

STRATEGII ANTIMICROBIENE PE BAZĂ DE COMPUȘI VEGETALI ȘI NANOPULBERI DE DIBORURĂ DE MAGNEZIU PENTRU CONSERVAREA PATRIMONIULUI CULTURAL

Radu PERICLEANU¹, Andreea Ștefania DUMBRAVĂ¹, Ioana Cristina MARINAȘ², Petre BĂDICĂ³, Nicolae Dan BATALU⁴, Mariana Carmen CHIFIRIUC^{1,2,5}, Veronica LAZĂR^{1,2}, Irina GHEORGHE-BARBU^{1,2}

¹ Facultatea de Biologie, Universitatea din București, Intrarea Portocalelor nr. 1-3, 060101 București, România (RO); ² Institutul de Cercetări al Universității din București (ICUB), 050095 București, RO; ³ Institutul Național de Fizica Materialelor, Măgurele, Atomistilor nr. 405A, 077125, Măgurele, RO; ⁴ Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica, Splaiul Independenței nr. 313, 060042 București, RO; ⁵ Academia Oamenilor de Știință din România, Ilfov nr. 3, 050094, București, RO

INTRODUCERE

Biodeteriorarea patrimoniului cultural material este determinată de acțiunea microorganismelor capabile să secrete enzime și acizi ce provoacă degradări estetice și structurale ale materialelor. În România, doar câteva studii au investigat diversitatea microorganismelor implicate, evidențiind o gamă largă de fungi și bacterii prezente pe diverse obiecte de patrimoniu. Aceste procese biologice reprezintă o provocare majoră pentru conservarea durabilă a obiectelor și construcțiilor istorice [1].

Studiul propune dezvoltarea unei strategii antimicrobiene sustenabile, bazate pe compuși bioactivi de origine vegetală și nanopulberi de diborură de magneziu (MgB₂), în vederea conservării și protejării patrimoniului cultural al României împotriva biodeteriorării.

MATERIALE SI METODE

- Extracte de *Allium sativum* (bulbi și coajă) - macerare dinamică (MD) și ultrasonare la rece (UM);
- 3 nanopulberi de MgB₂ în etanol 100%: MgB₂(1) și MgB₂(2) produse de LTS Research Laboratories în 2019, respectiv 2021 și MgB₂(3) produs de Alfa Aesar în 2023;

TESTATE
ASUPRA

unor tulpini de microfungi izolate de pe obiecte de patrimoniu de clasă A din Transilvania, Moldova și Muntenia (2018-2025) – identificate prin taxonomie convențională și spectrometrie de masă MALDI-TOF.

- Activitatea antioxidantă a extractelor vegetale și a soluțiilor de MgB₂ s-a determinat prin 4 metode: FRAP, DPPH, ABTS, CUPRAC;
- Activitatea antimicrobiană s-a investigat prin metode calitative și prin determinarea valorilor concentrației minime inhibitorii (CMI);
- Activitatea anti-biofilm a soluțiilor testate s-a evaluat prin metoda microtitrării cu cristal violet și determinarea procentului de inhibare a capacității de aderență la substrat inert (PICA%).

$$PICA\% = \frac{As}{Ac} \times 100 \text{ unde } As = \text{valoarea absorbanței caracteristice capacității de aderență microbială a probei testate} \text{ } Ac = \text{valoarea absorbanței capacității de aderență martor.}$$

- interacțiunile dintre extractele vegetale și soluțiile de MgB₂ s-au determinat prin indicele fracționat de concentrație inhibitorie (FICI) și stabilirea efectului: sinergic (S)-1<FICI<0.5; aditiv (A)-1<FICI<0.5; indiferență (I)-4<FICI<1.

$$FICI = \frac{CMI_{combA}}{CMI_A} + \frac{CMI_{combB}}{CMI_B}; \text{ CMI combA} = \text{valoarea CMI compus A+B}; \text{ CMI A} = \text{valoarea CMI compus A}; \text{ CMI combB} = \text{valoarea CMI compus B+A}; \text{ CMI B} = \text{valoarea CMI compus B+A};$$

REZULTATE

Activitatea antioxidantă a extractului de *A. sativum* și a nanopulberilor de MgB₂

- Extractul USTCj > USTMD în privința activității antioxidante, conform metodelor analizate (Tabel 1).

