

DOI: <https://doi.org/10.52673/18570461.25.4-79.04>
CZU: 638.124.48:502(478)



PROPOLISUL CA BIOINDICATOR AL CONTAMINĂRII CU MICROPLASTICE ÎN MEDIUL AMBIANT DIN REPUBLICA MOLDOVA

Doctorand **Carolina GRIGORAȘ**¹

E-mail: carolina.grigoras@usm.md

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7123-7453>

Doctor în științe chimice, lector universitar **Vladislav BLONCHI**¹

E-mail: vlad.blonschi@usm.md

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8628-6756>

Doctor habilitat în științe chimice, profesor universitar **Maria GONȚA**¹

E-mail: maria.gonta@usm.md

Doctor habilitat în științe chimice, conferențiar universitar **Alexandru CIOCĂRLAN**²

E-mail: alexandru.ciocarlan@usm.md

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0776-5095>

¹Universitatea de Stat din Moldova

²Universitatea de Stat din Moldova, Institutul de Chimie

PROPOLIS AS A BIOINDICATOR OF MICROPLASTIC CONTAMINATION IN THE ENVIRONMENT OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

Summary. Honey bees, due to their morphological characteristics, as well as beekeeping products, are considered relevant indicators of environmental pollution with toxic substances, whether it is microplastic particles (MP) or other toxic contaminants. The objective of this study was to evaluate the potential of propolis to be used as a bioindicator of microplastic contamination in various geographical areas of the Republic of Moldova. Eight samples of raw propolis, collected by beekeepers during the period 2023–2024, were analyzed. Microscopic examination was performed to characterize the morphological and chromatic characteristics of the detected particles. The morphological analysis revealed that the predominant forms were fibers, in five different types, and one type of fragment. The fragments were quantitatively identified in a larger number – 53%, and fibers made up 47%, presenting a high structural and chromatic diversity, compared to the fragments. To confirm the polymeric nature and determine their chemical composition, infrared absorption spectra (FTIR) were recorded. The spectra of the microplastic particles from the propolis were compared with those of the reference substance – polyethylene terephthalate (PET). It was found that all the recorded spectra of the microplastic particles from the propolis showed characteristic bands of polyethylene terephthalate (PET). Thus, the results obtained indicate that propolis can serve as an effective indicator of microplastic pollution.

Keywords: propolis, bioindicator, microscopic analysis, FTIR-ATR analysis, microplastic, environment.

Rezumat. Albinele melifere, datorită caracteristicilor lor morfologice, precum și produsele apicole, sunt considerate indicatori relevanți ai poluării mediului cu substanțe toxice, fie că este vorba de particule microplastice (MP), fie de alți contaminanți toxici. Prezentul studiu a avut ca obiectiv evaluarea potențialului propolisului de a fi utilizat ca bioindicator al contaminării cu microplastice în diverse zone geografice ale Republicii Moldova. Au fost analizate 8 probe de propolis brut, colectate de apicultorii în perioada 2023–2024. Pentru caracterizarea morfologică și cromatică a particulelor detectate, s-a efectuat examinarea microscopică. Analiza morfologică a evidențiat că formele predominante au fost fibrele, în cinci tipuri diferite, și un tip de fragment. Fragmentele au fost identificate cantitativ într-un număr mai mare – 53%, iar fibrele au alcătuit 47%, prezentând o diversitate structurală și cromatică ridicată, comparativ cu fragmentele. Pentru confirmarea naturii polimerice și determinarea compoziției chimice a acestora s-au înregistrat spectrele de absorbție în infraroșu (FTIR). Au fost comparate spectrele obținute ale particulelor de microplastic din propolis cu cele ale substanței de referință – tereftalatul de polietilenă (PET). S-a constatat că toate spectrele înregistrate pentru particulele de microplastic din propolis au prezentat benzi caracteristice tereftalatului de polietilenă (PET). Astfel, rezultatele obținute denotă faptul că propolisul poate servi drept indicator eficient al poluării cu microplastice.

