversity and classification. In: *Bioactive Molecules in Plant Defense: Signaling in Growth and Stress*. 2019, p. 25-34. ISSN 1867-9056
118. JAROSZUK-ŚCISEŁ, J., TYŚKIEWICZ, R., NOWAK, A., OZIMEK, E., MAJEWSKA, M., HANAKA, A., TYŚKIEWICZ, K., PAWLIK, A., JANUSZ, G. Phytohormones (auxin, gibberellin) and ACC deaminase *in vitro* synthesized by the mycoparasitic *Trichoderma* DEMTkZ3A0 strain and changes in the level of auxin and plant resistance markers in wheat seedlings inoculated with this strain conidia. In: *International Journal of Molecular Sciences*. 2019, vol. 20, p. 4923. ISSN 1422-0067.
119. JAYATILAKE, P.L., MUNASINGHE, H. Antimicrobial activity of cultivable endophytic and rhizosphere fungi associated with “mile-a-minute,” *mikania cordata* (Asteraceae). In: *BioMed Research International*. 2020, vol. 2020, p. 5292571. ISSN 1563-5147.

120. JEGANNATHAN, K.R., NIELSEN, P.H. Environmental assessment of enzyme use in industrial production – a literature review. In: *Journal of Cleaner Production*. 2013, vol. 42, pp. 228-240. ISSN 0959-6526.
121. JONES, E.B.G., PANG, KL., ABDEL-WAHAB, M.A. et al. An online resource for marine fungi. In: *Fungal Diversity*. 2019, vol. 96, pp. 347-433. ISSN 1878-9129.
122. JONES, E.B.G., SOUTHWORTH, D., LIBKIND, D., MARANOVÁ, L. Freshwater Basidiomycota. In: *Freshwater Fungi and Fungal-Like Organisms*. 2014. pp. 73-10. ISBN 978-31-1033-3459.
123. JOO, J.H., HUSSEIN, K.A. Biological control and plant growth promotion properties of volatile organic compound-producing antagonistic *Trichoderma* spp. In: *Frontiers in Plant Science*. 2022, nr. 13, p. 897668. ISSN 1664-462X.
124. KACEM-CHAOUCHE, N., DEHIMAT, L., MERAIHI, Z., DESTAIN, J., KAHLAT, K., THONART, P. Decommissioned dates: chemical composition and fermentation substrate for the production of extracellular catalase by an *Aspergillus phoenicis* mutant. In: *Agriculture and Biology Journal of North America*. 2013, pp. 118-125. ISSN 2151-7525.
125. KANGO, N., JANA, U.K., CHOUKADE, R. Fungal enzymes: sources and biotechnological applications. In: *Advancing Frontiers in Mycology & Mycotechnology*. Springer, Singapore. 2019, pp. 515-538. ISBN 978-981-13-9349-5.
126. KANT, S., DAS, S., ROY, S. et al. Fungal cellulases: a comprehensive review. In: *Nucleus*. 2024. DOI 10.1007/s13237-024-00501-6, ISSN 1998-3661.
127. KARSCH-MIZRACHI, I., TAKAGI, T., COCHRANE, G. The international nucleotide sequence database collaboration. In: *Nucleic Acids Research*. 2018, vol. 46, nr. 1, pp. 48-51. ISSN 1362-4962.
128. KAGEYAMA, K. Mycobiota in the subtropical and cool temperate areas in Japan. In *IFO Research Communications*. 2010 vol. 24, pp. 117–156. ISSN 1612-0663
129. KEARNS, S.G., BÄRLOCHER, F. Leaf surface roughness influences colonization success of aquatic hyphomycete spore. In: *Fungal Ecology I*. 2008, vol. 1, nr. 1, pp. 13-18. ISSN 1754-5048.
130. KELLER, N.P. Fungal secondary metabolism: regulation, function and drug discovery. In: *Nature Reviews Microbiology*. 2019, vol. 17, nr. 3, pp. 167-180. ISSN 1740-1534.
131. KHALIL, A.R.M., ALI, E.H., IBRAHIM, S.S. et al. Seasonal fluctuations and diversity of Ingoldian mycobiota in two water bodies receiving different effluents at Assiut Governorate (Upper Egypt). In: *BMC Microbiology*. 2023, vol. 23, p. 163. ISSN 1471-2180.
132. KHAN, M.Y., HAQUE, M.M., MOLLA, A.H., RAHMAN, M.M., ALAM, M.Z. Antioxidant compounds and minerals in tomatoes by *Trichoderma-enriched* biofertilizer and their relationship with the soil environments. In: *Journal of Integrative Agriculture*. 2017, vol. 16, nr. 3, pp. 691-703. ISSN 2095-3119.
133. KHOMICH, M., DAVEY, M.L., KAUSERUD, H., RASCONI, S., ANDERSEN, T. Fungal communities in Scandinavian lakes along a longitudinal gradient. In: *Fungal Ecology*. 2017, vol. 27, Part A, pp. 36-46. ISSN 1754-5048.
134. KHVEDELIDZE, R.M., KUTATELADZE, L.I., TSIKLARI, N.D., ZAKARIASHVILI, N.G., ALEKSIDZE, T.I. Stable amylase-producing micromycetes isolated from soils of

- South Caucasus. In: *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*. 2018, vol. 05, nr. 01, pp. 119-126. ISSN 2581-3274.
135. KIPTOO, G., ACHUR, R.N. Screening and production of lipase from fungal organisms. In: *Biocatalysis and agricultural biotechnology*. 2018, vol. 14, pp. 241-253. ISSN 2213-554X .
  136. KORNEYKOVA, M.V., PREPRINTS, S., SOSHINA, A.S., NOVIKOV, A.I., IVASHCHENKO, K.V., SAZONOVA, O.I., SLUKOVSKAYA, M.V., SHIROKAYA, A.A., VASENEV, V.I., VETROVA, A.A., GAVRICHKOVA, O. Microscopic fungi in big cities: biodiversity, source, and relation to pollution by potentially toxic metals. In: *Atmosphere*. 2021, vol. 12, nr. 11 , p. 1471. ISSN 2073-4433.
  137. KRAUSS, G.J., SOLÉ, M., KRAUSS, G., SCHLOSSER, D., WESENBERG, D., BÄRLOCHER, F. Fungi in freshwaters: ecology, physiology and biochemical potential. In: *FEMS Microbiology Reviews*. 2011, vol. 35, pp. 620-651. ISSN 1574-695X.
  138. KREDICS, L., BÜCHNER, R., BALÁZS, D. et al. Recent advances in the use of *Trichoderma*-containing multicomponent microbial inoculants for pathogen control and plant growth promotion. In: *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2024, nr. 40, p. 162. ISSN 1573-0972.
  139. KUMAR, A., VERMA, V., DUBEY, V.K., SRIVASTAVA, A., GARG, S.K., SINGH, V.P., ARORA, P.K. Industrial applications of fungal lipases: a review. In: *Frontiers in Microbiology*. 2023, vol. 14, p. 1142536. ISSN 1664-3038.
  140. KUMAR, D., SINGH, S. K., ARYA, S. K., SRIVASTAVA, D., RAJPUT, V.D., & HUSAIN, R. Chapter 9 – Multifunctional growth-promoting microbial consortium-based biofertilizers and their techno-commercial feasibility for sustainable agriculture. In: *Rhizobiome*. Academic Press: 2023, pp. 167-208. ISBN-13: 978-0-443-16030-1.
  141. KUMAR, V., SARMA, V.V., THAMBUGALA, K.M., HUANG, J-J., LI, X-Y., HAO, G-F. Ecology and evolution of marine fungi with their adaptation to climate change. In: *Frontiers in Microbiology*. 2021, vol. 12, p. 719000. ISSN 1664-3038.
  142. KUVARINA, A.E., ROSHKA, Y.A., ROGOZHIN, EA., NIKITIN, D. A., KURAKOV, A.V., SADYKOVA, V.S. Antimicrobial properties and the effect of temperature on the formation of secondary metabolites in psychrophilic micromycetes. In: *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2022, vol. 58, pp. 243-250. ISSN 1608-3024.
  143. LAGE, DE ARAUJO, V. The ubiquity of microorganisms in Earth's' ecology. In: *Acta Scientific Microbiology*. 2019, vol. 2. DOI: 10.31080/ASMI.2019.02.0256, ISSN 2581-3226.
  144. LANGE, L. The importance of fungi and mycology for addressing major global challenges. In: *IMA Fungus*. 2014, vol. 5, pp. 463-471. ISSN 2210-6359.
  145. LEI, C., DIAN-MING, H., FANG, L., HYDE, K.D., GARETH, JONES, E.B. The molecular phylogeny of freshwater sordariomycetes and discomycetes. In: *Freshwater fungi and fungal-like organisms*. 2014, pp. 48-71. ISBN 10-9400705367.
  146. LI, G., JIAN, T., LIU, X., LV, Q., ZHANG, G., LING, J. Application of metabolomics in fungal research. In: *Molecules*. 2022, vol. 27, p. 7365. ISSN 1420-3049.
  147. LI, L., ZHAO, Z.-X., GUI, H., WANG, X.A., XING, P., KARUNARATHNA, S.C., CHEEWANGKOON, R. Environmental factors shaping the culturable freshwater fungi



- diversity of four lakes in Yunnan province China. In: *Diversity*. 2024, vol. 16, p. 612. ISSN 1424-2826.
148. LI, W., WANG, M., BURGAUD, G., YU, H., CAI, L. Fungal community composition and potential depth-related driving factors impacting distribution pattern and trophic modes from epi- to abyssopelagic zones of the Western Pacific Ocean. In: *Microbial Ecology*. 2019, vol. 78, pp. 820-831. ISSN 1432-184X.
  149. LIN, W., LIU, X., GONG, L. et al. Impact of environmental factors on diversity of fungi in sediments from the Shenzhen River Estuary. In: *Archives of Microbiology*. 2023, vol. 205, nr. 96. ISSN 0003-9276.
  150. LINDSTROM F.N., TAYLOR, J., KOUKOL, O. Diversity and community composition of aquatic *Ascomycetes* varies between freshwater, estuarine and marine habitats in western Scotland. In: *Mycosphere*. 2017, vol. 8, pp.1267-1287. ISSN 2077-7019.
  151. 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: *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 2021, vol. 34, nr. 6, pp. 631-644. ISSN 1943-7706.
  152. LUO, Z.L., HYDE, K.D., LIU, J.K., MAHARACHCHIKUMBURA, S.S.N., JEEWON, R., BAO, D.F., BHAT, D.J., LIN, C.G., LI, W.L., YANG, J., et al. Freshwater *Sordariomycetes*. In: *Fungal Diversity*. 2019, vol. 99, pp. 451-660. ISSN 1878-9129.
  153. MABEL, PATRICIA, O-V., LUIZ, R.O., ELIANE, G, S., FELIPE, R.L., LINA, R.P., MARTINEZ, R., INÊS, M., ZANOLI, S., RODOLFO, J., RONNIE, A., SIMONE, I., GABRIEL, P., WELINGTON, L.A. Influence of water quality on diversity and composition of fungal communities. In: *a tropical river. Sci Rep*. 2018, p. 14799. ISSN 2045-2322.
  154. MAGAÑA-DUEÑAS, V., CANO-LIRA, J.F., STCHIGEL, A.M. New *Dothideomycetes* from freshwater habitats in Spain. In: *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*. 2021, vol. 207, nr. 12, p. 1102. ISSN 1560-2745.
  155. MAHON C.R., LEHMAN D.C., MANUSELIS G. Textbook of diagnostic microbiology. 4th ed. W. B. Saunders Co., Philadelphia, PA. 2015, pp. 1104. ISBN 10-1416061657.
  156. MALEEHA, F. Diversity and enzymatic activity of fungi isolated from the Mangroves of Makran Coast, Balochistan. In: *International Conference on Biological Research and Applied Scienc IBRAS*. 2021, pag. 83-84.
  157. MALOSSO, E., SCHOENLEIN-CRUSIUS, I. An insight into the study methods of aquatic fungi. In: *Freshwater Mycology*. 2022, pp. 229-246. ISBN 9780323998208.
  158. MANOHARACHARY, C. Biodiversity, taxonomy, conservation, ecology and utilization of freshwater aquatic fungi from India. In: *Indian Phytopath.* 2008, vol. 61, nr. 4, pp. 421-436. ISSN 0019-3838.
  159. 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. In: *Limnology and Oceanography*. 2019, vol. 64, pp. 2662-2678. ISSN 1939-5590.
  160. MASIGOL, H., REZAKHANI, F., JAVAD, M., SEYED, P., KHODAPARAST, A., GROSSART, H. The introduction of two new species of aquatic fungi from Anzali lagoon, Northern Iran. In: *Diversity*. 2022, DOI:10.3390/d14100889. ISSN 1424-2826.