Table 1. Activitatea antioxidantă a extractelor de *A. sativum*

Anctivitatea antioxidantă (mM TE/L)			
Metoda	USTMD	USTCj	Unitate de măsură
FRAP	0.29±0.02	0.69±0.18	mM TE/L
CUPRAC	1.02±0.02	1.00±0.01	mM TE/L
ABTS	1.34±0.02	1.44±0.03	mM TE/L
DPPH	65.60±3.21	309.71±8.35	μM TE/L

- Activitatea antioxidantă a soluțiilor de MgB₂ a prezentat variații semnificative, urmând ordinea descrescătoare: MgB₂(2) – 2021 > MgB₂(3) – 2023 > MgB₂(1) – 2019 (Figura 1).
- USTCj > USTMD în privința activității antioxidante, conform tuturor metodelor analizate.

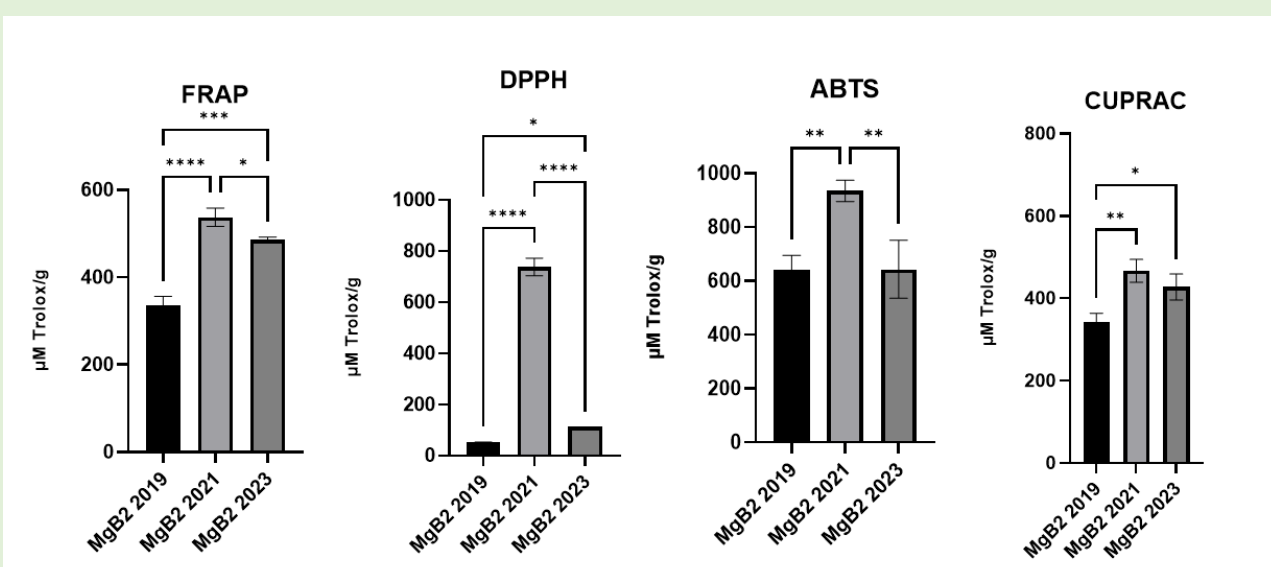


Figura 1. Activitatea antioxidantă a nanopulberilor de MgB₂

Activitatea anti-aderență

- Cele mai semnificative reduceri ale valorii PICA% au corespuns extractului UstUM la CMI/2 (cu 98% față de martor) (Fig. 4 a) și soluțiilor de MgB₂(1), la concentrația CMI/2 (99.5%) și MgB₂(2), CMI/2 (99.2%) la tulpina de *Aspergillus ustus* NS14 (Fig. 4 b).