Cuvinte-cheie: propolis, bioindicator, analiza microscopică, analiza FTIR-ATR, microplastic, mediu ambiant.

INTRODUCERE

Albinele melifere (*Apis mellifera*) și diverse produse apicole, cum ar fi mierea, polenul, ceara și lăptișorul de matcă, au fost utilizate în studii anterioare – precum cel realizat de Z. Bargańska et al. (2016) – ca bioindicatori ai contaminării mediului cu substanțe toxice. Acestea includ metale grele, elemente radioactive și poluanți organici persistenți, cum ar fi pesticidele [1; 2]. Albinele melifere prezintă multiple avantaje în utilizarea lor ca bioindicatori, datorită sensibilității ridicate la substanțe toxice, capacității de zbor extinse, inclusiv spre zone greu accesibile, și ritmului rapid de reproducere. Raza mare de hrănire, ce poate atinge 50 de kilometri, împreună cu numărul mare de albine lucrătoare dintr-o colonie (zeci de mii de indivizi), transformă aceste insecte în eșantionatori activi eficienți, capabili să ofere o imagine cuprinzătoare asupra contaminării mediului [1-3].

Într-un studiu publicat în 2021, L. Cortés-Corrales et al. au demonstrat, pentru prima dată, posibilitatea utilizării albinelor melifere ca bioindicatori pentru detectarea microplasticelelor în mediu [2; 4]. Cercetătorii au dezvoltat un dispozitiv pasiv, non-biologic, denumit „APITrap” (Apiarian Trap), special conceput pentru acest scop. APITrap este un cadru de lemn prevăzut cu o plasă de oțel inoxidabil (cu deschidere de 2 mm), în interiorul căruia sunt introduse foi adezive (40 × 25 cm) din acetat de polivinil fixate pe un suport rigid din polietilenă. Dispozitivul a fost amplasat în apropierea fagurelui cu puiet, unde activitatea albinelor este cea mai intensă. În cadrul studiului s-au folosit câte doi stupi per stupină, în cinci stupine diferite din Danemarca. APITrap s-a dovedit eficient în colectarea particulelor de microplastice și, important, nu a avut efecte negative asupra coloniilor de albine, ceea ce îl face potrivit pentru prelevări repetate. În cele patru studii de monitorizare, numărul mediu de particule de microplastice detectate a variat între 39 și 67 în dispozitivul APITrap, între 6 și 9 în probele de albine și între 6 și 11 în probele de polen. Fibrele au fost cea mai frecventă formă de microplastice identificate, reprezentând în medie 91% din totalul particulelor detectate în APITrap. Proporții similare au fost înregistrate și pentru celelalte forme, fragmentele reprezentând aproximativ 5%, iar filmele circa 4%.

Microplasticele colectate au prezentat în general culori predominante precum negru, albastru, verde și roșu. Analiza spectroscopică a evidențiat prezența a până la cinci tipuri diferite de polimeri sintetici. Dintre aceștia, tereftalatul de polietilenă (PET) a fost cel mai frecvent identificat în cazul fibrelor. În ceea ce privește particulele nefibroase, cele mai comune materiale au fost polipropilena (PP), polietilena (PE), poliacrilonitrilul (PAN) și poliamida (PA) [2]. Tereftalatul de

polietilenă este un polimer sintetic frecvent utilizat în industria alimentară și textilă, fiind componentul principal al sticlelor pentru apă, ambalajelor alimentare și fibrelor sintetice. Proprietățile sale – precum greutatea redusă, durabilitatea și versatilitatea – au contribuit la utilizarea sa extensivă la scară globală [5]. Totuși, consumul masiv și gestionarea inadecvată a deșeurilor din PET au generat un impact ecologic semnificativ, fiind una dintre principalele surse de poluare cu microplastice în diverse componente ale mediului [6]. Până în prezent, doar câteva studii au raportat prezența microplasticelelor în miere, iar cercetările privind contaminarea altor produse apicole, precum polenul, propolisul și lăptișorul de matcă, sunt și mai limitate [2; 7].

