



Cofinanțat de
Uniunea Europeană



Consolidarea integrării nodului românesc METROFOOD-RO în infrastructura europeană de cercetare
METROFOOD-RI, acronim METROFOOD-RO Evolve, Cod SMIS 2021+ 309287



BELC
NASTASIA

Digitally signed by BELC NASTASIA
DN: c=RO, l=Sector 1, o=INCUBA - IBA
Bucuresti, title=DIRECTOR GENERAL,
sn=BELC, givenName=NASTASIA,
serialNumber=200506245B1216,
name=BELC NASTASIA, cn=BELC
NASTASIA
Date: 2023.12.29 21:32:16 +0200

IM3.5 - Raport experimental de obținere a unui ingredient alimentar - Final

Titlu proiect	Consolidarea integrării nodului românesc METROFOOD-RO în infrastructura europeană de cercetare METROFOOD-RI, acronim METROFOOD-RO Evolve
Cod SMIS 2021+	309287
Descriere raport	Prezentarea caracteristicilor fizico-chimice și microbiologice ale subproduselor și ale tehnologiilor utilizate, în detaliu pentru obținerea ingredientelor. Caracterizarea complexă a ingredientului final obținut din tescovina de roșii
Subactivitate	A3.2. Exercițiu de bioeconomie circulară
Responsabil	Universitatea de Științele Vieții „Regele Mihai I” din Timișoara - P3
Perioada raportată	mai-decembrie 2025
Termen de predare	23.12.2025
Rezultat asociat	R4 - Două ingrediente obținute prin bioeconomie circulară și două produse alimentare
Termen de finalizare	Decembrie 2025
Criteriu de validare	Aprobare de către Comitetul de conducere
Dovezi care probează îndeplinirea criteriilor	Document publicat pe site-ul web al METROFOOD-RO, la interfața internă a proiectului





CUPRINS

Structura parteneriatului pentru realizarea IM3.5	5
1. Introducere	6
2. Obiective	7
3. Stabilirea metodologiei de lucru în A3.2	7
3.1. WORKSHOP – Aprobarea I.M. 3.4. Raportului de identificare a subproduselor din industria alimentară.....	8
4. Obținerea subproduselor și prelucrarea primară (IBA București – USAMVB)	11
4.1. Pulbere deșeu vegetal	12
4.1.1. Obținerea deșeului vegetal	12
4.1.2. Uscarea controlată deșeului	13
4.1.3. Măcinarea probei obținute	14
5. Caracterizarea fizico-chimică a ingredientului obținut din tescovina de roșii	15
5.1. Determinarea umidității	15
5.2. Determinarea conținutului de proteine totale	16
5.2. Determinarea conținutului de grăsimi.....	17
5.3. Determinarea conținutului de cenușă	18
5.4. Determinarea conținutului de zahăr total	19
5.5. Determinarea conținutului de sare	20
5.6. Determinarea conținutului de fibră brută	21
5.7. Determinarea acidității	22
6. Determinarea compoziției lipidice (ICIA)	25
6.1. Determinarea acizilor grași din pielețele de roșii.....	25
6.1.1. Extracția lipidelor totale.....	25
6.1.2. Transesterificarea acizilor grași (obținerea FAME)	25
6.1.3. Analiza cromatografică GC-FID.....	25
6.1.4. Calculul compoziției	26
6.2. Compoziția relativă a acizilor grași (% din total FAME) din pielețele de roșii	26
7. Analize biochimice (USAMV București).....	28
7.1. Substanța uscată/Umiditatea	29
7.2. Compuși cu structura fenolică	30
7.3. Licopenul.....	30
7.4. Conținutul de pesticide.....	30



8. Determinarea conținutului de metale grele și microelemente (IBA, USVT).....	35
8.1. Determinarea conținutului de metale grele	35
8.2. Evaluarea conținutului de minerale prin metoda AAS	40
9. Autentificarea prin determinarea amprentei elementale și izotopice a ingredientului alimentar obținut din tescovina de roșii (ITIM)	43
9.1. Amprentarea elementală a unui ingredient alimentar.....	43
9.2. Amprentare izotopică a unui ingredient alimentar	45
9.2.1. Prepararea probelor pentru determinarea amprentelor izotopice ^{13}C și ^{15}N	46
9.2.2. Determinarea amprentelor izotopice	47
9.2.3. Rezultate experimentale	48
10. Evaluarea conținutului de compusi polifenolici și a stabilității acestora (IBA, USVT).....	49
10.1. Prelucrarea pieițelor și procesul de liofilizare	49
10.2. Tehnici de extracție aplicate	50
10.2. Determinarea conținutului de polifenoli totali	51
10.3. Determinarea conținutului de flavonoizi totali	58
10.4. Evaluarea stabilității conținutului de polifenoli totali la depozitare	61
11. Eliberarea aparentă a compusilor fenolici din tescovina de roșii în timpul digestiei in vitro (ICIA).....	65
11.1. Material și metoda	65
11.1.1. Proba analizată	65
11.1.2. Digestia gastrointestinală simulată in vitro	65
11.1.3. Determinarea polifenolilor totali	66
11.2. Rezultate	66
11.2.1. Polifenoli totali în lichidele digestive (R1)	66
11.2.2. Polifenoli totali după digestia completă (R2)	67
12. Evaluarea statusului antioxidant a ingredientului obținut din pieițe de roșii (USVT)	68
12.1. Obținerea extractelor	69
12.2. Metodele de analiză a potențialului antioxidant	70
12.2.1. Capacitatea antioxidantă totală	70
12.2.2. Activitatea superoxid dismutazei	71
12.2.3. Activitatea catalazei	72
12.2.4. Activitatea glutatión peroxidazei	72
12.2.5. Rezultate și discuții	73
13. Testare microbiologică a ingredientelor funcționale obținute din pieițe de roșii (UB, IBA).....	74
13.1. Optimizarea protocolului	74
13.2. Analiza microbiologică și potențialul prebiotic (IBA, UB)	75
13.2.1. Evaluarea gradului de contaminare microbiană	76
13.2.2. Evaluarea potențialului prebiotic.....	76



13.2.3. Medii de cultură, materiale și echipamente utilizate	77
13.2.4. Determinarea numărului de Enterobacterii (<i>Enterobacteriaceae</i>)	78
13.2.5. Determinarea Numărului total de germeni	79
13.2.6. Determinarea activității apei	80
13.2.7. Rezultate microbiologice.....	80
15. Cercetări privind potențialul metanogen al subproduselor rezultate din procesarea tomatelor în România (USVT)	81
15.1. Considerații generale	81
15.2. Noua Strategie pentru Bioeconomie a Uniunii Europene.....	85
15.3. Estimare a cantității de tomate existente în bioeconomia României.....	88
15.4. Stabilirea potențialului metanogen al deșeurilor organice	89
15.4.1. Prelevarea de probe și analiza acestora.....	90
15.4.2. Rezultate și discuții	91
16. Raport tehnic privind schemele de tratament aplicate culturii de tomate de fermieri în România (INMA)	100
16.1. Introducere.....	100
16.2. Obiectivele raportului.....	100
16.3. Rolul pesticidelor și impactul potențial asupra sănătății umane	100
16.4. Material și metodă.....	103
16.5. Selectia substantelor cele mai utilizate in schemele de tratament.....	103
17. Activitati de achiziție echipamente	104
18. Concluzii	104
Echipa de experți care a participat la elaborarea IM3.5 – Raport experimental de obținere a unui ingredient alimentar.....	107



Structura parteneriatului pentru realizarea IM3.5

Structura parteneriatului pentru realizarea indicatorului de monitorizare IM3.5 - Raport experimental de a unui ingredient alimentar, asupra activității desfășurate în perioada mai - decembrie 2025 este următoarea:

Denumire conform Acordului de colaborare din Cererea de finanțare	Abreviere denumire partener	Participare la realizarea RP IM3.5
Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Biorresurse Alimentare - IBA București (<i>Lider de proiect</i>)	IBA	✓
INCDO INOE 2000 Filiala Institutul de Cercetări pentru Instrumentație Analitică - ICIA, Cluj-Napoca (<i>Partener 1</i>)	ICIA	✓
Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Tehnologii Izotopice și Moleculare - INCDTIM, Cluj-Napoca (<i>Partener 2</i>)	ITIM	✓
Universitatea de Științele Vieții "Regele Mihai I" din Timișoara (<i>Partener 3</i>)	USVT	✓
Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mașini și Instalații destinate Agriculturii și Industriei Alimentare - INMA, București (<i>Partener 4</i>)	INMA	✓
Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară din București - USAMV, București (<i>Partener 5</i>)	USAMVB	✓
Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați (<i>Partener 6</i>)	UDJG	-
Universitatea din București (<i>Partener 7</i>)	UB	✓



1. Introducere

Activitatea A3.2 are ca obiectiv valorificarea sustenabilă a subproduselor agroalimentare prin integrarea lor într-un sistem de bioeconomie circulară, cu accent pe obținerea de ingrediente alimentare funcționale. Subprodusele investigate provin din industria de procesare a tomatelor (pielețe, semințe, tescovină).

În România, aceste reziduuri reprezintă o resursă neexploată, deși sunt bogate în polifenoli, flavonoizi, carotenoizi (în special licopen), fibre și acizi grași nesaturați. Reintroducerea lor în lanțurile alimentare contribuie la reducerea risipei, la dezvoltarea de produse funcționale și la consolidarea bioeconomiei circulare naționale.

Roșiile (*Lycopersicon esculentum*) reprezintă una dintre cele mai cultivate și consumate legume la nivel mondial, cu o producție globală estimată de FAO la peste 186 de milioane de tone anual [FAO, 2023]. În procesarea industrială, pielile și semințele de roșii generează volume considerabile de reziduuri, care pot depăși 5-10% din masa totală prelucrată. Aceste reziduuri sunt o sursă bogată de compuși bioactivi precum polifenoli, flavonoizi, carotenoizi (în special licopenul) și vitamine [López-Yerena A. et al., 2022, Cuccurullo G. et al., 2021]. Datorită acestor caracteristici, pielile de roșii sunt considerate materii prime promițătoare pentru dezvoltarea de nutraceutice, cosmetice sau suplimente alimentare, contribuind astfel la un model de bioeconomie circulară, unde deșeurile vegetale sunt reintroduse în lanțuri valorice.

La nivel național, industria tomatelor din România se află într-un proces de transformare. Producția autohtonă a scăzut de la aproximativ 750 000 tone în 2022 la circa 300 000 tone în 2023, ceea ce a determinat prețuri record de aproape 8 €/kg - cele mai mari din lume [Profit.ro, 2025]. În același timp, consumul intern se estimează că va depăși 1 milion de tone până în 2026 [ReportLinker, 2024], în timp ce importurile cresc semnificativ, în special din Turcia și Spania [CBI/EU, 2022]. În acest context, orice strategie de valorificare a reziduurilor generate în procesarea roșiilor locale devine nu doar o necesitate ecologică, ci și o oportunitate economică, prin transformarea subproduselor în resurse utile și de înaltă valoare.

Studiile recente evidențiază faptul că pielile de roșii conțin concentrații ridicate de compuși fenolici și flavonoizi, cum ar fi acidul clorogenic, quercetina, naringenina sau rutina [Cuccurullo G. et al., 2021]. Acești compuși prezintă activități antioxidante, antiinflamatorii și cardioprotectoare, motiv pentru care sunt considerați markeri valoroși în evaluarea calității extractelor obținute.

Bibliografie:

1. FAO, Global Tomato Production Statistics, 2023.
2. López-Yerena A. et al., "Phenolic profile of tomato by-products," J. Agric. Food Chem., 2022.



3. Cuccurullo G. et al., "Polyphenols and carotenoids in tomato waste," Food Chem., 2021.
4. Profit.ro, "România produce cele mai scumpe roșii din lume," 2025.
5. ReportLinker, "Tomato consumption forecast for Romania," 2024.
6. CBI/EU, "Romania tomato import statistics," 2022.

2. Obiective

- Obținerea unor ingrediente alimentare prin uscarea, măcinarea și procesarea subproduselor de tomate.
- Caracterizarea fizico-chimică, microbiologică și funcțională a materialelor rezultate.
- Determinarea compoziției biochimice, a profilului lipidic, mineral și a conținutului de contaminanți (metale grele, pesticide).
- Evaluarea potențialului prebiotic și antioxidant al extractelor.
- Fundamentele pentru dezvoltarea unor produse alimentare funcționale bazate pe aceste ingredient

3. Stabilirea metodologiei de lucru în A3.2

Activitățile desfășurate în această fază contribuie la realizarea OS3 - Consolidarea poziționării METROFOOD-RO în comunitatea științifică la nivel național, METROFOOD-RI și european, ca facilitate de cercetare orientată către actorii sistemului alimentar și este implementat prin intermediul activității de bază A3 - Promovarea economiei circulare, prin dezvoltarea de soluții sustenabile pentru reducerea risipei alimentare, având ca scop principal dezvoltarea a două ingrediente inovatoare obținute prin bioeconomie circulară și a două produse alimentare sustenabile.

Activitatea A3.2 - Exercițiu de bioeconomie circulară este coordonată de USV Timișoara.



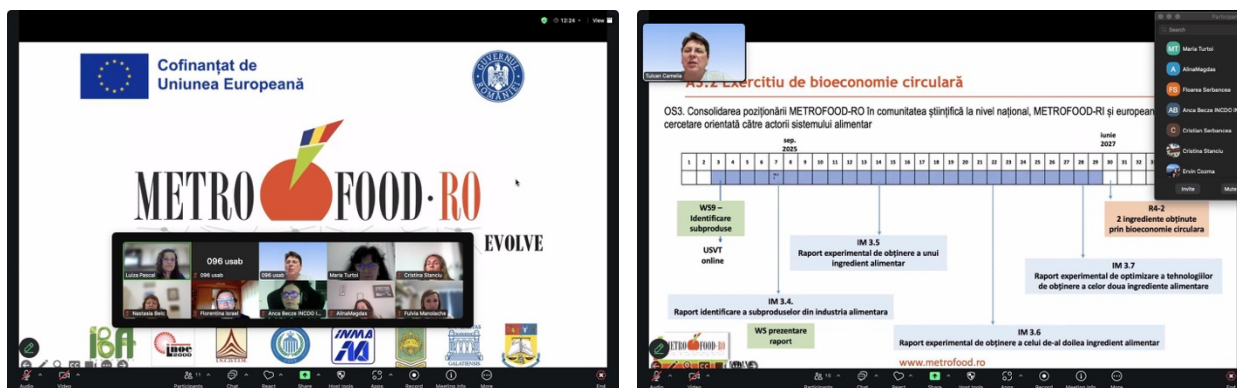
Cofinanțat de
Uniunea Europeană



Consolidarea integrării nodului românesc METROFOOD-RO în infrastructura europeană de cercetare
METROFOOD-RI, acronim METROFOOD-RO Evolve, Cod SMIS 2021+ 309287

3.1. WORKSHOP - Aprobarea I.M. 3.4. Raportului de identificare a subproduselor din industria alimentară

Workshop-ul intitulat „Aprobarea raportului de identificare a subproduselor din industria alimentară”, organizat în cadrul proiectului METROFOOD-RO EVOLVE, reprezintă o etapă esențială în efortul național și european de consolidare a lanțului alimentar durabil și de valorificare eficientă a resurselor disponibile. Într-un context în care sustenabilitatea sistemului agroalimentar este o prioritate strategică, identificarea, clasificarea și utilizarea subproduselor alimentare dobândesc o importanță tot mai mare.



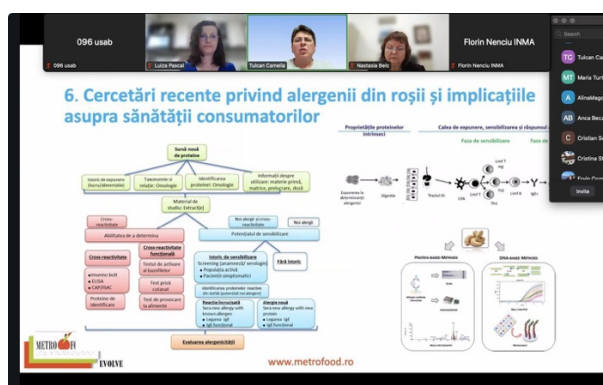
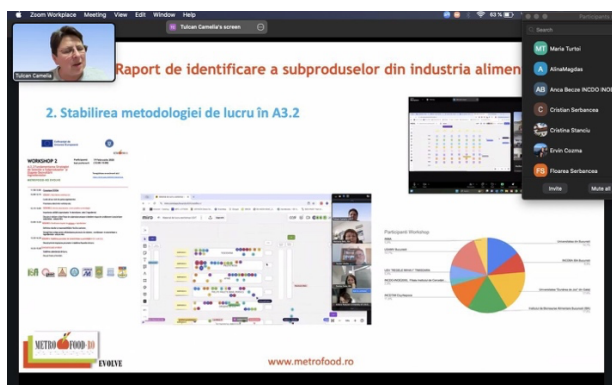
Subprodusele alimentare sunt materiale rezultate în urma proceselor tehnologice din industria alimentară, care, deși nu sunt destinate direct consumului uman, pot avea multiple întrebuințări secundare, contribuind astfel la reducerea pierderilor alimentare, la eficientizarea proceselor de producție și la crearea de noi surse de valoare economică. Aceste subproduse pot proveni din diverse sectoare alimentare: panificație, lactate, carne, legume și fructe, băuturi etc., fiind utilizate ulterior în industria furajelor, în producția de bioenergie, în cosmetică, farmacologie sau ca materii prime pentru noi produse alimentare.

Importanța acestui demers este susținută de politicile europene, cum ar fi Pactul Verde European și Strategia „De la fermă la furculiță”, care încurajează utilizarea circulară a resurselor și promovarea economiei circulare în agricultură și industrie alimentară. Astfel, definirea corectă a statutului juridic al unui material ca subprodus (și nu ca deșeu) presupune respectarea anumitor criterii prevăzute de legislația europeană (Directiva 2008/98/CE privind deșeurile), printre care: existența unei utilizări ulterioare certe, utilizarea legală fără efecte adverse asupra sănătății sau mediului, și generarea în cadrul unui proces de producție principal.





Workshop-ul desfășurat pe 28 mai 2025 a avut ca obiectiv principal aprobarea raportului elaborat în cadrul activității I.M.3.4., axată pe identificarea și analiza subproduselor existente în industria alimentară națională. Acest raport, rezultat al colaborării între partenerii implicați în METROFOOD-RO EVOLVE, reprezintă o bază documentară și practică esențială pentru recunoașterea și integrarea subproduselor în circuite valorice sustenabile. Prezentarea activității A3.2., urmată de prezentarea detaliată a raportului final, a permis dezbaterea și validarea tipurilor de subproduse identificate, în acord cu criteriile de eligibilitate prevăzute de legislație.



Agenda evenimentului a inclus prezentarea obiectivelor și metodologiei de lucru, analiza raportului propriu-zis cu accent pe categoriile principale de subproduse selectate, precum și o sesiune de discuții dedicate clarificării și aprobării documentului. În încheiere, au fost stabilite concluziile și pașii următori, printre care se pot menționa dezvoltarea unor planuri de valorificare, crearea de parteneriate pentru transfer tehnologic, și propuneri pentru armonizarea cadrului normativ național cu directivele europene.

În cadrul workshop-ului din data de 28 mai 2025, organizat online prin platforma ZOOM, s-au desfășurat următoarele activități conform agendei stabilite:

18:15 - 18:45 - Prezentare Activitate A3.2

- În această etapă a fost prezentată activitatea A3.2., una dintre componentele metodologice ale proiectului. Aceasta a vizat clarificarea obiectivelor specifice workshop-ului, precum și a instrucțiunilor de lucru pentru participanți.
- A fost explicată structura documentului supus aprobării și importanța acestuia pentru direcțiile strategice ale proiectului.



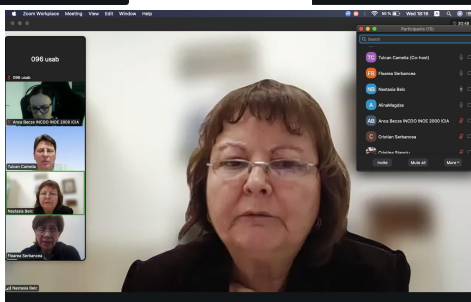
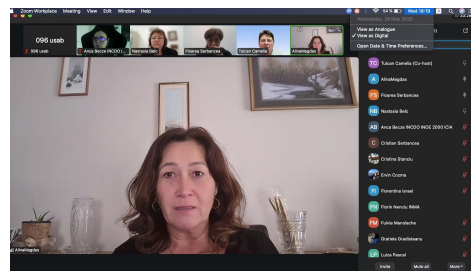
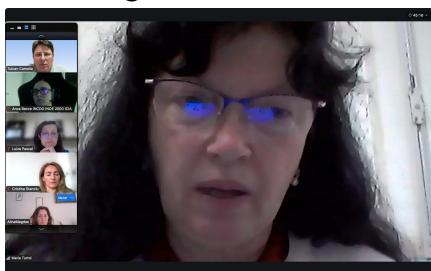
- S-a subliniat rolul acestei activități în cadrul mai larg al inițiativei METROFOOD-RO, respectiv contribuția la construirea unui cadru național coerent de valorificare a subproduselor alimentare.

18:45 - 19:15 - Prezentare I.M.3.4. - Raport de identificare a subproduselor din industria alimentară

- Această sesiune a constituit elementul central al workshop-ului. A fost prezentat raportul final rezultat în cadrul activității I.M.3.4., document care a identificat principalele tipuri de subproduse alimentare relevante în context național.
- Prezentarea a inclus detalii legate de metodologia de colectare a datelor, sursele de informare, criteriile de selecție a subproduselor, precum și justificarea încadrării lor în această categorie juridico-economică. De asemenea, s-au evidențiat exemple concrete din industriile-cheie precum și posibilele aplicații ulterioare ale acestor subproduse.

19:15 - 19:30 - Discuții. Aprobare raport. Concluzii și pași următori

- În ultima parte a workshop-ului, participanții au fost invitați să adreseze întrebări, să aducă observații și completări raportului prezentat. Discuțiile s-au axat pe fezabilitatea implementării concluziilor raportului, pe oportunitățile de parteneriat între industrie și cercetare, precum și pe necesitatea armonizării cadrului legal.





- S-au tras concluzii privind valoarea strategică a documentului și s-au conturat pașii următori, care includ: elaborarea unui plan de valorificare sustenabilă a subproduselor, integrarea recomandărilor în politicile instituționale ale partenerilor, și demararea unor inițiative de diseminare către stakeholderi relevanți.

În concluzie, acest workshop constituie un moment de referință în procesul de validare și operaționalizare a unor măsuri concrete de promovare a economiei circulare în industria alimentară. Prin desfășurarea acestor activități, workshop-ul a reușit să își atingă obiectivele de validare, consultare și planificare strategică a etapelor viitoare din proiectul METROFOOD-RO EVOLVE.

Ca urmare a strategiei pentru selectarea subproduselor, care a luat în considerare factorii precum disponibilitatea, costurile și potențialul subproduselor, au fost selectate cele două subproduse: tescovina și pielița de roșii. În cadrul IM 3.5. este prezentat modul de obținere a unui ingredient alimentar obținut din pielițe de roșii.

4. Obținerea subproduselor și prelucrarea primară (IBA București - USAMVB)

În perioada de desfășurare a activității A3.2, personalul implicat a derulat o serie de activități experimentale și analitice având ca scop atingerea obiectivelor stabilite în cadrul proiectului, respectiv valorificarea sustenabilă a subproduselor agroalimentare.

Astfel, a fost obținută o probă de făină din subprodusul rezultat în urma procesului de extracție a sucului de roșii, prin uscarea și măcinarea materialului vegetal rămas după separarea fazei lichide. Scopul acestei etape a fost investigarea potențialului de utilizare a acestui subprodus ca ingredient funcțional în formularea unor produse alimentare cu valoare nutritivă și antioxidantă ridicată.

Proba obținută a fost caracterizată fizico-chimic, prin determinarea umidității, conținutului de cenușă, proteine, lipide și fibre alimentare, zaharuri, sare și aciditate. În paralel, s-a realizat analiza microbiologică pentru a verifica siguranța alimentară a produsului și pentru a evalua gradul de contaminare microbiană, parametru esențial în stabilirea posibilelor aplicații alimentare.



Rezultatele obținute în urma acestor determinări vor fi utilizate pentru evaluarea fezabilității utilizării făinii din subprodusul de roșii ca materie primă în dezvoltarea unor produse alimentare funcționale și sustenabile.

4.1. Pulbere deșeu vegetal

4.1.1. Obținerea deșeurii vegetale

Masa solidă, constituită din subprodusele reziduale rezultate în urma procesării roșiilor, a fost obținută în timpul procesului de preparare a sucului de roșii. Separarea fazei lichide de cea solidă s-a realizat prin stoarcere la rece, utilizând un storcător industrial cu ax melcat, care permite obținerea eficientă a sucului, concomitent cu păstrarea componentelor solide valoroase (coajă, semințe și pulpă reziduală).



Figura 4.1. Storcător cu presare la rece



Figura 4.2. Deșeul umed obținut în urma stoarcerii sucului de roșii



4.1.2. Uscarea controlată deșeurii

Proba de deșeu vegetal a fost supusă unui proces de uscare controlată utilizând un uscător convectiv Memmert 100-800 (Figura 4.3). Procesul s-a desfășurat la o temperatură constantă de 50°C, pe o durată de 17 ore și 48 de minute. Parametrii de uscare (temperatura și timpul de expunere) au fost selectați astfel încât să asigure reducerea semnificativă a conținutului de umiditate până la un nivel rezidual scăzut, favorabil conservării și procesării ulterioare.