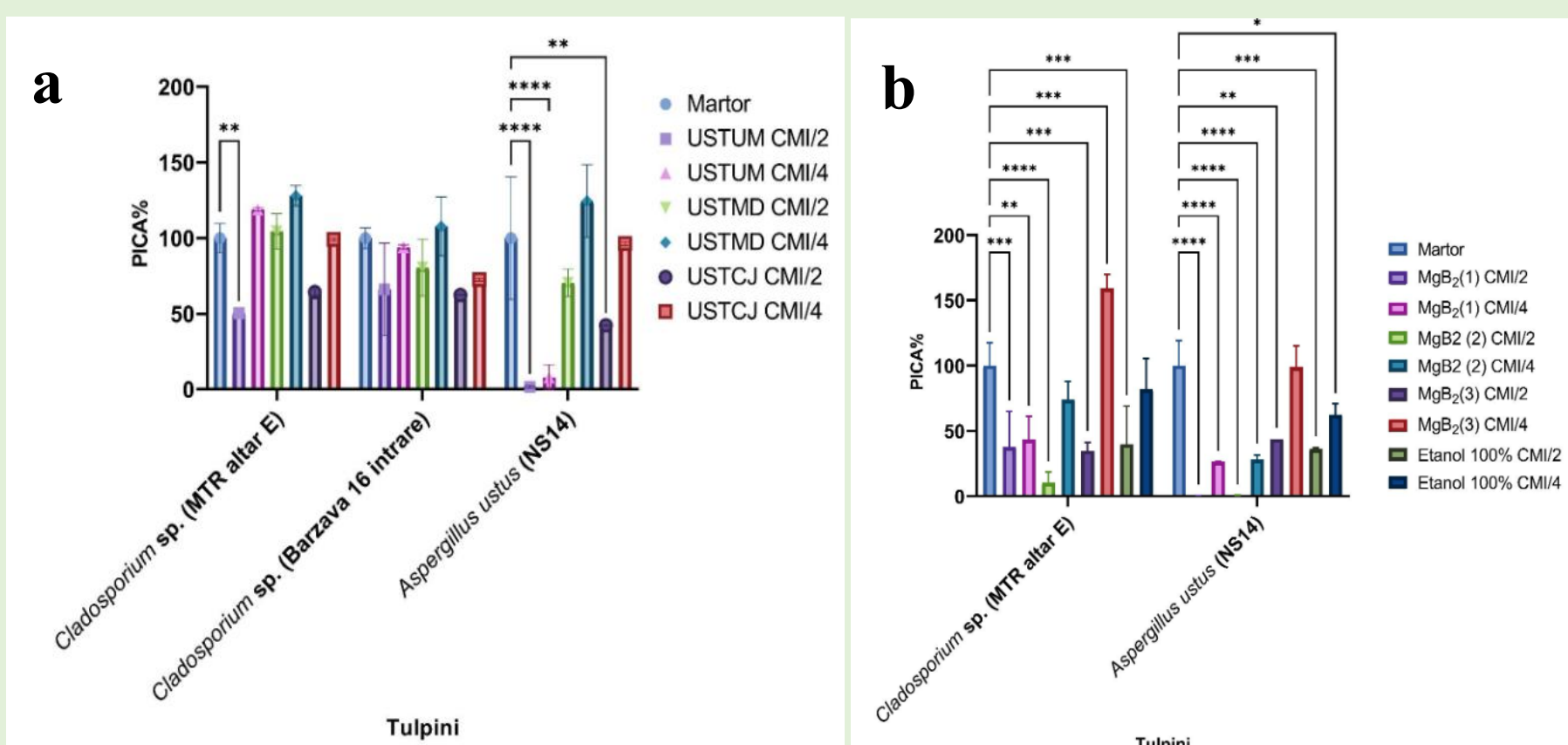


Figura 4. Activitatea anti-aderență a extractului de *A. sativum* (a) și a soluțiilor de MgB₂ (b) asupra tulpinilor de microfungi.