161. MAURYA, G.K., PACHAURI, S. Fungi: the indicators of pollution. In: *Freshwater Mycology: Perspectives of Fungal Dynamics in Freshwater Ecosystems*. 2022, pp. 277-296. ISBN 0-3-2391-232X.
162. MBONG, E.O., EDEM, E.N., HUSSAIN, S., NTEKPE, M. E. Diversity and distribution of fungi associated with "ikwe pond" water source: their impact on water quality and human health. In: *American Journal of Innovative Research & Applied Sciences*. 2020, vol. 11, nr. 2, vol. 126-130. ISSN 2429-5396.
163. MEDINA-BAIZABAL, I.L., HEREDIAAND, G., ANGULO, M.G. Antimicrobial activity of extracts obtained from the dual interaction between sapro phytic micromycetes. In: *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2022, vol. 25, pp. 311-317. ISSN 1870-0462.
164. 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, nr. 6, pp. 6-14. ISSN 2231-5063.
165. MEYER, V., BASENKO, E.Y., BENZ, P.J., BRAUS, G.H., CADDICK, M.X., CSUKAI, M.V., RONALD P., ENDY, D., FRISVAD, J.C., GUNDE-CIMERMAN, N., HAARMANN, T., HADAR, Y., HANSEN, K., JOHNSON, R.I., KELLER, N.P., KRAŠEVEC, N., MORTENSEN, U.H., PEREZ, R., RAM, A.F.J., RECORD, E., ROSS, P., SHAPAVAL, V., STEINIGER, C., BRINK, H., WÖSTEN, H.A.B. Growing a circular economy with fungal biotechnology: a white paper. In: *Fungal Biology and Biotechnology*. 2020, vol. 7, nr. 5. ISSN 2199-3388.
166. MIN, Q., XING, D., ZHE Z., JIANPING, X., ZEFEN, Y. Three new species of soil-inhabiting *Trichoderma* from southwest China. In: *Mycokeys*. 2018, vol. 44, pp. 63-80. ISSN 1314-4057.
167. MIRABILE, G., FERARARO, V., MANCUSO, F., PECORARO, L., CIRLINCIONE, F. Biodiversity of fungi in freshwater ecosystems of Italy. In: *Journal of Fungi*. 2023, vol. 9, nr. 10, p. 993. ISSN: 2309-608X.
168. MIRCEA, C., RUSU, I., LEVELI, E.A., CRISTEA, A., GRIDAN, I.M., ZETY, A.V., BANCIU, H.L. The fungal side of the story: Saprotrophic- vs. Symbiotrophic-predicted ecological roles of fungal communities in two meromictic hypersaline lakes from Romania. In: *Microbial Ecology*. 2024, vol. 87, nr. 1, p. 130. ISSN 1432-184X.
169. **MOLDOVAN, C.** Diversitatea fungilor din lacul „Valea morilor”, municipiul Chişinău. In: *Technical Scientific Conference of Undergraduate, Master, PhD, students, Technical University of Moldova*. 2023, vol. 4, pp. 63-66. ISBN 978-9975-45-960-0.
170. **MOLDOVAN, C.** Diversitatea micromicetelor determinate în lacul La izvor In: *Lucrările Simpozionului științific național cu participare internațională: Biotehnologii moderne - soluții pentru provocările lumii contemporane [Online]*. Chişinău, 2021, p. 74. ISBN 978-9975-3498-7-1.
171. **MOLDOVAN, C.** Diversitatea micromicetelor din biofilme a bazinului acvatic „La izvor” din municipiul Chişinău. În: *Materialele Conferinței științifico-practice cu participare internațională "Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă": Ed. a XVIII-a*. 2021. vol. 1, pp. 102- 107. ISBN 978-9975-76-327-1.
172. **MOLDOVAN, C.** Studiul micomicetelor izolate din nămolul bazinului acvatic „La Izvor”, municipiul Chişinău. În: *Conferința „Metodologii contemporane de cercetare și evaluare, Dept”* Chişinău, Moldova. 2021, pag. 55-59. ISBN 978-9975-159-16-6.

173. **MOLDOVAN, C.** Study of the enzymatic properties of fungi in the "La izvor" aquatic ecosystem. În: „*Microbial Biotechnology*”, international scientific conference. 5th International Scientific Conference on Microbial Biotechnology. 2022, p. 71. ISBN 978-9975-3555-7-5.
174. **MOLDOVAN, C.** Diversitatea micromicetelor din lacul Valea morilor (municipiul Chișinău). In: *Natural sciences in the dialogue of generations*, 14-15 septembrie 2023, Chișinău. Chișinău: CEP USM. 2023, p. 54. ISBN 978-9975-3430-9-1.
175. **MOLDOVAN, C., SÎRBU, T.** Fungi biodiversity in freshwater aquatic ecosystems of "La Izvor" park from Chisinau city. În: *Buletinul AȘM. Științele vieții*. 2020, vol. 2(346), pag. 77-86. ISSN 1857-064X.
176. **MOLDOVAN, C., SÎRBU, T.** Selectatea condițiilor optime de cultivare a tulpinii de fungi *Trichoderma atrobruneum*. În: *Studia Universitatis Moldaviae*, Seria „Științe reale și ale naturii”. 2024, Nr. 6(176), pp. 38-45. ISSN 1814-3237.
177. **MOLDOVAN, C., SÎRBU, T., ȚURCAN, O.** Activitatea antibacteriană a unor tulpini acvatice de fungi din genul *Penicillium*, *Trichoderma* și *Talaromyces*. În: *Materialele conferinței științifico-practice internaționale „Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă”*. 2024, ed. XI, pag. 246 - 252. ISBN 978-9975-46-901-2.
178. **MOLDOVAN, C., SYRBU, T., OLAN-ȚURCAN, O.** Optimization of the cultivation conditions of the fungal strain *Trichoderma atrobruneum* În: *Natural sciences in the dialogue of generations*. 2024, Ed. 7, pag. 87. **ISBN:** 978-9975-62-756-6
179. **MOLDOVAN, C.; SIRBU, T.** Study of lake fungi biodiversity in from the La izvor lake (Chisinau municipality). In: *The National Conference with international participation: Life sciences in the dialogue of generations: Connections between Universities, Academia and business community*. 2022, Abstract book. 52. ISBN 978-9975-159-80-7.
180. **MONAPATHI, M.E., BEZUIDENHOUT, C.C., RHODE, O.H.J.** Aquatic yeasts: diversity, characteristics and potential health implications. In: *Journal of Water and Health*. 2020, vol. 18, nr. 2, pp. 91-105. ISSN 1993-5232.
181. **MONEY, N.P.** Chapter 1 - Fungal Diversity. In: *The Fungi (Third Edition)*. Academic Press: 2016, pp. 1-36. ISBN 978-0-12-382034-1.
182. **MORA, M., MAHNERT, A., KOSKINEN, K., PAUSAN, M.R., OBERAUNER-WAPPIS, L., KRAUSE, R., PERRAS, A.K., GORKIEWICZ, G., BERG, G., MOISSEL-EICHINGER, C.** Microorganisms in confined habitats: microbial monitoring and control of intensive care units, operating rooms, cleanrooms and the international space station. In: *Frontiers in Microbiology*. 2016, p. 1573. ISSN 1664-3038.
183. **MORENO-PÉREZ, P.M. GAMBOA-ANGULO, G. HEREDIA, B. CANTO-CANCHÉ, M. ROSADO-VALLADO, I.L. MEDINA-BAIZABAL Y.R. TAPIA-TUSSELL .** Evaluación antimicrobiana de extractos obtenidos de micromicetos tropicales contra fitopatógenos. Antimicrobial evaluation of extracts obtained from tropical micromycetes against phytopathogens. In: *FYTON*. 2016, pp. 7-17. ISSN 0031-9457.
184. **MORETTI, A.N.** Taxonomy of *Fusarium* genus, a continuous fight between lumpers and splitters. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2009, vol. 117, pp. 7-13. ISSN 1091-6490.
185. **NAGESH, SRIDHAR, K. R., H., SHARATHCHANDRA, K.** Assemblage and diversity of asexual fungi in 10 terrestrial damp leaf litters: Comparison of two incubation techniques. In: *Asian Journal of Mycology*. 2020, vol. 3, pp. 362-375. ISSN 2455-3962.