Figura 4.3. Parametrii procesului de uscare a pulberii de roșii

În urma uscării în condiții controlate, s-a obținut o masă solidă uscată (Figura 4.4), reprezentând fracțiunea reziduală constituită din pielețe, semințe și resturi vegetale provenite din procesul de prelucrare a roșiilor.



Figura 4.4. Masă solidă uscată



4.1.3. Măcinarea probei obținute

După finalizarea procesului de uscare, proba a fost mărunțită preliminar cu ajutorul unei râșnițe de laborator MRC-300CC (Figura 4.5), pentru a facilita manipularea și procesarea ulterioară. În urma acestei etape s-a obținut un amestec cu textură neuniformă (Figura 4.6), conținând atât particule fine, cât și fragmente vizibile de pielițe, nervuri și semințe.



Figura 4.5. Râșniță de laborator
utilizând râșnița de laborator

Figura 4.6. Amestecul obținut

Pentru îmbunătățirea gradului de omogenitate și obținerea unei dimensiuni uniforme a particulelor, materialul a fost ulterior supus unui proces de măcinare fină, utilizând o moară de laborator Retsch ZM 200 (Figura 4.7). În urma acestui proces s-a obținut o pulbere fină, cu aspect similar făinii (Figura 4.8), în care au fost integrate toate componentele structurale – semințele, pielițele și nervurile – considerate părți naturale ale matricei vegetale.





Figura 4.7. Moară de laborator

Figura 4.8. Pulberea obținută utilizând o
moară de laborator

5. Caracterizarea fizico-chimică a ingredientului obținut din tescovina de roșii

Analizele utilizate pentru caracterizarea fizico-chimică a făinii obținute din subprodusul rezultat în urma procesului de extracție a sucului de roșii

Pentru evaluarea potențialului de valorificare a făinii obținute din subprodusul rezultat în urma procesării roșiilor, a fost realizată o caracterizare fizico-chimică detaliată a probei. Această etapă a avut ca scop determinarea principalilor parametri care descriu compoziția, calitatea și stabilitatea materialului analizat, oferind totodată informații relevante privind posibilitatea utilizării sale în formularea unor produse alimentare funcționale.

Analizele efectuate au urmărit determinarea umidității, conținutului de cenușă, a proteinelor, lipidelor și fibrelor alimentare, precum și a parametrilor suplimentari precum conținutul de zaharuri, sare și aciditatea.

5.1. Determinarea umidității

Într-o fiolă de cântărire conținând o baghetă de sticlă se introduc circa 20 g nisip de mare și se usucă în etuvă la temperatura de 103 ± 2 °C până la masă constantă. După răcirea fiolei în exsicator, se introduc circa 5 g probă pregătită pentru analiză. Se amestecă cu ajutorul baghetei. Se introduce fiola în etuvă la 50-60 °C și se menține 2-3 ore, agitând din când în când conținutul cu ajutorul baghetei. Se reglează apoi temperatura etuvei la 103 ± 2 °C și se continuă încălzirea fiolei timp de 3-4 ore, amestecând din când în când cu ajutorul baghetei. După răcire în exsicator până la temperatură ambiantă, se cântărește fiola. Se repetă încălzirea în etuvă timp de 30 minute, răcirea și cântărirea, până când diferența între două cântăriri consecutive nu depășește 0,004 g.

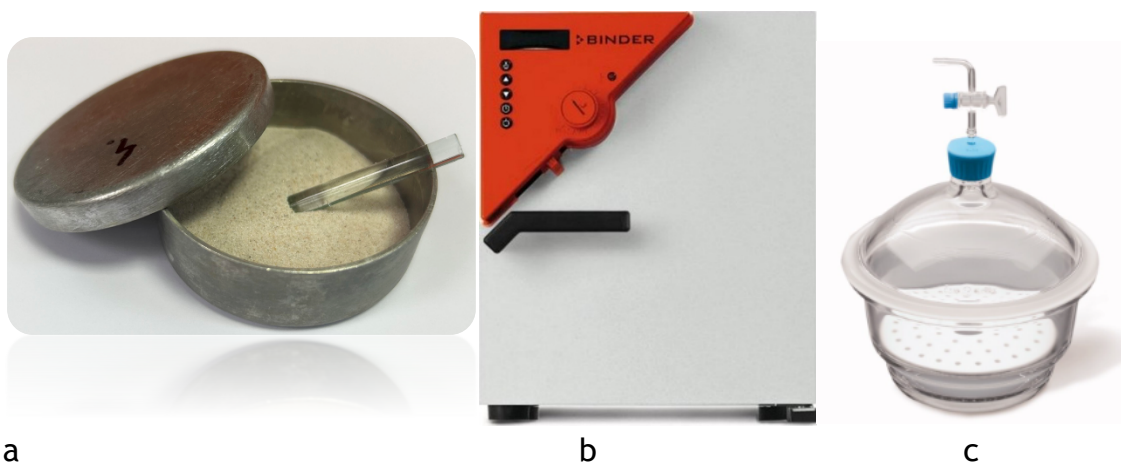


Figura 5.1. Echipamentele necesare pentru determinarea umidității
a - fiolă; b - etuvă; c - exsicicator

5.2. Determinarea conținutului de proteine totale

Principiul metodei

Metoda se bazează pe determinarea conținutului de azot total prin metoda Kjeldahl. Proba este supusă mineralizării cu acid sulfuric concentrat, în prezența unui amestec catalitic care accelerează oxidarea completă a substanțelor organice. În urma mineralizării, azotul organic este transformat în ioni de amoniu (NH_4^+).

După alcalinizare cu hidroxid de sodiu, amoniacul eliberat este distilat cu abur și captat într-o soluție de acid boric. Conținutul de azot este determinat prin titrarea amoniacului colectat cu o soluție standard de acid clorhidric. Pe baza conținutului de azot, se calculează conținutul de proteină brută al probei.

Mod de lucru

Etapa de mineralizare

Într-un tub Kjeldahl de 300 mL se cântăresc, cu o precizie de $\pm 0,1$ mg, 1,5-2,0 g de probă. Se adaugă 15 mL acid sulfuric concentrat (H_2SO_4) și 5 g catalizator, constând dintr-un amestec de sulfat de potasiu (K_2SO_4) și sulfat de cupru pentahidratat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Pentru a preveni spumarea în timpul încălzirii, se adaugă un agent antispumant.

Tuburile sunt plasate în unitatea de mineralizare și menținute la temperatura de reacție până la obținerea unei soluții incolore și limpezi (aproximativ 2 ore), indicând descompunerea completă a materiei organice. După mineralizare, probele se lasă să se răcească la temperatura camerei.

Etapa de distilare



Tuburile răcite se montează în unitatea de distilare automată, Kjeldahl. Se adaugă automat 50 mL apă distilată și 60 mL soluție de hidroxid de sodiu (NaOH) pentru alcalinizarea mediului și eliberarea amoniacului. Amoniacul format este distilat și captat într-o soluție de acid boric (H_3BO_3), care reține amoniacul sub formă de borat de amoniu.

Etapa de titrare

Soluția care conține amoniacul colectat se titrează cu soluție standard de acid clorhidric 0,1 N (HCl) până la virajul indicatorului mixt (roșu-verde). Volumul de HCl consumat este proporțional cu cantitatea de azot prezentă în probă.



Figura 5.2. Echipamentele utilizate pentru determinarea conținutului de proteine

5.2. Determinarea conținutului de grăsimi

Principiul metodei

Extracția grăsimii se realizează cu ajutorul unui solvent organic (eter de petrol) în aparat Soxhlet, urmată de îndepărtarea solventului prin distilare/evaporare și determinarea gravimetrică a fracției lipidice extrase.

Pregătirea probei

Se cântăresc, cu precizie de $\pm 0,1$ mg, aproximativ 5 g din proba de analizat și se transferă cantitativ în cartușul Soxhlet. Cartușul se astupă cu un tampon de vată pentru a preveni pierderea particulelor și se introduce în extractor.

Montarea și încărcarea aparatului

Balonul se atașează extractorului; înainte de utilizare, balonul trebuie să fie fost uscat la 103 ± 2 °C până la masă constantă iar apoi trebuie cântărit. Se toarnă solventul până la producerea primelor sifonări; ulterior se adaugă încă 50 mL solvent pentru a asigura un exces care să nu limiteze extracția. Se montează refrigerentul.

Extracția



Se încălzește balonul pe baia de apă și se reglează puterea astfel încât să se obțină 10-12 sifonări/h. Durata extracției este de 5-6 ore (corespunzător numărului adecvat de cicluri de sifonare pentru extracția completă a lipidelor).

Recuperarea solventului și tratarea fracției grase

După încheierea extracției, se îndepărtează cartușul. Solventul se îndepărtează prin distilare/evaporare, colectându-se în balonul de extracție fracția grasă. Ulterior, balonul se usucă în etuvă 1 oră la 103 ± 2 °C, se răcește în exsicator până la temperatura camerei și se cântărește. Se repetă ciclul de încălzire în etuvă și răcire în exsicator până se obține masă constantă (diferență între două cântăriri consecutive sub limitele instrumentului).



Figura 5.3.Echipamentele utilizate pentru determinarea conținutului de grăsime

5.3.Determinarea conținutului de cenușă

Principiul metodei

Proba de lucru este supusă procesului de calcinare la o temperatură de 750 °C, până la combustia completă a substanței organice. După finalizarea calcinării, se determină masa reziduului mineral (cenușii) prin cântărire analitică.

Pregătirea creuzetelor de calcinare

Creuzetele se introduc în cuptorul de calcinare și se mențin timp de 4 ore la 750 °C pentru a elimina eventualele impurități și urme de umiditate. Înainte de utilizare, creuzetele se scot din cuptor și se lasă să se răcească în exsicator, pentru a evita absorbția umidității din atmosferă. Ulterior, acestea se cântăresc cu o precizie de $\pm 0,1$ mg și se păstrează în exsicator până la utilizare.

Pregătirea probei de lucru



Se cântăresc, cu o precizie de $\pm 0,1$ mg, aproximativ 2,5 g de probă. Proba se transferă în creuzetul pregătit și cântărit anterior, fără tasare, astfel încât să se formeze un strat uniform de material.

Calcinarea probei

Pentru inițierea procesului de ardere, se adaugă o cantitate mică de etanol peste proba de analizat. După ce etanolul și proba s-au ars complet, creuzetul se introduce în cuptorul de calcinare, menținut la 750°C , pentru o perioadă de 4 ore. Calcinarea se consideră completă atunci când întreaga substanță organică, inclusiv particulele reziduale de carbon, a fost combustă.

La final, creuzetul se scoate din cuptor și se introduce în exsicator pentru răcire la temperatura camerei. După răcire, creuzetul cu reziduul de cenușă se cântărește cu o precizie de $\pm 0,1$ mg.



Figura 5.4. Echipamentele utilizate pentru determinarea conținutului de cenușă (creuzet și cuptor de calcinare)

5.4. Determinarea conținutului de zahăr total

Principiul metodei

Metoda se bazează pe proprietatea zaharurilor reducătoare (zahăr invertit) de a reduce sărurile cuproase alcaline la cald, formând oxid cupros (Cu_2O). Cantitatea de oxid cupros format, proporțională cu conținutul de zahăr reducător din probă, este determinată indirect prin titrare iodatometrică: oxidul cupros reduce iodul liber, iar excesul de iod este titrat cu o soluție standard de tiosulfat de sodiu.

Pregătirea probei

Se cântăresc aproximativ 5 g probă, care se transferă cantitativ într-un balon cotat de 250 mL. Se adaugă 150 mL apă caldă ($50\text{--}55^\circ\text{C}$) și se agită periodic (la intervale



de 5 minute) timp de 30 minute, pentru o extracție completă a zaharurilor solubile. După această perioadă, soluția se lasă să se răcească la temperatura camerei.

Pentru clarificare (defecare), se adaugă 5 mL soluție de sulfat de zinc 15% și 5 mL soluție de ferocianură de potasiu 10%. Se agită energic, apoi se completează volumul balonului la semn cu apă distilată, se agită din nou și se lasă în repaus 15 minute pentru decantare.

Dacă filtratul obținut este tulbure, se refiltrează prima porțiune limpede prin hârtie de filtru uscată.

Hidroliza zaharurilor

Se pipetează 50 mL din soluția obținută anterior într-un balon cotat de 100 mL, peste care se adaugă 5 mL acid clorhidric (HCl). Balonul se introduce într-o baie de apă menținută la 68-70 °C și se menține timp de 8 minute, pentru hidrolizarea zaharozei în glucoză și fructoză (zahăr invertit).

După hidroliză, soluția se răcește imediat în apă rece, se adaugă câteva picături de fenolftaleină și se neutralizează cu soluție de hidroxid de sodiu 30%, până la apariția unei colorări roz pal.

Dozarea zahărului invertit

Într-un vas Erlenmeyer de 200-300 mL, se introduc:

- 30 mL din soluția obținută după hidroliză,
- 10 mL soluție cuprică (Fehling I),
- 10 mL soluție alcalină (Fehling II).

Amestecul se aduce la fierbere timp de 2 minute la flacără, pe o sită de azbest prevăzută cu un orificiu central de circa 3 cm diametru, pentru distribuția uniformă a căldurii.

După fierbere, vasul se răcește rapid în curent de apă rece. Se adaugă succesiv 10 mL soluție de iodură de potasiu (KI) și 10 mL acid sulfuric (H₂SO₄).

Soluția se titrează imediat cu soluție de tiosulfat de sodiu 0,1 N, până la trecerea culorii de la brun la galben-deschis. Se adaugă apoi 5 mL soluție de amidon 1%, iar titrarea se continuă până la dispariția culorii brun-albastre, punctul final al reacției.

Se efectuează o determinare martor (blank) în aceleași condiții și cu aceiași reactivi, înlocuind soluția de probă cu aceeași cantitate de apă distilată.

5.5. Determinarea conținutului de sare

Principiul metodei

Determinarea conținutului de sare (NaCl) se bazează pe titrarea ionilor de clorură (Cl⁻) din proba analizată cu soluție standard de azotat de argint (AgNO₃), în prezența cromatului de potasiu (K₂CrO₄) ca indicator. Clorurile reacționează cu ionii de argint formând clorură de argint (AgCl), un precipitat alb insolubil. Punctul final al titrării este indicat prin apariția unei colorații roșu-cărămizii datorate formării



cromatului de argint (Ag_2CrO_4), care semnalează consumarea completă a ionilor de clorură.

Pregătirea probei

Se cântăresc cu precizie de $\pm 0,1$ mg aproximativ 5 g probă, care se transferă cantitativ într-un balon cotat de 250 mL. Se adaugă 100 mL apă distilată și se agită energic până la dizolvarea completă a sării din probă. După dizolvare, se completează volumul balonului la semn cu apă distilată și se agită din nou pentru omogenizare. Dacă proba conține impurități insolubile, soluția se lasă să decanteze și se filtrează prin hârtie de filtru uscată.

Titrare a clorurilor

Se pipetează 25 mL din soluția obținută într-un pahar Erlenmeyer de 250 mL. Se adaugă 1-2 mL soluție de cromat de potasiu 5% (K_2CrO_4), care conferă soluției o nuanță galbenă.

Se titrează cu soluție standard de azotat de argint 0,1 N (AgNO_3), amestecând continuu, până la apariția unei colorații roșu-cărmizii persistente, indicând formarea cromatului de argint și atingerea punctului final. Se efectuează o determinare martor (blank) în aceleași condiții, utilizând apă distilată în locul soluției de probă, pentru a corecta eventualele impurități din reactivi.

5.6. Determinarea conținutului de fibră brută

Principiul metodei

Determinarea conținutului de fibră brută se bazează pe tratarea succesivă a probei cu soluții de acid sulfuric diluat și hidroxid de sodiu diluat, la fierbere, pentru a îndepărta substanțele solubile (proteine, zaharuri, grăsimi, amidon etc.).

Reziduul insolubil rămas, constituit în principal din celuloză, hemiceluloză și lignină, se separă prin filtrare, se spală, se usucă și se calcinează. Prin diferența de masă înainte și după calcinare se determină conținutul de fibră brută din probă.

Pregătirea probei

Se cântăresc, cu o precizie de $\pm 0,1$ mg, aproximativ 2 g de probă mărunțită fin și degresată (dacă este cazul). Proba se transferă cantitativ într-un pahar Erlenmeyer de 600 mL sau într-un balon cu fund rotund.

Etapa I – Hidroliza acidă

Se adaugă 200 mL soluție de acid sulfuric 1,25%. Paharul se conectează la un condensator de reflux și se aduce amestecul la fierbere ușoară.

Se menține fierberea timp de 30 minute, amestecând periodic pentru a preveni depunerea rezidului pe pereții vasului.



După 30 minute, soluția se filtrează printr-un creuzet filtrant sau printr-un strat de tifon inert. Reziduul se spală cu apă caldă distilată până la eliminarea completă a acidului (verificat cu hârtie de turnesol – pH neutru).

Etapă II – Hidroliza alcalină

Reziduul reținut se retransferă în paharul curat, peste care se adaugă 200 mL soluție de hidroxid de sodiu 1,25%. Se reia fierberea sub reflux, în aceleași condiții, timp de 30 minute, cu agitare periodică.

După această etapă, amestecul se filtrează din nou, iar reziduul se spală succesiv cu:

1. Apă fierbinte distilată, până la neutralitate;
 2. 50 mL alcool etilic 95%;
 3. 50 mL eter etilic, pentru îndepărtarea completă a substanțelor solubile.
- Reziduul se usucă în etuvă la 103 ± 2 °C până la masă constantă și se cântărește.

Etapă III – Calcinarea

Creuzetul cu reziduul uscat se introduce în cuptorul de calcinare și se menține timp de 2 ore la 550 ± 25 °C, până la combustia completă a materiei organice.

După calcinare, creuzetul se răcește în exsicator, apoi se cântărește.

5.7. Determinarea acidității

Principiul metodei

Metoda se bazează pe titrarea acidității titrabilă a probei prin neutralizarea acizilor prezenți într-un extras apos al acesteia, cu o soluție standard de hidroxid de sodiu 0,1 N (NaOH), utilizând fenolftaleina ca indicator de viraj.

Punctul final al titrării este atins la apariția unei colorații roz persistente timp de 1 minut, corespunzătoare unui pH de aproximativ 8,3.

Mod de lucru

Se cântăresc, cu o precizie de $\pm 0,1$ mg, 5 g din proba de lucru și se introduc într-un pahar Erlenmeyer. Se adaugă 50 mL apă distilată și se agită energic timp de 5-10 minute, pentru a asigura o extracție completă a acizilor solubili.

După omogenizare, se adaugă 3 picături de soluție de fenolftaleină 1% și se titrează cu soluție de hidroxid de sodiu 0,1 N, până la apariția unei colorații roz pal, care persistă cel puțin 1 minut.

Rezultatele obținute pentru caracterizarea fizico-chimică a făinii obținute din subprodusul rezultat în urma procesului de extracție a sucului de roșii sunt prezentate în Tabelul 5.1.



Tabel 5.1. Caracterizarea fizico-chimică a pulberii de roșii obținută în urma procesului de extracție a sucului de roșii

Parametru	Valoare 1	Valoare 2	Medie	Deviație standard
Umiditate	6,22	6,24	6,23	0,01
Proteine	11,66	11,49	11,58	0,12
Grăsimi	3,51	3,57	3,54	0,04
Glucide din care:	75,72	75,73	75,73	0,01
-zaharuri	4,12	4,11	4,12	0,01
Fibre totale	41,53	41,58	41,56	0,04
Valoare energetică	298,50	297,85	298,18	0,46
Valoare energetică	1241,60	1240,60	1241,10	0,71
Sare	0,61	0,62	0,62	0,01
Aciditate	1,78	1,79	1,79	0,01

Proba analizată prezintă o umiditate redusă (6,23%), ceea ce indică o stabilitate microbiologică crescută și un conținut ridicat de substanță uscată. Conținutul de proteină (11,58%) și grăsime (3,54%) sugerează o valoare nutritivă moderată, în timp ce valoarea ridicată a fibrei brute (41,56%) evidențiază caracterul fibros al materialului analizat, specific probelor vegetale bogate în celuloză.

Conținutul de cenușă (2,93%) reflectă proporția de substanțe minerale, iar nivelul ridicat de glucide (75,73%) contribuie semnificativ la valoarea energetică totală (297,95 kcal/100 g, respectiv 1241,09 kJ/100 g).

Determinările suplimentare au arătat o aciditate titrabilă echivalentă cu 1,79 g acid acetic/100 g produs, un conținut de sare de 0,62% și un conținut de zaharuri totale de 4,12%.

Bibliografie

Bayana, D., & İçier, F. (2024). Effects of process conditions on drying of tomato pomace in a novel daylight simulated photovoltaic-assisted drying system. *Food and Bioprocess Technology*, 17(12), 5000-5022.

Binsuaidan, R., Sultan, A. A., Negm, W. A., Attallah, N. G., Alqahtani, M. J., Hussein, I. A., Shaldam, M.A., El-Sherbeni, S.A., Elekhawy, E. (2022). Bilosomes as nanoplatform for oral delivery and modulated in vivo antimicrobial activity of lycopene. *Pharmaceutics*, 15(9), 1043.

Carvalho, G. C., de Camargo, B. A. F., de Araújo, J. T. C., & Chorilli, M. (2021). Lycopene: From tomato to its nutraceutical use and its association with nanotechnology. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 447-458.

Chabi, I. B., Zannou, O., Dedehou, E. S., Ayegnon, B. P., Odouaro, O. B. O., Maqsood, S., Galanakis, C.M., Kayodé, A. P. P. (2024). Tomato pomace as a source of valuable functional ingredients for improving physicochemical and sensory properties and extending the shelf life of foods: A review. *Heliyon*, 10(3).



Escorcio, R., Bento, A., Tome, A. S., Correia, V. G., Rodrigues, R., Moreira, C. J., ... & Silva Pereira, C. (2022). Finding a needle in a haystack: Producing antimicrobial cutin-derived oligomers from tomato pomace. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 10(34), 11415-11427.

Farinon, B., Felli, M., Sulli, M., Diretto, G., Savatin, D. V., Mazzucato, A., ... & Costantini, L. (2024). Tomato pomace food waste from different variants as a high antioxidant potential resource. *Food Chemistry*, 452, 139509.

Heimler, D., Romani, A., & Ieri, F. (2017). Plant polyphenol content, soil fertilization and agricultural management: A review. *European Food Research and Technology*, 243(7), 1107-1115.

Jamaleddine, A., De Caro, P., Bouajila, J., Evon, P., Haddad, J. G., El-Kalamouni, C., Hijazi, A., Merah, O. (2022). In vitro bioactivities of extracts from tomato pomace. *Frontiers in Bioscience-Landmark*, 27(9), 259.

Lu, Z., Wang, J., Gao, R., Ye, F., & Zhao, G. (2019). Sustainable valorisation of tomato pomace: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 172-187.

Popescu, M., Iancu, P., Plesu, V., Todasca, M. C., & Bildea, C. S. (2019). Effect of different drying processes on lycopene recovery from tomato peels of Crystal variety. *UPB Sci. Bull. Ser. B*, 81, 46-58.

Scaglia, B., Squillace, P., Abbasi-Parizad, P., Papa, G., De Nisi, P., & Tambone, F. (2023). Valorization of the tomato pomace to obtain lycopene, carbohydrates-rich fraction and oil by applying a hydrolytic enzyme-based approach. *Bioresource Technology Reports*, 24, 101693.

Shao, D., Bartley, G. E., Yokoyama, W., Pan, Z., Zhang, H., & Zhang, A. (2013). Plasma and hepatic cholesterol-lowering effects of tomato pomace, tomato seed oil and defatted tomato seed in hamsters fed with high-fat diets. *Food chemistry*, 139(1-4), 589-596.

Singleton V.L, Orthofer R., 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Meth. Enzymol.* 299, 152-178

Soytong, M., Guevarra, P. R., Mateo, J. M. C., & Galvez, H. F. (2021). Evaluation of tomatoes fruits flesh colour, beta-carotene and lycopene content.

SR EN ISO 712-1:2024. Cereale și produse din cereale. Determinarea umidității.

Trombino, S., Cassano, R., Procopio, D., Di Gioia, M. L., & Barone, E. (2021). Valorization of tomato waste as a source of carotenoids. *Molecules*, 26(16), 5062.

Versari A., Parpinello G. P., Mattioli A. U., Characterisation of Colour Components and Polymeric Pigments of Commercial Red Wines by Using Selected UV-Vis Spectrophotometric Methods. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, 2007, 28, p. 610.

Vorobyova, V., Skiba, M., & Vasyliov, G. (2022). Extraction of phenolic compounds from tomato pomace using choline chloride-based deep eutectic solvents. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(2), 1087-1104



6. Determinarea compoziției lipidice (ICIA)

6.1. Determinarea acizilor grași din pielițele de roșii

6.1.1. Extracția lipidelor totale

Procedura a constat în:

- ⇒ cântărirea a $1,000 \pm 0,001$ g de probă uscată (umiditate 2%),
- ⇒ adăugarea a 10 mL amestec solvent metanol:cloroform:apă (2:1:0,8 v/v/v),
- ⇒ agitare 20 min la 400 rpm,
- ⇒ separare de faze prin adăugare suplimentară de cloroform și apă (pentru atingerea raportului final 2:2:1,8),
- ⇒ centrifugare 10 min la 4000 rpm,
- ⇒ colectarea stratului inferior (cloroformic), ce conține lipidele.