Activitatea antimicrobiană

Extract de *A. sativum* (UMD; UUM; Ucoajă)

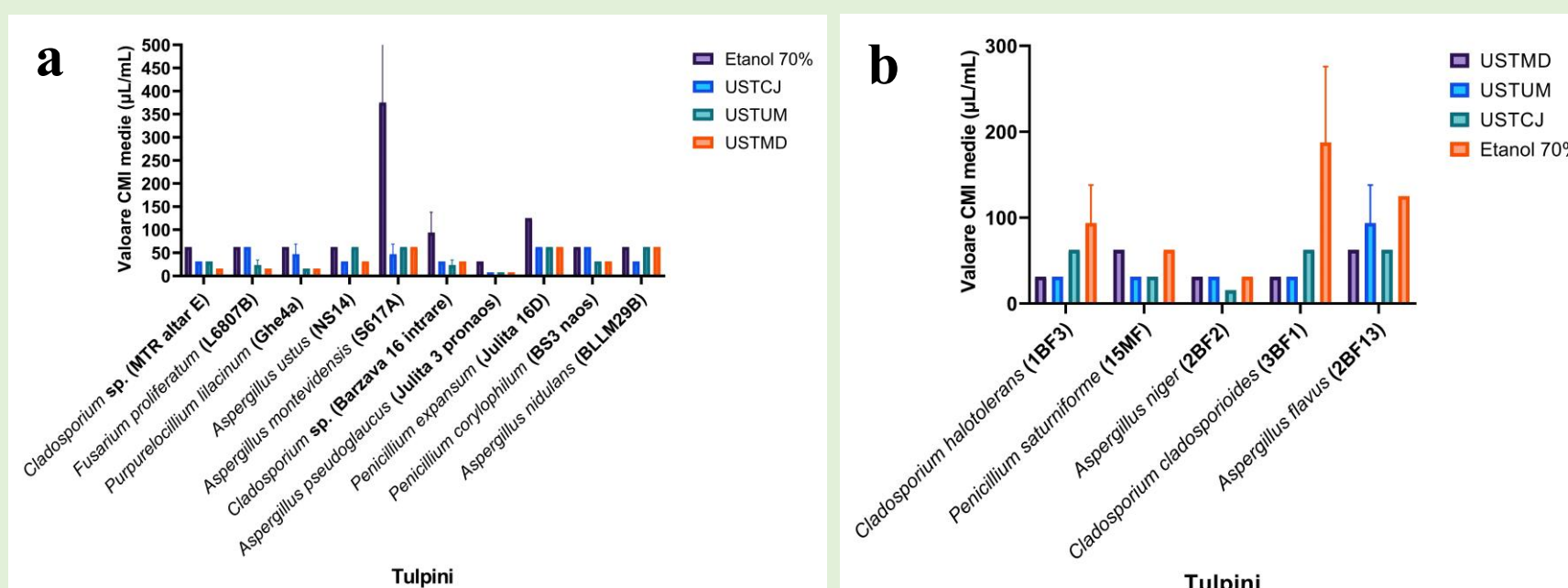


Figura 2. Activitatea antimicrobiană a extractelor de *A. sativum* (a) tulpini de colecție (b) tulpini izolate în 2025.

- Extractele de *A. sativum* au manifestat o activitate antifungică semnificativă asupra tulpinilor de colecție (2018-2022): USTMD, UstUM, USTCj *Aspergillus pseudoglaucus* Julița3 (CMI=7.81 μL/mL) > UstMD *Cladosporium* sp. MTR, *Purpureocillium lilacinum* = Ustcoajă *Aspergillus niger* (CMI=15.62 μL/mL) (Fig. 2a).

- La tulpinile de microfungi izolate în 2025: eficiența mai ridicată a extractului de USTCj: *A. niger* 2BF2 (CMI=15.62 μL/mL) > UstMD și UstUM: *C. halotolerans* 1 BF3, *C. cladosporioides* 3 BF1 și *A. niger* (CMI=31.2 μL/mL) (Fig. 2B).

- Nanopulberile de MgB₂ au prezentat activitate antimicrobiană de spectru larg (CMI=0.15–0,46 mg/mL) (Fig. 3 a și b).