Reciclarea PET-ului reprezintă o măsură esențială pentru atenuarea crizei globale legate de gestionarea deșeurilor din plastic. La nivel local, implementarea unor strategii eficiente de reciclare poate reduce semnificativ cantitatea de deșeuri plastice care ajung în depozite necontrolate sau în ecosisteme, contribuind astfel la prevenirea contaminării lanțului trofic, inclusiv a produselor apicole destinate consumului uman.

Microplasticele (MP), definite ca particule de plastic cu dimensiuni cuprinse între 1 μm și 5 mm, au fost asociate cu efecte negative semnificative asupra sănătății umane și a mediului. Deși materialele plastice au fost introduse în circuit relativ recent, în a doua jumătate a secolului al XX-lea, producția și utilizarea lor masivă în diverse domenii au transformat plasticul într-o sursă majoră de poluare, cu un impact ecologic tot mai alarmant [4; 8].

În funcție de originea lor, microplasticele (MP) pot fi clasificate în două categorii: primare și secundare [4]. Microplasticele primare sunt introduse intenționat în diverse produse de larg consum, precum cosmetice, detergenți, vopsele, produse farmaceutice, scutece și insecticide. În schimb, microplasticele secundare rezultă din degradarea fragmentelor mai mari de plastic, ca urmare a proceselor de autopurificare a mediului ambiant, în special a oxidării fotochimice, hidrolizei sau acțiunii mecanice [4; 9; 10].

Din punct de vedere morfologic, microplasticele se împart în mai multe forme, precum fragmente, fibre, spumă, pelete și filme [10]. În ceea ce privește compoziția chimică, acestea pot fi clasificate în șase categorii principale: polietilenă (PE), polistiren (PS), polipropilena (PP), poliuretan (PU), clorură de polivinil (PVC) și tereftalat de polietilenă (PET) [11].

Scopul lucrării constă în investigarea compoziției probelor de propolis colectate din diferite zone ale Republicii Moldova, în vederea determinării fezabilității utilizării acestuia ca bioindicator al poluării mediului ambiant cu microplastice.

MATERIALE ȘI METODE

Ca material de studiu au fost utilizate 8 probe de propolis brut, prelevate în perioada 2023–2024 din diverse zone geografice ale Republicii Moldova, cu sprinjinul apicultorilor locali: P_1 – satul Gașpar, raionul Edineț (48°09'21"N, 27°29'48"E); P_2 – satul Vărvăreuca, raionul Florești (47°52'44"N, 28°18'37"E); P_3 – satul Bravicea, raionul Călărași (47°21'50"N, 28°26'12"E); P_4 – satul Peticeni, raionul Călărași (47°14'10"N, 28°12'31"E); P_5 – satul Codreanca, raionul Strășeni (47°16'52"N, 28°35'07"E); P_6 – orașul Căușeni, raionul Căușeni (46°38'12"N, 29°24'40"E); P_7 – satul Mihailovca, raionul Cimișlia (46°32'23"N, 28°55'45"E); P_8 – satul Bașcalia, raionul Basarabeasca (46°18'29"N, 28°47'03"E).

Propolisul este o substanță cleioasă, de culoare maro până la brună-cafenie, produsă de albine din amestecul din salivă și prelucrarea diferitor rășini și cleiuri vegetale culese de pe plante și mugurii acestora. În Republica Moldova, calitatea propolisului este reglementată de Hotărârea Guvernului 815 din 11.11.2020, iar la nivel internațional este utilizat standardul internațional ISO 24381:2023 [12; 13].

Propolisul brut a fost depozitat la temperatura de -18 °C în cameră frigorifică, iar ulterior a fost mărunțit cu ajutorul unei mori electrice. Frația obținută a fost examinată vizual pentru identificarea particulelor cu dimensiuni cuprinse între 1 și 5 mm, considerate potențiale microplastice pe baza formei și culorii. Particulele suspecte au fost prelevate cu penseta și depozitate în tuburi Eppendorf etichetate corespunzător [14]. Dimensiunea particulelor a fost determinată cu ajutorul unui șubler mecanic.