Faza lipidică a fost evaporată la 40 °C sub azot până la uscare, iar reziduul gras a fost cântărit pentru determinarea procentului de lipide totale (% w/w).

6.1.2. Transesterificarea acizilor grași (obținerea FAME)

Pentru transformarea acizilor grași în esteri metilici, s-a aplicat metoda următoare:

- ⇒ 50 mg de extract lipidic au fost dizolvate în 2 mL hexan.
- ⇒ S-au adăugat 2 mL de soluție metanolică de KOH 2 N.
- ⇒ Tuburile s-au agitat 2 min și s-au lăsat 10 min la temperatura camerei.
- ⇒ S-a separat stratul organic (hexanic), care conține FAME.

Faza hexanică a fost spălată cu 1 mL apă distilată, apoi uscată peste sulfat de sodiu anhidru și evaporată sub flux de azot la volum final de 1 mL. Extractul final conținând FAME a fost transferat în flacoane GC prevăzute cu sept din PTFE și păstrat la 4 °C până la analiză.

6.1.3. Analiza cromatografică GC-FID

Determinarea FAME a fost realizată pe un sistem Agilent 6890N GC-FID, echipat cu:

- ⇒ coloană capilară ZB-WAX (30 m × 0,25 mm × 0,25 μm),
- ⇒ injector split/splitless la 250 °C,
- ⇒ detector FID la 250 °C,
- ⇒ gaz purtător: heliu (puritate 6.0), debit 1 mL/min,



⇒ volum injecție: 1 µL, split ratio 1:20.

Program de temperatură al cuptorului:

- ⇒ 60 °C (menținut 1 min),
- ⇒ rampă 10 °C/min până la 200 °C (menținut 2 min),
- ⇒ rampă 5 °C/min până la 220 °C (menținut 20 min).

Identificarea acizilor grași s-a realizat prin compararea timpilor de retenție cu standardul Supelco 37 FAME Mix (CRM47885, Sigma-Aldrich).

6.1.4. Calculul compoziției

Compoziția relativă a acizilor grași s-a exprimat în % din totalul FAME detectați, folosind aria de vârf (peak area) pentru fiecare componentă:

$$FA_i(\%) = \frac{A_i}{\sum A_j} \times 100$$

unde:

A_i - aria vârfului corespunzător acidului gras i ,

$\sum A_j$ - suma ariilor tuturor acizilor grași identificați.

Determinările au fost efectuate în triplicat, iar rezultatele raportate ca medie $\pm$ deviație standard (SD).

6.2. Compoziția relativă a acizilor grași (% din total FAME) din pielițele de roșii

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 6.1.

Tabel 6.1. Compoziția relativă a acizilor grași (% din total FAME)

Clasificare	Acid gras	Simbol	Conținut (% $\pm$ SD)
Saturați (SFA)	Miristic	C14:0	0.3 $\pm$ 0.1
	Palmitic	C16:0	12.9 $\pm$ 2.3
	Heptadecanoic	C17:0	0.9 $\pm$ 0.1
	Stearic	C18:0	9.2 $\pm$ 1.0
	Arahidic	C20:0	0.3 $\pm$ 0.1
	Behenic	C22:0	1.8 $\pm$ 0.5
	Lignoceric	C24:0	0.3 $\pm$ 0.1
Total SFA			13.0 $\pm$ 1.5



Mononesaturați (MUFA)	Palmitoleic	C16:1 (n-7)	0.3 ± 0.1
	Oleic	C18:1 (c+t, n-9)	14.2 ± 2.1
Total MUFA			14.5 ± 2.0
Polinesaturați (PUFA)	Linoleic	C18:2 (c+t, n-6)	50.2 ± 5.0
	γ-Linolenic	C18:3 (n-6)	4.0 ± 0.6
	α-Linolenic	C18:3 (n-3)	2.4 ± 0.3
	Eicosadienoic	C20:2 (n-6)	3.1 ± 0.5
Total PUFA			59.7 ± 3.8
Indici derivați	MUFA/SFA		1.1
	PUFA/SFA		4.6
	ω-6/ω-3		22.0 ± 3.0
Total UFA (MUFA + PUFA)			74.2 ± 4.1

Compoziția lipidică a pielitelor de roșii uscate la 2% umiditate evidențiază o predominanță a acizilor grași polinesaturați (PUFA), care reprezintă aproape 60% din totalul acizilor grași determinați. Componentul majoritar al acestei fracții este acidul linoleic (C18:2, n-6), urmat de acidul γ-linolenic (C18:3 n-6) și, într-o proporție mai redusă, de acidul α-linolenic (C18:3 n-3). Acest profil este tipic pentru lipidele de origine vegetală și concordă cu datele din literatură care raportează un conținut de 45-60% C18:2 în pielitele de roșii și alte subproduse derivate din tomate. Prezența acizilor grași oleic (C18:1 n-9) și palmitic (C16:0), în proporții de aproximativ 14% și respectiv 13%, contribuie la stabilitatea oxidativă parțială a fracției lipidice. În comparație cu semințele de roșii, unde oleicul depășește adesea 20-25%, pielitele conțin o fracție mononesaturată mai redusă, reflectând diferențele structurale dintre țesuturile de suprafață (epiderma fructului) și cele de reproducere (semințele bogate în ulei). Conținutul total de acizi grași saturați (SFA), reprezentat în principal de palmitic și stearic, este de aproximativ 13%, ceea ce indică un profil lipidic echilibrat și tipic pentru subprodusele vegetale. Acești acizi grași contribuie la consistența și rezistența termică a fracției grase, fără a domina compoziția, ceea ce este favorabil din punct de vedere nutrițional.

Raportul PUFA/SFA = 4,6 sugerează un potențial cardioprotector, similar cu valorile recomandate pentru uleiurile considerate sănătoase (de exemplu uleiul de floarea-soarelui sau de porumb). În schimb, raportul ω-6/ω-3 ≈ 22 indică o predominanță a acizilor grași din seria n-6, cu un conținut relativ scăzut de ω-3 (α-linolenic). Deși această proporție este comună în materiile vegetale mediteraneene, echilibrarea raportului ω-6/ω-3 prin combinarea pielitelor de roșii cu surse bogate în ω-3 (de exemplu ulei de in, de rapiță sau de cânepă) ar îmbunătăți valoarea nutrițională a unui produs formulat. Din punct de vedere tehnologic, conținutul ridicat de PUFA



conferă o sensibilitate sporită la oxidare, necesitând condiții de procesare blândă și ambalare în atmosferă protectoare. În același timp, prezența compușilor fenolici caracterizați anterior în pielețe acționează sinergic, limitând degradarea lipidică prin efect antioxidant. Astfel, pielețele pot fi considerate o sursă naturală de lipide nesaturate asociate cu antioxidanți naturali, ceea ce le conferă valoare adăugată pentru formularea de ingrediente funcționale.

În contextul valorificării subproduselor agroalimentare, pielețele de roșii reprezintă o sursă potențială de acizi grași nesaturați ($\approx 74\%$), cu valoare adăugată pentru aplicații alimentare, cosmetice sau nutraceutice. La o umiditate stabilizată de 2% și un conținut de grăsime estimat de 1,5-2,0%, concentrația totală de PUFA poate atinge 900-1200 mg/100 g produs, iar acidul linoleic singur contribuie cu peste jumătate din această valoare. Prin urmare, profilul acizilor grași al pielețelor de roșii confirmă potențialul lor ca ingredient funcțional, sursă de acizi grași esențiali, dar și ca indicator chimic de autenticitate în procesele de revalorificare a deșeurilor din industria tomatelor.

7. Analize biochimice (USAMV București)

Tomatele utilizate în industria sucurilor și a pastelor de tomate se diferențiază semnificativ față de tomatele destinate consumului în stare proaspătă, atât din punct de vedere morfologic, cât și biochimic. Aceste soiuri sau hibrizi sunt selectați pentru randamentul ridicat la procesare, conținutul crescut de solide solubile și stabilitatea compușilor bioactivi, în special licopenul și glucidele naturale.

Din punct de vedere morfologic, tomatele industriale sunt în general rotunde sau ușor alungite, cu dimensiuni medii spre mari și pulpă densă, ceea ce permite reducerea conținutului de apă și obținerea unui extract concentrat. Semințele sunt relativ puține, iar pieleța este subțire, facilitând zdrobirea și trecerea prin sita sau presarea mecanică.

Din punct de vedere al compoziției, aceste tomate se caracterizează printr-un conținut ridicat de solid solubil total (Brix 5-7° pentru suc și 20-25° pentru pasta concentrată), cu o proporție mare de glucide care conferă gustul dulce-acidulat al produselor procesate. Conținutul de acizi organici, în special acid citric și malic, asigură un echilibru între dulceață și aciditate, important pentru stabilitatea și gustul sucurilor și pastelor. Totodată, aceste tomate sunt bogate în carotenoizi, în special licopen, un antioxidant puternic care conferă culoarea roșie caracteristică și are beneficii pentru sănătate. Nivelul de licopen poate fi cu 20-30% mai mare decât în tomatele destinate consumului proaspăt, datorită selecției pentru soiuri concentrative. În plus, tomatele pentru scopuri industriale sunt rezistente la manipulare mecanică și transport, pentru



a preveni pierderile de materie primă și degradarea compușilor bioactivi înainte de procesare.

Conținutul în polifenoli la tescovina de tomate se situează în general între 2,28-11,27 mg GAE/ g SU (Farinon și colab., 2024; Blando și colab., 2019). Diferențele în conținutul total de polifenoli pot fi atribuite atât variabilității genetice, cât și condițiilor de mediu, incluzând compoziția minerală a solului, practicile agricole și stresurile bioteice sau abiotice care au intervenit pe parcursul creșterii plantei (Hemler și colab., 2017). În plus, condițiile de procesare utilizate pentru obținerea reziduurilor, precum și solventul de extracție, pot influența nivelul polifenolilor, fie prin îmbunătățirea eficienței extracției, fie prin protejarea acestora împotriva degradării oxidative (Vorobyova și colab., 2022).

În ceea ce privește conținutul de lichen, în literatura de specialitate se găsesc valori cuprinse între 0,14 - 1,44 mg/g SU la tescovina din tomate (Bayana și Icier, 2024; Popescu și colab., 2019; Scaglia și colab., 2023).

În cadrul acestor cercetări a fost folosită tescovină de tomate (rezultată la nivel industrial), furnizată de către Institutul de Bioresurse Alimentare București (partener în cadrul proiectului), care s-a ocupat de uscarea și măcinarea materialului vegetal, la final rezultând o pudră fină (Figura 7.1).



Figura 7.1. Tescovină de tomate

7.1.Substanța uscată/Umiditatea

A fost determinată prin metoda gravimetrică (AOAC 934.06; ISO 712-1:2024), care presupune uscarea materialului vegetal în etuvă la 103-105°C până la atingerea unei mase constante și măsurarea pierderii în greutate, care este calculată ca umiditate. Substanța uscată reprezintă totalitatea substanțelor care rămân după evaporarea apei



din produs. 2-5 g probă se introduc într-o capsulă și se usucă la etuvă. După o perioadă de timp, capsula cu probă se lasă la răcit în exsicator, după care se cântărește capsula cu materialul analizat, operația repetându-se până se ajunge la o masă constantă.

7.2. Compușii cu structura fenolică

Au fost determinați printr-o metodă spectrofotometrică bazată pe reducerea fosfowolframaților și fosfomolibdaților din reactivul Folin-Ciocalteu (Singleton și colab., 1999). Materialul vegetal a fost lăsat la extras în Etanol 40% timp de 10 min într-o baie de ultrasunete. După centrifugare, supernatantul a fost preluat și diluat corespunzător în vederea analizei propriu-zise a polifenolilor totali. Peste extractul diluat adăugat într-un balon brun cotelat s-au adăugat 0,25mL reactiv Folin-Ciocalteu și 4,75 mL apă distilată. După incubare 10 minute la întuneric, s-a adăugat până la cotelă Na_2CO_3 și s-a citit densitatea optică la 750nm. Pentru calcularea rezultatelor, a fost realizată o curba etalon folosindu-se ca standard acid galic.

7.3. Licopenul

A fost determinat printr-o metodă spectrofotometrică la patru lungimi de undă caracteristice pigmentilor vegetali, fapt ce permite înlăturarea interferențelor date de clorofile sau β -caroten (Soytong și colab., 2021). În acest sens, s-a realizat extracția la rece cu solvent de extracție acetona:hexan. La final, probele au fost centrifugate și supernatantelor li s-au citit densitățile optice la 663nm, 645nm (caracteristice pentru clorofile a și b), 505nm (caracteristic pentru licopen) și 453nm (caracteristic pentru β -caroten).

7.4. Conținutul de pesticide

A fost determinat prin cromatografie de lichide (HPLC). Proba de pudră de tomate deshidratate a fost supusă analizei imediat după recepția în laborator. Astfel, într-un pahar Erlenmeyer de 250 mL s-a cântărit o cantitate de 15 g probă măcinată și s-a omogenizat cu 120 mL de amestec apă și acetonitril. Amestecul a fost agitat timp de 20 minute pe un agitator orbital (400 rpm), urmat de adăugarea unui amestec de săruri tampon.

După agitare viguroasă (1 minut manual, 5 minute mecanic), proba a fost centrifugată (5 min, 4000 rpm). S-au transferat 4 mL din extract în tuburi de 15 mL care au fost congelate peste noapte. Extractul a fost filtrat prin filtre seringă de 0.45 μm și analizat prin tehnică HPLC.



Pentru separarea compusilor s-a folosit un sistem Agilent 1200 series dotat cu detector PDA și o coloana Zorbax Eclipse C18, 4.6x100mm, 5 μm. Faza mobilă a constat în canal A: 0.2% acid trifluoracetic în H₂O și B 0.2% acid trifluoracetic în acetonitrile. Temperatura cuptorului a fost de 30°C. Au fost injectați 40 μL cu temperatura autosamplerului de 25°C. Debitul de faza mobilă a fost de 1 mL/min, iar durata analizei a fost de 35 min folosind următorul gradient:

Gradient	Timp, min	%B	Debit (mL/min)
1	0	3	1
2	5	30	1
3	15	30	1
4	20	80	1
5	30	85	1
6	32	100	1
7	32,5	3	1
8	35	3	1

Lungimile de undă utilizate pentru identificarea și cuantificarea compusilor au fost:

Pesticid	RT (min)	Lungime de unda (nm)
Azoxystrobin	20,366	220
lambda-Cyhalothrin (suma izomeri R, S și S, R)	24,9	220



Determinarea pesticidelor fost făcută domeniul de liniaritate de 0,5 -100 µg/mL

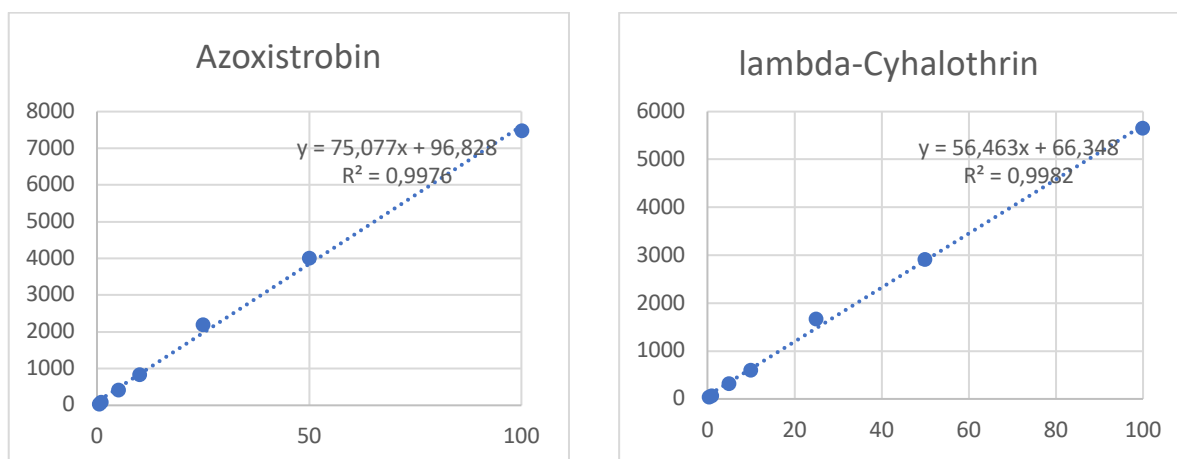


Fig. 7.2.Curbele de etalonare pentru pesticide

Rezultate

Pudra de tomate testată în cadrul acestui studiu a avut compoziția biochimică inclusă în tabelul 7.1.

Tabel 7. 1. Valorile parametrilor biochimici determinați la tescovina de tomate

Proba	SU (%)	Polifenoli (mg GAE/g SU)	Licopen (mg/g SU)
TT	96,21 ± 0,02	5,52 ± 0,17	0,203 ± 0,01

Pentru proba analizata, valoarea **conținutului în polifenoli totali** este considerată moderată comparativ cu literatura de specialitate, iar cel al conținutului de licopen se situează în treimea inferioară a intervalului în care variază datele raportate de alți cercetători (Farinon și colab., 2024; Blando și colab., 2019).

Conținutul de licopen din tomate depinde de varietate, localizarea geografică, tehnica de cultivare și condițiile climatice, crescând pe măsură ce fructul ajunge la maturitate.

Licopenul, datorită structurii sale aciclice, este considerat un puternic antioxidant, studiile (Trombino și colab., 2021; Chabi și colab., 2024; Carvalho și colab., 2021) arătând că abilitatea sa de a neutraliza oxigenul singlet este de două ori mai mare decât cea a β-carotenului.

Numeroase studii (Escorcio și colab., 2022; Chabi și colab., 2024; Binsuwaidan și colab., 2022; Carvalho și colab., 2021) au raportat efecte antimicrobiene pentru



extractele din tescovină cu inhibiție împotriva unor bacterii Gram-pozitive, *Candida* și alte microorganisme. Aceste rezultate susțin utilizarea tescovinei ca agent natural pentru conservare sau ca materie-primă pentru biocide biodegradabile.

Extractele din tescovina de tomate pot avea și activitate antiinflamatorie și efecte modulatorie, precum și potențial anti-diabetic, conform unor studii in vitro (Jamaledine și colab., 2022; Carvalho și colab., 2021; Chabi și colab., 2024) sau chiar in vivo (Lu și colab., 2019; Shao și colab., 2013; Carvalho și colab., 2021).

Selecția pesticidelor incluse în analiza țintită a fost realizată pe baza planurilor de protecție fitosanitară utilizate în culturile de tomate în anul 2025. Au fost luate în considerare substanțele active cel mai frecvent aplicate în aceste culturi, conform înregistrărilor fermierilor și recomandărilor tehnice pentru tratamentele în câmp. De asemenea, s-a ținut cont de nivelurile maxime admise de reziduuri (LMA) stabilite la nivel european pentru fiecare substanță activă, în funcție de tipul de produs (cereale și leguminoase).

Pesticidele selectate sunt utilizate ca insecticide și fungicide, fiind relevante atât din punct de vedere al utilizării curente, cât și al riscului potențial de apariție a reziduurilor în produsul finit. Informațiile privind LMA au fost preluate din cele mai recente reglementări europene (Regulamentele UE privind stabilirea LMA-urilor).

Tabel 7.2. Lista pesticidelor propuse pentru analiza țintită

Substanță activă	Tip substanță	LMA tomate proaspete (mg/kg)	Reglementare
Azoxystrobin	Fungicid	3	(EU) 2025/1305, anex II
lambda-Cyhalothrin (suma izomeri R, S și S, R)	Insecticid	0,07	Reg. (EU) 2025/115, anex II

Procesarea rezultatelor obținute în urma injectiei probei de tomate s-a făcut prin compararea cromatogramei înregistrate pentru amestecul de substanțe standard (Figura 7.4) și cea înregistrată pentru proba de tescovină de tomate (Figura 7.5). După cum se observă, picurile caracteristice celor două substanțe standard nu au fost detectate în proba analizată, indicând lipsa acestora în tescovina de tomate, conform metodei utilizate.

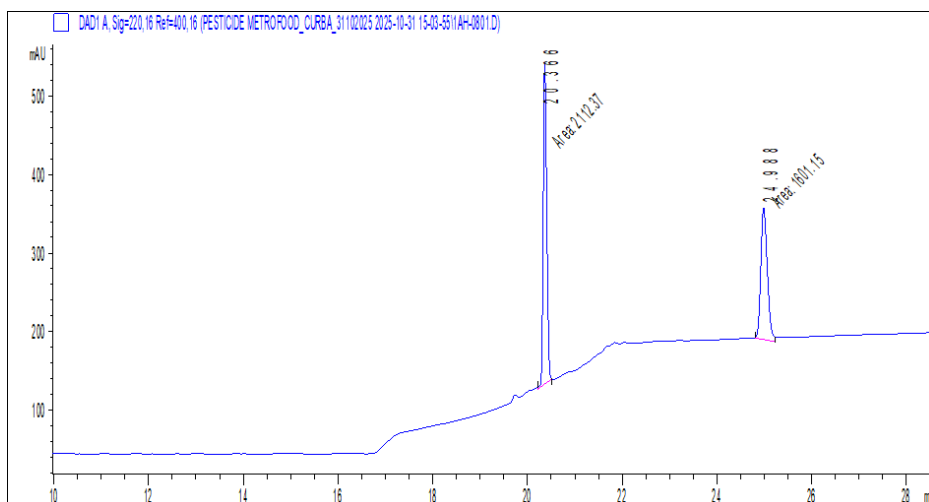


Figura 7.4. Cromatograma standardului de pesticide (25 µg/mL) la lungimea de unda de 220 nm

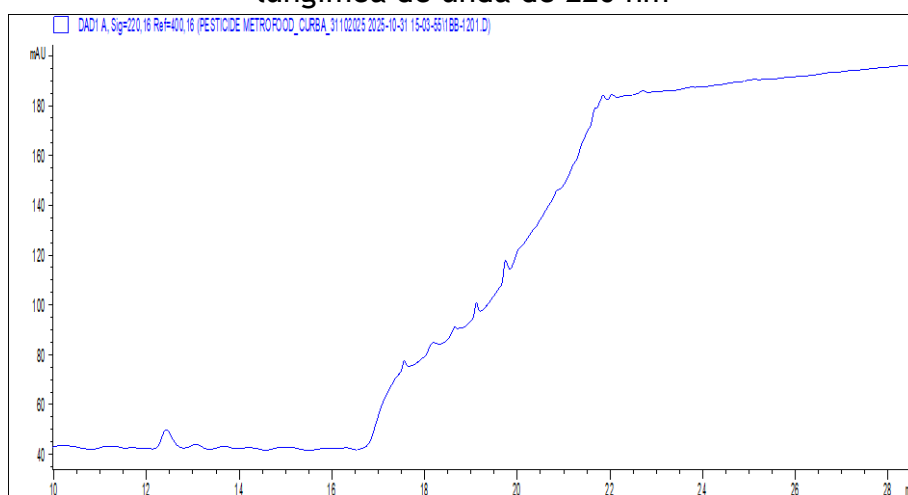


Figura 7.5. Cromatograma probei de tescovina de tomate la lungimea de unda de 220 nm

Bibliografie

Bayana, D., & İcier, F. (2024). Effects of process conditions on drying of tomato pomace in a novel daylight simulated photovoltaic-assisted drying system. *Food and Bioprocess Technology*, 17(12), 5000-5022.

Binsuwaidan, R., Sultan, A. A., Negm, W. A., Attallah, N. G., Alqahtani, M. J., Hussein, I. A., Shaldam, M.A., El-Sherbeni, S.A., Elekhawy, E. (2022). Bilosomes as nanoplatfrom for oral delivery and modulated in vivo antimicrobial activity of lycopene. *Pharmaceutics*, 15(9), 1043.

Carvalho, G. C., de Camargo, B. A. F., de Araújo, J. T. C., & Chorilli, M. (2021). Lycopene: From tomato to its nutraceutical use and its association with nanotechnology. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 447-458.

Chabi, I. B., Zannou, O., Dedehou, E. S., Ayegnon, B. P., Odouaro, O. B. O., Maqsood, S., Galanakis, C.M., Kayodé, A. P. P. (2024). Tomato pomace as a source of valuable functional ingredients for



improving physicochemical and sensory properties and extending the shelf life of foods: A review. *Heliyon*, 10(3).

Escorcio, R., Bento, A., Tome, A. S., Correia, V. G., Rodrigues, R., Moreira, C. J., ... & Silva Pereira, C. (2022). Finding a needle in a haystack: Producing antimicrobial cutin-derived oligomers from tomato pomace. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 10(34), 11415-11427.

Farinon, B., Felli, M., Sulli, M., Diretto, G., Savatin, D. V., Mazzucato, A., ... & Costantini, L. (2024). Tomato pomace food waste from different variants as a high antioxidant potential resource. *Food Chemistry*, 452, 139509.

Heimler, D., Romani, A., & Ieri, F. (2017). Plant polyphenol content, soil fertilization and agricultural management: A review. *European Food Research and Technology*, 243(7), 1107-1115.