186. NAHER, L., FATIN, S.N., SHEIKH, M.A.H., AZEEZ, L.A., SIDDIQUEE, S., ZAIN, N.M., KARIM, S.M.R. Cellulase enzyme production from filamentous fungi *Trichoderma reesei* and *Aspergillus awamori* in submerged fermentation with rice straw. In: *Journal of Fungi*. 2021, nr. 7, p. 868. ISSN 2309-608X.
187. NAQVI, SYED, ZH., AKRAM, W., ATTA, A. AND MAHBOOB, L. Fungal enzymes and their applications. In: *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR)*. 2018, vol. 9, pp. 123-132. ISSN 2278-599X.
188. NARANJO-ORTIZ, M.A., GABALDÓN, T. Fungal evolution: major ecological adaptations and evolutionary transitions. In: *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 2019, pp. 1443-1476. ISSN 1469-185X
189. NAVINA, B.K., VELMURUGAN, N.K., SENTHIL KUMAR, P., RANGASAMY, G., PALANIVELU, J., THAMARAI, P., VICKRAM, A.S., SARAVANAN, A., SHAKOOR, A. Fungal bioremediation approaches for the removal of toxic pollutants: Mechanistic understanding for biorefinery applications. In: *Chemosphere*. 2024, vol. 350, p. 141123. ISSN 1879-1298.
190. NAZIR, M., IRAM, A., CEKMECELIOGLU, D., DEMIRCI, A. Approaches for producing fungal cellulases through submerged fermentation. In: *Frontiers in Bioscience (Elite Edition)*. 2024, vol. 16, nr. 1, p. 5. ISSN 2771-5335.
191. 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, nr. 1, pp. 1-8. ISSN 2523-4979.
192. NIKNEJAD, F., MOSHFEGHB, M., NAJAFZADEHC, M.J., JOS, H., REZAEIB, S., ZARRINIE, G., FARAMARZIB, M.A., NASTARAN, N-V. Halotolerant ability and  $\alpha$ -amylase activity of some saltwater fungal isolates. In: *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*. 2013, vol. 12, pp. 111-117. ISSN 1735-0328.
193. NIKOLCHEVA, L.G., BÄRLOCHER, F. Phylogeny of *Tetracladium* based on 18S rDNA. In: *Czech Mycology*. 2002, vol. 53, nr. 4, pp. 285-295. ISSN 0009-0476.
194. NIZAMYDEEN, N., SANTHIYA, T., AMBIKA, R., SENGOTTAIAN, N. Diversity of aquatic fungi in the coastal region of Cauvery river in Thanjavur district of Tamilnadu. In: *Pelagia Research Library Advances in Applied Science Research*. 2014, vol. 5, nr. 2, pp. 55-58. ISSN 0976-8629.
195. NOGUEIRA-LOPEZ, G., GREENWOOD, D.R., MIDDLEDITCH, M., WINEFIELD, C., EATON, C., STEYAERT, J.M., AND MENDOZA-MENDOZA, A. The apoplastic secretome of *Trichoderma virens* during interaction with maize roots shows an inhibition of plant defence and scavenging oxidative stress secreted proteins. In: *Frontiers in Plant Science*. 2018, nr. 9, p. 409. ISSN 1664-462X.
196. OKUNWAYE, T., UADIA, P.O., OKOGBENIN, B.O., OKOGBENIN, E.A., ONYIA, D.C., AND OBIBUZOR, J.U. Amylase-producing fungi and bacteria associated with some food processing wastes. In: *Nigerian Journal of Biotechnology*. 2021, vol. 38, nr. 1, pp. 74-82. ISSN 0189-1731.
197. OLAN-ȚURCAN, O., SYRBU, T., **MOLDOVAN, C.**, CHISELITA, O., CHISELITSA, N. The action of some coordinative compounds and the exometabolites solution of *Saccharomyces cerevisiae* on the cultivation of the *Trichoderma atroviride* strain. In: *Natural sciences in the dialogue of generations*, Ed. 7, 2024, pag. 116.
198. ORTIZ-VERA, M.P., OLCANHESKI, L.R., DA SILVA, E.G., DE LIMA, F.R., MARTINEZ, L., SATO, M., JAFFÉ, R., ALVES, R., ICHIWAKI, S., PADILLA, G.,

- ARAÚJO, W.L. Influence of water quality on diversity and composition of fungal communities in a tropical river. In: *Scientific Reports*. 2018, 8(1), p. 14799. ISSN 2045-2330.
199. 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, nr. 1, pp. 10213-10225. ISSN 2256-1246.
  200. 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 Ethiopie river in Abraka), Nigeria. In: *Open Access Library Journal*. 2021, vol. 8, pp. e7368. ISSN 2333-973X.
  201. PANAJOTOVA, H.N., STRINSKA, H.N., GANDOVA, V.D., DOBREVA, V.T., ZHEKOVA, B.J., DOBREV, G.T. Purification of lipase from *Aspergillus carbonarius* NRRL369 by ATPS PEG potassium phosphate. In: *Bulgarian Chemical Communications*. 2017, vol. 49, pp.130-136. ISSN 2534-948X.
  202. PANCHAPAKESAN, A., NAVEEN, S. Fungal cellulases: An overview. In: *New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering*. 2016, p. 9-18. ISBN 978-0-444-63507-5.
  203. PATRÍCIA, O.F., TAIMY, C., GULIS, V., GUSMAO, L. Ingoldian fungi of Brazil: Some new records and a review including a checklist and a key. In: *Phytotaxa*. 2017, vol. 306, pp. 171-200. ISSN 1179-3163.
  204. PÉREZ, C. Fungi of the human gut microbiota: Roles and significance. In: *International Journal of Medical Microbiology*. 2021, vol. 311, p. 151490. ISSN 1438-4221
  205. PÉREZ, J., DESCALS, E., POZO, J. Aquatic hyphomycete communities associated with decomposing alder leaf litter in reference headwater streams of the basque country (Northern Spain). In: *Microbial Ecology*. 2010, nr. 64, pp. 279-290. ISSN 1432-1935.
  206. PIETRYCZUK, A., CUDOWSK, A., HAUSCHILD, T., ŚWISŁOCK, M., WIĘCKO, A., KARPOWICZ, M. Abundance and species diversity of fungi in rivers with various contaminations. In: *Current Microbiology*. 2018, vol. 75, pp. 630-638. ISSN 1432-0991.
  207. PROKUDINA, L.I., OSMOLOVSKIY, A.A., EGOROVA, M.A., MALAKHOVA, D.V., NETRUSOV, A.I., TSAVKELOVA, E.A. Biodegradation of cellulose-containing substrates by micromycetes followed by bioconversion into biogas. In: *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2016, vol. 52, pp. 190-198, ISSN 1608-3181.
  208. QING, L., HUI, W., XINGHUA, S., ZHEN-GANG, W., BAOQUAN, D. Self-assembled dna peptide-based nanoparticle exhibiting synergistic enzymatic activity. In: *ACS Nano*. 2017, pp. 7251-7258. ISSN 1936-086X.
  209. QUEIROZ, M., KHADIJA, J., XOCHITL, V., LEROY, J., RUTH, S., BRUNO, T.G. Occurrence of *Glomeromycota* species in aquatic habitats: a global overview. In: *Mycotaxon*. 2020, vol. 132, nr. 2, pp. 1-18. ISSN 0093-4666.
  210. RAGHUKUMAR, C. Marine fungal biotechnology: an ecological perspective. In: *Fungal Diversity, Reviews, Critiques and New Technologies*. 2008. Doi 10.1007/s13225-008-0021-4, ISSN 1876-2859.
  211. RAGHUKUMAR, S. Fungi: characteristics and classification. In: *Fungi in Coastal and Oceanic Marine Ecosystems: Marine Fungi*. 2017, pp. 1-15. ISSN 2198-4995.

212. RAJA, H.A., SHEARER, C.A., TSUI, K-M. Freshwater fungi. In: *eLS, John Wiley & Sons, Ltd* (Ed.). 2018. ISBN 978-0-12-227040-1.
213. RAJESHKUMAR, K.C., YILMAZ, N., MARATHE, S.D., SEIFERT, K.A. Morphology and multigene phylogeny of *Talaromyces amyrossmaniae*, a new synnematus species belonging to the section Trachyspermi from India. In: *MycoKeys*. 2019, nr. 45, pp. 1-16. ISSN 1314-4049.
214. RAMAKRISHNA S.B., VIKINESWARY, S., DAS, D., BAHKALI, A.H., GUO, S.Y., PANG, K.L. How do fungi survive in the sea and respond to climate change? In: *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*. 2022, vol.11, vol. 8, nr. 3, p. 291. ISSN 2309-608X.
215. RAMZIYA, M., POTEKHINA, E.Y., TARASOVA, S.A., TANASEVA, V.I., MAKAEVA, I.F., VAFIN, L.I., ALMITOVA, S.Y., SMOLENTSEV, A.R., MAKAEVA, R.M., ASLANOV, V.Y., TITOVA, R.V., NEFEDOVA, J. Biodiversity of mycelial fungi in fresh water in the territory of the park "Mari Chodra" of the Russian Federation. In: *Systematic Reviews in Pharmacy*. 2021, pp. 217-223. ISSN 0975-8488.
216. RANGHOO, V.M., HYDE, K.D., LIEW, E.C.Y., SPATAFORA, J.W. Family placement of *Ascotaiwania* and *Ascotacicola* based on DNA sequences from the large subunit rRNA gene. In: *Fungal Diversity*. 1999, vol. 2, pp. 159-168. ISSN 1878-9129.
217. RAPOSEIRO, P.M., FAUSTINO, H., FERREIRA, V., GONÇALVES, V. Aquatic hyphomycetes from streams on Madeira Island (Portugal). In: *Biodiversity Data Journal*. 2020, vol. 8, nr. 8, p. e53690. ISSN 1314-2828.
218. 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.
219. RAUF, M., AWAIS, M., UD-DIN, A., ALI, K., GUL, H., RAHMAN, M.M., HAMAYUN, M., ARIF, M. Molecular mechanisms of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) deaminase producing *Trichoderma asperellum* MAP1 in enhancing wheat tolerance to waterlogging stress. In: *Frontiers in Plant Science*. 2021, vol. 11, p. 614971. ISSN 1664-462X.
220. RENGASAMY, S., THANGAPRAKASAM, U. Isolation, screening and determination of  $\alpha$ -amylase activity from marine *Streptomyces* species. In: *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 2018, vol. 10, pp. 122-127. ISSN 0975-1491.
221. RISSI, D.V., IJAZ, M., BASCHIEN, C. Comparative genome analysis of the freshwater fungus *Filospora fistucella* indicates potential for plant-litter degradation at cold temperatures. In: *G3 Genes/Genomes/Genetics*. 2023, vol. 13, nr. 11, p. 190. ISSN 2160-1836.
222. ROBINSON, P.K. Enzymes: principles and biotechnological applications. In: *Essays in Biochemistry*. 2015, vol. 59, pp. 1-41. ISSN 1470-8752.
223. RÖHL, O., PERŠOH, D., MITTELBAACH, 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, vol. 16, pp. 155-169. ISSN 1617-4216.
224. ROJAS-JIMENEZ, K., GROSSART, H-P., CORDES, E., CORTÉS, J. Fungal communities in sediments along a depth gradient in the Eastern Tropical Pacific. In: *Frontiers in Microbiology*. 2020, vol. 11, pp. 1-9. ISSN 1664-302X.