Analiza microscopică a fost efectuată utilizând un microscop trinocular Euromex EcoBlue EC.1152, echipat cu un obiectiv acromatic cu mărire 40x (gradul de mărire fiind de 400x) și software licențiat.

Pentru confirmarea naturii polimerice a particulelor, s-a utilizat spectrometria în infraroșu cu reflexie atenuată (FTIR – ATR). Spectroscopia în infraroșu cu transformare Fourier (FTIR) este o tehnică analitică esențială pentru identificarea compușilor polimerici, inclusiv a microplasticelelor. Spectrele IR au fost înregistrate cu spectrometrul Agilent Cary 630, în intervalul numerelor de undă 4000–650 cm^{-1} , la o rezoluție de 4 cm^{-1} , cu un total de 32 de scanări per probă.

Investigațiile de laborator din prezenta cercetare au fost realizate în laboratoarele Departamentului Chimie Industrială și Ecologică „Acad. Gheorghe Duca”, din cadrul Facultății de Chimie și Tehnologie Chimică a Universității de Stat din Moldova.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

În urma analizei celor 8 probe de propolis, particule de plastic au fost identificate în 3 dintre acestea: P_3 – o fibră verde (0,45 mm); P_4 – două fibre albastre (0,15 mm și 0,20 mm); P_7 – o fibră albastră (0,25 mm), două fibre verzi (0,15 mm și 0,30 mm), două fibre roșii (0,40 mm), precum și nouă fragmente multicolore cu dimensiuni cuprinse între 0,05 mm și 0,25 mm. În probele P_1 , P_2 , P_5 , P_6 și P_8 nu au fost detectate particule cu dimensiuni sub 5 mm. Prin urmare, particulele identificate se încadrează în categoria microplasticelelor, conform criteriului dimensional (< 5 mm).

Pentru o caracterizare detaliată a formei și culorii particulelor detectate, acestea au fost examinate microscopic (Figura 1). În imaginile obținute sunt vizibile atât fragmente de microplastic, cât și resturi de propolis aderente la suprafața acestora.

Analiza morfologică a evidențiat că formele predominante au fost fibrele, identificate în cinci tipuri diferite, și un tip de fragment. Fragmentele au fost identificate cantitativ într-un număr mai mare (53%), fibrele (47%) prezentând o diversitate structurală și cromatică ridicată, comparativ cu fragmentele.

Analiza FTIR a fost utilizată pentru confirmarea naturii polimerice a particulelor de microplastic și pentru identificarea compoziției acestora [11]. Benzile relevante care susțin această identificare sunt prezentate în Tabelul 1.

În acest studiu, FTIR a fost utilizat pentru confirmarea naturii polimerice a particulelor analizate, iar spectrele obținute ale particulelor de microplastic din propolis s-au comparat cu cele ale unei substanțe de referință – tereftalatul de polietilenă (PET). Spectrele au fost analizate în vederea identificării benzilor caracteristice PET-ului, utilizând literatura de specialitate și spectrul standard ca punct de comparație [15; 16]. S-a constatat că toate spectrele înregistrate pentru particulele de microplastic din propolis au prezentat benzi caracteristice tereftalatului de polietilenă (PET), fapt ilustrat în Figura 2. Datele comparative sunt prezentate în Tabelul 2.