Jamaledine, A., De Caro, P., Bouajila, J., Evon, P., Haddad, J. G., El-Kalamouni, C., Hijazi, A., Merah, O. (2022). In vitro bioactivities of extracts from tomato pomace. *Frontiers in Bioscience-Landmark*, 27(9), 259.

Lu, Z., Wang, J., Gao, R., Ye, F., & Zhao, G. (2019). Sustainable valorisation of tomato pomace: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 172-187.

Popescu, M., Iancu, P., Plesu, V., Todasca, M. C., & Bildea, C. S. (2019). Effect of different drying processes on lycopene recovery from tomato peels of Crystal variety. *UPB Sci. Bull. Ser. B*, 81, 46-58.

Scaglia, B., Squillace, P., Abbasi-Parizad, P., Papa, G., De Nisi, P., & Tambone, F. (2023). Valorization of the tomato pomace to obtain lycopene, carbohydrates-rich fraction and oil by applying a hydrolytic enzyme-based approach. *Bioresource Technology Reports*, 24, 101693.

Shao, D., Bartley, G. E., Yokoyama, W., Pan, Z., Zhang, H., & Zhang, A. (2013). Plasma and hepatic cholesterol-lowering effects of tomato pomace, tomato seed oil and defatted tomato seed in hamsters fed with high-fat diets. *Food chemistry*, 139(1-4), 589-596.

Singleton V.L., Orthofer R., 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Meth. Enzymol.* 299, 152-178

Soytong, M., Guevarra, P. R., Mateo, J. M. C., & Galvez, H. F. (2021). Evaluation of tomatoes fruits flesh colour, beta-carotene and lycopene content.

SR EN ISO 712-1:2024. Cereale și produse din cereale. Determinarea umidității.

Trombino, S., Cassano, R., Procopio, D., Di Gioia, M. L., & Barone, E. (2021). Valorization of tomato waste as a source of carotenoids. *Molecules*, 26(16), 5062.

Vorobyova, V., Skiba, M., & Vasyliiev, G. (2022). Extraction of phenolic compounds from tomato pomace using choline chloride-based deep eutectic solvents. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(2), 1087-1104.

8. Determinarea conținutului de metale grele și microelemente (IBA, USVT)

8.1. Determinarea conținutului de metale grele

Principiul metodei: Determinarea conținutului de metale grele și microelemente din produsele alimentare a fost realizată prin spectrometrie de masă cuplată inductiv (ICP-MS), după digestia umedă a probelor în cuptor cu microunde.



Descrierea metodei: Pentru determinarea elementelor, probele bine omogenizate au fost supuse digestiei umede la 220°C în recipiente PTFE folosind un sistem de digestie cu microunde, model Ethos Easy (Milestone) - Figura 8.1. Cantitatea de probă utilizată a fost de maximum 0,29 g. Pentru digestia probelor s-a utilizat un amestec de digestie format din 9 ml de 65% HNO₃ și 1 ml de H₂O₂. Probele mineralizate au fost transferate în baloane cotate de 50 ml și au fost analizate pentru conținutul de contaminanți și microelemente cu ajutorul unui Spectrometru de Masă cu Plasmă Cuplată Inductiv, model NexION 300Q (Perkin Elmer) - Figura 8.2. Proba s-a lucrat în triplicat.



Figura 8.1. Sistem de digestie cu microunde, model Ethos Easy



Figura 8.2. Spectrometru de masă cu plasmă cuplată inductiv (ICP-MS), model NexION300Q

Parametrii de funcționare ai spectrometrului de masă sunt prezentați în Tabelul 8.1.

Tabel 8.1. Parametrii de operare ai Spectrometrului de masă cu plasmă cuplată inductiv

Parametru	Valoare
Generator de radiofrecvență	40 MHz
Radiofrecvență	1000 W
Fluxul de gaz al nebulizatorului	0.91 L/min
Fluxul probei	1.0 mL/min
Poziția torței Z	0.00 mm
CeO/Ce++	0.03
Masa analitică Co, Cu, Zn, Mn, Ni, Fe, Pb, Cd, Cr	59, 63, 66, 55, 60, 57, 208, 111, 52
Numărul de citiri	2
Număr de replicare	3
Etapă de spălare	Timp (45), viteză (± rpm) - 24
Etapă de spălare a probei	Timp (35), viteză (± rpm) - 24
Etapă de citire a probei	Timp (15), viteză (± rpm) - 20

Rezultatele obținute sunt prezentate în Tabelele 8.2 și 8.3.



Tabel 8.2. Conținutul de metale grele din pudra din piețițe de roșii

Proba analizată	Pb (mg/kg) $\pm$ SD	Cd (mg/kg) $\pm$ SD	Cr (mg/kg) $\pm$ SD
pudră din piețițe de roșii	< 0,001	0,239 $\pm$ 0,006	0,724 $\pm$ 0,024

Conținutul de Cd determinat în proba analizată (0,239 $\pm$ 0,006 mg/kg) a fost mai ridicat decât valorile raportate de Donega și colab., 2015 - 0,134 mg/kg și de Elbadrawy și Sello (2016) - 0,200 mg/kg. În mod similar, concentrația de Cr (0,724 $\pm$ 0,024 mg/kg) a depășit concentrațiile raportate de Elbadrawy și Sello, 2016, respectiv 0,600 mg/kg. În ceea ce privește plumbul, spre deosebire de studiile realizate de Donega și colab., 2015 și Elbadrawy și Sello, 2016, care au obținut valori de 0,177 mg/kg și, respectiv, 0,500 mg/kg, în proba analizată în prezentul studiu plumbul nu a fost detectat.

Tabel 8.3.. Conținutul în microelemente al pudrei din piețițe de roșii

Proba analizată	Cu (mg/kg) $\pm$ SD	Zn (mg/kg) $\pm$ SD	Mn (mg/kg) $\pm$ SD	Ni (mg/kg) $\pm$ SD	Co (mg/kg) $\pm$ SD
pudră din piețițe de roșii	6,039 $\pm$ 0,171	9,803 $\pm$ 0,148	0,406 $\pm$ 0,020	1,343 $\pm$ 0,046	0,170 $\pm$ 0,005

Conținutul de Cu (6,039 $\pm$ 0,171 mg/kg) obținut este inferior valorilor raportate de Donega și colab, 2015 - 8,244 mg/kg și Elbadrawy și Sello, 2016 - 11 mg/kg, ceea ce sugerează o absorbție mai redusă a cuprului de către plantele de roșii din care a provenit proba analizată. Rezultatul obținut se încadrează sub limita maximă admisă de 40 mg/kg pentru legume, stabilită de FAO/WHO (Codex Alimentarius, 2019).

Cuprul reprezintă un micronutrient esențial pentru plante, fiind implicat în numeroase procese vitale la nivel celular. Solurile arabile sunt adesea deficitare în micronutrienți, motiv pentru care este necesară utilizarea îngrășămintelor îmbogățite în Cu. Conform studiului efectuat de Lafuente și colab, 2023, deficitul de Cu întârzie modificările de culoare ale fructelor de roșie pe parcursul coacerii, înainte de atingerea maturității fiziologice. Totodată, lipsa acestui element reduce acumularea de licopen și încetinește desfășurarea proceselor caracteristice asociate calității fructului în timpul coacerii. În plus, deficitul de Cu alterează nivelurile de fier (Fe) și mangan (Mn) și determină o creștere a conținutului total de compuși fenolici, flavonoide, acid ascorbic și activitate antioxidantă totală din tomate (Lafuente și colab, 2023).

Concentrația de Zn determinată în proba analizată (9,803 $\pm$ 0,148 mg/kg) este semnificativ mai scăzută comparativ cu valorile raportate de Donega și colab, 2015 – 46 mg/kg și de Elbadrawy și Sello, 2016 – 31,20 mg/kg. Această diferență poate fi



atribuită caracteristicilor solului, tipului de îngrășământ utilizat, pH-ului, precum și condițiilor climatice și tehnologice din timpul creșterii și recoltării tomatelor.

Un nivel redus de Zn la plante încetinește fotosinteza și metabolismul azotului, reduce înflorirea și dezvoltarea fructelor, prelungește perioadele de creștere (ceea ce duce la întârzierea maturării), scade producția și calitatea, precum și eficiența utilizării nutrienților (Prasad și colab, 2021). Deficitul de Zn duce la încetinirea creșterii, scăderea randamentului și întârzierea maturării fructelor, afectând calitatea produselor vegetale (Alloway, 2008).

Având în vedere că doza zilnică recomandată de zinc pentru adulți este de 8-11 mg/zi (EFSA, 2014), pudra de pielite de roșii poate reprezenta o sursă naturală suplimentară de Zn, contribuind benefic la aportul nutrițional zilnic.

Conținutul de Mn determinat în proba analizată ($0,406 \pm 0,020$ mg/kg) a fost inferior valorilor raportate de Elbadrawy și Sello, 2016 – 14 mg/kg, însă se încadrează în intervalul menționat de Chabi și colab, 2024 – 0,5-14 mg/kg. Deși manganul este prezent în cantități semnificative în majoritatea solurilor, disponibilitatea sa pentru plante este influențată de pH și de condițiile de oxigen din sol. Un pH ridicat limitează absorbția manganului prin formarea de oxizi de tip MnO_2 , în timp ce reducerea nivelului de oxigen – cauzată de compactarea solului sau de inundații – favorizează creșterea concentrației formei disponibile Mn^{2+} (Atami.com).

Conform EFSA (2013), aportul zilnic adecvat (AI) de mangan pentru adulți este de 3 mg/zi, iar conținutul determinat în proba analizată demonstrează lipsa contaminării.

În ceea ce privește conținutul de Ni, valoarea obținută a fost mai mare decât cea raportată de Elbadrawy și Sello, 2016 (0,66 mg/kg), însă mai mică decât cea raportată de Donega și colab., 2015 (2,0 mg/kg). Nivelul regăsit se situează în intervalul de concentrații considerate normale pentru produsele vegetale (0,1-2 mg/kg), conform limitelor orientative stabilite de FAO/WHO (Codex Alimentarius, 2019).

Cercetările anterioare arată că Ni tinde să se acumuleze mai intens în părțile exterioare ale fructului (coajă, pielită), comparativ cu pulpa sau semințele, deoarece acolo se produc schimburile ionice cu mediul extern și procesele de transpirație cuticulară. Astfel, pudra din pielite poate conține valori ușor mai mari de Ni decât produsele obținute din pulpă (Elbadrawy și Sello, 2016).

Conținutul de nichel din pudra analizată nu depășește limitele admise pentru legume (10 mg/kg, conform FAO/WHO); indică un risc toxicologic scăzut pentru consumul uman, fiind sub nivelurile considerate problematice pentru aportul zilnic tolerabil (0,013 mg Ni/kg corp/zi, EFSA, 2020).

Nivelul de Co obținut ($0,170 \pm 0,005$ mg/kg) este inferior valorilor maxime admise în produsele alimentare stabilite de Codex Alimentarius (2019), care menționează limite generale pentru metale grele, și sub nivelurile considerate



îngrijorătoare din punct de vedere toxicologic conform EFSA (2020), unde aportul săptămânal tolerabil (TWI) pentru cobalt a fost estimat la 0,007 mg/kg greutate corporală/săptămână. Valoarea regăsită a mai mare decât concentrația raportată de Elbadrawy și Sello, 2016 (0,100 mg/kg).

Un conținut moderat de Co, precum cel observat în proba analizată, poate reflecta condițiile pedologice și sursele naturale de cobalt din sol, influențate de factori precum pH-ul, conținutul de materie organică și prezența altor metale tranzitionale (Kabata-Pendias, 2011; Alloway, 2013). În solurile ușor acide sau cu textură medie, cobaltul este mai disponibil pentru absorbția plantelor, deoarece condițiile redox favorizează menținerea formei divalente (Co^{2+}) solubile (Alloway, 2013). Totuși, acumularea cobaltului în țesuturile vegetale este limitată de mecanismele fiziologice ale plantei, care reglează strict transportul ionilor metalici la nivel celular și mențin echilibrul nutrițional intern (Marschner, 2012).

8.2. Evaluarea conținutului de minerale prin metoda AAS

Determinările au fost efectuate în cadrul USVT.

După recoltare, probele au fost spălate și clătite cu apă distilată. După stoarcerea tomatelor tescovina a fost uscată în etuvă timp de 48 ore, la o temperatură de 110°C. După răcire, o cantitate de 3 g material uscat a fost introdusă într-un creuzet de porțelan la cuptor la o temperatură de 600°C, timp de 12 ore, în vederea calcinării. Cenușa astfel obținută a fost solubilizată în HCl 6M, filtrată și diluată cu apă distilată la balon cotat de 50 ml. Soluția rezultată a fost supusă spectrometriei de absorbție atomică pe un Spectrofotometru VARIAN 240FS, în vederea determinării următoarelor metale, la lungimile de undă corespunzătoare: Cu (324 nm). Cr (357.9 nm). Zn (213.9 nm). K (724 nm). Ca (422.7 nm). Mg (232.2 nm). Din soluția acidă a cenușii, s-a măsurat un volum de 1 ml. s-a introdus într-un balon cotat de 100 ml și s-au adăugat 6 ml soluție molibdat de amoniu, preparată în acid sulfuric și 4 ml soluție clorura stanoasă preparată în acid clorhidric. Soluția astfel obținută a fost supusă spectrometriei UV-VIS pentru determinarea conținutului de fosfor total, la lungimea de undă de 715 nm, utilizând un Spectrofotometru UV-VIS Cintra.

Nr.cr.	Element	Valoare determinată (ppm)
1.	P	2915
2.	K	4039
3.	Ca	677
4.	Mg	1515
5.	Na	46.34



Figura 8.3. Echipamentul utilizat pentru determinare conținut

După cum se poate observa din studiile de literatură, conținutul de metale grele și microelemente din pudra de pielite de roșii poate varia. Acest lucru se datorează mai multor factori, precum: caracteristicile solului, calitatea apei utilizată pentru irigații, soiul de roșie. Stadiul de coacere, practicile agricole utilizate, etc. Solul și apa de irigare sunt determinanți majori: studii care analizează tomate cultivate pe soluri contaminate sau irigate cu apă uzată raportează concentrații relativ mai mari (atât în fruct, cât și în pielite), iar transferul depinde de factori precum pH-ul, salinitatea solului (Ahmed și colab, 2023). Un pH al solului mai scăzut (acid) crește solubilitatea multor metale, făcându-le mai accesibile pentru rădăcinile plantelor. Astfel, pudra din pielite de roșii provenită de la plante cultivate în soluri acide poate avea un conținut mai ridicat de metale grele. De asemenea, o salinitate mai ridicată a solului tinde să crească mobilitatea și disponibilitatea metalelor. Solurile irigate cu ape uzate netratate au prezentat valori mai mari ale conductivității electrice și un pH mai acid, ceea ce a fost corelat cu o acumulare mai ridicată de metale grele în țesuturile de roșii (Ahmed și colab, 2023). Varietatea, stadiul de coacere și practicile agricole influențează distribuția metalelor: anumite soiuri acumulează mai mult din anumite elemente, iar recoltarea timpurie poate reduce concentrațiile. De asemenea, aplicarea îngrășămintelor organice sau a nămolului poate crește inputul de metale (Scancar și colab, 2025). Stadiul de dezvoltare în care are loc recoltarea fructului este esențial: o recoltare timpurie poate diminua acumularea metalelor, deoarece acestea au avut mai puțin timp să se deplaseze în interiorul plantei. În plus, stresul de mediu (precum expunerea la metale grele) poate încetini procesele de creștere și reduce biomasa, însă, în anumite cazuri, poate determina o creștere a concentrației de metale pe unitatea de masă, ca urmare a unei diluții mai reduse (Zhang și colab, 2023).



Bibliografie

Ahmed D.A., Slima D.F., Al-Yasi H.M., Hassan L.M., Galal T.M. Risk assessment of trace metals in *Solanum lycopersicum* L. (tomato) grown under wastewater irrigation conditions. *Environmental Science and Pollution Research*, 2023, 30, 42255-42266.

Alloway, B. J. (2008). *Zinc in soils and crop nutrition* (2nd ed.). International Zinc Association (IZA) & International Fertilizer Industry Association (IFA).

Alloway, B. J. (2013). *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability* (3rd ed.). Springer.

ATAMI - <https://atami.com/blog/cultivation/manganese-plant-deficiency-symptoms-causes-and-solutions>

Chabi I.B., Zannou O., Dedehou E.S.C.A., Ayegnon B.P., Odouaro O.B.O., Maqsood S., Galanakis C.M., Kayode A.P.P. Tomato pomace as a source of valuable functional ingredients for improving physicochemical and sensory properties and extending the shelf life of foods: A review. *Heliyon*, 2024, 10:e25261.

Codex Alimentarius Commission. (2019). *General standard for contaminants and toxins in food and feed (CXS 193-1995, Rev. 8-2019)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) & World Health Organization (WHO). Retrieved from <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>

Donega V., Marchetti M.G., Pedrini P., Costa S., Tamburini E. Valorization of tomato dried peels powder as thickening agent in tomato purees. *J. Food Process Technol*, 2015, 6:511.

Elbadrawy E., Sello A. Evaluation of nutritional value and antioxidant activity of tomato peel extracts. *Arabian Journal of Chemistry*, 2016, 9, 1010-1018.

European Food Safety Authority (EFSA). (2013). *Scientific opinion on dietary reference values for manganese*. *EFSA Journal*, 11(11), 3419. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3419>

European Food Safety Authority (EFSA). (2014). *Scientific opinion on dietary reference values for zinc*. *EFSA Journal*, 12(10), 3844. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3844>

1European Food Safety Authority (EFSA). (2020). *Update of the risk assessment of nickel in food and drinking water*. *EFSA Journal*, 18(2), 6268. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6268>

1Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace Elements in Soils and Plants* (4th ed.). CRC Press.

Lafuente M.T., Sampedro R., Velez D., Romero P. Deficient copper availability on organoleptic and nutritional quality of tomato fruit. *Plant Science*, 2023, 326:111537.

1Marschner, H. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (3rd ed.). Academic Press.

Prasad P.N., Subbarayappa C.T., Ayyappa S., Ramamurthy V. Impact of Zinc Fertilization on Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Yield, Zinc use Efficiency, Growth and Quality Parameters in Eastern Dry Zone (EDZ) Soils of Karnataka, India. *International Journal of Plant & Soil Science*, 2021, 33(7), 20-38

Scancar R.M., Kozlica K., Markovic S., Leban P., Vidmar J., Heath E., Marsic N.K., Zeleznikar S., Scancar J. The Uptake and Translocation of Lead, Chromium, Cadmium, and Zinc by Tomato Plants Grown in Nutrient and Contaminated Nutrient Solutions: Implications for Food Safety. *Toxics*, 2025, 13(9), 738

Zhang X., Zhang C., Zhang Y. Tomato Accumulates Cadmium to a Concentration Independent of Plant Growth. *Horticulture*, 2023, 9(12), 1343.



9. Autentificarea prin determinarea amprente elementale și izotopice a ingredientului alimentar obținut din tescovina de roșii (ITIM)

Diversificarea produselor alimentare și a subproduselor de origine vegetală utilizate în industrie a crescut interesul pentru metode analitice capabile să asigure trasabilitatea și autenticitatea acestora. Subprodusele precum cel rezultat în urma procesului de extracție a sucului de roșii, pot avea o valoare economică și funcțională ridicată, ceea ce face necesară caracterizarea lor riguroasă din punct de vedere al originii și al compoziției. Autentificarea acestor produse necesită instrumente analitice care să evidențieze amprenta specifică a materiei prime. În acest sens, analiza izotopică a carbonului și azotului, corelată cu determinarea compoziției elementale (macro- și microelemente), oferă informații relevante privind originea botanică, condițiile de cultivare și practicile agricole asociate. Aplicarea acestor metode permite diferențierea produselor vegetale și a subproduselor acestora, contribuind la consolidarea trasabilității și la prevenirea etichetării incorecte în lanțul alimentar.

Determinările izotopice permit obținerea unor informații valoroase despre sursele de carbon și azot utilizate în procesul de creștere a plantei, cum ar fi tipul de fertilizare (convențională sau organică) și regimul de apă, care influențează semnătura izotopică a produsului. De asemenea, analiza elementală oferă indicii despre calitatea solului și despre procesele de mineralizare care au avut loc în timpul creșterii plantelor.

În cadrul acestei etape a proiectului, s-a primit în laborator o probă de făină de roșii pentru a determina compoziția elementală și amprenta izotopică a carbonului ($\delta^{13}\text{C}$) și a azotului ($\delta^{15}\text{N}$). Proba a fost depozitată la temperatura camerei (20°C) până la analiză.

9.1. Amprentarea elementală a unui ingredient alimentar

În vederea determinării profilului elemental al unei probe de făină de roșii, a fost supusă digestiei acide (≈ 100 mg probă, 5 mL HNO_3 și 2 mL H_2O_2 într-un sistem de digestie cu microunde SpeedWave ENTRY (Berghof®), echipat cu 10 recipiente din PTFE, Figura 1), utilizând parametrii și setările prezentate în Tabelul 9.1. Soluția „blank” (amestecul de acid azotic și apă oxigenată, fără probă) a fost pregătită identic.

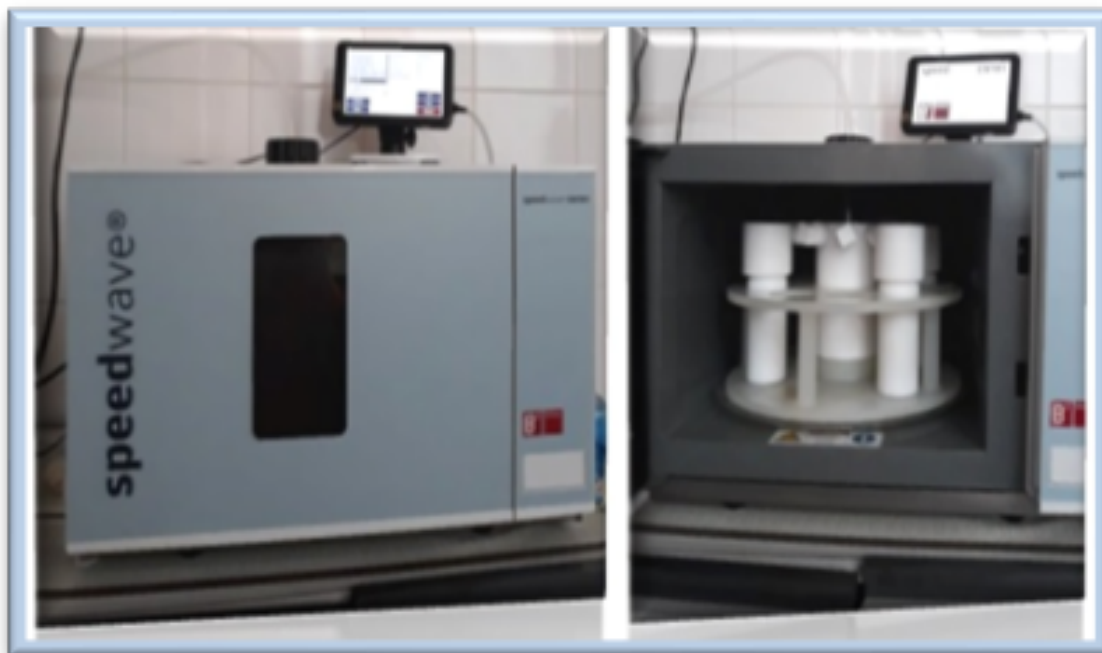


Figura 9.1. Cuptor digestie cu microunde, SpeedWave Entry, Berghof®

Tabel 9.1. Program utilizat pentru digestia acidă a probei de făină de roșii.

Pas	1	2	3	4	5
Rampa (min)	5	5	2	2	2
Timp (min)	10	10	10	5	5
Temperatura (°C)	170	190	210	75	75

După finalizarea programului de digestie, recipientele au fost lăsate să se răcească la temperatura camerei. Ulterior, soluțiile digerate au fost transferate în baloane cotate de 25 mL și completate până la semn cu apă ultrapură. Soluțiile astfel obținute au fost analizate pentru determinarea concentrațiilor **macromineralelor** (Na, Mg, Ca și K) și **micromineralelor** (oligoelemente) (Cu, Mn și Fe) cu ajutorul spectrometrului de absorbție atomică în flacără, ContraAA 800D (Figura 2). În acest scop, s-au utilizat soluții de calibrare preparate prin diluarea succesivă a unui standard multielement de puritate ridicată (multielement standard 3, conținând 10 µg/mL Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, In, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Rb, Se, Sr, Tl, U, V, Zn).



Figura 9.2. Spectrometrul ContraAA 800D de absorbție atomică în flacără utilizat pentru determinarea conținutului elemental.

Concentrațiile macromineralementelor și micro-elementelor determinate în probele analizate: făină de roșii (cod proba 1985-MRT) sunt prezentate în Tabelul 9.2.

Tabel 9.2. Rezultatele amprente elementale.

Cod proba	Concentratia (mg/kg)						
	Na	K	Mg	Ca	Cu	Mn	Fe
1985-MRT	141.7±2.3	9673.3±270.9	1420.1±54.1	2190.7±85.9	3.02±0.03	16.82±0.30	77.01±0.85

În urma analizelor efectuate pentru proba de făină de roșii s-a constatat că K reprezintă cel mai abundent element esențial, urmat de Ca, Mg, Na, Fe, Mn și Cu. Concentrațiile de mangan (16.82 mg/kg) și fier (77.01 mg/kg) indică un potențial nutritiv superior din punct de vedere al oligoelementelor implicate în procese metabolice esențiale.