225. ROTH, C., AKRAM, W., ATTA, A., MAHBOOB, L. Fungal enzymes and their applications. In: *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR)*. 2018, vol. 9, pp. 123-132, ISSN 2278-599X.
226. ROTH, C., MOROZ, O.V., TURKENBURG, J.P., BLAGOVA, E., WATERMAN, J., ARIZA, A., MING, L., TIANQI, S., ANDERSEN, C., DAVIES, G.J., et al. Structural and functional characterization of three novel fungal amylases with enhanced stability and pH tolerance. In: *International Journal of Molecular Sciences*. 2019, p. 4902. ISSN 1422-0067.
227. ROTH, M.G., WESTRICK, N.M., BALDWIN, T.T. Fungal biotechnology: From yesterday to tomorrow. In: *Frontiers in Fungal Biology, Fungal Biotechnology*. 2023, vol. 4, p. 1135263. ISSN 2673-6128.
228. ROUEIN, S., FATEMEH, G., PARISA, B. Compare catalase activity between *Aspergillus flavus* and *A. fumigatus*, isolated from clinical and environmental specimens. In: *Jundishapur Journal of Microbiology*. 2020, vol. 13, nr. 8, <https://doi.org/10.5812/jjm.103634>, ISSN 2345-4123.
229. SALAZAR, K.A., HERNDL, G.J., BALTAR, F. Extracellular enzymatic activities of oceanic pelagic fungal strains and the influence of temperature. In: *Journal of Fungi*. 2022, vol. 8, p. 571. ISSN 2309-608X.
230. SANTOSH, K.S. An overview on biotechnology of marine fungi. In: *JETIR*. 2019, vol. 6, pp. 259-264. ISSN-2349-5162.
231. SARANRAJ P., STELLA D. Fungal amylase-A review. In: *International Journal of Microbiological Research*. 2013, vol. 4, nr. 2, pp. 203-211. ISSN 1812-7794.
232. SEHIM, A.E., HEWEDY, O.A., ALTAMMAR, K.A., ALHUMAIDI, M.S., ABD ELGHAFAR, R.Y. *Trichoderma asperellum* empowers tomato plants and suppresses *Fusarium oxysporum* through priming responses. In: *Frontiers in Microbiology*. 2023, nr. 14, p. 1140378. ISSN 1664-302X.
233. SHAMIM, S. Checklist of *Deuteromycetous* fungi of Bangladesh. In: *Journal of Bangladesh Academy of Sciences*. 2017, vol. 41, nr. 2, pp. 115-126. ISSN 1023-9030.
234. SHEARER, C.A., DESCALS, E., KOHLMAYER, B., KOHLMAYER, J., MARVANOVÁ, L., PADGETT, D., PORTER, D., RAJA, H.A., SCHMIT, J.P., THORTON, H.A., VOGLYMAYR, H. Fungal biodiversity in aquatic habitats. In: *Biodiversity and Conservation*. 2007, vol. 16, pp. 49-67. ISSN 1572-9710.
235. SHEELA, M., DIVYA, K., PREMINA. Production by *Aspergillus niger* and *Penicillium* species by solid-state and submerged cultivation using two food industrial wastes. In: *Nature Environment and Pollution Technology*. 2021, vol. 20, pp. 1127-1135. ISSN 2277-4595.
236. SHU, L., SIBTAIN, A., CHUNGUANG, Z., TONGXIAO, L., CHANGLUN, S., YAOWEI F. Diversity and antimicrobial activity of culturable fungi associated with sea anemone *Anthopleura xanthogrammica*. In: *Electronic Journal of Biotechnology*. 2020, vol. 44, pp. 41-46. ISSN 0717-3458.
237. SILVA, L.G., CAMARGO, R.C., MASCARIN, G.M., NUNES, P.S.O., DUNLAP, C., BETTIOL, W. Dual functionality of *Trichoderma*: biocontrol of *Sclerotinia sclerotiorum* and biostimulant of cotton plants. In: *Frontiers in Plant Science*. 2022, vol. 13, p. 983127. ISSN 1664-462X.
238. SIMMONS, D.R., BONDS, A.E., CASTILLO, B.T. et al. The collection of zoosporic eufungi at the University of Michigan (CZEUM): introducing a new repository of barcoded

- Chytridiomyceta* and *Blastocladiomycota* cultures. In: *IMA Fungus*. 2020, vol. 11, nr. 20, <https://doi.org/10.1186/s43008-020-00041-z>, ISSN 2210-6359.
239. SINGH, P., SINGH, V.K., SINGH, R., BORTHAKUR, A., MADHAV, S., AHAMAD, A., KUMAR, A., PAL, D.B., TIWARY, D., MISHRA, P.K. Chapter 1 – Bioremediation: a sustainable approach for management of environmental contaminants. In: *Abatement of Environmental Pollutants*. 2020, pp. 1-23. ISBN 978-0-12-818095-2.
  240. SIRBU, T., BURTEVA, S., BIRSA, M., BOGDAN-GOLUBI, N., SLANINA, V., **MOLDOVAN, C.**, TURCAN, O. Biodiversity of microorganisms in the aquatic environment as a source for combating phytopathogenic fungi. In: *Polish Journal of Environmental Studies*. 2024, vol. 33, nr. 4, pp. 3959-3868. ISSN 1230-1485.
  241. SIRBU, T., BURȚEVA, S., BOGDAN-GOLUBI, N., BÎRSA, M., SLANINA, V., ȚURCAN, O., **MOLDOVAN, C.** Microbial diversity of aquatic environment as source of enzymes. In: *Materialele a 22-a Conferință Internațională „Științe ale Vieții pentru Dezvoltare Durabilă”*, 2023, p. 181. ISSN 1843-5262
  242. SIRBU, T., TURCAN, O., **MOLDOVAN, C.**, TIMUS, I. Viability and stability of aquatic fungi of biotechnological interest after lyophilization. In: *The National Conference with international participation: Life sciences in the dialogue of generations: Connections between Universities, Academia and business community*. 2022. p. 104. ISBN 978-9975-159-80-7.
  243. SIVA, D., SRIVETHI, G., VASAN, P.T., RAJESH, D., ALFARHAN, A., RAJAGOPAL, R. Enhanced cellulase enzyme production by *Aspergillus niger* using cellulase/iron oxide magnetic nano-composites. In: *Journal of King Saud University – Science*. 2022, vol. 34, p. 101695. ISSN 1018-3647.
  244. SÎRBU T., BURȚEVA, S., BÎRSA, M., BOGDAN-GOLUBI, N., SLANINA, V., **MOLDOVAN, C.**, ȚURCAN, O. Antimicrobial activity of microorganisms isolated from silt of the "La Izvor" lake system (Chisinau municipality). In: *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*. 2023, vol. 27, nr. 1. ISSN 2285-1364.
  245. SÎRBU, T., BOGDAN-GOLUBI, N., **MOLDOVAN, C.**, ȚURCAN, O., SLANINA, V. Microorganisms - source of bioactive substances with antimicrobial effect against phytopathogens. In: *The catalogue of inventions of the International Exhibition of Inventions and Innovations "Traian Vuia"*. 2023, p. 78. ISBN 978-606-785-273-8.
  246. SÎRBU, T., BURȚEVA, S., BÎRSA, M., BALAN, L., SLANINA, V., ȚURCAN O., **MOLDOVAN, C.** Study of the microbial biodiversity of the Lake La Izvor, (Chisinau municipality). In: *Cross-Border Research*. 2022, vol. 6, nr. 2, p. 56-66. ISSN 2602-1463.
  247. SÎRBU, T., BURȚEVA, S., BOGDAN-GOLUBI, N., BÎRSA, M., SLANINA, V., ȚURCAN, O., **MOLDOVAN, C.** Microbial diversity of aquatic environment as source of enzymes. In: *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Food Science and Technology*. 2024, vol. 81 nr. 1, pp. 82-91. ISSN 2344-5300.
  248. SÎRBU, T., **MOLDOVAN, C.** Enzymatic properties of aquatic micromycetes. In: *The scientific symposium Biology and Sustainable Development*. 2021, The 19<sup>th</sup>, p. 55.
  249. SÎRBU, T., **MOLDOVAN, C.** Studiul activității enzimatice a fungilor acvatici. În: *Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă. Biologie*. 2022, Ediția 9, Vol. 1, pp. 136-139. ISBN 978-9975-76-390-5.
  250. SÎRBU, T., **MOLDOVAN, C.** Study of micromycetes isolated from the aquatic environment. În: *Studii și Comunicări*. 2020, vol. 29, pp. 12-19. ISSN 1584-3416.



251. SÎRBU, T., **MOLDOVAN, C.** Tulpini de *Trichoderma* cu potențial antifungic înalt față de fitopatogeni. În: *Materialele Conferinței Internaționale „Genetica, fiziologia și ameliorarea plantelor”*. 2024, vol. 8, pag. 208-212. ISBN 978-9975-62-766-5.
252. SÎRBU, T., **MOLDOVAN, C.**, SLANINA, V. Study of the enzymatic properties of some microorganisms isolated from lake La izvor. În: *International Congress of Geneticists and Breeders from the Republic of Moldova*", ed. XI. 2021, p. 162. <https://doi.org/10.53040/cga11.2021.138> ISBN: 978-9975-933-56-8
253. SÎRBU, T., **MOLDOVAN, C.**, ȚURCAN, O., SLANINĂ, V., BATÎR, L. Mediul acvatic – sursă de microorganisme de interes biotehnologic. În: *Lucrările Simpozionului științific național cu participare internațională: Biotehnologii moderne - soluții pentru provocările lumii contemporane*. 2021, p. 91. ISBN 978-9975-3498-7-1.
254. SÎRBU, T.; **MOLDOVAN, C.** Study of micromycetes isolated from the aquatic environment. In: *The scientific symposium BIOLOGY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT*. 2020, The 18<sup>th</sup> edition, p. 21.
255. SOBRAL, L.V., MELO, K.N., SOUZA, C.M., SILVA, S.F., SILVA, G.L.R., SILVA, A.L.F., WANDERLEY, K.A.A., OLIVEIRA, I.S., CRUZ, R. Antimicrobial and enzymatic activity of anemophilous fungi of a public university in Brazil. In: *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*. 2017, vol. 89, nr. 3, pp. 1-30. ISSN 1678-2690.
256. STANESCU, R., BOBIRICA, L., ORBULET, O. *Remediarea solurilor contaminate*. Editura Agir. 2006, pp. 123-129, ISBN 973-720-077-2.
257. SUBHASHINI, V., PADMAJA, K., RANJANI, C.B. Screening of aquatic fungi for antimicrobial and amylase efficacy isolated from fish culturing ponds of South-East Coastal Andhra Pradesh, India. In: *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2023, vol. 14, nr. 6, pp. 2969-2976. ISSN: 0975-8232.
258. SULEIMENOVA, ZH.B., SADUYEVA, ZH.K., RAKHMETOVA, ZH.K. Alpha-amylase production from *Aspergillus oryzae* M by submerged fermentation. In: *Biotechnologia Acta*. 2016, vol. 9, nr. 4, pp. 77-82. ISSN 2312-034X.
259. SUSEELA, L., MURALIDHAR, P. Enhanced production of alkaline protease by *Aspergillus niger* DEF 1 isolated from dairy form effluent and determination of its fibrinolytic ability. In: *African Journal of Microbiology Research*. 2017, vol. 11, pp. 440-449. ISSN 1684-5315.
260. SVAHN, S.K., GÖRANSSON, U., EL-SEEDI, H., BOHLIN, L., LARSSON, J., OLSEN, B., CHRYSSANTHOU, E. Antimicrobial activity of filamentous fungi isolated from highly antibiotic-contaminated river sediment. In: *Infection Ecology and Epidemiology*. 2012, vol. 2, <https://doi.org/10.3402/iee.v2i0.18497>, ISSN 2000-8694.
261. SYNAN, F., HASSAN, I.A., EL-FATTAH, A., NADER, M., ZAGHLOUL, R.A., EL-MAGEED, T.A.A., SELIM, S., OMAR, B.A., MOSA, W.F., SAAD, A.M., EL-TARABILY, K.A., EL-SAADONY, M.T. Exploiting fungi in bioremediation for cleaning-up emerging pollutants in aquatic ecosystems. In: *Marine Environmental Research*. 2023, vol. 19, <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.106068>, ISSN 0141-1136.
262. SYRBU, T., **MOLDOVAN, C.**, RUGINESCU R.M., ENACHE M.I. Potential aquatic fungi producers of bioactive substances. In: *Natural sciences in the dialogue of generations*, Ed. 7, 2024, pag. 106. ISBN: 978-9975-62-756-6
263. TARDA, A.S., SAPARRAT, M.C., GÓMEZ, N. Studies on aquatic fungi in Dikarya: a review of the literature from Southern Cone of South America. In: *Annals of the Brazilian*