S-au suprapus benzile principale în spectrele prezentate în (Figura 2) și s-a analizat dacă benzile de absorbție caracteristice ale PET, conform spectrului de referință, sunt prezente și în spectrul probei identificate din propolis. Din Tabelul 2 constatăm că principalele benzi PET din spectrul de referință sunt: 1715-1736 cm^{-1} → vibrație de întindere C=O (grup ester); 1240-1260 cm^{-1} → întindere asimetrică C–O–C (ester); 1095-1115 cm^{-1} și 1010-1040 cm^{-1} → întindere C–O; 870-880 cm^{-1} → vibrații aromatice

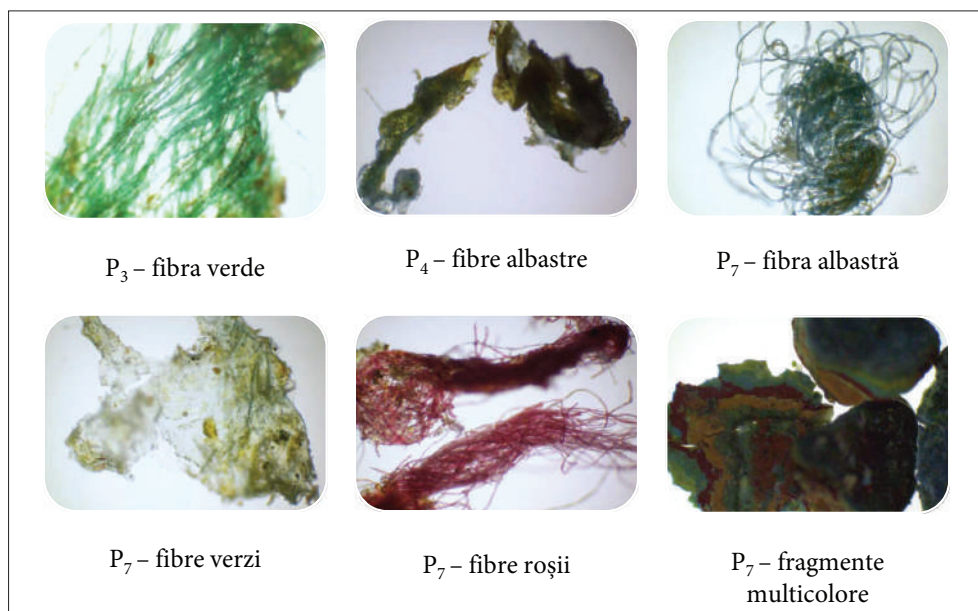


Figura 1. Examinarea microscopică a particulelor de microplastic identificate în probele de propolis (400x).

Tabelul 1

Benzile caracteristice de absorbție identificate în spectrele FTIR ale particulelor de microplastic, atribuite tereftalatului de polietilenă (PET)