9.2. Amprentare izotopică a unui ingredient alimentar

Spectrometria de masă de rapoarte izotopice (IRMS - Isotope Ratio Mass Spectrometry) reprezintă o tehnică analitică utilizată pe scară largă pentru a urmări originea materialelor organice în diferite domenii. În ultimii ani, a devenit tot mai importantă și ca instrument pentru problemele de autentificare a alimentelor.



Astfel, amprentarea izotopică a elementelor ușoare reprezintă o metodă de investigare a compoziției (semnăturii sau amprentei) izotopice a substanțelor. Metoda se bazează pe măsurarea rapoartelor dintre izotopii stabili ai unor elemente precum hidrogen ($^2\text{H}/^1\text{H}$), oxigen ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$), carbon ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) și azot ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$), exprimate în notația delta (δ) față de un standard internațional de referință:

$$\delta X = \frac{R_p - R_s}{R_s} 10^3 = \left(\frac{R_p}{R_s} - 1 \right) 10^3 (\text{‰}) \quad (1)$$

unde X - elementul (hidrogen, oxigen, carbon, azot, etc), R_p - raportul izotopic al probei, R_s - raportul izotopic al standardului. Valoarea δ se exprimă în ‰ (per mil). Standardul internațional VPDB, acceptat pentru măsurători izotopice de carbon, este CO_2 obținut dintr-o fosilă, Cretaceous belemnite, din formațiunea Pee Dee din Carolina de Sud și care are valoarea $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}} = 0 \text{ ‰}$. Valorile $\delta^{15}\text{N}$ sunt exprimate în raport cu azotul atmosferic, utilizat ca standard de referință (AIR).

Compoziția izotopică a materialelor vegetale reflectă acțiunea combinată a mai multor factori, printre care se numără semnătura izotopică a surselor de carbon, apă și azot (CO_2 , H_2O , NO_3^-), procesele de absorbție și asimilare ale acestora, precum și condițiile de mediu în care are loc dezvoltarea plantelor, cum sunt clima și altitudinea. În plus, practicile agricole aplicate, inclusiv tipul de fertilizare, pot influența semnificativ valorile izotopice ale țesuturilor vegetale.

Din perspectivă fiziologică, semnătura izotopică a carbonului este direct corelată cu calea fotosintetică utilizată de plantă. În ecosistemele naturale predomină două tipuri principale de metabolism fotosintetic: C3, corespunzător ciclului Calvin, și C4, asociat ciclului Hatch-Slack. Majoritatea speciilor cultivate, inclusiv cele mai multe legume și fructe, aparțin grupului C3, în timp ce porumbul și trestia de zahăr sunt exemple caracteristice de plante C4.

Plantele cu metabolism C3 sunt caracterizate de valori ale $\delta^{13}\text{C}$ situate, de regulă, în intervalul -30 ‰ până la -23 ‰ , în timp ce plantele C4 prezintă valori mai puțin negative, cuprinse între -14 ‰ și -12 ‰ . În contrast cu carbonul, compoziția izotopică a azotului este determinată în principal de natura surselor de nutrienți din sol și de procesele biogeochimice asociate transformării acestora.

9.2.1. Prepararea probelor pentru determinarea amprentelor izotopice ^{13}C și ^{15}N

Pentru a obține amprenta ^{13}C și ^{15}N a probei de făină de roșii, aceasta a fost mai întâi uscată timp de 48 de ore într-un cuptor, la 60°C , pentru a îndepărta apa. Apoi, 5 mg de probă uscată au fost combustionate (3 ore, la 555°C) pentru a obține CO_2 . În acesta secvență s-au utilizat tuburi de pyrex pentru încălcarea probelor, Cu sarmă și CuO ca reactivi, precum și un cuptor B170, Nabertherm. CO_2 rezultat a fost izolat de



ceilalți produși obținuți în urma combustiei prin distilare criogenică și analizat prin spectrometria de masă de rapoarte izotopice (IRMS).



Figura 9.3. Pregătirea probelor pentru combustionare și analiza ^{13}C .

9.2.2. Determinarea amprentelor izotopice

Măsurătorile experimentale pentru determinarea amprenteizotopice a ^{13}C s-au efectuat cu ajutorul unui spectrometru de masă pentru rapoarte izotopice, lucrând în modul “dual inlet”. Determinarea amprenteizotopice a azotului ($\delta^{15}\text{N}$) s-a efectuat cu același spectrometru de masă pentru rapoarte izotopice (Delta V Advantage, Thermo Scientific), dar cuplat cu un analizor elemental. Probele, ambalate în capsule de staniu, au fost supuse combustiei la o temperatură a reactorului de 920°C , folosindu-se heliu de puritate ridicată (6.0) ca gaz purtător, precum și N_2 și O_2 , necesare pentru reacțiile de oxidare și reducere, iar rezultatele au fost raportate relativ la standardul internațional (pentru determinările izotopice de ^{15}N , acest standard este aerul atmosferic a cărui valoare $\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} = 0\text{‰}$).



Figura 9.4. Pregătirea capsulelor cu probe și determinările cu spectrometrul de masă Dela V Advantage

9.2.3. Rezultate experimentale

Rezultatele amprentelor izotopice ale probei de făină obținută din tomate sunt prezentate în Tabelul 9.3.

Tabel 9.3. Ampretele izotopice ale probelor investigate

nr. crt.	Cod proba	Parametru încercat/ rezultat	
		$\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}} (\text{‰})$	$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} (\text{‰})$
1.	1985-MRT	-27.4 ± 0.5	2.1 ± 0.2

Valorile $\delta^{13}\text{C}$ determinate pentru proba analizată indică apartenența la categoria plantelor cu metabolism fotosintetic de tip C3. Acest rezultat este în concordanță cu intervalele caracteristice plantelor C3 raportate în literatura de specialitate și confirmă originea botanică a materialelor analizate. Diferențele dintre valorile $\delta^{13}\text{C}$ raportate și cele măsurate pot fi atribuite variațiilor fiziologice specifice speciilor vegetale, precum și condițiilor de creștere, în special regimului hidric și intensității evaporative.

În ceea ce privește compoziția izotopică a azotului, valoarea $\delta^{15}\text{N}$ a probei de făină de roșii poate indica diferențe în sursele de azot disponibile în sol sau în tipul de fertilizare utilizat. Valoarea redusă a $\delta^{15}\text{N}$ susține utilizarea acesteia ca material de referință relativ omogen, adecvat pentru comparații ulterioare în cadrul proiectului.

Combinarea parametrilor $\delta^{13}\text{C}$ și $\delta^{15}\text{N}$ oferă informații complementare utile pentru caracterizarea materialelor vegetale analizate și evidențiază potențialul acestor determinări în studiile de trasabilitate și autentificare a produselor vegetale și a subproduselor acestora.



10. Evaluarea conținutului de compusi polifenolici și a stabilității acestora (IBA, USVT)

10.1. Prelucrarea pielitelor și procesul de liofilizare

Pentru a păstra integritatea compușilor bioactivi, pielitele au fost supuse unui proces de liofilizare (liofilizator IShin FD5512), o metodă de deshidratare în trei etape: congelare, sublimare și desorbție. Inițial, probele au fost congelate la temperaturi cuprinse între -80 și -83°C pentru a obține cristale de gheață fine, care reduc degradarea celulară și mențin structura materialului [7]. Ulterior, în etapa de uscare primară, apa înghețată a fost eliminată prin sublimare, într-un sistem de vid înaintat, asigurând astfel porozitatea caracteristică pudrelor liofilizate. În ultima etapă, numită uscare secundară, temperatura a fost crescută controlat pentru a îndepărta apa legată, obținând un produs final cu un conținut de umiditate mai mic de 4-10%, ideal pentru stabilitatea compușilor sensibili precum licopenul sau β -carotenul [8]. Întregul proces a avut o durată totală de 24 ore.



Figura 10.1. Pielitele de roșii supuse procesului de liofilizare (liofilizator IShin FD5512)



Pudrele rezultate au fost ulterior măcinate și standardizate din punct de vedere granulometric, pentru a asigura o omogenitate optimă în procesul de extracție. Această metodă de prelucrare minimizează pierderile de compuși volatili sau termolabili și reprezintă un pas esențial pentru obținerea unor extracte de înaltă calitate.



Figura 10.2. Pelițele de roșii liofilizate

10.2. Tehnici de extracție aplicate

Pentru obținerea extractelor, s-au utilizat două tipuri de solvenți organici: etanol 70% și metanol 70%, ambii având polarități ridicate și eficiență bună în extragerea polifenolilor și flavonoizilor. Raportul matrice vegetală:solvent a fost de 1:10. Pentru facilitarea procesului de extracție, s-a optat pentru extracția asistată cu ultrasunete (UAE), o tehnică modernă și eficientă care folosește cavitația acustică pentru a accelera transferul de masă între solvent și matricea vegetală [9]. Parametrii de extracție au inclus o frecvență de aproximativ 35 kHz și o durată a procesului de 30 de minute. Ca metodă de referință, s-a utilizat și agitarea convențională (stirring), o metodă clasică de extracție în care matricea vegetală este amestecată cu solventul pe durata procesului (30 de minute). Consecutiv procesului de extracție, probele au fost centrifugate timp de 15 minute la 6000 rpm.

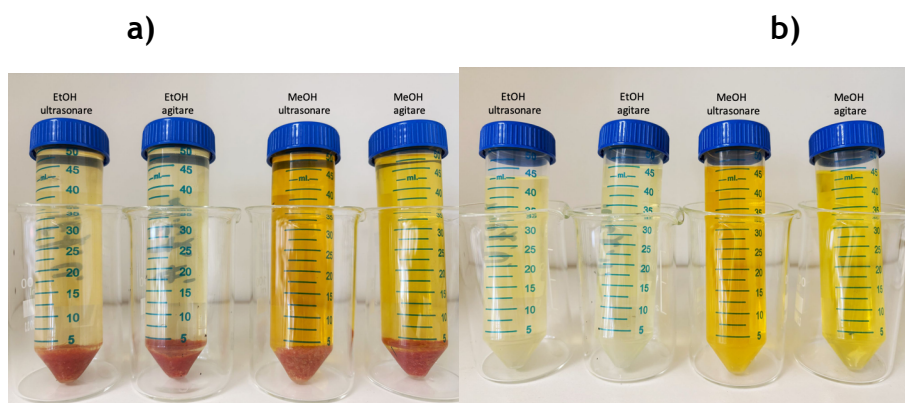


Figura 10.3. Extractele din pelițele de roșii înainte (a) și după centrifugare și separare (b)



Extracția asistată cu ultrasunete (UAE) oferă, în general, randamente superioare comparativ cu extracția prin agitare (AE) sau macerare, în special atunci când se utilizează solvenți polari precum metanolul și etanolul. Conform unui studiu realizat pe biomasa microalgă, extracția prin UAE utilizând metanol a generat cel mai mare randament, urmată de extracția cu etanol asistată de ultrasunete, în timp ce metodele de macerare au condus la randamente semnificativ mai reduse [10]. În ceea ce privește conținutul de polifenoli și flavonoizi, solvenții pe bază de metanol (de exemplu, metanol 70%) determină, în mod constant, concentrații mai ridicate comparativ cu etanolul de aceeași tărie, în special atunci când extracția este realizată prin ultrasonare. Astfel, pentru cojile de ceapă roșie, utilizarea metanolului acidificat și ultrasonare timp de 30 de minute au condus la cea mai mare recuperare de compuși polifenolici, în timp ce extracția cu etanol a arătat performanțe mai reduse și chiar degradarea compușilor bioactivi la timpi de procesare mai lungi [11, 12]. De asemenea, în cazul extracției prin agitare (AE), diferențele dintre solvenți sunt evidente: un studiu pe coji de arahide a evidențiat un conținut de fenoli de 8,43 mg GAE/g pentru metanol, comparativ cu doar 5,94 mg GAE/g pentru etanol, cea mai bună eficiență fiind obținută prin combinarea ultrasunetelor cu agitarea [13]. Rezultate similare au fost raportate și pentru ceaiul verde, unde atât UAE, cât și AE, realizate la 80 °C timp de 20 de minute, au condus la dublarea sau chiar triplarea randamentului de polifenoli și flavonoide față de metodele convenționale, fără diferențe majore între cele două tehnici atunci când parametrii de extracție sunt echivalenți [14]. În concluzie, UAE utilizând metanol se dovedește a fi cea mai eficientă metodă pentru obținerea unui randament ridicat și a unui conținut maxim de polifenoli. Etanolul, deși mai puțin eficient, poate fi preferat pentru aplicații ce necesită un solvent mai puțin toxic, însă performanța sa este îmbunătățită considerabil prin utilizarea ultrasunetelor. În schimb, extracția prin agitare necesită timp și temperaturi mai mari pentru a obține rezultate comparabile cu UAE.

10.2. Determinarea conținutului de polifenoli totali

Polifenolii, produși secundari de metabolism ai plantelor, au capacitatea de a reacționa cu reactivi redox specifici. Conținutul de polifenoli totali a fost analizat prin metoda Folin-Ciocalteu, o reacție colorimetrică bazată pe reducerea complexului fosfomolibdenic-fosfotungstic, rezultând un compus albastru măsurat spectrofotometric la 765 nm. S-a optat atât pentru **macrometodă** (0,2 mL probă; 1,0 mL reactiv Folin-Ciocalteu 1:10; 0,4 mL Na₂CO₃ 7,5%), cât și pentru **micrometodă** (25 μL probă; 125 μL reactiv Folin-Ciocalteu 1:10; 100 μL Na₂CO₃ 7,5%). Pentru asigurarea preciziei, în cazul ambelor metode s-a realizat o calibrare în nouă puncte prin utilizarea standardului de acid galic (1 mg/mL). Linearitatea curbei de calibrare a fost



verificată prin analizarea în doisprezece replicări a unor puncte de concentrație, calculându-se deviația standard pentru validarea reproductibilității.

Tabel 10.1. Cele nouă puncte de calibrare și codificarea aferentă

Nr. crt.	Concentrație probă	Cod micrometodă	Cod macrometodă
1.	10 µg/mL	A ₁ , A ₂ , A ₃	A ₁
2.	15 µg/mL	B ₁ , B ₂ , B ₃	A ₂
3.	25 µg/mL	C ₁ , C ₂ , C ₃	A ₃
4.	35 µg/mL	D ₁ , D ₂ , D ₃	A ₄
5.	50 µg/mL	E ₁ , E ₂ , E ₃	A ₅
6.	60 µg/mL	F ₁ , F ₂ , F ₃	A ₆
7.	70 µg/mL	G ₁ , G ₂ , G ₃	A ₇
8.	85 µg/mL	H ₁ , H ₂ , H ₃	A ₈
9.	100 µg/mL	A ₄ , A ₅ , A ₆	A ₉

Cele nouă puncte de concentrație de pe dreapta de calibrare au fost pipetate respectând aceleași condiții experimentale aplicate probelor analizate, utilizând aceleași instrumente, proceduri și parametri de lucru. Această abordare standardizată a fost aleasă pentru a asigura comparabilitatea datelor obținute și pentru a reduce potențialele variații determinate de factori externi sau de manipularea probelor. Prin menținerea uniformității condițiilor de lucru, s-a urmărit garantarea acurateții măsurătorilor și obținerea unor rezultate reproductibile, relevante pentru interpretarea finală a experimentului.

a)

b)

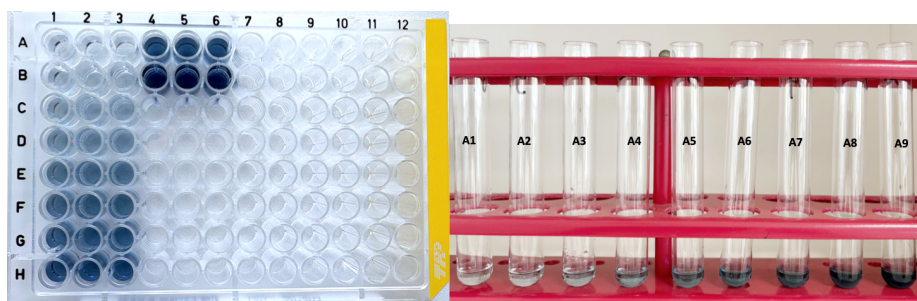


Figura 10.4. Cele nouă puncte de calibrare analizate prin micrometodă (a) și macrometodă (b)



Densitățile optice obținute pentru cele două metode, la 760 nm, în triplicat se regăsesc în Tabelul 10.2, respectiv Tabelul 10.3.

Tabel 10.2. Cele nouă puncte de calibrare și densitățile optice obținute pentru micrometodă

Nr. crt.	Concentrație probă	DO citire 1	DO citire 2	DO citire 3
1.	10 µg/mL	0.1387	0.1370	0.1373
2.	15 µg/mL	0.1762	0.1785	0.1786
3.	25 µg/mL	0.2534	0.2532	0.2529
4.	35 µg/mL	0.3233	0.3241	0.3233
5.	50 µg/mL	0.4272	0.4336	0.4328
6.	60 µg/mL	0.5100	0.5115	0.5107
7.	70 µg/mL	0.5773	0.5745	0.5773
8.	85 µg/mL	0.6928	0.6920	0.6931
9.	100 µg/mL	0.7999	0.7932	0.8036

Tabel 10.3. Cele nouă puncte de calibrare și densitățile optice obținute pentru macrometodă

Nr. crt.	Concentrație probă	DO citire 1	DO citire 2	DO citire 3
1.	10 µg/mL	0.1582	0.1579	0.1582
2.	15 µg/mL	0.2173	0.2175	0.2179
3.	25 µg/mL	0.3575	0.3580	0.3583
4.	35 µg/mL	0.4884	0.4888	0.4889
5.	50 µg/mL	0.6674	0.6683	0.6685
6.	60 µg/mL	0.7959	0.7973	0.7976
7.	70 µg/mL	0.9163	0.9169	0.9175
8.	85 µg/mL	1.1168	1.1180	1.1194
9.	100 µg/mL	1.3176	1.3183	1.3190



În urma introducerii valorilor densitațiilor optice obținute prin micrometodă pe curba de etalonare, s-a obținut un coeficient de corelație (r^2) egal cu 0,9999, iar rezultatele aferente determinării conținutului de polifenoli totali sunt calculate prin raportarea la concentrațiile de pe curba etalon, respectiv la ecuația dreptei liniare de tipul $y=mx+b$. Curba de etalonare pentru micrometodă este reprezentată în Figura 10.5.

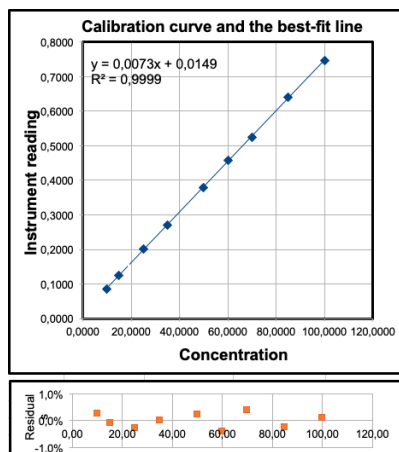


Figura 10.5. Reprezentarea grafică a curbei de calibrare obținută prin micrometodă

În urma introducerii valorilor densitațiilor optice obținute prin macrometodă pe curba de etalonare, s-a obținut un coeficient de corelație (r^2) egal cu 0,9997, iar rezultatele aferente determinării conținutului de polifenoli totali sunt calculate prin raportarea la concentrațiile de pe curba etalon, respectiv la ecuația dreptei liniare de tipul $y=mx+b$.

Curba de etalonare pentru macrometodă este reprezentată în Figura 7.6.

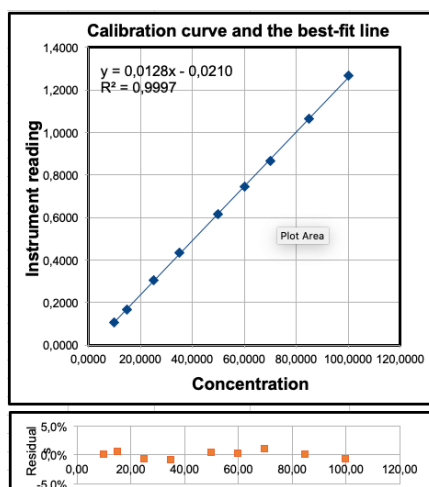


Figura 7.6. Reprezentarea grafică a curbei de calibrare obținută prin macrometodă



În ceea ce privește linearitatea, pe micrometodă, consecutiv realizării celor 10 replicare pe concentrația de 150 $\mu\text{g/mL}$, 50 $\mu\text{g/mL}$, respectiv 10 $\mu\text{g/mL}$ s-au calculat următoarele variabile: media, deviația standard, coeficient de variație %, interval de încredere. Rezultatele obținute se regăsesc în Tabelul 10.4.

Tabel 10.4. Valorile parametrilor calculați pentru cele 10 repetări (pentru micrometodă)

	Medie	Dev. std.	Coef. de variație (%)	Interv. încredere
150 $\mu\text{g/mL}$	1.1260	0.0037	0.33	95%
50 $\mu\text{g/mL}$	0.5154	0.0025	0.48	
10 $\mu\text{g/mL}$	0.1370	0.0014	1.05	

De asemenea, dintr-o perspectivă statistică, pentru micrometodă a fost realizat și testul Shapiro-Wilk. Valorile obținute precum și interpretarea acestora se regăsesc în Tabelul 10.5. Pentru micrometodă, distribuția datelor se regăsește în Figura 10.7.

Tabel 10.5. Valoarea p pentru cele 10 repetări (pentru micrometodă)

Test	Valoare p	Interpretare
Shapiro-Wilk (150 $\mu\text{g/mL}$)	0.8977	Datele sunt normal distribuite ($p > 0.05$)
Shapiro-Wilk (50 $\mu\text{g/mL}$)	0.9698	
Shapiro-Wilk (10 $\mu\text{g/mL}$)	0.8756	

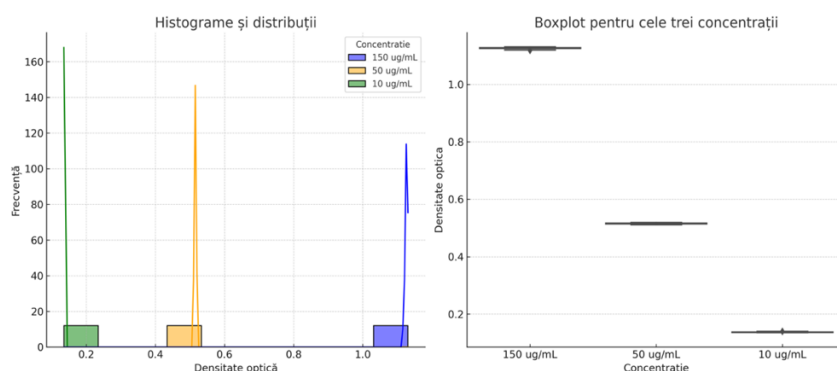


Figura 10.7. Distribuția datelor pentru cele 10 repetări pe 3 concentrații (micrometodă)



În urma analizei statistice a datelor obținute pe micrometodă pentru cele 12 repetări la 150 $\mu\text{g/mL}$, 50 $\mu\text{g/mL}$ și 10 $\mu\text{g/mL}$, se pot concluziona următoarele aspecte:

- toate cele trei serii au o distribuție aproximativ normală ($p > 0.05$ în testul Shapiro-Wilk);
- Valorile sunt distribuite clar între concentrații, iar boxplot-ul arată o separare bună între grupuri;
- intervalele de încredere sunt înguste, indicând o variabilitate scăzută și o precizie ridicată – un aspect important pentru validarea metodei spectrofotometrice.

Parametrii de linearitate au fost calculați și pentru **macrometodă**, consecutiv realizării celor 10 replicare pe concentrația de 150 $\mu\text{g/mL}$, 50 $\mu\text{g/mL}$, respectiv 10 $\mu\text{g/mL}$. Valorile obținute se regăsesc în Tabelul 10.6.

Tabel 10.6. Valorile parametrilor calculați pentru cele 10 repetări (pentru macrometodă)

	<i>Medie</i>	<i>Dev. std.</i>	<i>Coef. de variație (%)</i>	<i>Interv. încredere</i>
150 $\mu\text{g/mL}$	1.8893	0.00107	0.06	95%
50 $\mu\text{g/mL}$	0.6677	0.00054	0.08	
10 $\mu\text{g/mL}$	0.1585	0.00042	0.26	

De asemenea, dintr-o perspectivă statistică, pentru macrometodă a fost realizat și testul Shapiro-Wilk. Valorile obținute precum și interpretarea acestora se regăsesc în Tabelul 10.7. Pentru micrometodă, distribuția datelor se regăsește în Figura 10.8.

Tabel 10.6. Valoarea p pentru cele 10 repetări (pentru macrometodă)

<i>Test</i>	<i>Valoare p</i>	<i>Interpretare</i>
Shapiro-Wilk (150 $\mu\text{g/mL}$)	0.5337	Datele sunt normal distribuite ($p > 0.05$)
Shapiro-Wilk (50 $\mu\text{g/mL}$)	0.5114	
Shapiro-Wilk (10 $\mu\text{g/mL}$)	0.0739	



În urma analizei statistice a datelor obținute pe macrometodă pentru cele 12 repetări la 150 µg/mL, 50 µg/mL și 10 µg/mL, se pot concluziona următoarele aspecte:

- precizie excelentă la toate cele trei concentrații testate;
- repetabilitate ridicată ($RSD < 1\%$);
- distribuții normale pentru toate replicările;
- intervalele de încredere sugerează stabilitate și predictibilitate a semnalului optic.