- Academy of Sciences*. 2022, vol. 94, nr. 2, pp. 1-8. doi: 10.1590/0001-3765202220201210, ISSN 1678-2690.
264. TEDERSOO, L., SÁNCHEZ-RAMÍREZ, S., KÖLJALG, U., BAHRAM, M., DÖRING, M., SCHIGEL, D., & ABARENKOV, K. High-level classification of the fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. In: *Fungal Diversity*. 2018, vol. 90, pp. 135-159. ISSN 1560-2745.
  265. THACHARODI, A., HASSAN, S., SINGH, T., MANDAL, R., CHINNADURAI, J., KHAN, H. A., HUSSAIN, M. A., BRINDHADEVI, K., PUGAZHENDHI, A. Bioremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons: An updated microbiological review. In: *Chemosphere*. 2023, vol. 328, p. 138498. ISSN 1879-1298.
  266. THAMBUGALA, K.M., DARANAGAMA, D.A., PHILLIPS, A.J.L., KANNANGARA, S.D., PROMPUTTHA, I. Fungi vs. Fungi in biocontrol: an overview of fungal antagonists applied against fungal plant pathogens. In: *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2020, vol. 10, p. 604923. ISSN 2235-2988.
  267. THIRUMALAIIVASAN, N., GNANASEKARAN, L., KUMAR, S., DURVASULU, R., SUNDARAM, T., RAJENDRAN, S., NANGAN, S., KANAGARAJ, K. Utilization of fungal and bacterial bioremediation techniques for the treatment of toxic waste and biowaste. In: *Frontiers in Materials*. 2024, vol. 11, p. 1416445. ISSN 2296-8016.
  268. THOMAS, R.A., GUY, L., DEL, CAMPO, J.M., MEREDITH, S.J., FINLAY, M., MICAH, D., COLOMBAN, DE, V., RAMON, M., CHAMBOUVET, A. Molecular diversity and distribution of marine fungi across 130 European environmental samples. In: *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2015, vol. 282, p.1819. ISSN 1471-2954.
  269. TIWARI, S.P., SRIVASTAVA, R., SINGH, C.S., SHUKLA, K., SINGH, R.K., SINGH, P., SINGH, R., SINGH, N.L., SHARMA, R. Amylases an overview with special reference to alpha amylase. In: *Journal of Global Biosciences*. 2015, vol. 4, nr. 1, pp. 1886-1901. ISSN 2320-1355.
  270. TODIRAȘ, I., ZUBCOV, E., BILEȚCHI, L. *Monitoringul calității apei și evaluarea stării ecologice a ecosistemelor acvatice*. Indrumar metodic. Chișinău 2015, p. 84. ISBN 978-9975-3183-8-9.
  271. TSUI, C., HYDE, K. Freshwater mycology. In: *Fungal Diversity*. Press Hong Kong. 2003, p.10. ISBN 962-86765-3-9.
  272. TSUI, C.K.M., BASCHIEN, C., GOH, T.K. Biology and ecology of freshwater fungi. In: *Biology of Microfungi*. 2016, pp. 285-313. ISBN 978-3-319-29137-6.
  273. TSUI, C.K.M., HYDE, K.D., HODGKISS, I.J. Biodiversity of fungi on submerged wood in Hong Kong streams. In: *Aquatic Microbial Ecology*. 2000, vol. 21, pp. 289-298. ISSN 0948-3055.
  274. TYŚKIEWICZ, R., NOWAK, A., OZIMEK, E., JAROSZUK-ŚCISEŁ, J. *Trichoderma*: The current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth. In: *International Journal of Molecular Sciences*. 2022, nr. 23, p. 2329. ISSN 1422-0067.
  275. ÜNAL, A., SUBAŞI, A.S., MALKOÇ, S., İJLAL OCAK, I.S., KORCAN, E., YETİLMEZER, E., YURDUGÜL, S., YAMAN, H., ŞANAL, T., KEÇELİ, A., Potential of fungal thermostable alpha amylase enzyme isolated from hot springs of Central Anatolia (Turkey) in wheat bread quality. In: *Food Bioscience*. 2022, vol. 45, p. 101492. ISSN 2212-4292.

276. VAKSMAA, A., GUERRERO-CRUZ, Z.S., GHOSH, P., ZEGHAL, E., HERNANDO-MORALES, V., NIEMANN, H. Role of fungi in bioremediation of emerging pollutants. In: *Frontiers in Marine Science*. 2023, vol. 10, p. 1070905. ISSN 2296-7745.
277. VAN, DEN, WYNGAERT, S., GANZERT, L., SETO, K. *et al.* Seasonality of parasitic and saprotrophic zoospore fungi: linking sequence data to ecological traits. In: *ISME J*. 2022, vol. 16, pp. 2242-2254. ISSN 1751-7370.
278. VASSILEV, N., MENDES, G. Soil fungi in sustainable agriculture. In: *Microorganisms*. 2024, nr. 12, p. 163. ISSN 2076-2607.
279. VATOVA, M., RUBIN, C., GROSSART, H-P., GONÇALVES, S.C., SCHMIDT, S.I., JARIĆ, I. Aquatic fungi: largely neglected targets for conservation. In: *Frontiers in ecology and the environment*. 2022, vol. 20, pp. 207-209. ISSN 1365-2435.
280. VENKATESWARA, S.V. Obligate marine fungi and bioremediation. In: *Prasad, R. (eds) Mycoremediation and Environmental Sustainability. Fungal Biology*. Springer, Cham. 2018, pp. 213-227. ISBN 978-3-319-77386-5.
281. VIJAYKRISHNA, D., HYDE, K.D. Inter- and intra stream variation of lignicolous freshwater fungi in tropical Australia. In: *Fungal Diversity*. 2006, vol. 21, pp. 203-224. ISSN 1878-9129.
282. VORONIN L.V. Terrigenous micromycetes in freshwater ecosystems review. In: *Inland Water Biology*. 2014, vol. 7, nr. 4, pp. 352-356. ISSN 1995-0837.
283. WANG, F., FANG, L., SHI, Z. Bioremediation of contaminated soil by fungi: A call for research. In: *Journal of Fungi*. 2024, vol. 10, nr. 10, p. 684. ISSN 2309-608X.
284. WANG, L., CHEN, X., DU, Y., ZHANG, D., AND TANG, Z. Nutrients regulate the effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth and reproduction of cherry tomato. In: *Frontiers in Microbiology*. 2022, nr. 13, p. 843010. doi: 10.3389/fmicb.2022.843010, ISSN 1664-302X.
285. WANG, Z.-P., LIU, Z.-Z., WANG, Y.-L., BI, W.-H., LIU, L., WANG, H.-Y., *et al.* Fungal community analysis in seawater of the Mariana Trench as estimated by Illumina HiSeq. In: *RSC Advances*. 2019, vol. 9, nr. 12, pp. 6956-6964. ISSN 2046-2069.
286. WARNASURIYA, S.D., UDAYANGA, D., MANAMGODA, D.S., BILES, C. Fungi as environmental bioindicators. In: *Science of The Total Environment*. 2023, nr. 892, p. 164583. ISSN 0048-9697.
287. WIBERTH, C., CITLALLI A., ZHILIANG F., HEREDIA G. Oxidative enzymes activity and hydrogen peroxide production in white-rot fungi and soil-borne micromycetes co-cultures. In: *Annals of Microbiology*. 2019, vol. 69, pp. 171-181. ISSN 1432-0614.
288. WIJAYAWARDENE, N.N., BOONYUEN, N., RANAWEERA, C.B., DE ZOYSA, H.K.S., PADMATHILAKE, R.E., NIFLA, F., DAI, D.-Q., LIU, Y., SUWANNARACH, N., KUMLA, J., *et al.* OMICS and other advanced technologies in mycological applications. In: *Journal of Fungi*. 2023, vol. 9, p. 688. ISSN 2309-608X.
289. WIJAYAWARDENE, N.N., DAI, D.-Q., JAYASINGHE, P.K., GUNASEKARA, S.S., NAGANO, Y., TIBPROMMA, S., SUWANNARACH, N., BOONYUEN, N. Ecological and oceanographic perspectives in future marine fungal taxonomy. In: *Jurnal of Fungi*. 2022, vol. 8, pp. 1141. ISSN 2309-608X.
290. WONG, M.K.M., GOH, T.K., HODGKISS, I.J., HYDE, K.D., RANGHOO, V.M., TSUI, C.K.M., HO, W.-H., WONG, W.S.W., YUEN, T.K. Role of fungi in freshwater ecosystems. In: *Biodiversity & Conservation*. 1998, vol. 7, pp. 1187-1206. ISSN 1365-2540.

291. WOPF, S., DE OLIVEIRA, R.S., LIMA, R.M., SANTIAGO, P.A.L., DE OLIVEIRA, L.A., CORTEZ, A.C.A., LIMA, E.S., DE SOUZA, É.S., FRICKMANN, H., DE SOUZA, J..VB. Antimicrobial potential of metabolites in fungal strains isolated from a polluted stream: annulohypoxylon stygium wl1b5 produces metabolites against extended-spectrum beta-lactamase-positive *Escherichia coli*. In: *Antibiotics (Basel)*. 2023, vol. 12, nr. 1, pp. 27. ISSN 2079-6382.
292. WU, B., HUSSAIN, M., ZHANG, W., STADLER, M., LIU, X., XIANG, M. Current insights into fungal species diversity and perspective on naming the environmental DNA sequences of fungi. In: *Mycology*. 2019, vol. 10, nr. 3, pp. 127-140. ISSN 2150-1211.
293. WURZBACHER, C., BAERLOCHER, F., GROSSART, H-P. Fungi in lake ecosystems. In: *Aquatic Microbial Ecology*. 2010, vol. 59, nr. 2, pp. 125-149. ISSN 1616-1564.
294. WURZBACHER, C., KERR, J., GROSSART, H.-P. The dynamical processes of biodiversity – Case studies of evolution and spatial distribution: Aquatic fungi. In: *Nature*. 2011, pp. 227-258. ISSN 1476-4687.
295. XIANBO, J., XINJIAN, L., CHENQIANG, L., LIRONG, L., JICHEN, C. Enhanced alkaline catalase production by *Serratia marcescens* FZSF01: Enzyme purification, characterization, and recombinant expression. In: *Electronic Journal of Biotechnology*. 2017, pag. 110-117. ISSN 0717-3458.
296. XIN, T., XIAO-YE, S., CHENG-LIN, H. Antimicrobial activity of fungal endophytes from vaccinium dunalianum var. In: *Urophyllumsains Malaysiana*. 2018, vol. 47, nr. 8, pp. 1685-1692. ISSN 2289-9003.
297. XU, B. Fungal biotechnology and applications. In: *Journal of Fungi*. 2023, vol. 9, p. 871. ISSN 2309-608X.
298. XU, W., GAO, Y., GONG, L., LI, M., PANG, K.-L., LUO, Z.-H. Fungal diversity in the deep-sea hadal sediments of the Yap Trench by cultivation and high throughput sequencing methods based on ITS rRNA gene. In: *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. 2019, vol. 145, pp. 125-136. ISSN 0967-0637.
299. XU, Z., LV, Y., FANG, M., LIU, J., ZENG, H., BAN, Y. Diverse and abundant arbuscular mycorrhizal fungi in ecological floating beds used to treat eutrophic water. In: *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2021, vol. 105, nr. 18, pp. 6959-6975. ISSN 1432-0614.
300. XUE, W., MENG, H., WANG, Y., ZHU, P., DE, J., GUO, X. Relationship between culturable filamentous fungal diversity and environmental factors in Nam Co Lake. In: *Biodiversity Science*. 2022, vol. 30, p. 21473. ISSN 1005-0094.
301. YADAV, A.N., RASTEGARI, A.A., YADAV, N. Microbiomes of extreme environments. In: *Biodiversity and Biotechnological Applications*. 2021, vol. 1, <https://lccn.loc.gov/20200038815>, ISBN 9780429328633.
302. YAMAGUCHI, K. Recent studies on aero-aquatic fungi, with special reference to diversity of conidial morphology and convergent evolution. In: *Mycoscience*. 2023, vol. 64, nr. 5, pp. 128-135. ISSN 1612-1617.
303. YANG, K.L., LIN, J.Y., LI, G.M., YANG, Z.L. Mushrooms adapted to seawater: two new species of *Candolleomyces* (Basidiomycota, Agaricales) from China. In: *Journal of Fungi (Basel)*. 2023, vol. 9, nr.12, pp. 1204. ISSN 2309-608X.