Proba analizată	Benzile relevante	Atribuirea benzilor caracteristice pentru PET [16]
P ₃ – fibră verde	766,0 cm ⁻¹ ; 833,1 cm ⁻¹ ; 892,7 cm ⁻¹ ; 1026,9 cm ⁻¹ ; 1086,5 cm ⁻¹ ; 1220,7 cm ⁻¹ ; 1369,8 cm ⁻¹ ; 1735,1 cm ⁻¹ .	723 cm ⁻¹ vibrație în afara planului grupării benzenice; 845 cm ⁻¹ vibrație specifică grupării CH ₂ din glicol;
P ₄ – fibre albastre	719,4 cm ⁻¹ ; 818,2 cm ⁻¹ ; 874,1 cm ⁻¹ ; 985,9 cm ⁻¹ ; 1032,5 cm ⁻¹ ; 1086,5 cm ⁻¹ ; 1220,7 cm ⁻¹ ; 1306,4 cm ⁻¹ ; 1377,3 cm ⁻¹ ; 1736,9 cm ⁻¹ .	870 cm ⁻¹ vibrație în afara planului grupării benzenice;
P ₇ – fibră albastră	719,4 cm ⁻¹ ; 874,1 cm ⁻¹ ; 1034,3 cm ⁻¹ ; 1235,6 cm ⁻¹ ; 1364,2 cm ⁻¹ ; 1735,1 cm ⁻¹ .	970 cm ⁻¹ vibrația de alungire C-O a glicolului; 1017 cm ⁻¹ vibrație în plan a grupării benzenice;
P ₇ – fibre verzi	719,4 cm ⁻¹ ; 834,9 cm ⁻¹ ; 982,2 cm ⁻¹ ; 1030,6 cm ⁻¹ ; 1220,7 cm ⁻¹ ; 1375,4 cm ⁻¹ ; 1736,9 cm ⁻¹ .	1090 cm ⁻¹ vibrația de alungire C=O a esterului, bandă largă; 1230 cm ⁻¹ vibrația de alungire C=O a esterului, bandă largă;
P ₇ – fibre roșii	721,2 cm ⁻¹ ; 836,8 cm ⁻¹ ; 890,8 cm ⁻¹ ; 982,2 cm ⁻¹ ; 1034,3 cm ⁻¹ ; 1086,5 cm ⁻¹ ; 1244,9 cm ⁻¹ ; 1375,4 cm ⁻¹ ; 1701,5 cm ⁻¹ .	1710 cm ⁻¹ vibrația de alungire C=O (conjugată cu inelul); 1340 cm ⁻¹ vibrația grupării CH ₂ din glicol;
P ₄ – fragmente multicolore	721,2 cm ⁻¹ ; 874,1 cm ⁻¹ ; 982,2 cm ⁻¹ ; 1069,7 cm ⁻¹ ; 1172,2 cm ⁻¹ ; 1364,2 cm ⁻¹ ; 1397,8 cm ⁻¹ ; 1654,9 cm ⁻¹ .	1370 cm ⁻¹ vibrația grupării CH ₂ din glicol; 1408 cm ⁻¹ bandă de întindere a inelului aromatic. Deformare în plan a inelului.

C-H în afara planului, 720-730 cm⁻¹ → vibrații aromatice C-H în plan.

În spectrul PET pentru particulele de microplastic identificate în propolis avem următoarele benzi: banda 1735,1 cm⁻¹ (proba) corespunde perfect cu 1716 cm⁻¹ (referință) → grupă esterică (C=O); banda 1247 cm⁻¹, 1096 cm⁻¹, 1034 cm⁻¹ în proba identificată corespunde cu 1242 cm⁻¹, 1095 cm⁻¹, 1006 cm⁻¹ în proba de referință → legături C-O-C și C-O; benzi la 874-877 cm⁻¹

și 719-720 cm⁻¹ → vibrații caracteristice pentru inelul aromatic din tereftalat.

Astfel, constatăm că cele două spectre sunt aproape identice ca formă, ceea ce confirmă identificarea corectă. Minimele de absorbție se regăsesc în aceleași regiuni și nu există benzi suplimentare sau absente în mod clar, care să sugereze contaminanți majori sau prezența altor polimeri, cu excepția valorii 2243,9 cm⁻¹, care este neobișnuită și nu este caracteristică PET-ului,