Nanopulberi de MgB₂

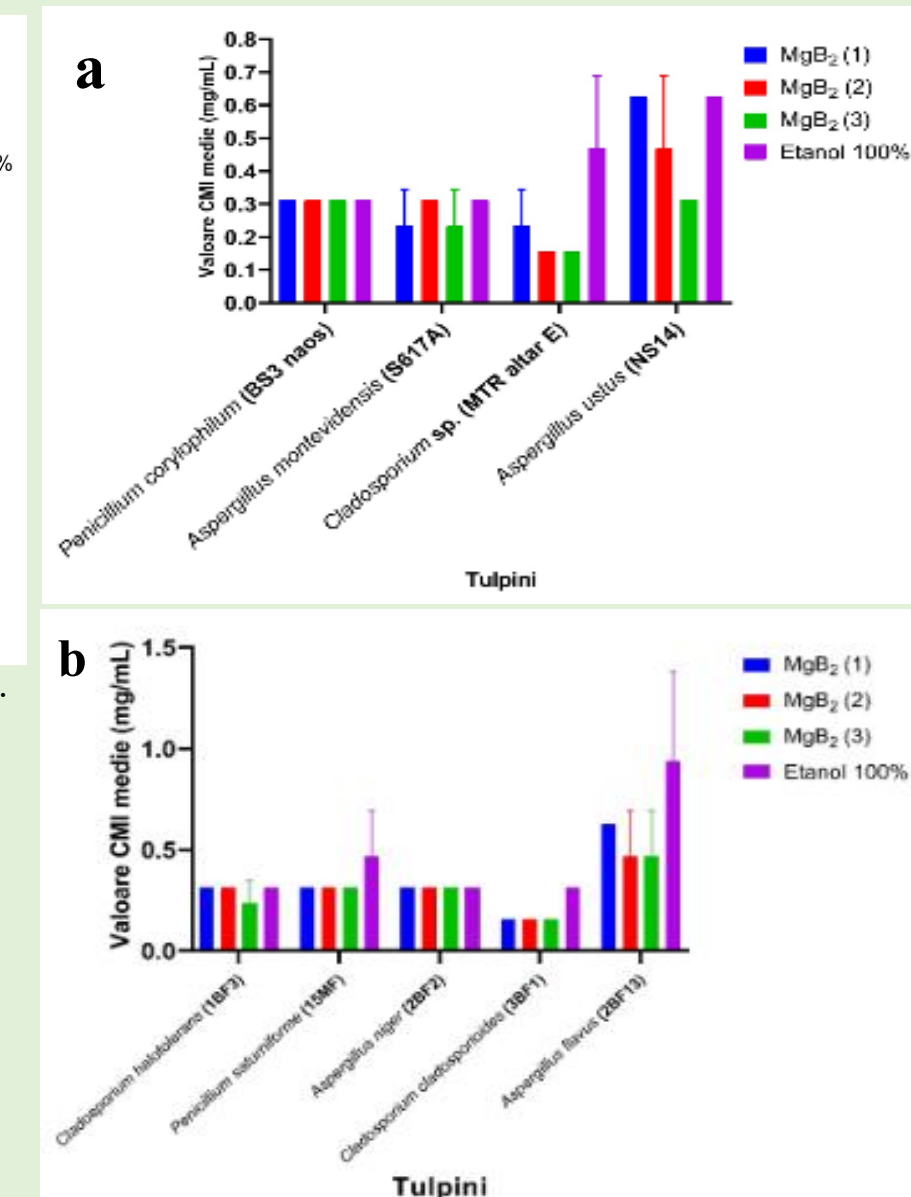


Figura 3. Activitatea antimicrobiană a soluțiilor de MgB₂ (a) tulpini de colecție (b) tulpini izolate în 2025.

Combinatii pe bază de extract de *A. sativum* (UMD) și nanopulberi de MgB₂ (1, 2, 3)

Tabel 2. Valorile FICI pentru UMD + MgB₂(1), UMD + MgB₂(2), UMD + MgB₂(3)

Tulpină	CMI (mg/mL)										Interpretare
	CMI extract UstMD	CMI combi	FICIa	CMI MgB2(1)	CMI combi	FICIb	CMI etanol	CMI combi	FICIc	FICI	
BS3 naos <i>P. corylophilum</i>	0.313	0.078125	0.25	0.313	0.078125	0.25	0.3125	0.15625	0.5	1	aditiv
MTR altar E <i>Cladosporium</i>	0.156	0.078125	0.5	0.234	0.078125	0.333333	0.15625	0.15625	1	1.833333	indiferență
S617A <i>A. montevideensis</i>	0.625	0.078125	0.125	0.234	0.078125	0.333333	0.3125	0.15625	0.5	0.958333	aditiv
NS14 <i>Aspergillus ustus</i>	0.3125	0.117188	0.375	0.625	0.117188	0.1875	0.3125	0.234375	0.75	1.3125	indiferență
2BF 13 <i>A. flavus</i>	0.625	0.15625	0.25	0.625	0.15625	0.25	0.3125	0.3125	1	1.5	indiferență
2BF 2 <i>A. niger</i>	0.625	0.078125	0.125	0.625	0.078125	0.125	0.3125	0.15625	0.5	0.75	aditiv
1BF3 <i>C. halotolerans</i>	0.313	0.078125	0.25	0.313	0.078125	0.25	0.3125	0.15625	0.5	1	aditiv