304. YANG, J., LIU, L.L., JONES, E.B.G. *et al.* Freshwater fungi from karst landscapes in China and Thailand. In: *Fungal Diversity*. 2023, vol. 119, nr. 1, pp. 1-212. ISSN 1878-9129.
305. YANG, P., SHI, W., WANG, H., LIU, H. Screening of freshwater fungi for decolorizing multiple synthetic dyes. In: *Environmental Microbiology*. 2016, vol. 47, nr. 4, pp. 828-834. ISSN 1678-4391.
306. YIMER, D., TILAHUN, A. Microbial biotechnology review in microbial enzyme production methods, assay techniques and protein separation and purifications. In: *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*. 2018, vol. 8, nr. 1, pp. 1-7. ISSN 2376-1318.
307. YUCEF ACHIRA, D., MOHAMED-BENKADA, M., NAAS, M., ABI-AYAD, S. M. E. First diversity assessment and synthetic dyes remediation potential of aquatic micromycetes from Ain Skhoua wetland, western steppe of Algeria. In: *Applied Ecology and Environmental Research*. 2023, vol. 21, nr. 5, pp. 4035-4067. ISSN 1785-0037.
308. YU, N.-N., KETIA, W., CHOI, E.-H., PARK, G. Plasma promotes fungal cellulase production by regulating the levels of intracellular NO and Ca<sup>2+</sup>. In: *International Journal of Molecular Sciences*. 2022, vol. 23, pp. 6668. ISSN 1422-0067.
309. YUVARAJ, M., RAMASAMY, M. Role of fungi in agriculture. In: *Biostimulants in Plant Science*. 2020, vol. 6, pp. 1-12. ISBN: 1789844924.
310. ZAGHLOUL, A., SABER, M., GADOW, S., AWAD, F. Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems. In: *Bulletin of the National Research Centre*. 2020, vol. 44, p. 127. ISSN 2522-8307.
311. ZHANG, F., DOU, K., LIU, C., CHEN, F., WU, W., YANG, T., LI, L., LIU, T., YU, L. The application potential of *Trichoderma* T-soybean containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate for maize production. In: *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 2020, vol. 110, p. 101475. ISSN 0885-576
312. ZHANG, T., WANG, N.F., ZHANG, Y.Q. *et al.* Diversity and distribution of aquatic fungal communities in the Ny-Ålesund region, svalbard (High Arctic). In: *Microbial Ecology*. 2016, vol. 71, pp. 543–554. ISSN 1432-184X.
313. БИЛАЙ, В.И. (ред.) *Методы экспериментальной микологии Справочник*. Киев: "Наукова думка", 1982. 550 с.
314. БЛАГОВЕЩЕНСКАЯ, Е.Ю. *Фитопатогенные микромицеты. Учебный определитель*. 2015, с. 240. ISBN 978-5-9710-1653-3.
315. ВЫРАСТКОВА, К.А., ШИРОКИХ, И.Г. Исследование природных изолятов микромицетов на целлюлозолитическую активность. In: *Advanced Science*. 2017, том 1, с. 2. ISSN 2198-3844.
316. ЕГОРОВ, Н.С. *Основы учения об антибиотиках*. М. Изд-во. „Наука”, 2004, 528 с. ISBN 5-02-033595-9.
317. ЕРЕМЕЕВА, С.В. *Плесневые грибы: методы выделения, идентификации, хранения: учебное пособие*. 2008, с. 111. ISBN 1-5891544075.
318. ИУТИНСКАЯ, Г.А. *Биорегуляция микробно-растительных систем*. 2010. 464 с.
319. КУДРЯШОВА, О.А., ЮРЛОВА Н.А. Изучение естественной изменчивости *Aureobasidium pullulans*, штамма 11 – продуцента экзополисахарида. В: *Микробиология*. 1997, № 3 (66), с. 354-357. ISSN 0026-3656

320. ЛИТВИНОВ, М.А. *Определитель микроскопических почвенных грибов*. Ленинград, 1967. 318 с.
321. МАЦКЕВИЧ, Н.В. *Спонтанная изменчивость и кариология несовершенных грибов*. Москва, 1981. 184 с.
322. МИЛЬКО, Е.С., ЕГОРОВ, Н.С. *Гетерогенность популяции бактерий и процесс диссоциации*. Москва. М.: МГУ, 1991. 142 с. ISBN 52-1101-6459.
323. МИХАЙЛОВА, Р.В. *Мацерирующие ферменты мицелиальных грибов в биотехнологии*. Минск: Белорусская наука, 2007, с. 406. ISBN 978-985-08-0853-0
324. **МОЛДОВАН, К.** Разнообразие микромицетов в озере «Ла извор» (город Кишинев). В: *Экология родного края: проблемы и пути их решения. Материалы XVI Всероссийской научно-практической с международным участием конференции. 2021, Книга 1*, с. 73-78. ISBN 978-5-98228-242-2
325. МОРОЗ, И.В., МИХАЙЛОВА, Р.В., ШАХНОВИЧ, Е.В., ЛОБАНОК, А.Г. Поиск грибных продуцентов целлюлолитических ферментов. В: *Труды БГУ*. 2013, том 8, часть 1, с. 221-223. ISSN 2220-5896.
326. МЮЛЛЕР, Э., ЛЕФФЛЕР, В. *Микология*. 1995, 343 с. ISBN 5-03-002999-0.
327. НЕСМЕЯНОВА, В.С. *Разработка рекомбинантного вектора для экспрессии гибридной липазы в Kluyveromyces lactis (магистерская диссертация) «Алтайский государственный университет» Химический факультет Кафедра органической химии Барнаул*, 2018, с. 34.
328. НЕТРУСОВ, А.И. *Практикум по микробиологии*. Москва: Академия, 2005. 602 с.
329. НИКИТИН, В.М. *Справочник методов биохимической экспресс-индикации микробов*. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1986. 295 с.
330. САВЛУК, О.С., РУДЕНКО, А.В., САПРЫКИНА, М.Н., ГОНЧАРУК, В.В., Мониторинг микромицетов в поверхностных источниках водозаборов городов Украины. В: *Екологія і природокористування*. 2013, № 16, с. 245-250. ISSN 2076-7640.
331. САЛМАНОВ, М.А., МАНАФОВА, А.А., АНСАРОВА, А. Г., ГУСЕЙНОВ, А.Т. Микромицеты–мигранты Мингячевирского водохранилища юг России. В. *экология, развитие*. 2017, Том 12, нр. 1, с. 54-60. ISSN 1999-5101.
332. СТРУЧКОВА, ЛАЗАРЕВА, Е.С., СМЕРНОВ, В.Ф. Амилазная и оксидоредуктазная активность микодеструктора *Aspergillus terreus* при его росте на новых полимерных материалах. В. *Физико-химическая биология Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского*. 2010, № 2 (2), с. 591–595. ISSN 1994-0396.
333. СЫРБУ, Т.Ф., **МОЛДОВАН, К. Е.**, БУРЦЕВА, С. А. Энзиматическая активность микромицетов, выделенных из озерной системы «ла извор» (г. Кишинев). В: *Материалы XVIII Всероссийской научно-практической с международным участием конференции*. 2023, Книга 2, с. 221-227 ISBN 978-5-98228-265-1.
334. СЫРБУ, Т.Ф., СЛАНИНА, В.А., БАТЫР, Л.М., **МОЛДОВАН, К.Е.** Микроорганизмы, преобладающие в озере „La izvor”. В: *Экология родного края: проблемы и пути их решения. Материалы XVI Всероссийской научно-практической с международным участием конференции*. 2021, книга 2, с. 59-62. ISBN 978-5-98228-242-2.

335. СЫРБУ, Т.Ф., ЦУРКАН, О.П., **МОЛДОВАН, К.Е.**, БУРЦЕВА, С.А., БЫРСА М.Н. Антибактериальная активность микромицетов, выделенных из озера Ла Извор мун. Кишинэу. В: *Материалы 5 Съезда микологов России. Современная микология в России. Том 9. М.: Национальная академия микологии.* 2022, с. 221-223. ISBN 978-5-901578-36-0.
336. СЫРБУ, Т.Ф., ЦУРКАН, О.П., **МОЛДОВАН, К.Е.**, БУРЦЕВА, С.А., БЫРСА, М.Н. Антифунгальная активность микромицетов, выделенных из пресных вод. В: *Материалы 5 Съезда микологов России. Современная микология в России.* 2022, Том 9, с. 218-220. ISBN 978-5-901578-36-0.
337. ФИЛИППОВА, С.Н., КУЗНЕЦОВ, В.Д., БАБАУТДИНОВ, Д.В., РЫСКОВ, А.П., ВАСИЛЬЕВ, В.А., ДАНИЛЕНКО, В.М. Изучение внутрипопуляционных спонтанных морфологических вариантов *Streptomyces oligocarboxophilus* ISP 5589. В: *Микробиология.* 1999, т. 68, нр. 3, с. 379-386. ISSN 0026-3656.
338. ХАБИБУЛЛИНА, Ф.М., ИБАТУЛЛИНА И.З. Трансформация сообщества микромицетов в торфяно-глеевых почвах крайнего севера при нефтяном загрязнении. В: *Теоретическая и прикладная экология.* 2011, нр. 3, с. 76-85 ISSN 1995-4244
339. ХУНДЖУА, Д.А. Спектральное исследование микроорганизмов. В. *Микромицеты и одноклеточные водоросли*, Москва. 2010, с. 6-8. ISSN 978-5-990-227-0-0.
340. ЧЕРНЯКОВСКАЯ, Т.Ф., ВОРОНИН, Л.В. Распространение грибов-деструкторов растительных субстратов в эвтрофирующемся водоеме. В: *Ярославский педагогический вестник.* 2013, № 4 ,Том III, с. 161-165. ISSN 1994-0396.
341. ШМИДТ, К.Н., ХУДАЙГУЛОВ, Г.Г. Выделение новых штаммов-деструкторов целлюлозы, их роль в снижении антропогенной нагрузки на экосистему. В: *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology.* 2016, vol. 4, no. 4, pp. 54-63. ISSN 2413-0559.
342. ЯКОВЛЕВА, М.Б. Скрининг-методы в биотехнологии (обзор). Часть i. Поиск микроорганизмов-продуцентов ферментов. В: *Вопросы экспериментальной биологии и медицины.* 2016, с. 23-32.