Consecutiv demonstrării intermediare a validității metodei, atât pe micro-, cât și pe macrometodă, conținutul de polifenoli totali a fost determinat din cele patru probe de pielețe de roșii, respectiv:

- EtOH ultrasonare
- EtOH agitare
- MeOH ultrasonare
- MeOH agitare

Rezultatele obținute se regăsesc în Tabelul 10.7.

Tabel 10.7. Conținutul total de polifenoli (mg GAE/g) rap. la s.u obținuți prin micro- și macrometodă

Denumire probă	Conținut polifenoli micrometodă	Conținut polifenoli macrometodă
<i>EtOH ultrasonare sp.</i>	8,910±0,376	8,760±0,552
<i>EtOH agitare sp.</i>	7,552±0,607	7,113±0,614
<i>MeOH ultrasonare sp.</i>	9,157±0,798	9,291±0,1,051
<i>MeOH agitare sp.</i>	8,075±0,326	8,009±0,497

Pentru fiecare probă analizată prin micrometoda, a fost realizată o determinare suplimentară prin fortificare (spike), constând în adăugarea unei cantități cunoscute de standard de acid galic (50 µg/mL). Această etapă a avut ca scop evaluarea eficienței metodei analitice prin calculul procentului de recuperare. Proba fortificată a fost supusă acelorași condiții de extracție și analiză ca și probele nefortificate, iar conținutul total de flavonoizi a fost determinat spectrofotometric. Recuperarea a fost calculată comparând cantitatea adăugată cu diferența dintre valoarea obținută pentru proba spike și valoarea medie a probei inițiale, oferind astfel o estimare a acurateții metodei utilizate.



Tabel 10.8. Valorile de recuperare (%) obținute în urma fortificării probelor

Denumire probă		Grad de recuperare (Recovery %)
<i>EtOH ultrasonare sp.</i>	Fortificare (spike) 50 µg/mL	95,68
<i>EtOH agitare sp.</i>		101,46
<i>MeOH ultrasonare sp.</i>		97,90
<i>MeOH agitare sp.</i>		92,72

Conform cerințelor specificate în documentul [AOAC SMPR® 2015.009](#), pentru polifenoli totali (prin metoda Folin-Ciocalteu) un interval de recuperare acceptabil este între 80-110%. Această marjă asigură că metoda este suficient de precisă pentru a cuantifica compușii fenolici din probe diverse, fără interferențe majore sau pierderi sistematice. Pentru probele analizate, toate valorile de recuperare se încadrează în intervalul acceptabil, ceea ce indică o bună acuratețe a metodei analitice utilizate pentru determinarea polifenolilor totali. Acest lucru susține aplicabilitatea metodei în analiza extractelor din plante, fie obținute prin ultrasonare, fie prin agitare. Urmeaza a se efectua gradul de recuperare si pentru macrometoda.

În continuare se va proceda la validarea celor doua metode prin participarea la teste de intercomparare, evaluarea incertitudinii de măsură si a altor parametrii de validare.

10.3. Determinarea conținutului de flavonoizi totali

Conținutul total de flavonoizi pentru cele patru probe (EtU, EtA, MeU, MeA) a fost determinat prin metoda cu $AlCl_3$. Metoda de determinare spectrofotometrică bazată pe formarea complexului de aluminiu este cea mai utilizată metodă pentru analiza conținutului de flavonoizi din matricile vegetale. Reacția are loc în prezența azotitului de sodiu ($NaNO_2$) într-un mediu alcalin. La baza reacției este mecanismul de nitrare al oricăruia inel aromatic ce are în structura sa o grupare catecol cu trei sau patru poziții nesubstituite, disponibile din punct de vedere steric. După adăugarea de $AlCl_3$ are loc formarea unui complex de culoare galbenă, care, la adăugarea NaOH se transformă în roșu-vișiniu.



a)



b)



Figura 10.8. Cele patru probe de pielite de roșii (EtU, EtA, MeU, MeA) în prima etapă de a reacției colorimetrice (a), respectiv în etapa finală (b)

Valoarea absorbanței acestui complex poate fi citită spectrofotometric la o lungime de undă egală cu 510 nm. În ceea ce privește utilizarea standardului de referință, s-a optat pentru folosirea rutinei (1 mg/ml) și prepararea a șase soluții: 0 $\mu\text{g/ml}$, 62,6 $\mu\text{g/ml}$, 125 $\mu\text{g/ml}$, 250 $\mu\text{g/ml}$, 500 $\mu\text{g/ml}$ și 1000 $\mu\text{g/ml}$.

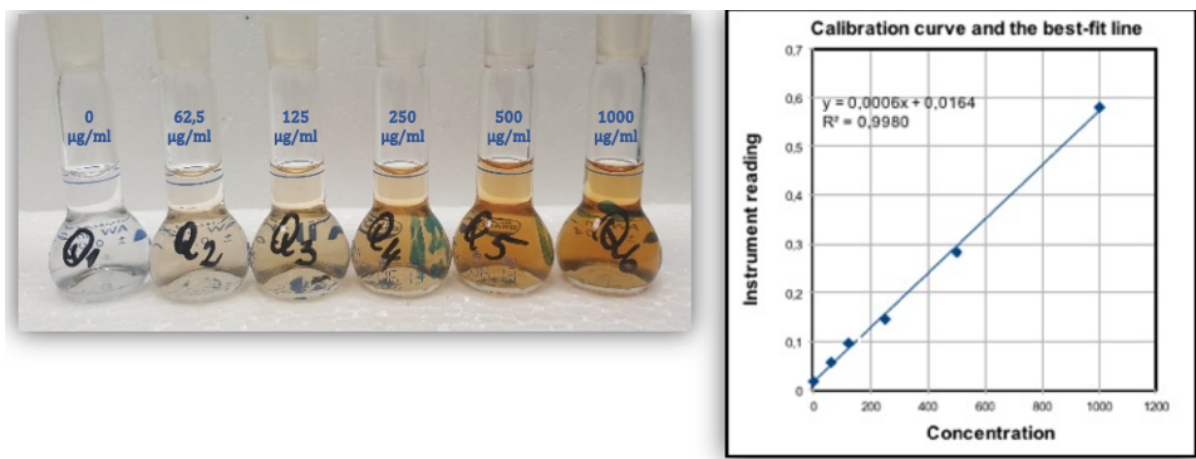


Figura 10.9. Cele șase concentrații (Q1-Q6) ale standardului de rutină și curba de etalonare cu un coeficient de corelație $R^2 = 0,9980$



Rezultatele obținute pentru determinarea conținutului de flavonoizi totali din cele patru probe de pielite de roșii se regăsesc în Tabelul 10.9.

Tabel 10.9. Rezultatele obținute pentru conținutul de flavonoizi totali

Denumire probă	Conținut flavonoizi totali $\mu\text{g/mL}$		
	Trei replicări pentru fiecare probă		
<i>EtOH ultrasonare</i>	84.90	84.97	85.64
<i>EtOH agitare</i>	57.81	56.89	56.40
<i>MeOH ultrasonare</i>	526.67	526.11	526.36
<i>MeOH agitare</i>	490.31	490.50	492.80

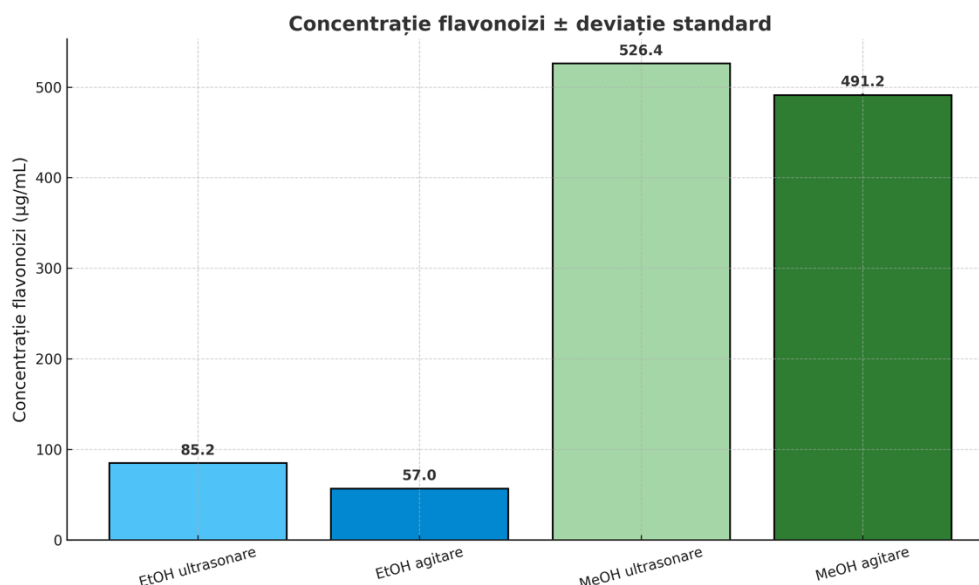


Figura 10.10. Reprezentarea grafică a concentrațiilor de flavonoizi totali obținute pentru cele patru probe de pielite de roșii

Din figura 10 se poate observa faptul că metanolul (MeOH) este **semnificativ mai eficient** decât etanolul (EtOH) pentru extragerea flavonoizilor, indiferent de metoda folosită. Acest lucru este în concordanță cu literatura, care arată că metanolul are o polaritate mai mare, favorizând dizolvarea compușilor fenolici și flavonoidelor. Ultrasonarea a condus la randamente superioare în ambele cazuri (EtOH și MeOH), deoarece crește eficiența extracției prin cavitare acustică, rupând pereții celulari și eliberând compuși activi.



Bibliografie

1. FAO, *Global Tomato Production Statistics*, 2023.
2. López-Yerena A. et al., "Phenolic profile of tomato by-products," *J. Agric. Food Chem.*, 2022.
3. Cuccurullo G. et al., "Polyphenols and carotenoids in tomato waste," *Food Chem.*, 2021.
4. Profit.ro, "România produce cele mai scumpe roșii din lume," 2025.
5. ReportLinker, "Tomato consumption forecast for Romania," 2024.
6. CBI/EU, "Romania tomato import statistics," 2022.
7. Nowak D., Jakubczyk E., "Freeze-Drying - Principles and Applications," *Foods*, 2020.
8. Ratti C., "Freeze drying of foodstuffs - Retention of bioactives," *J. Food Eng.*, 2001.
9. Sengkhampan N. et al., "Ultrasound-Assisted Extraction of bioactives from tomato peels," *IOP Conf. Series*, 2019.
10. Ren, X., Li, M., Zhao, Y., Zhang, S., & Wang, Y. (2025). *Impact of extraction techniques and solvent system on Scenedesmus parvus extracts*. *Food Analytical Methods*, 18(2), 146-158.
11. Kim, J., Park, J., & Kim, H. (2017). *Optimization of polyphenol extraction from onion peel using ultrasonic-assisted extraction*. *Applied Biological Chemistry*, 60(4), 437-446.
12. Kim, J., & Kim, H. (2017). *Effect of solvent polarity on the extraction of flavonoids and antioxidants from onion peels*. *Journal of Applied Biological Chemistry*, 60(2), 191-199.
13. Zhou, K., & Yu, L. (2011). *Total phenolic contents and antioxidant properties of peanut skins and their extracts*. *Journal of Food Science*, 76(3), C447-C451.
14. Chen, M., Zhao, Y., & Yu, S. (2018). *Comparison of ultrasound-assisted and conventional extraction of polyphenols from green tea*. *Food Chemistry*, 249, 125-131.

10.4. Evaluarea stabilității conținutului de polifenoli totali la depozitare

Astfel a fost realizată o probă experimentală de făină pilot, obținută din subprodusul rezultat în urma procesului de extracție a sucului de roșii, având ca obiectiv evaluarea conținutului de polifenoli totali, în vederea identificării potențialului său de valorificare în produse alimentare funcționale. Proba a fost depozitată în condiții controlate, respectând parametrii optimi de temperatură, umiditate și protecție împotriva expunerii la lumină, pentru a preveni eventualele modificări oxidative sau degradarea compușilor bioactivi. Aceasta a fost supusă unor analize periodice cu privire la determinarea conținutului de polifenoli totali, utilizând metode spectrofotometrice, pentru a monitoriza evoluția concentrației de compuși fenolici totali și pentru a determina stabilitatea acestora pe parcursul depozitării.

Procedura de extracție pentru determinarea conținutului de polifenoli totali

S-a cântărit o cantitate de 0.1 g probă peste care s-a adăugat un volum de 10 ml de solvent de extracție (metanol 80%). Extractele au fost obținute prin vortexare (Vortex Multi reax, Heidolph Instruments, Schwabach, Germany) la temperatura camerei timp



de 4 ore. După vortexare, acestea au fost centrifugate timp de 30 minute la 10.000 rotații pe minut (rpm) la o temperatură de 4°C pentru a îndepărta reziduurile.



Figura 10.11. Făină pilot obținută din subprodusul rezultat în urma procesului de extracție a sucului de roșii, pastrata în flacon brun

Pentru a optimiza extracția compușilor polifenolici, peste reziduul rămas a fost adăugat un volum de 10 mL metanol și supus unui proces suplimentar de vortexare timp de 1 oră. Ulterior, amestecul a fost centrifugat la 10.000 rpm, timp de 30 de minute, la o temperatură controlată de 4°C, pentru a asigura o separare eficientă a fracției lichide.

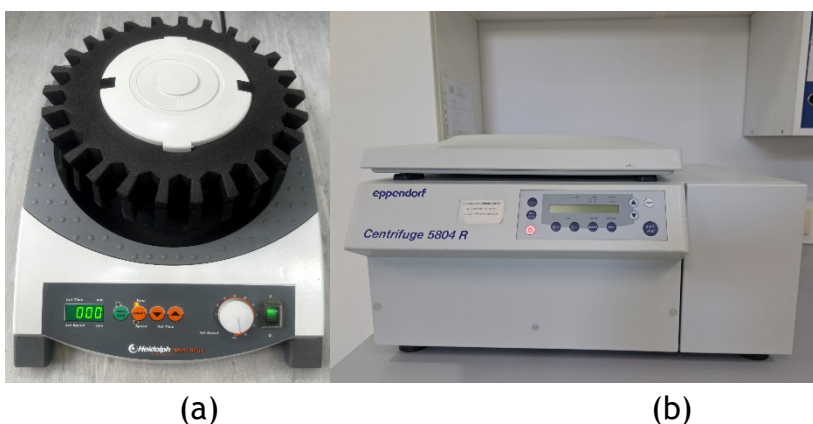


Figura 10.12. Echipamentele utilizate pentru obținerea extractelor (a) vortex, (b) centrifugă



Determinarea conținutului de polifenoli totali

Principiul testului F-C constă în reducerea reactivului Folin-Ciocalteu în prezența substanțelor fenolice, rezultând producerea de albastru de molibden-tungsten care este măsurat spectrofotometric la 752 nm, iar intensitatea crește liniar odată cu concentrația de fenolici în mediul de reacție.

Conținutul total de compuși polifenolici a fost determinat prin metoda Folin-Ciocalteu (Wojdylo și col., 2007), adaptată la condițiile de lucru din laborator. Pe scurt, 500 μ L extract metanolic a fost amestecat cu 5 ml reactiv Folin-Ciocalteu 1:15 și 500 μ L carbonat de sodiu 20%. După 20 minute de incubare la temperatura camerei, la întuneric, compusul albastru colorat dezvoltat a fost măsurat spectrofotometric la 752 nm utilizând un spectrofotometru (Specord 210 UV-VIS, Analytic Jena, Germania). S-a realizat o curbă standard folosind diferite concentrații (0.005-0.175 mg/mL) de acid galic în aceleași condiții cu proba ($R^2=0,9999$). Rezultatele au fost exprimate în mg miliechivalenți acid galic/100 g (mg GAE/100g) (Figura 10.13).

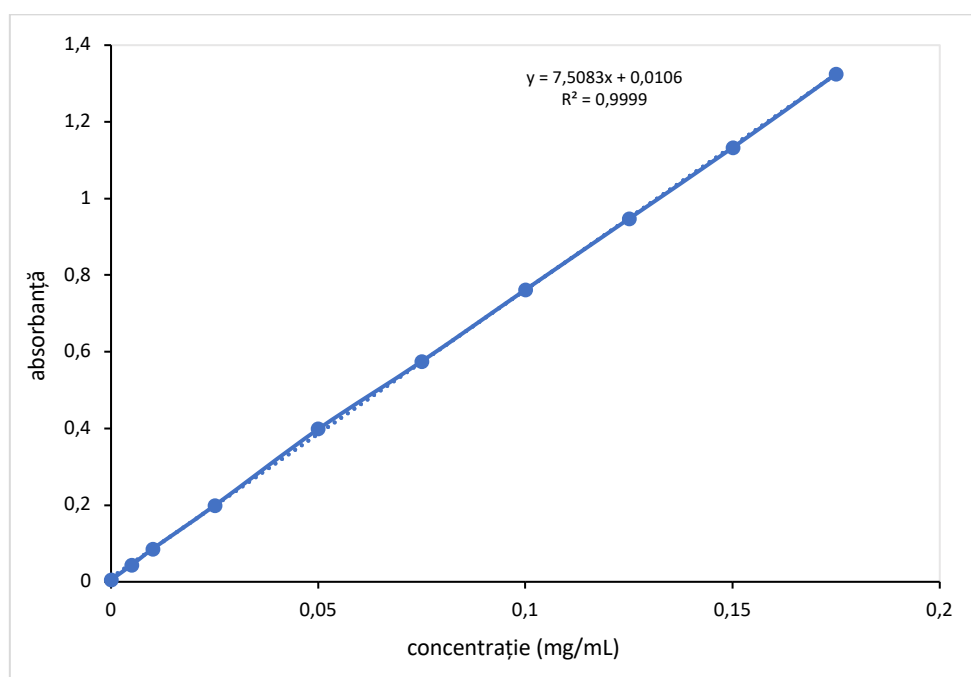


Figura 10.13. Curba de calibrare utilizată pentru determinarea compușilor fenolici

Din flacon au fost prelevate probe reprezentative ale materialului analizat, fiecare determinare fiind realizată în dublu, în vederea evaluării conținutului de polifenoli totali. Analiza în dublu a permis verificarea preciziei metodei utilizate și reducerea erorilor experimentale, contribuind la obținerea unor rezultate fiabile și reproductibile.



Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 10.10.

Tabel 10.10. Determinarea conținutului de polifenoli totali în materialul analizat

Probă		Umiditate (%)	TPC (mg GAE/100g) rap. la s.u	Medie pe lot	Medie	Deviația standard
1	1.1	5,00	730,24	720,77	740,38	17,45
	1.2	5,02	711,29			
2	2.1	4,98	774,23	754,19		
	2.2	4,95	734,14			
3	3.1	5,01	748,83	746,20		
	3.2	4,99	743,57			

Proba de făină obținută din subprodusul rezultat în urma procesului de extracție a sucului de roșii analizată prezintă o concentrație ridicată de polifenoli totali, de $740,38 \pm 17,45$ mg GAE/100 g, raportată la substanță uscată. Această valoare indică un potențial antioxidant semnificativ al subprodusului analizat, sugerând că reziduurile generate în industria procesării roșiilor pot constitui o sursă valoroasă de compuși bioactivi. Prin urmare, valorificarea acestui subprodus sub formă de făină ar putea contribui la dezvoltarea unor ingrediente funcționale cu beneficii nutriționale, precum și la reducerea pierderilor și a impactului asupra mediului, în concordanță cu principiile economiei circulare.

Pentru a determina variația conținutului de polifenoli în timpul depozitării a fost analizată o probă prelucrată în condițiile descrise. Conținutul de polifenoli totali în proba inițială a fost de 629,91 mg GAE/100 g substanță uscată (s.u). Pe parcursul depozitării, s-a constatat o reducere treptată a concentrației compușilor fenolici. După o săptămână, valoarea TPC a înregistrat o scădere de 5,08%, iar după două săptămâni, s-a observat o diminuare de 12,52% (Tabel 10.11).

Tabel 10.11. Conținutul de TPC în subprodusul analizat, pe parcursul depozitării

Proba	Timp de depozitare	Umiditate	TPC (mg GAE/100g) rap. la s.u
Subprodus	inițial	6,33	629,91
	1 săptămână de la t_0	6,41	597,91
	2 săptămâni de la t_0	7,05	551,03

Pentru a putea defini un material de referință certificat privind conținutul de polifenoli totali, studiile noastre au demonstrat că, pe o perioadă de valabilitate de două săptămâni, valoarea certificată este de $590,47 \pm 7\%$ mg GAE/100 g substanță uscată. Această valoare a fost stabilită pe baza determinărilor analitice repetate și a analizei statistice rezultatelor.



Este important de subliniat că umiditatea reprezintă un factor esențial care influențează semnificativ conținutul de polifenoli totali raportat la substanța uscată. În cadrul acestei subactivități, proba analizată a prezentat o valoare medie a umidității de $6,60 \pm 7\%$, ceea ce poate influența atât stabilitatea compușilor fenolici, cât și precizia determinărilor analitice.

Concluzii

Pentru cercetările viitoare, eforturile se vor concentra asupra dezvoltării unui material de referință standardizat privind conținutul de polifenoli totali, care să permită o evaluare precisă și reproductibilă a acestui parametru în diferite matrici alimentare. În acest sens, vor fi investigate și optimizate condițiile de depozitare, având în vedere factori precum temperatura, umiditatea și expunerea la lumină, pentru a minimiza degradarea compușilor fenolici. Aceste aspecte vor fi stabilite printr-o colaborare strânsă cu întregul personal implicat în această activitate, asigurând astfel implementarea unor protocoale fiabile și aplicabile la scară largă.

11. Eliberarea aparentă a compușilor fenolici din tescovina de roșii în timpul digestiei in vitro (ICIA)

11.1. Material și metoda

11.1.1. Proba analizată

S-a analizat **tescovina de roșii**, definită ca subprodus rezultat în urma procesării roșiilor, compusă din pielite, seminte și pulpa reziduală. Proba a fost omogenizată anterior analizei. Pentru fiecare test de digestie in vitro s-a utilizat o masă de **0,5 g proba**.

11.1.2. Digestia gastrointestinală simulată in vitro

Digestia a fost realizată conform unui protocol static adaptat după Minekus et al. și Brodtkorb et al., incluzând trei faze succesive: orală, gastrică și intestinală. Incubarile s-au efectuat la 37°C , cu agitare constantă la 100 rpm. pH-ul a fost ajustat specific fiecărei faze.

Au fost aplicate două variante experimentale:

a. Protocol R1 - digestie secvențială cu colectare pe faze

În acest protocol, supernatantul a fost separat și analizat la finalul fiecărei faze digestive.

1. Faza orală: 0,5 g tescovina de roșii a fost amestecată cu 2,5 mL Salivary Simulated Fluid (SSF) (pH aproximativ 7,0) și incubată timp de 2 minute. După incubare, amestecul a fost centrifugat, iar supernatantul SSF a fost separat pentru analiză.



2. Faza gastrica: Reziduul solid ramas dupa faza orala a fost amestecat cu 2,5 mL Gastric Simulated Fluid (SGF) (pH 3,0) si incubat 2 ore. Dupa incubare, s-a realizat centrifugare si colectare supernatant SGF.
3. Faza intestinala: Reziduul solid ramas dupa faza gastrica a fost amestecat cu 2,5 mL Intestinal Simulated Fluid (SIF) (pH 7,0) si incubat 2 ore. La final, s-a centrifugat si s-a colectat supernatantul SIF.

b. Protocol R2 - digestie cumulata, fara separare intermediara

In acest protocol, toate fazele digestive au fost realizate consecutiv, fara indepartarea supernatantului intre faze.

Faza orala: 0,5 g proba a fost amestecata cu 2,5 mL SSF si incubata 2 minute la 37 °C.

- Faza gastrica: Intregul amestec rezultat din faza orala a fost completat cu 5 mL SGF si incubat 2 ore la 37 °C.
- Faza intestinala: Intregul amestec din faza gastrica a fost completat cu 10 mL SIF si incubat 2 ore la 37 °C.

La finalul fazei intestinale, amestecul a fost racit (baie de gheata, 10 minute) pentru dezactivarea enzimelor, apoi centrifugat (4500 rpm, 30 minute). Supernatantul final a fost colectat, filtrat (0,45 µm) si pastrat la 4 °C pana la analiza.

Pentru ambele protocoale s-a rulat un blank in aceleasi conditii, utilizat pentru corectarea interferentelor provenite din enzime si solutiile tampon.

11.1.3. Determinarea polifenolilor totali

Polifenolii totali au fost determinati prin metoda Folin-Ciocalteu, iar rezultatele au fost exprimate ca mg echivalenti acid galic (GAE) raportati la volum de supernatant (mg/L). Analizele au fost efectuate in triplicat.