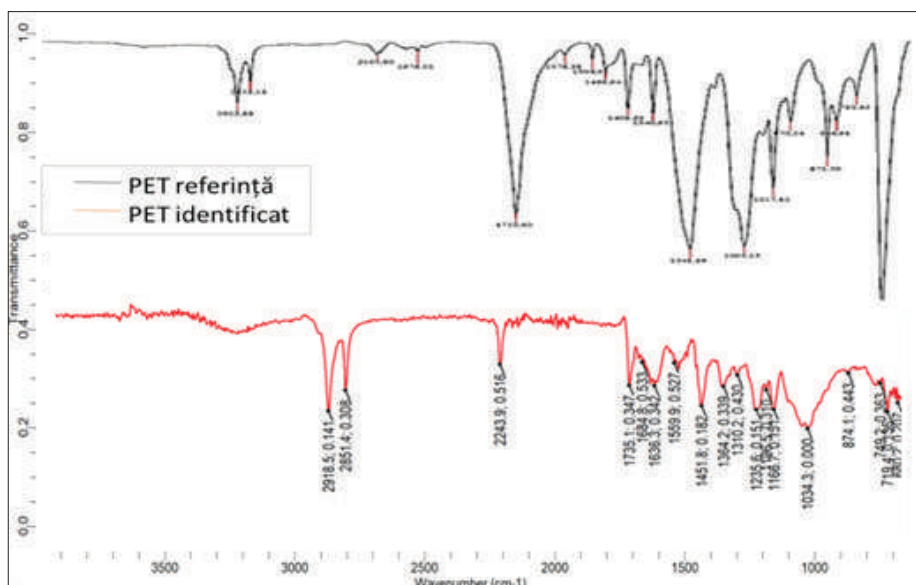


Figura 2. Spectrele FTIR pentru tereftalatul de polietilenă (PET) de referință [16] și PET-ul identificat în probele de propolis.

Tabelul 2
Analiza comparativă a spectrelor FTIR pentru tereftalatul de polietilenă (PET) de referință [16] și PET-ul identificat în probele de propolis

Număr de undă PET referință (cm ⁻¹)	Număr de undă PET identificat (cm ⁻¹)	Tip de vibrație / Grupă funcțională
2966,80	2918,5	Întindere C-H (alifatic - CH ₂ , CH ₃)
2923,35	2851,4	Întindere C-H (alifatic)
-	2243,9	Posibilă impuritate (-CN sau contaminare)
1716,02	1735,1	Întindere C=O (carbonil - grup ester)
1341,18	1364,2	Deformare CH ₃ (simetrică)
1242,83	1247,0	Întindere asimetrică C-O-C (ester)
1095,15	1096,9	Întindere C-O
1006,15	1034,3	Întindere C-O
871,20	874,1	Deformare C-H în afara planului (aromatic)
719,40	719,4	Deformare C-H (aromatic - în plan)

aceasta ar putea proveni de la contaminare (ex.: urme de compuși cu grupe nitril -C≡N sau impurități din mediu). Banda 1736,9 cm⁻¹ este cea mai importantă caracteristică, confirmând prezența grupei esterice din PET, iar restul benzilor se aliniază cu benzile tipice ale acestui polimer.

CONCLUZII

1. În urma analizei s-a constatat că spectrul FTIR al eșantionului identificat prezintă suprapunere aproape perfectă cu spectrul de referință al tereftalatului de polietilenă (PET). Benzile de absorbție esențiale, în special cele din regiunea 1736,9 cm⁻¹ (C=O carbonil - grup ester) și 1247-719 cm⁻¹ (C-O-C și C-H aroma-

tice), confirmă în mod clar prezența grupelor funcționale caracteristice PET și susțin utilizarea acestei tehnici în identificarea microplasticelor în mediu.

2. Rezultatele obținute în cadrul acestui studiu evidențiază potențialul propolisului ca bioindicator al contaminării cu microplastice a mediului ambiant. Dintre localitățile investigate, cea mai ridicată incidență a microparticulelor a fost înregistrată în satul Mihailovca, raionul Cimișlia, unde în proba analizată au fost identificate 14 microparticule de tereftalat de polietilenă (PET), dintre care cinci fibre și nouă fragmente.

3. Deși din punct de vedere cantitativ numărul respectiv nu este foarte mare, prezența acestor parti-

cule indică existența unui nivel de contaminare, sugerând necesitatea extinderii cercetărilor pentru obținerea unei perspective mai clare asupra distribuției și surselor microplasticelor. În acest sens, este esențială elaborarea unui protocol standardizat care să permită colectarea și analiza atât a particulelor de microplastic, cât și a celor de nanoplastic.