AGENȚIA DE STAT PENTRU PROPRIETATEA  
INTELLECTUALĂ A REPUBLICII MOLDOVA

DIRECȚIA BREVETE



AGEPI  
IDNO 1015601000112

F-01-BI-026-I-06-0307

STATE AGENCY ON INTELLECTUAL PROPERTY  
OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

PATENTS DIRECTION

nr. 2080  
2025.02.18  
din \_\_\_\_\_

SÎRBU Tamara, UTM  
str. Academiei 1, MD-2028, Chișinău,  
Republica Moldova  
tamara.sirbu@imb.utm.md

## HOTĂRÂRE

nr.10574 din 2025.02.18

În urma examinării dosarului cererii de brevet de invenție de scurtă durată:

- (21) Nr. depozit: s 2024 0057
- (22) Data depozit: 2024.06.06
- (54) Titlu: **Mediu nutritiv pentru cultivarea tulpinii de fungi *Trichoderma longibrachiatum* CNMN-FD-27**

și în temeiul art. 52(3) din Legea nr. 50/2008 privind protecția invențiilor (în continuare Legea nr. 50/2008), Direcția Brevete, Secția Examinare

## HOTĂRĂȘTE

Acordarea brevetului de invenție de scurtă durată, conținând următoarele date:

- (13) Y
- (51) Int.Cl: *C12N 1/14* (2006.01) *A01P 3/00* (2006.01)  
*C12R 1/885* (2006.01) *A01P 21/00* (2006.01)  
*A01N 63/38* (2020.01)
- (21) s 2024 0057
- (22) 2024.06.06
- (71)(73) INSTITUȚIA PUBLICĂ UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI, MD
- (72) SÎRBU Tamara, MD; MOLDOVAN Cristina, MD; ȚURCAN Olga, MD; BÎRSA Maxim, MD
- (54) **Mediu nutritiv pentru cultivarea tulpinii de fungi *Trichoderma longibrachiatum* CNMN-FD-27**
- (57) **Rezumat**

Invenția se referă la microbiologie și biotehnologie, în particular un mediu de cultivare a tulpinii de fungi *Trichoderma longibrachiatum*, ce posedă proprietăți antimicrobiene și fitostimulatoare și poate fi utilizată în agricultură pentru protecția biologică și pentru stimularea plantelor de cultură.

Mediul nutritiv pentru cultivarea tulpinii de fungi *Trichoderma longibrachiatum* CNMN-FD-27, conform invenției, conține, g/L: sirop de porumb 20,0, glucoză 10,0, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1,0, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 1,0, NaNO<sub>3</sub> 1,0, CaCO<sub>3</sub> 1,0, apă restul, cu pH 6,0-6,2.

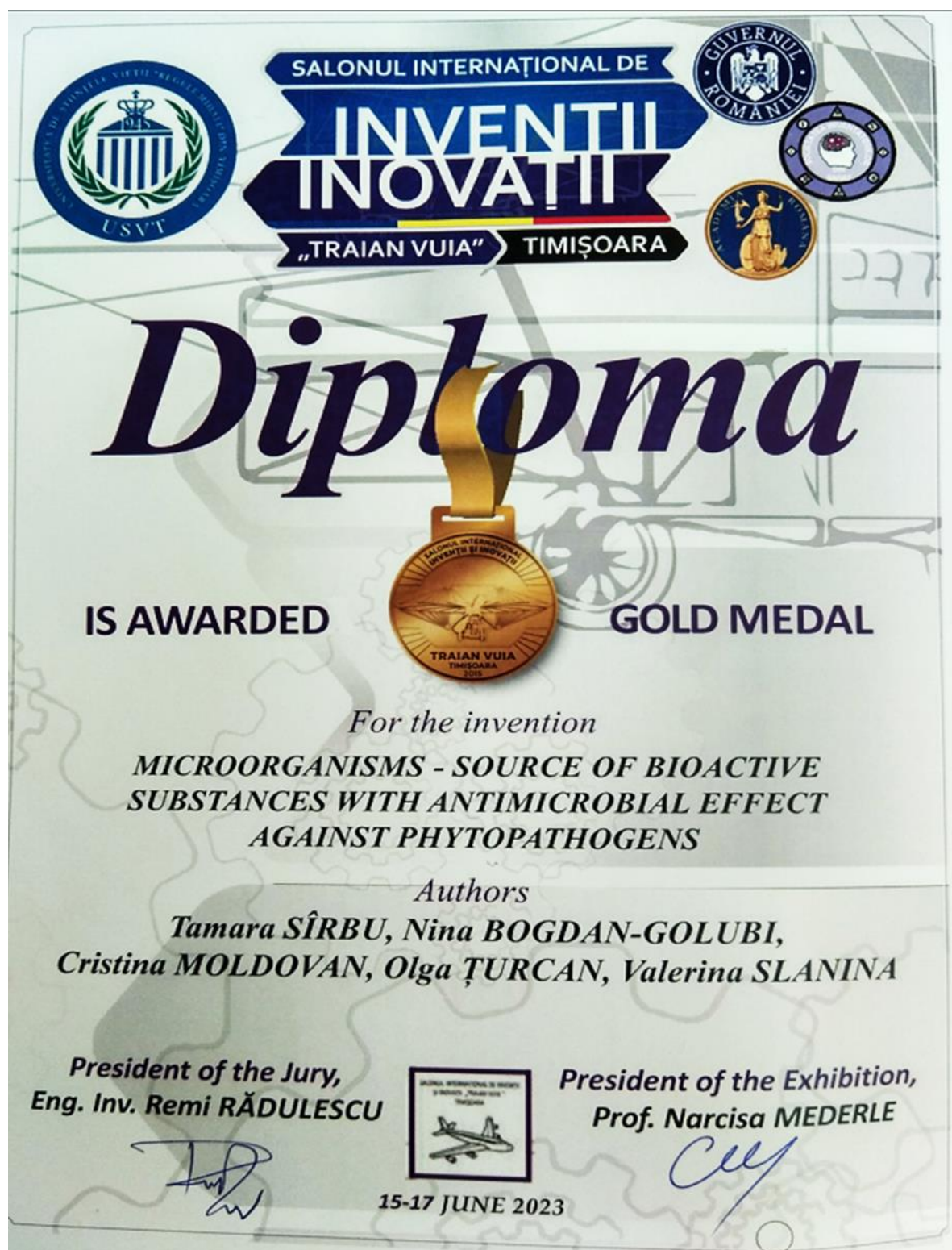
Rezultatul tehnic al invenției constă în reducerea duratei de cultivare a tulpinii și obținerea unui biopreparat cu proprietăți antifungice și stimulative mai pronunțate.

Revendicări: 1

Str. Andrei Doga nr. 24/1, MD-2024, Chișinău, Republica Moldova  
Tel: (+373-22) 188-646, (+373-22) 188-513  
www.agepi.gov.md, e-mail: office@agepi.gov.md

24/1 Andrei Doga str., MD-2024, Chișinău, Republic of Moldova  
Tel: (+373-22) 188-646, (+373-22) 188-513  
www.agepi.gov.md, e-mail: office@agepi.gov.md









"ION CREANGA" STATE  
PEDAGOGICAL UNIVERSITY

# GOLD MEDAL

*is awarded to Mrs/Mr*

**SÎRBU Tamara, MOLDOVAN Cristina, ȚURCAN Olga,  
BOGDAN-GOLUBI Nina, SLANINA Valerina**

*Institution: Institute of Microbiology and Biotechnology of  
Technical University of Moldova for participation in the  
**International Salon of Invention and Innovative  
Entrepreneurship** with the paper APPLICATION OF  
BIOPESTICIDES OF MICROBIAL ORIGIN AGAINST  
PHYTOPATHOGENS*

**COROPCEANU Eduard**  
President of ISIE



**BARBĂNEAGĂ Alexandra**  
Rector



**Bursa de excelență a Guvernului**



Republica Moldova

GUVERNUL

**HOTĂRÂRE** Nr. HG70/2023  
din 22.02.2023

**cu privire la acordarea Bursei de excelență  
a Guvernului și a Bursei pe domenii științifice  
pentru studenții-doctoranzi pe anul 2023**

Publicat : 23.02.2023 în MONITORUL OFICIAL Nr. 61 art. 113 Data intrării în vigoare

În temeiul art. 19 alin. (4) din Codul educației al Republicii Moldova nr. 152/2014 (Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 2014, nr. 319-324, art. 634), cu modificările ulterioare, și al art. 49 lit. g) din Codul cu privire la știință și inovare al Republicii Moldova nr.259/2004 (republicat în Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 2018, nr. 58-66, art. 131), cu modificările ulterioare, Guvernul HOTĂRĂȘTE:

**1. Se acordă:**

1) Bursa de excelență a Guvernului pentru studenții-doctoranzi pe anul 2023, conform anexei nr. 1;

2) Bursa pe domenii științifice pentru studenții-doctoranzi pe anul 2023, conform anexei nr. 2.

**2.** Bursele nominalizate vor fi achitate din mijloacele prevăzute în bugetul Ministerului Educației și Cercetării pentru acest scop.