11.2. Rezultate

11.2.1. Polifenoli totali in lichidele digestive (R1)

Pentru protocolul R1, concentratia de polifenoli a fost determinata separat in fiecare lichid digestiv:

- SSF (faza orala): **332,65 mg GAE/L;**
- SGF (faza gastrica): **171,78 mg GAE/L;**
- SIF (faza intestinala): **234,73 mg GAE/L.**

Distributia procentuala a polifenolilor intre faze (fig. 1):

- Faza orala: **45,0%;**
- Faza gastrica: **23,2%;**
- Faza intestinala: **31,8%.**

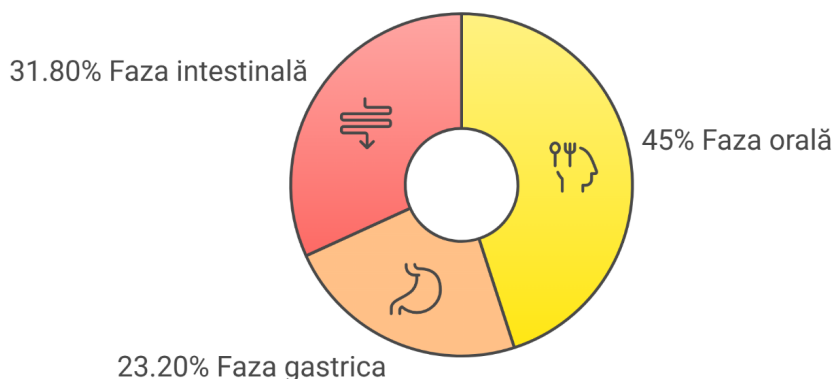


Fig. 11.1. Distribuția procentuală a polifenolilor în fazele digestive

Rezultatele evidentiaza o concentratie maxima a compusilor fenolici in faza orala, urmata de faza intestinala, in timp ce faza gastrica prezinta valori mai reduse. Acest comportament indica o eliberare rapida a fractiei solubile in saliva simulata, precum si o eliberare suplimentara in conditii intestinale.

2.2. Polifenoli totali dupa digestia completa (R2)

Pentru protocolul R2, concentratia de polifenoli determinata in supernatantul final, dupa parcurgerea completa a digestiei, a fost de **63,92 mg GAE/L**.

Aceasta valoare reflecta continutul de compusi fenolici solubili ramas in faza lichida dupa digestia completa, in conditiile unui volum total mai mare si ale interactiei prelungite cu matricea solida.

Concluzii

Rezultatele obtinute evidentiaza un comportament diferentiat al compusilor fenolici din tescovina de rosii pe parcursul fazelor digestive, determinat in principal de proprietatile lor de solubilitate, de modificarile succesive de pH si de interactiile cu matricea solida bogata in fibre. In protocolul R1, concentratia maxima observata in faza orala indica faptul ca o parte importanta a compusilor fenolici este prezenta sub forma libera sau slab legata de structura celulara. Conditii neutre de pH si timpul scurt de contact favorizeaza solubilizarea rapida a acestor compusi, fara a interveni procese de degradare sau complexare semnificativa. Aceasta etapa reflecta eliberarea initiala a fractiei fenolice usor accesibile in mediul apos.

In faza gastrica, scaderea concentratiei aparente a polifenolilor poate fi explicata prin acidifierea mediului si prin intensificarea interactiunilor dintre compusii fenolici si componentele structurale ale tescovinei, in special fibrele insolubile si proteinele reziduale. La pH acid, o parte dintre compusii fenolici pot suferi modificari de ionizare sau pot forma complexe mai stabile cu matricea solida, ceea ce limiteaza transferul lor in faza lichida si conduce la valori mai reduse masurate in supernatant. In faza intestinala, cresterea concentratiei de polifenoli observata in protocolul R1 sugereaza o eliberare secundara a unor compusi fenolici care anterior au fost retinuti



sau legați de structura tescovinei. Creșterea pH-ului spre valori neutre și acțiunea combinată a sarurilor biliare și enzimelor pancreatice pot destabiliza aceste interacțiuni, facilitând desorbția și solubilizarea parțială a compusilor fenolici asociați structural cu matricea vegetală. În cazul protocolului R2, concentrația mai redusă măsurată în supernatantul final reflectă un efect cumulat al diluției progresive și al interacțiunii prelungite dintre faza lichidă și matricea solidă. Tescovina de roșii, caracterizată printr-un conținut ridicat de fibre și structuri poroase, prezintă o capacitate semnificativă de retenție și adsorbție a compusilor fenolici, precum și a lichidului digestiv. Aceasta retenție este susținută experimental de volumul redus de supernatant efectiv recuperat pentru analiză, ceea ce indică incorporarea unei părți a fazei lichide în structura solidă a probei.

12. Evaluarea statusului antioxidant a ingredientului obținut din pielețe de roșii (USVT)

În ultimii ani, s-a acordat o atenție tot mai mare valorificării subproduselor agroindustriale ca surse sustenabile de compuși bioactivi cu potențiale beneficii pentru sănătate. Cojile de tomate, generate în cantități semnificative în timpul procesării tomatelor, sunt deosebit de bogate în molecule antioxidante și enzime care contribuie la reducerea stresului oxidativ. Stresul oxidativ este strâns asociat cu deteriorarea celulară și cu apariția diferitelor boli cronice, ceea ce subliniază importanța evaluării atât a sistemelor antioxidante enzimatic, cât și neenzimatic în matrici de origine vegetală.

În cadrul acestei activități, au fost efectuate analize biochimice asupra extractelor obținute din cojile de tomate, în scopul evaluării potențialului lor antioxidant. Extractele au fost caracterizate utilizând tehnica imunoenzimatică ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay), cu ajutorul sistemului Crocodile 5-in-one ELISA miniWorkstation, care permite realizarea unor determinări precise, sensibile și reproductibile. Această abordare analitică a facilitat investigarea principalelor enzime antioxidante, inclusiv superoxid dismutaza (SOD), catalaza (CAT) și glutatión peroxidaza (GPx), enzime ce joacă un rol central în detoxifierea speciilor reactive de oxigen. Pe lângă activitatea antioxidantă enzimatică, a fost evaluată și capacitatea antioxidantă totală a extractelor din coji de tomate, oferind o imagine integrată asupra potențialului lor redox. Evaluarea combinată a acestor parametri furnizează informații valoroase privind profilul antioxidant al cojilor de tomate și susține potențialul lor



utilizare ca ingrediente funcționale sau surse naturale de antioxidanți în aplicații alimentare, nutraceutice și biomedicale.

12.1. Obținerea extractelor

Extractele au fost preparate conform protocolului următor: cojile de roșii liofilizate au fost păstrate la -80 grade. Din acestea, s-a cântărit cu precizie $1,0 \pm 0.01$ g peste care s-a adăugat în raport de 1:10 (m/v) Soluție Salină Tamponată cu Fosfat (E404-100TABS PBS, VWR, tablete reconstituite în 100 mL apă distilată), la un pH de 7,0, răcit pe gheață. Amestecul format a fost omogenizat și tratat cu ultrasunete (timp de 3 minute, utilizând un dispozitiv cu ultrasunete Sonics VCX-130 Vibra-Cell Ultrasonic Liquid Processor la o putere de 130 W, frecvență de 20 kHz, cu sonda standard). Consecutiv obținerii omogenatului, acesta a fost centrifugat la 10.000 rpm și 4°C timp de 10 minute, cu colectarea atentă a supernatantului și evitarea stratului lipidic flotant de la suprafață.

Extractul a fost ulterior analizat cantitativ cu ajutorul dispozitivului ELISA Crocodile MiniWorkstation (Figura 1), o stație de lucru compactă și complet automatizată concepută pentru analize ELISA în microplăci cu 96 de godeuri, care integrează un incubator cu shaker termostatat pentru asigurarea unor temperaturi precise și agitare optimă, un cititor de absorbție UV-Vis pentru măsurarea semnalului optic la lungimi de undă specifice, un sistem de pipetare multicanal precis pentru dispensarea automată a reactivilor, anticorpilor secundari și substratului enzimatic, un aspirator integrat pentru spălări multiple eficiente, precum și software-ul dedicat Crocodile pentru programarea secvențială a protocolului, controlul în timp real și generarea automată a rezultatelor. Funcționarea dispozitivului implică pipetarea inițială a probelor în plăcile în care are loc reacția cu anticorpi sau antigeni, urmată de adăugarea automată a reactivilor, aplicarea unor cicluri repetate de incubare cu agitare și spălare (de obicei 3-5 cicluri per etapă), dezvoltarea culorii prin reacție enzimatică, măsurarea densității optice proporționale cu concentrația analitului și analiza prin interpolare cu o curbă etalon a rezultatelor. Întregul proces asigură o reproductibilitate ridicată și reducerea erorilor manuale.

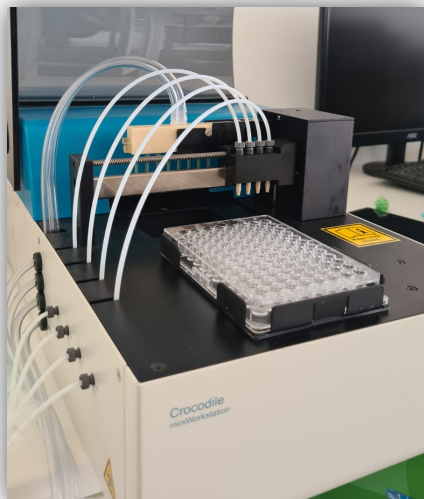


Figura 12.1. Dispozitivul Crocodile MiniWorkstation și microplăcile, consecutiv reacției colorimetrice

12.2. Metodele de analiză a potențialului antioxidant

12.2.1. Capacitatea antioxidantă totală

Determinarea capacității antioxidante totale (T-AOC) a extractelor obținute din cojile de tomate a fost realizată printr-o metodă colorimetrică, utilizând kitul comercial AffiASSAY (număr de catalog AFG-LBE-0016), conform protocolului furnizat de producător. Metoda permite evaluarea potențialului antioxidant, incluzând atât compușii antioxidanți neenzimatici (polifenoli, carotenoizi, vitamine), cât și contribuția sistemelor antioxidante enzimactice prezente în matricea vegetală. Principiul metodei se bazează pe capacitatea antioxidanților din probă de a reduce ionii ferici (Fe^{3+}) la ioni feroși (Fe^{2+}), aceștia din urmă formând un complex stabil cu agentul cromogenic pe bază de fenantrolină. Intensitatea culorii dezvoltate este direct proporțională cu capacitatea antioxidantă totală a probei și este cuantificată spectrofotometric.

Reacția colorimetrică a fost realizată prin adăugarea soluției tampon, a soluției cromogenice de lucru și a soluției de lucru cu sare ferică la volumul corespunzător de extract din coji de tomate, atât în tuburile de probă, cât și în cele de control. Amestecurile de reacție au fost incubate la 37°C timp de 30 de minute, conform specificațiilor kitului. După incubare, reacția a fost stopată prin adăugarea soluției de oprire, iar pentru probele vegetale a fost utilizat suplimentar un reactiv clarifiant, în scopul reducerii turbidității și al obținerii unor valori spectrofotometrice corecte.



Măsurarea absorbanței s-a efectuat la lungimea de undă de 520 nm, iar capacitatea antioxidantă totală a fost calculată pe baza diferenței de absorbție dintre probă și control (ΔA). Calculul rezultatelor a ținut cont de timpul de reacție, volumul total al amestecului de reacție, volumul de probă utilizat și factorul de diluție aplicat. Capacitatea antioxidantă totală a fost exprimată în unități U/mg proteină, o unitate fiind definită ca acea cantitate de extract care determină o creștere a absorbției cu 0,01 pe minut, la 37°C.

Metoda utilizată prezintă o sensibilitate analitică de 0,62 U/mL, o bună reproductibilitate intra- și inter-testare, cu coeficienți de variație sub 6%, precum și o rată medie de recuperare de aproximativ 96%, conform datelor furnizate de producător. Aceste caracteristici confirmă adecvarea metodei pentru evaluarea capacității antioxidante totale a extractelor din coji de tomate și susțin relevanța acestora ca sursă valoroasă de compuși antioxidanți cu potențial aplicativ în domeniul alimentar, nutraceutic și biomedical.

12.2.2. Activitatea superoxid dismutazei

Determinarea activității de superoxid dismutază (SOD) în extractele obținute din cojile de tomate a fost realizată prin metoda ELISA de tip sandwich, utilizând kitul comercial Plant Superoxide Dismutase (SOD) ELISA Kit (EK799002), conform instrucțiunilor producătorului. Metoda se bazează pe recunoașterea specifică a enzimei SOD de către un anticorp imobilizat pe suprafața microplăcii, urmată de formarea unui complex imun sandwich cu un al doilea anticorp conjugat (HRP), permițând cuantificarea spectrofotometrică a enzimei.

În cadrul testului ELISA, standardele și probele au fost distribuite în godeurile microplăcii în dublu, urmate de incubarea la 37°C pentru formarea complexului antigen-anticorp. După etapele succesive de spălare, s-a adăugat anticorpul conjugat cu HRP, iar reacția enzimatică a fost evidențiată prin adăugarea substratului cromogenic TMB. Reacția a fost oprită prin adăugarea soluției de stop, iar absorbția a fost măsurată la 450 nm utilizând un cititor de microplăci.

Concentrația de superoxid dismutază din extractele de coji de tomate a fost calculată prin interpolare pe curba standard și exprimată în pg/mL, ținând cont de factorul de diluție aplicat. Metoda prezintă o sensibilitate ridicată (10 pg/mL), o bună reproductibilitate intra- și inter-test și este adecvată pentru evaluarea activității antioxidante enzimatică în matrici vegetale.

Precizie:

- Precizie intra-test: CV < 8%





- Precizie inter-test: CV < 10%

12.2.3. Activitatea catalazei

Determinarea activității catalazei (CAT) în extractele obținute din cojile de tomate a fost realizată prin metoda ELISA de tip sandwich, utilizând kitul comercial Plant Catalase (CAT) ELISA Kit (EK7999001), conform protocolului furnizat de producător. Metoda se bazează pe recunoașterea specifică a enzimei catalază de către un anticorp imobilizat pe suprafața microplăcii, urmată de formarea unui complex sandwich cu un al doilea anticorp specific conjugat (HRP), permițând cuantificarea spectrofotometrică a enzimei.

În cadrul testului ELISA, standardele și probele au fost distribuite în godeurile microplăcii în dublu și incubate la 37°C timp de 40 de minute pentru formarea complexului antigen-anticorp. După etapele de spălare, s-a adăugat anticorpul conjugat cu HRP, urmat de incubare și de dezvoltarea reacției cromogenice prin adăugarea substratului TMB. Reacția a fost oprită prin adăugarea soluției de stop, iar absorbanta a fost măsurată la 450 nm utilizând un cititor de microplăci.

Concentrația de catalază din extractele de coji de tomate a fost determinată prin interpolare pe curba standard și exprimată în ng/mL, ținând cont de factorul de diluție aplicat. Metoda prezintă o sensibilitate ridicată (0,05 ng/mL), o bună reproductibilitate intra- și inter-test și este adecvată pentru evaluarea activității antioxidante enzimatică în matrici vegetale.

Precizie:

- Precizie intra-test: CV < 8%
- Precizie inter-test: CV < 10%

12.2.4. Activitatea glutathion peroxidazei

Determinarea activității de glutathion peroxidazei (GSH-PX) în extractele obținute din cojile de tomate a fost realizată prin metoda ELISA de tip sandwich, utilizând kitul comercial AMELISA Plant Glutathione Peroxidase (GSH-PX) ELISA Kit (AFG-SB-5503), conform protocolului furnizat de producător. Metoda se bazează pe recunoașterea specifică a enzimei GSH-PX de către un anticorp imobilizat pe suprafața microplăcii, urmată de formarea unui complex imun sandwich cu un al doilea anticorp specific conjugat (HRP), permițând cuantificarea spectrofotometrică a enzimei.

În cadrul testului ELISA, probele și standardele au fost distribuite în godeurile microplăcii în dublu și incubate la 37°C pentru formarea complexului antigen-anticorp.



După spălările succesive, s-a adăugat anticorpus conjugat cu HRP, iar reacția cromogenică a fost dezvoltată prin adăugarea substratului TMB. Reacția a fost oprită prin adăugarea soluției de stopare, iar absorbanta a fost măsurată la 450 nm utilizând un cititor de microplăci.

Concentrația de glutathion peroxidază din extractele de coji de tomate a fost calculată prin interpolare pe curba standard și exprimată în ng/mL, ținând cont de factorul de diluție aplicat. Metoda prezintă o sensibilitate ridicată, o bună reproductibilitate intra- și inter-test și este adecvată pentru evaluarea capacității antioxidante enzimice în matrici vegetale.

Performanțe analitice

- Interval de analiză: 0,5-40 ng/mL
- Sensibilitate: 0,1 ng/mL
- Precizie intra-test: CV < 10%
- Precizie inter-test: CV < 12%

12.2.5. Rezultate și discuții

Pentru extractele studiate, capacitatea antioxidantă totală, exprimată în unități de activitate raportate la conținutul de proteină, a înregistrat valori cuprinse între 15 și 45 U/mg proteină. Raportarea activității antioxidante la conținutul proteic permite o evaluare comparabilă a potențialului antioxidant, independent de variațiile cantitative ale proteinelor totale.

Analiza activității enzimelor antioxidante a arătat că nivelurile de catalază au variat între 25 și 80 ng/mL, ceea ce indică o capacitate diferențiată de degradare a peroxidului de hidrogen, un compus reactiv frecvent implicat în stresul oxidativ. În ceea ce privește superoxid dismutaza, concentrațiile determinate s-au situat în intervalul 120-250 pg/mL, reflectând diferențe în abilitatea extractelor de a cataliza dismutarea radicalilor superoxid în peroxid de hidrogen și oxigen molecular.

De asemenea, glutathion peroxidaza a prezentat valori cuprinse între 8 și 25 ng/mL, sugerând o contribuție importantă a acestei enzime la sistemul antioxidant, prin reducerea peroxidizilor lipidici și a peroxidului de hidrogen în prezența glutathionului redus. Ansamblul acestor rezultate indică existența unui sistem antioxidant complex, în care atât capacitatea antioxidantă totală, cât și activitatea enzimelor cheie contribuie la potențialul de protecție împotriva stresului oxidativ al extractelor analizate.



13. Testare microbiologică a ingredientelor funcționale obținute din pielițe de roșii (UB, IBA)

13.1. Optimizarea protocolului

Pentru caracterizarea microbiologică avansată a ingredientelor alimentare funcționale obținute din pielițe de roșii - respectiv pudra uscată micronizată și extractul lichid concentrat - se va elabora și optimiza un protocol integrat de testare, cu scopul de a evalua atât efectele antimicrobiene directe, cât și potențialul prebiotic (direct sau indirect) asupra microbiomului intestinal.

Testarea efectelor antimicrobiene va presupune selecția unui panel de microorganisme patogene relevante pentru sănătatea intestinală, incluzând tulpini standardizate de *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Salmonella enterica*, *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Listeria monocytogenes* (ATCC 7644), *Pseudomonas aeruginosa*, precum și fungi oportuniști precum *Candida albicans*. Pentru evaluarea activității inhibitorii, se vor utiliza metode complementare, adaptate fiecărui tip de ingredient. Pudra de pielițe va fi supusă unei extracții preliminare (etanol 50%, 1:10 m/v, 30 min), iar extractul lichid va fi testat direct.

Protocolul de testare se va baza pe metoda disc difuzimetrică (disk-diffusion), completată cu determinări ale concentrației minime inhibitorii (MIC) prin metoda microdiluțiilor în bulion. În paralel, se va efectua o evaluare a activității anti-biofilm utilizând metoda cristal violet pe tulpini de *Staphylococcus aureus*, pentru a determina capacitatea ingredientelor de a preveni formarea biofilmului bacterian. Se va urmări obținerea unor valori semnificative de inhibiție, în special în cazul extractului lichid, care se estimează că va manifesta eficiență crescută împotriva tulpinilor Gram-negative și Gram-pozitive, precum și asupra biomasei biofilmului.

Pentru evaluarea potențialului prebiotic, se vor efectua fermentații in vitro statice cu inocul fecal uman (donatori sănătoși), în condiții anaerobe simulate. Pudra va fi adăugată ca substrat fermentabil (1% m/v) în mediu nutritiv basal (pH 6.8), iar extractul lichid va fi testat la concentrații echivalente cu 5 și 10 mg GAE/mL, pentru a evalua efectul indirect al compușilor fenolici asupra compoziției bacteriene. Eșantioanele vor fi incubate timp de 24 și 48 de ore, urmând ca modificările în profilul bacterian să fie analizate prin Real-Time qPCR și determinarea concentrațiilor de acizi grași cu lanț scurt (SCFA) prin cromatografie.

Se preconizează că ingredientul sub formă de pudră va stimula dezvoltarea speciilor probiotice precum *Bifidobacterium spp.* și *Lactobacillus spp.*, favorizând totodată creșterea nivelurilor de SCFA (acid butiric și propionic). În cazul extractului lichid, se va urmări obținerea unui efect prebiotic indirect prin scăderea populațiilor bacteriene oportuniste și favorizarea speciilor fermentative comensale, cu implicații pozitive asupra homeostaziei microbiene și a funcției epiteliale intestinale.



Pentru o standardizare riguroasă, protocolul de testare va fi ajustat în funcție de caracteristicile matricii (pudră vs. lichid), de concentrația bioactivă a ingredientelor și de posibilele interferențe cu componentele mediului de cultură. Se vor include controale pozitive (ex. inulină, extract de afine) și negative (fără substrat), iar fiecare test se va realiza în triplicat pentru asigurarea reproductibilității statistice.

Astfel, protocolul optimizat de testare microbiologică va permite o evaluare integrată a potențialului antimicrobian și prebiotic al ingredientelor obținute din piețele de roșii. Acest demers va oferi informații esențiale pentru formularea de produse alimentare funcționale, nutraceutice sau suplimente sinbiotice și va putea fi extins pentru evaluarea altor subproduse agroalimentare, în sprijinul unei bioeconomii circulare durabile și bazate pe dovezi experimentale.

13.2. Analiza microbiologică și potențialul prebiotic (IBA, UB)

Probele de tescovină vor fi analizate în diverse stadii de procesare (uscare, măcinare, extracție, formulare) pentru determinarea încărcăturii microbiene totale și a eventualelor contaminări specifice. Vor fi aplicate metode standardizate internațional, conform ISO și Regulamentului (CE) nr. 2073/2005, după cum urmează:

Tabelul 13.2. Determinarea încărcăturii microbiene

Parametru determinat	Metodă aplicată	Standard de referință
Număr total germeni mezofili aerobi	Placă turnată, incubare 30°C/72h	ISO 4833-1
Drojii și mucegaiuri	Medii selective, incubare 25°C/5 zile	ISO 21527-1/-2
Coliformi și <i>Escherichia coli</i>	Metodă fluorometrică/VRBL	ISO 16649
<i>Staphylococcus aureus</i>	Izolare pe medii Baird-Parker	ISO 6888-1
<i>Salmonella spp.</i>	Enrișment și izolare selectivă	ISO 6579
<i>Listeria monocytogenes</i>	Enrișment selectiv și confirmare biochimică	ISO 11290



Determinările vor fi realizate în condiții controlate, cu trasabilitate completă a probelor.

Rezultatele obținute vor fi exprimate în UFC/g (unități formatoare de colonii pe gram) și comparate cu limitele de acceptanță stabilite pentru ingrediente alimentare vegetale.

În funcție de rezultate, UB va emite rapoarte de conformitate microbiologică, care vor include interpretarea analitică, evaluarea riscului de contaminare și recomandări pentru optimizarea etapelor tehnologice (igienă, depozitare, uscare).

13.2.1. Evaluarea gradului de contaminare microbiană

Echipa UB va evalua gradul de contaminare prin analiza comparativă a indicatorilor microbiologici între probele brute și cele procesate.

Se vor calcula:

- încărcătura microbiană totală ($\log_{10}$ UFC/g),
- raportul drojdii/mucegaiuri,
- indicatorii de igienă fecală (coliformi, E. coli),
- absența patogenilor reglementați (Salmonella spp., L. monocytogenes, S. aureus).

Datele vor fi integrate într-o matrice de evaluare a riscului, iar în cazurile de neconformitate se vor formula acțiuni corective privind controlul umidității, tratamentele termice și condițiile de ambalare.

13.2.2. Evaluarea potențialului prebiotic

Pentru investigarea efectelor funcționale, Universitatea din București va aplica o baterie complexă de teste in vitro care vor simula, în mod controlat, procesele fiziologice ale digestiei umane și ale fermentației colonice. În prima etapă, se va realiza digestia gastrointestinală simulată, utilizând protocolul standardizat INFOGEST 2.0 (2019), care reproduce etapele orală, gastrică și intestinală ale digestiei. Acest protocol va permite eliberarea și transformarea compușilor bioactivi din tescovină în forme biodisponibile, similare celor rezultate în tractul digestiv uman.

În etapa următoare, fracțiile digerate vor fi supuse unui proces de fermentație colonică simulată, realizat într-un sistem anaerob de tip batch, inoculat cu microbiotă fecală standardizată provenită de la donatori sănătoși. Condițiile de incubare vor fi atent controlate (37°C, 24-48 de ore, pH 6,8), pentru a reproduce mediul colonului proximal și pentru a evalua interacțiunile dintre compușii din tescovină și comunitățile microbiene intestinale.