Tulpină	CMI (mg/mL)										Interpretare
	CMI extract UstMD	CMI combi	FICIa	CMI MgB2(2)	CMI combi	FICIb	CMI etanol	CMI combi	FICIc	FICI	
BS3 naos <i>P. corylophilum</i>	0.313	0.078125	0.25	0.313	0.078125	0.25	0.3125	0.15625	0.5	1	aditiv
MTR altar E <i>Cladosporium</i>	0.156	0.078125	0.5	0.156	0.078125	0.5	0.15625	0.15625	1	2	indiferență
S617A <i>A. montevideensis</i>	0.625	0.078125	0.125	0.234	0.078125	0.333333	0.3125	0.15625	0.5	0.958333	aditiv
NS14 <i>Aspergillus ustus</i>	0.3125	0.117188	0.375	0.46875	0.117188	0.25	0.3125	0.3125	1	2	indiferență
2BF 13 <i>A. flavus</i>	0.625	0.15625	0.25	0.469	0.15625	0.333333	0.3125	0.3125	1	1.583333	indiferență
2BF 2 <i>A. niger</i>	0.625	0.078125	0.125	0.938	0.078125	0.0833333	0.3125	0.15625	0.5	0.708333	aditiv
1BF3 <i>C. halotolerans</i>	0.313	0.078125	0.25	0.234	0.078125	0.3333333	0.3125	0.15625	0.5	1.083333	indiferență

Tulpină	MIC (mg/mL)										Interpretare
	CMI extract UstMD	CMI combi	FICIa	CMI MgB2(3)	CMI combi	FICIb	CMI etanol	CMI combi	FICIc	FICI	
BS3 naos <i>P. corylophilum</i>	0.313	0.078125	0.25	0.313	0.078125	0.25	0.3125	0.15625	0.5	1	aditiv
MTR altar E <i>Cladosporium</i>	0.156	0.078125	0.5	0.156	0.078125	0.5	0.15625	0.15625	1	2	indiferență
S617A <i>A. montevideensis</i>	0.625	0.078125	0.125	0.234	0.078125	0.3333333	0.3125	0.15625	0.5	0.958333	aditiv
NS14 <i>Aspergillus ustus</i>	0.3125	0.117188	0.375	0.3125	0.117188	0.25	0.3125	0.3125	1	2	indiferență
2BF 13 <i>A. flavus</i>	0.625	0.15625	0.25	0.469	0.15625	0.3333333	0.3125	0.3125	1	1.583333	indiferență
2BF 2 <i>A. niger</i>	0.625	0.078125	0.125	0.625	0.078125	0.125	0.3125	0.15625	0.5	0.75	aditiv
1BF3 <i>C. halotolerans</i>	0.313	0.078125	0.25	0.234	0.078125	0.3333333	0.3125	0.15625	0.5	1.083333	indiferență

Referențe:

Corbu VM, Gheorghe I, Marinaș IC, Geană EI, Moza MI, Csutak O, Chifiriu MC. Demonstration of *Allium sativum* Extract Inhibitory Effect on Biodeteriogenic Microbial Strain Growth, Biofilm Development, and Enzymatic and Organic Acid Production. *Molecules*. 2021; 26(23):7195. <https://doi.org/10.3390/molecules26237195>

Mulțumiri

PN-IV-P7-7.1-PED-2024-2249 (contract nr. 9PED/2025), finanțat de UEFISCDI.

CONCLUZII

Rezultatele obținute indică faptul că extractele vegetale și nanopulberile de MgB₂ pot reprezenta alternative ecologice și sustenabile la tratamentele convenționale de conservare.