**3.** Prezenta hotărâre intră în vigoare la data publicării în Monitorul Oficial al Republicii Moldova.

**PRIM-MINISTRU Dorin RECEAN**

**Contrasemnează:**

**Ministrul educației**

**și cercetării Anatolie Topală**

**Ministrul finanțelor Veronica Sirețeanu**

**Nr. 70. Chișinău, 22 februarie 2023.**

## LISTA

**studentilor-doctoranzi cărora li se acordă**

### **Bursa de excelență a Guvernului pe anul 2023**

|                                        |                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Șargu Nicu                             | - specialitatea științifică 522.01. Finanțe, anul III, Școala Doctorală a Academiei de Studii Economice a Moldovei. Instituția organizatoare de doctorat: Academia de Studii Economice a Moldovei                                             |
| Frișcu Olesea                          | - specialitatea științifică 522.01. Finanțe, anul III, Școala Doctorală de Științe Economice. Instituția organizatoare de doctorat: Universitatea de Stat din Moldova                                                                         |
| Cojocaru<br>(Bărbieru)<br>Ana-Carolina | - specialitatea științifică 522.02. Contabilitate; audit; analiză economică, anul III, Școala Doctorală a Academiei de Studii Economice a Moldovei. Instituția organizatoare de doctorat: Academia de Studii Economice a Moldovei             |
| Ababii Aurelia                         | - specialitatea științifică 331.02. Igienă, anul III, Școala Doctorală în Domeniul Științe Medicale. Instituția organizatoare de doctorat: Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu”                                |
| Balacci Serghei                        | - specialitatea științifică 165.01. Fiziologia omului și animalelor, anul III, Școala Doctorală de Științe Biologice, Geonomice, Chimice și Tehnologice. Instituția organizatoare de doctorat: Universitatea de Stat din Moldova              |
| Jian Mariana                           | - specialitatea științifică 341.01. Inginerie tisulară și culturi celulare, anul II, Școala Doctorală în Domeniul Științe Medicale. Instituția organizatoare de doctorat: Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu” |
| Soroceanu Igor                         | - specialitatea științifică 554.02. Criminologie, Școala Doctorală Științe Penale și Drept Public. Instituția organizatoare de doctorat: Academia „Ștefan cel Mare” a Ministerului Afacerilor Interne                                         |
| Paladii Irina                          | - specialitatea științifică 253.05. Procese și aparate în industria alimentară, anul III, Școala Doctorală a Universității Tehnice a Moldovei. Instituția organizatoare de doctorat: Universitatea Tehnică a Moldovei                         |
| Șclearuc Sorin                         | - specialitatea științifică 611.02. Istoria românilor (pe perioade), anul III, Școala Doctorală de Științe Umanistice. Instituția organizatoare de doctorat: Universitatea de Stat din Moldova                                                |

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Matveiciuc Igor   | - specialitatea științifică 521.03. Economie și management în domeniul de activitate, anul IV, Școala Doctorală a Academiei de Studii Economice a Moldovei. Instituția organizatoare de doctorat: Academia de Studii Economice a Moldovei       |
| Moldovan Cristina | - specialitatea științifică 163.04. Microbiologie, anul III, Școala Doctorală de Științe Biologice, Geomice, Chimice și Tehnologice. Instituția organizatoare de doctorat: Universitatea de Stat din Moldova                                    |
| Furculița Tatiana | - specialitatea științifică 563.01. Teoria, metodologia administrației publice, anul III, Școala Doctorală de Științe Sociale și ale Educației. Instituția organizatoare de doctorat: Universitatea de Stat din Moldova                         |
| Țurcanu Dinu      | - specialitatea științifică 253.04. Securitatea produselor alimentare, anul II, Școala Doctorală a Universității Tehnice a Moldovei. Instituția organizatoare de doctorat: Universitatea Tehnică a Moldovei                                     |
| Ungureanu Viorica | - specialitatea științifică 522.02. Contabilitate; audit; analiză economică, anul II, Școala Doctorală de Științe Economice. Instituția organizatoare de doctorat: Universitatea de Stat din Moldova                                            |
| Cristea Nicolae   | - specialitatea științifică 162.01. Genetică vegetală, anul II, Școala Doctorală de Științe Biologice, Geomice, Chimice și Tehnologice. Instituția organizatoare de doctorat: Universitatea de Stat din Moldova                                 |
| Rusu Iuliana      | - specialitatea științifică 167.01. Biotehnologie, bionanotehnologie, anul II, Școala Doctorală de Științe Biologice, Geomice, Chimice și Tehnologice. Instituția organizatoare de doctorat: Universitatea de Stat din Moldova                  |
| Ulchina Ianina    | - specialitatea științifică 141.02. Chimie coordinativă, anul III, Școala Doctorală de Științe Biologice, Geomice, Chimice și Tehnologice. Instituția organizatoare de doctorat: Universitatea de Stat din Moldova                              |
| Repeșco Gabriela  | - specialitatea științifică 531.01. Teoria generală a educației, anul III, Școala Doctorală Științe ale Educației. Instituția organizatoare de doctorat: Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău                            |
| Coliban Iulia     | - specialitatea științifică 315.02. Biologie moleculară și genetică medicală, anul IV, Școala Doctorală în Domeniul Științe Medicale. Instituția organizatoare de doctorat: Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu” |
| Botezatu Valeria  | - specialitatea științifică 531.01. Teoria generală a educației, anul IV, Școala Doctorală de Științe Sociale și ale Educației. Instituția organizatoare de doctorat: Universitatea de Stat din Moldova                                         |



## Anexa 8

### Câștigătorii Programului de burse oferit de FMS, ediția 2024-2025

1. **Canțir Angela**, Institutul de Ecologie si Geografie/USM. Titlul proiectului: *Evaluarea proceselor geomorfologice pe terenurile agricole din Bazinul Hidrografic Calintir*
2. dr. **Covaliov Eugenia**, Universitatea Tehnica a Moldovei. Titlul proiectului: *Valorificarea inteligentă a deșeurilor vitivinicole în contextul economiei circulare*
3. dr. **Cabac-Pogorevici Irina**, Universitatea de Medicina si Farmacie “Nicolae Testemitanu”. Titlul proiectului: *Optimizarea Diagnosticării și Terapiei Insuficienței Cardiace prin Inteligență Artificială: O Abordare Inovatoare pentru Clasificare Precisă și Terapie Personalizată.*
4. dr. **Covaci Ecaterina**, Universitatea Tehnica a Moldovei. Titlul proiectului: *Cuantificarea compușilor bioactivi din produsele vinicole secundare și utilizarea acestora în nutriția umană.*
5. dr. **Gîrbu Vladilena**, Institutul de Chimie, USM. Titlul proiectului: *Funcționalizarea radicală a terpenelor prin carboazidare cu lumină vizibilă.*
6. **Moldovan Cristina**, Institutul de Microiologie si Biotehnologie/UTM. Titlul proiectului: *Identificarea unei tulpini de micromicete cu potențial bioproductiv înalt pentru agricultură.*
7. **Eremciuc Rodica**, Universitatea de Medicină și Farmacie “Nicolae Testemitanu”. Titlul proiectului: *Aplicabilitatea indexului triponderal în combaterea obezității la copiii din Republica Moldova.*
8. **Cristea Nicolae**, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, USM. Titlul proiectului: *Cercetări privind particularitățile de adaptare și virulență a unor tulpini de fusarium oxysporum, extrase din plantele de grâu comun de toamnă din diferite zone ale Republicii Moldova*
9. **Tașca Corina**, Universitatea de Stat din Moldova. Titlul proiectului: *Efectul unor fitocatalizatori asupra proceselor de fermentare a biomasei*
10. dr. **Morari Vadim**, Institutul de Inginerie Electronică și Nanotehnologii „D. Ghițu”/UTM. Titlul proiectului: *Studiul heterostructurii n-ITO/n-Zn<sub>1-x</sub>Mg<sub>x</sub>O:Al/p-Si obținute prin metoda de depunere din aerosoli pentru celule solare.*

Anexa 9



DECLARAȚIA  
privind asumarea răspunderii

Subsemnatul, declar pe răspundere personală, că materialele prezentate în teza de doctorat sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez, că în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.



Moldovan Cristina

Data 03.02.2025

## CV-ul candidatului

**Nume și prenume:** Moldovan Cristina

**Cetățenie:** Republica Moldova



### Studii:

**09.2011- 06 2014.** Licența. Universitatea de Stat a Moldovei, Facultatea de Biologie și Pedologie.  
**09. 2014- 06. 2016.** Masterat. Universitatea de Stat Dimitrie Cantemir  
**11.2020- 11.2023.** Doctorat la Universitatea de Stat a Republicii Moldova; Școala doctorală  
„Științe ale Naturii”, specialitatea 163.04 – microbiologie.

### Domenii de interes științific: Microbiologie

### Participări în proiecte științifice naționale și internaționale:

**2011 – 2014** **11.817.04.11A** . „Evaluarea și valorificarea potențialului microbiologic pentru dezvoltarea tehnologiilor agricole durabile” (coord. Serghei CORCIMARU).  
**2015 – 2019** **15.817.05.17A.** „Potențialul nanotehnologic în bioremedierea solului contaminat cu poluanți organici persistenti” (coord. Serghei CORCIMARU).  
**2020-2023** **20.80009.7007.09.** „Conservarea și valorificarea biodiversității microbiene în calitate de suport pentru dezvoltarea tehnologiilor și agriculturii durabile, integrarea științei și educației” (coord. SIRBU Tamara).  
**2024-2027** **020101 InBioS** „Soluții biotehnologice inovatoare pentru agricultură, medicină și mediu” (coord. Cepoi Liliana)  
**2024-2025** **24.80012.5107.05TC** „Combaterea fuzariozelor și fitostimularea culturii de vinete, bazate pe produși de origine bacteriană” (coord . Bîrsa Maxim )

### Participări la manifestări științifice (naționale și internaționale):

**2020, 2021** Simpozionul științific „*Biology and sustainable development*”, ed. 18, ed. 19, Bacău, România.  
**2021, 2023** Conferința științifică internațională „Экология родного края: проблемы и пути их решения”, Киров: ВятГУ, Rusia.  
**2022** Съезд микологов России. Современная микология в России  
М.: Национальная академия микологии

|            |                                                                                                                                                   |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2022       | Conferința internațională „Microbial Biotechnology”, Chișinău                                                                                     |
| 2021       | <i>International Congress of Geneticists and Breeders from the Republic of Moldova</i> , ed. XI, Chișinău,                                        |
| 2021, 2022 | Conferința științifico-practică cu participare internațională "Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă".                             |
| 2021       | Simpozionului științific național cu participare internațională: Biotehnologii moderne - soluții pentru provocările lumii contemporane. Chișinău. |
| 2022-2024  | Conferința națională cu participare internațională „Life sciences in the dialogue of generations” Chișinău, CEP USM.                              |
| 2023       | Conferință Internațională „Științe ale Vieții pentru Dezvoltare Durabilă”, Cluj-Napoca.                                                           |
| 2023       | Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor, UTM.                                                                |
| 2023       | Salonului INVENȚII INOVAȚII „Traian Vuia”, Timișoara, România.                                                                                    |
| 2023       | Salonul INVENTCOR, 4 th edition, Deva, România.                                                                                                   |
| 2023       | Salonul UGAL-INVENT, Galați, România                                                                                                              |
| 2023       | Salon of Invention and Innovative Entrepreneurship, Chișinău                                                                                      |

#### **Lucrări științifice și științifico-metodice publicate:**

35 de lucrări științifice, dintre care:

Articole în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS – 3;

Articole în reviste din alte baze de date acceptate de către ANACEC – 4;

Articole în reviste din Registrul Național al revistelor de profil – 2 ;

Articole în lucrările conferințelor științifice – 1 2;

Teze în lucrările conferințelor științifice – 14;

#### **Premii, mențiuni, distincții, titluri onorifice etc.:**

2021 - Premiul municipal pentru tineret în domeniul literaturii, ediția 2021 a științei, tehnologiei și activismului civic (secțiunea știință/microbiologie).

2023 - Bursa Guvernului Republicii Moldova

2025 - Bursa Federației Mondiale a Savanților

Medalie de aur la: *Salonului INVENȚII INOVAȚII* 2023, Timișoara, România, 2023; Salonul INVENTCOR, Deva, România, 2023; UGAL-INVENT, Galați, România, 2023; Salon of Invention and Innovative Entrepreneurship, Chișinău, România, 2023.

#### **Apartenență la societăți/asociații științifice naționale și internaționale:**

Societatea de Microbiologie din Moldova

#### **Cunoașterea limbilor (cu indicarea gradului de cunoaștere):**

Română – maternă;

Rusă- B2;

Franceză – A2;

Engleză –B1

Date de contact de serviciu: tel 069746219,e-mail [cistina.moldovan@imb.utm.md](mailto:cistina.moldovan@imb.utm.md)