Articol recepționat: 22 iulie 2025

Articol acceptat: 22 septembrie 2025

BIBLIOGRAFIE

1. Barganska, Z.; Slebioda, M.; Namiesnik, J. Honey bees and their products: Bioindicators of environmental contamination, în: *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 2016, nr. 46(3), 235-248, <https://doi.org/10.1080/10643389.2015.1078220>
2. Cortes-Corralles, L.; Flores, J.J.; Rosa, A.; Van Der Steen, J.J.M.; Vejsnaes, F.; Roessink, I.; Martínez-Bueno, M.J.; Fernández-Alba, A.R. Evaluation of microplastic pollution using bee colonies: An exploration of various sampling methodologies, în: *Environmental Pollution*, 2024, nr. 350, 124046, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124046>
3. Murcia-Morales, M.; Tzanetou, E.N.; Garcia Gallego, G.; Kasiotis, K.M.; Vejsnaes, F.; Brodschneider, R.; Hatjina F.; Machera, K.; Van Der Steen, J.J.M. Environmental assessment of PAHs through honey bee colonies – a matrix selection study, în: *Heliyon*, 2024, nr. 10, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23564>
4. Edo, C.; Fernández-Alba, A.R.; Vejsnaes, F.; Van Der Steen, J.J.M.; Fernandez-Pinas, F.; Rosal, R. Honeybees as active samplers for microplastics, în: *Science of the Total Environment*, 2021, nr. 767, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144481>
5. Sarda, P.; Hanan, J.C.; Lawrence, J.G.; Allahkarami, M. Sustainability performance of polyethylene terephthalate, clarifying challenges and opportunities, în: *Journal of Polymer Science*, 2022, nr. 60, 7-31, <https://doi.org/10.1002/pol.20210495>
6. Kibria, M.G.; Masuk, N.I.; Safayet, R.; Nguyen H.Q.; Mourshed, M. Plastic waste: challenges and opportunities to mitigate pollution and effective management, în: *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2023, nr. 17, p. 20, <https://doi.org/10.1007/s41742-023-00507-z>
7. Liebezeit, G.; Liebezeit, E. Non-pollen particulates in honey and sugar, în: *Food Additives & Contaminants: Part A*. 2013, nr. 30, 2136-2140, <https://doi.org/10.1080/19440049.2013.843025>
8. Osman, A.I.; Hosny, M.; Eltaweil, A.S. et al. Microplastic sources, formation, toxicity and remediation: a review, în: *Environmental Chemistry Letters*, 2023, nr. 21, 2129-2169, <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01593-3>
9. Duis, K.; Coors, A. Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects, în: *Environmental Sciences Europe*, 2016, nr. 28, 1-25, <https://doi.org/10.1186/s12302-015-0069-y>
10. Anderson P.J. et al. Microplastic contamination in lake Winnipeg Canada, în: *Environmental Pollution*. 2017, nr. 225, 223-231, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.02.072>
11. He, S. et al. Biofilm on microplastics in aqueous environment: Physicochemical properties and environmental implications, în: *Journal of Hazardous Materials*, 2022, nr. 424, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127286>
12. Guvernul Republicii Moldova. Hotărârea nr. 815/2020 cu privire la aprobarea Cerințelor de calitate pentru produsele apicole, inclusiv ceara de albine, propolisul, lăptșorul de matcă și polenul, destinat consumului uman, în: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, nr. 313-317 art. 988, din 27 noiembrie 2020.
13. International Organization for Standardization, Bee propolis – Specification, first edition, Switzerland, 2023, ISO 24381:2023.
14. Sholokhova, A.; Ceponkus, J.; Sablinskas, V. et al. Abundance and characteristics of microplastics in treated organic wastes of Kaunas and Alytus regional waste management centres, Lithuania, în: *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, nr. 29, 20665-20674, <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17378-6>
15. Böke, J.S.; Popp, J.; Krafft, C. Optical photothermal infrared spectroscopy with simultaneously acquired Raman spectroscopy for two-dimensional microplastic identification, în: *Scientific reports*, 2022, nr. 12, <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23318-2>
16. Mercedes, A.; Peltzer, M.; Simoneau, C. Report of an interlaboratory comparison from the European Reference Laboratory for Food Contact: ILC002 2013 – Identification of polymeric materials. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013. 39 p., <https://doi.org/10.2788/6233>