După finalizarea fermentației, se vor efectua analize post-fermentație menite să caracterizeze atât modificările microbiologice, cât și pe cele biochimice ale



sistemului experimental. Se va determina abundența relativă a speciilor benefice *Bifidobacterium* spp. și *Lactobacillus* spp. prin metode de qPCR și RT-qPCR, utilizând markeri moleculari specifici ai genei 16S rRNA. În paralel, se va analiza profilul acizilor grași cu lanț scurt (SCFA) - în special acetat, propionat și butiric - indicatori metabolici esențiali ai fermentației prebiotice. Se vor monitoriza, de asemenea, variațiile de pH pe parcursul incubării, conținutul total de polifenoli și profilul flavonoidic prin cromatografie lichidă de înaltă performanță (HPLC-DAD). Datele obținute vor fi ulterior integrate și corelate prin analize statistice multivariate (PCA, PLS-DA), în vederea evidențierii relației dintre compoziția chimică a fracțiilor testate și efectele prebiotice observate, oferind o imagine detaliată asupra capacității tescovinei de a modula pozitiv microbiota intestinală.

13.2.3. Medii de cultură, materiale și echipamente utilizate

Soluțiile de diluare și mediile de cultură utilizate pentru analiza microbiologică a produselor sunt prezentate în tabelul 13.2.

a). Medii de cultură utilizate

Tabel 13.2. Soluții de diluare și medii de cultură

Nr. crt.	Denumire mediu/ Acronim	Utilizări
1.	Ser fiziologic peptonat/SFP	Realizare diluții decimale
2.	VRBG, Violet Red Bile Glucose Agar	Enumerare <i>Enterobacteriaceae</i>
3.	Plate count agar - PCA	Determinare număr total de germeni

b). Materiale utilizate

Consumabilele de laborator utilizate pentru realizarea analizelor microbiologice sunt prezentate în tabelul 13.3:

Tabel 13.3. Consumabile de laborator utilizate în analizele microbiologice

Nr. crt.	Material	Scopul utilizării
1.	Vârfuri de pipete sterile 1000 µl, 100µl	Însămânțarea mediilor de cultură, prepararea diluțiilor decimale ale probelor
2.	Eprubete de unică folosință 10 ml	Realizarea diluțiilor decimale
3.	Cutii Petri cu diametrul de 90 mm	Inocularea probelor
4.	Pipete automate de 1000 µl, 100µl	Dozarea soluțiilor



5.	Baghete de etalare	Etalarea inoculului pe suprafața mediilor de cultură
6.	Pungi de autoclavare rezistente la 134 °C	Decontaminarea materialelor utilizate în experimentări
7.	Pungi de omogenizare cu filtru lateral	Pentru obținerea diluției inițiale a probei

c). Echipamente utilizate

Principalele echipamente utilizate pentru analiza microbiologică a produselor congelate sunt prezentate în tabelul 13.4.

Tabel 13.4 Echipamente utilizate în analizele microbiologice

Nr. crt.	Echipament	Scopul utilizării
1.	Sistem Dilumat Start	Cântărirea și obținerea diluției inițiale a probei
2.	Omogenizator Stomacher SEWARD 400	Omogenizare probe în pungi de omogenizare
3.	Termostat Memmert 30 °C	Termostatare probe
4.	Termostat Memmert 37 °C	Termostatare probe
5.	Autoclavă automată, verticală, 86 L	Sterilizarea mediilor de cultură și a materialelor utilizate
6.	Autoclavă automată 50 L	Decontaminarea materialelor utilizate în experimentări
7.	Hota bacteriologică cu flux laminar vertical	Realizarea experimentărilor de laborator în mediu aseptice
8.	pH - metru	Pentru stabilirea corectă a pH-ului mediilor de cultură utilizate
9.	Balanță electronică Sartorius	Cântărire probe
10.	Agitator vortex Reax Top	Omogenizare probe
11.	Aparat de masurare a activității apei Aquaspector AQS - 31 NAGY	Determinare activitate apă

13.2.4. Determinarea numărului de Enterobacterii (*Enterobacteriaceae*)

Detecția și enumerarea enterobacteriilor a fost realizată conform SR ISO 21528-1:2008 și SR ISO 21528-2:2007. Scopul nu este de a detecta doar reprezentanți patogeni ai acestei familii de bacterii. Enterobacteriaceae în general sunt considerate indicatori ai igienei inadecvate în fabrică, cu condiția ca materiile prime să nu fie contaminate.



Într-o pungă de omogenizare cu filtru au fost cântărite 10 g probă, peste care s-au adăugat 90 mL ser fiziologic peptonat (diluția 10-1). Omogenizarea probelor a fost realizată cu omogenizatorul Stomacher SEWARD 400. Au fost realizate diluții, în funcție de încărcătura microbiologică a probelor. Un volum de 1 mL probă a fost inoculat prin încorporare în mediul de cultură (agar cu roșu violet bilă glucozat - agar VRBG), urmând ca după solidificarea completă a amestecului să fie adăugat un strat de VRBG de cca. 4 mL. Probele au fost apoi termostătate 24 h la 37°C. Pentru ca rezultatul să fie valabil se consideră, în general, că este necesar să se numere coloniile din cel puțin o cutie care conține minim 15 colonii. Se calculează numărul N de microorganisme prezente în proba luată în lucru, ca medie ponderată, plecând de la două diluții succesive, folosind ecuația nr. 1.

Rezultatul se exprimă ca un număr cuprins între 1,0 și 9,9 înmulțit cu 10X, în care x este puterea lui 10. Dacă nu există nicio colonie în cutiile corespunzătoare suspensiei inițiale când produsul inițial a fost solid, numărul de Enterobacteriaceae pe gram de produs trebuie raportat ca fiind mai mic de 10.

13.2.5. Determinarea Numărului total de germeni

Determinarea numărului total de germeni a fost realizată conform standardului SR ISO 4833-1/2014. Într-o pungă de omogenizare cu filtru au fost cântărite 10 g probă, peste care s-au adăugat 90 mL ser fiziologic peptonat (diluția 10-1).

Omogenizarea probelor a fost realizată cu omogenizatorul Stomacher SEWARD 400. Au fost realizate diluții, în funcție de încărcătura microbiologică a probelor. Un volum de 1 mL probă a fost inoculat din fiecare diluție într-o placă Petri. Se toarnă între 12 - 15 mL mediu PCA (Plate Count Agar) topit și răcit la temperatura de 44-47°C, în fiecare cutie Petri inoculată. Timpul scurs între sfârșitul preparării diluției 10-1 și până în momentul când mediul este turnat în plăci, nu trebuie să depășească 15 minute. Se amestecă inoculul cu mediu, prin rotirea cutiei Petri în plan orizontal și, apoi, se lasă amestecul să se solidifice pe o suprafață orizontală rece. Se prepară o cutie martor, cu 15 mL mediu, pentru verificarea sterilității mediului de cultură folosit. Probele au fost apoi termostătate 72 h la 30 °C.

Pentru ca rezultatul să fie valabil se consideră, în general, că este necesar să se numere coloniile din cel puțin o cutie care conține minim 15 colonii. Se calculează numărul N de microorganisme prezente în proba luată în lucru, ca medie ponderată, plecând de la două diluții succesive, folosind ecuația nr. 1.

Rezultatul se exprimă ca un număr cuprins între 1,0 și 9,9 înmulțit cu 10x, în care x este puterea lui 10. Dacă nu există nicio colonie în cutiile corespunzătoare



suspensiei inițiale când produsul inițial a fost solid, numărul total de germeni pe gram de produs trebuie raportat ca fiind mai mic de 10.

13.2.6. Determinarea activității apei

Valoarea activității apei (a_w) pentru alimente reprezintă un criteriu esențial pentru controlul microbiologic al produselor. Activitatea apei este definită astfel: când un material higroscopic este plasat într-o camera închisă, se va realiza un echilibru între material și aerul de deasupra lui. Umiditatea relativă, ce apare la o temperatură constantă a aerului, corespunde valorii activității apei înmulțită cu 100 (a_w = umiditatea relativă (%) / 100). Citirea valorilor măsurate se face cu trei zecimale.

13.2.7. Rezultate microbiologice

Rezultatele obținute arată că valoarea pentru *Enterobacteriaceae* este sub limita de detecție (<10 UFC/g), ceea ce indică absența contaminării fecale și o igienă corespunzătoare a probei. Numărul total de germeni mezofili aerobi este de $5,0 \times 10^2$ UFC/g, valoare considerată redusă, specifică produselor stabilizate prin deshidratare (Tabel 13.5).

Tabel 13.5. Rezultatele microbiologice ale făinii obținute din subprodusul rezultat în urma procesului de extracție a sucului de roșii

Denumire probă	Enterobacteriaceae	Numar total de germeni	Activitatea apei
Rosii uscate	< 10	5,0x10 ²	0,448

Activitatea apei de 0.448 confirmă caracterul puternic deshidratat al produsului, valoare sub pragul de 0.6, sub care dezvoltarea microorganismelor este inhibată.

În concluzie, proba de făina obținută din subprodusul rezultat în urma procesului de extracție a sucului de roșii prezintă o calitate microbiologică foarte bună, fiind corespunzătoare din punct de vedere igienico-sanitar și stabilă microbiologic în condiții normale de depozitare.



15. Cercetări privind potențialul metanogen al subproduselor rezultate din procesarea tomatelor în România (USVT)

15.1. Considerații generale

Reziduurile agroalimentare cu conținut organic ridicat reprezintă pericole pentru mediu, dar, în același timp, sunt surse de compuși cu valoare adăugată, cum ar fi polifenolii, carbohidrații, proteinele etc. În contextul economiei circulare și conform conceptului de reducere, reciclare și reutilizare, valorificarea acestor tipuri de reziduuri a devenit o prioritate în ultimul deceniu. Strategiile de valorificare a reziduurilor alimentare includ utilizarea lor pentru producerea de energie și reprocesarea deșeurilor pentru fabricarea de materiale funcționale, produse noi și extracte. Există diferite studii care vizează posibile soluții pentru valorificarea și reutilizarea ulterioară a acestor deșeuri, conform conceptelor economiei circulare.

Economia viitorului se va baza din ce în ce mai mult pe bioresurse. Deja societatea umană a început tranziția de la economia dezvoltată în timpul revoluției industriale, bazată pe resurse fosile epuizabile și cu grad redus de sustenabilitate, la un alt tip de economie, bazată pe resurse regenerabile și cu impact mai redus asupra ecosistemelor planetei.

Economia viitorului se proliferază ca fiind o bioeconomie, având ca placă turnantă managementul bioresurselor, o economie bio-bazată. Cerințele societății umane moderne, începând cu hrana și continuând cu energia, materiale de larg consum, produse chimice sau materiale de construcție vor fi asigurate din resurse biologice.

Modul în care acest tip de economie bio-bazată poate asigura necesarul de consum al omenirii depinde de adaptarea sistemelor de management a bioresurselor în scopul utilizării inteligente a acestora, în spiritul sustenabilității, a protecției mediului, a susținerii inovării și dezvoltării durabile.

Schimbările climatice reprezintă principalele provocări ale acestui secol și vor duce la modificări radicale în ceea ce privește economia globală. Acordul de la Paris a stabilit obiective de reducere a gazelor cu efect de seră și pentru toate sectoarele



economice care contribuie semnificativ la emisiile de gaze cu efect de seră (GES). Spre exemplu, sectorul transporturilor necesită o reducere de 85-90% până în 2050 a GES față de valorile înregistrate în 1990.

Comisia Europeană și-a prezentat la jumătatea lunii septembrie 2020 planul de ținte în ceea ce privește mediul și schimbările climatice pentru 2030, UE asumându-și ambiția de a reduce emisiile de GES cu cel puțin 55% sub nivelurile din 1990 până în 2030.

Bioeconomia, așa cum este definită în Strategia pentru bioeconomie a U.E., „acoperă toate sectoarele și sistemele care se bazează pe resurse biologice (animale, plante, microorganisme și biomasa derivată din acestea, inclusiv deșeurile organice), funcțiile și principiile acestora. Cuprinde și interconectează: ecosistemele terestre și marine și serviciile pe care le furnizează; toate sectoarele de producție primară care utilizează și produc resurse biologice (agricultură, silvicultură, pescuit și acvacultură); și toate sectoarele economice și industriale care utilizează resurse biologice și procese pentru producerea de alimente, furaje, produse bio-bazate, energie și servicii. Pentru a avea succes, bioeconomia europeană trebuie să fie centrată pe durabilitatea și circularitate. Aceasta va conduce la reînnoirea industriei, modernizarea sistemelor de producție primară, protecția mediului și va spori biodiversitatea”. (Bioeconomy strategy EU 2018, https://environment.ec.europa.eu/strategy/bioeconomy-strategy_en).

Țițeiul și gazele naturale (acumulate în litosferă prin procese biogene care au avut loc în epoci în care existau condiții specifice pe Terra pentru acumularea acestor rezerve) reprezintă principalele resurse în economia construită de către om de după revoluția industrială. Din păcate, principala caracteristică a acestui model economic este NESUSTENABILITATEA. Pur și simplu poate fi aplicată pe termen foarte scurt din două motive simple: resursele fosile se epuizează și duc la emisii de GES care contribuie la modificarea climei pe Terra.

Singura resursă regenerabilă care poate să înlocuiască resursele neregenerabile folosite în economia bazată pe petro-chimie este BIOMASA. De fapt, este resursa din



care s-au format hidrocarburile începând cu era Paleozoică în urmă cu 500 milioane de ani.

Termenul de "biomasă" este folosit în multe cazuri și conjuncturi și de multe ori nu este înțeles pe larg ce definește acest termen. În limbajul popular, termenul este folosit pentru a defini materialul lemnos folosit drept combustibil în centralele termice. Totuși, termenul se referă pe larg la materia organică, respectiv biomasa înglobează orice material biogen, rezultat în urma proceselor de biosinteză a organismelor vii (Vintila T., 2013). U.S. Energy Information Administration (EIA) definește biomasa simplu: este un materialul organic regenerabil care provine de la plante și animale. În capitolul intitulat simplu "Biomass", din volumul Encyclopedia of Ecology, în 2008, R.A. Houghton definește biomasa ca fiind masa organismelor vii, inclusiv plante, animale și microorganisme sau, din perspectivă biochimică, celuloză, lignină, zaharuri, grăsimi și proteine. În România, din punct de vedere legislativ, în Hotărârea de Guvern 54/2003 biomasa este definită astfel: un produs compus parțial sau în totalitate dintr-o materie vegetală agricolă sau forestieră ce poate fi utilizată drept combustibil cu scopul recuperării conținutului energetic. Este evident că această definiție folosită în cadrul legislativ din România nu include toate formele de manifestare a biomasei.

Compoziția chimică a biomasei este bazată pe scheletul de carbon care reprezintă principala resursă utilizată de către om în industria chimiei organice, inclusiv rafinării. Sunt demonstrate și ridicate la scară industrială tehnologii cu ajutorul cărora se poate procesa biomasa pentru a livra pentru economie aceleași produse care în prezent sunt obținute la scară largă din hidrocarburi: (bio)combustibili ca purtători de energie; (bio)materiale plastice biodegradabile sau de utilizare îndelungată; materii prime pentru industria chimică (acetat, lactat, acetonă, butanol, etanol, poli-hidroxi-alcanoati, succinat, esteri, glicerol etc.) și fără de care nu putem avea produse ca vopseluri, spume poliuretane, materiale din industria automotive, baterii, sau detergenți [4].

Vestea bună este că BIOMASA este o resursă regenerabilă, iar producția acesteia contribuie la stocarea GES și implicit la stoparea efectelor nocive ale acestora asupra climei.



Principalul obstacol în trecerea de la utilizarea petrolului ca principala materie primă a economiei la resurse regenerabile (inclusiv biomasă) este competitivitatea pe piața internațională față de prețul de producție a materiei prime.

Costurile de producție a biomasei se situează în general peste prețul de vânzare al țițeiului pe piața internațională. De aceea, este nevoie ca societatea să susțină dezvoltarea sectorului bio-economie/biomasă/biorafinărie fără să aștepte ca resursele fosile să își reducă disponibilitatea și prețul acestora să crească.

Sugestivă pentru această abordare este declarația șeicului Zaki Yamani, fostul ministru al petrolului din Arabia Saudită: „Epoca de piatră nu s-a încheiat din lipsă de piatră, iar epoca petrolului se va încheia cu mult înainte ca lumea să rămână fără petrol” (The Economist, 2003). Acest lucru se întâmplă deja în mai multe țări și regiuni de pe glob prin subvenții ale statelor care au ca efect dezvoltarea bio-industriei asociate bioeconomiei și pregătirea pentru a face față la eventualele șocuri care se vor resimți pe piața mondială ca urmare a creșterii prețului petrolului.

În acest context, este nevoie de susținerea de către societatea modernă a cercetării-inovării-dezvoltării în biotehnologii verzi, sau ecobiotehnologii în concordanță cu standardele actuale de siguranță alimentară, securitate energetică, reducere a poluării, agricultură durabilă și management sustenabil al bioresurselor, care vor oferi un cadru inovativ pentru dezvoltarea de platforme de cercetare multidisciplinare conform provocărilor contemporane pentru construirea bioeconomiei bazate pe cunoaștere. Obiectivele specifice se referă a studierea, elaborarea și aplicarea unor biotehnologii originale, integrate de conversie a diferitelor tipuri de bioresurse, biomasă reziduală generată prin activități economice, cu valoare intrinsecă sau comercială redusă, sau produsă pe soluri poluate, degradate, la: biocombustibili, bioproduse, biopolimeri, materii prime pentru industria chimică bazată pe resurse regenerabile (sau chimia verde). Obiectivul central al dezvoltării bioeconomiei se poate consitui în aplicarea integrată în mod strategic a diferitelor biotehnologii având la bază trei concepte: cel de agricultură durabilă, cel de biorafinărie ca industrie a viitorului și conceptul de management sustenabil al bioresurselor existente într-o bioeconomie circulară.



15.2. Noua Strategie pentru Bioeconomie a Uniunii Europene

În 27 noiembrie 2025, Comisia Europeană (CE) a emis o nouă Strategie pentru Bioeconomie pentru a stimula dezvoltarea sustenabilă, competitivitatea și reziliența în întreaga Europă. Comisia a adoptat un nou Cadru Strategic pentru o bioeconomie competitivă și durabilă, trasând o cale de urmat pentru construirea unei economii europene curate, competitive și rezistente. Prin utilizarea resurselor biologice regenerabile de pe uscat și mare și prin furnizarea de alternative la materiile prime critice, UE va avansa către o economie mai circulară și decarbonizată și poate reduce dependența de importurile de combustibili fosili (https://environment.ec.europa.eu/publications/bioeconomy-strategy_en).

Contextul bioeconomiei

Bioeconomia acoperă activități care utilizează resurse biologice pentru a crea valoare adăugată. Aceasta include produse, servicii, știință și tehnologii care aduc beneficii în variate sectoare, de la agricultură, silvicultură, pescuit și acvacultură, la prelucrarea biomasei, bioproducție și biotehnologii. Bioeconomia sprijină sectoare ca cel alimentar, sănătatea, energia, industria și ecosistemele.

Noul Cadru Strategic pentru o Bioeconomie a UE competitivă și durabilă se bazează pe Strategia Bioeconomiei din 2012 și pe revizuirile efectuate în 2018 și 2022, mutând acum accentul pe implementarea industrială, extinderea pieței, competitivitate și reziliență.

Bioeconomia oferă Europei șansa de a-și consolida reziliența, de a înlocui materialele și produsele pe bază de combustibili fosili, de a crea locuri de muncă și de a conduce tranziția globală către industrii curate. Prin această nouă strategie, UE va sprijini activități care oferă soluții practice durabile utilizând resursele noastre biologice în sectoare precum agricultura, silvicultura, pescuitul, acvacultura, prelucrarea biomasei, bioproducția și biotehnologiile. Aceasta va valorifica vastul



potențial al acestor resurse, excelența științifică și baza industrială și încurajează inovațiile care sunt în beneficiul climei, naturii și societății.

Cu o valoare de până la 2,7 trilioane EUR în 2023 și angajând 17,1 milioane de persoane (aproximativ 8% din locurile de muncă din UE), bioeconomia UE contribuie deja semnificativ la crearea de locuri de muncă și la creșterea economică în Europa. Fiecare loc de muncă din bioeconomie creează trei locuri de muncă indirecte în UE. Exemple de produse sunt substanțele chimice biologice sintetizate cu ajutorul microorganismelor sau a algelor, utilizate pentru a produce produse farmaceutice, produse de îngrijire personală și alte aplicații industriale. Materialele bioplastice sunt din ce în ce mai utilizate în ambalaje și în automotive. De asemenea, materialele de construcție din resurse biologice, fibrele textile și îngrășămintele organice sunt din ce în ce mai solicitate. Cu toate acestea, multe bioresurse au încă un potențial imens neexploatat.

Strategia UE pentru bioeconomie își propune să deblocheze acest potențial ascuns, prin intensificarea inovării și a investițiilor, dezvoltarea unor piețe lider pentru biomateriale și biotehnologii, asigurarea unei aprovizionări durabile cu biomasă și valorificarea oportunităților globale.

Transformarea inovațiilor bio-bazate în realitate pe teren

Pentru a conduce revoluția biotehnologică, inovarea și investițiile trebuie extinse, astfel încât cercetarea să nu rămână în laboratoare. Extinderea inovațiilor bio-bazate necesită o combinație de investiții publice și private, precum și un mediu de reglementare simplificat.

În continuare, CE va depune eforturi pentru a crea un cadru de reglementare coerent și simplificat care să recompenseze modelele de afaceri circulare și sustenabile, protejând în același timp standardele de siguranță ale UE. Aprobări mai rapide, mai clare și mai simple pentru soluții inovatoare vor sprijini companiile să se dezvolte și să crească în Europa, în special pentru IMM-uri.

De asemenea, CE se va asigura că finanțarea UE existentă și viitoare este direcționată către biotehnologii. Și pentru a stimula investițiile private, CE propune să



convoacă un Grup de Implementare a Investițiilor în Bioeconomie pentru a crea o serie de proiecte bancabile, a partaja mai eficient riscurile și a atrage capital privat.

Dezvoltarea unor piețe lider pentru biomateriale și biotehnologii

Pentru a debloca investițiile și a permite extinderea, CE a identificat piețe inovatoare pentru materiale și tehnologii bio-bazate. Acestea includ sectoare cum ar fi materialele plastice, fibrele, textilele, substanțele chimice, îngrășămintele, produsele de protecție a plantelor, materialele de construcții, biorafinăriile, fermentația avansată și stocarea permanentă a carbonului biogen, care au un potențial ridicat atât pentru creștere economică, cât și în ceea ce privește beneficiile pentru mediu. CE va stimula cererea de conținut biologic în astfel de produse, de exemplu prin stabilirea de obiective specifice în legislația relevantă.

Strategia propune înființarea unei Alianțe pentru o Europă Bio-bazată, care va reuni companii din UE pentru a tranzacționa colectiv soluții biobazate în valoare de 10 miliarde de euro până în 2030.

Asigurarea unei utilizări durabile a biomasei

În timp ce stimulăm competitivitatea de astăzi, trebuie să construim reziliența de mâine. Europa este în mare măsură autosuficientă în ceea ce privește biomasa, dar trebuie să ne asigurăm că va rămâne așa.

Prin urmare, Strategia UE privind Bioeconomia subliniază necesitatea unei aprovizionări responsabile cu biomasă, asigurându-se că pădurile, solurile, apa și ecosistemele sunt gestionate în limitele lor ecologice. Promovarea circularității și creșterea valorii biomasei secundare - cum ar fi reziduurile agricole, subprodusele și deșeurile organice - sunt esențiale. CE va lansa inițiative care să recompenseze fermierii și silvicultorii care protejează solurile, îmbunătățesc absorbția de carbon și sprijină utilizarea durabilă a biomasei.

Valorificarea oportunităților globale

Cu o bază solidă de cercetare și industrii inovatoare, Europa este bine poziționată pentru a deveni un lider mondial în domeniul tehnologiilor, materialelor, produselor și expertizei biobazate și sustenabile.



Prin intermediul acestei strategii, UE va sprijini industria europeană în accesarea piețelor globale prin asigurarea de parteneriate care reduc vulnerabilitatea și asigurându-se că Europa nu depinde de o singură regiune sau de o singură resursă. În climatul geopolitic fragil actual, securitatea resurselor sporește competitivitatea și reziliența UE.

15.3. Estimare a cantității de tomate existente în bioeconomia României

Potrivit datelor Institutul Național de Statistică pentru perioada 2019-2023, în România s-a raportat o producție de 742.899 tone de tomate, reprezentând aproximativ 3,2% din producțiile de tomate obținute la nivel european. Din păcate nu s-au găsit statistici care să indice cantitatea de tomate care a fost distribuită spre procesare industrial. Totuși, potrivit datelor Institutul de Statistică, producția totală de conserve de legume în România în 2023 a fost de 72095 tone [6]. Se presupune un procent de minim 10% din cantitatea totală de conserve de legume ar putea fi reprezentată de produse pe bază de tomate sau care conțin tomate în compoziție (spre exemplu pasta de roșii, zacuscă, etc). Astfel, se poate continua estimarea în acest scenariu și să considerăm o cantitate rezonabilă de 7500 de tone de tomate procesate, ceea ce reprezintă cca 1% din producția totală de tomate de 742.899 tone din 2023. La cantitatea de tomate procesate industrial, se adaugă o cantitate considerabilă procesată în gospodării, care în mod sigur depășește cantitatea procesată industrial având în vedere tradițiile legate de pregătirea conservelor din sezonul de vară-toamnă în marea majoritate a gospodăriilor din mediul rural și chiar din zone urbane din România. Dacă dublăm cantitatea de 7500 de tone de tomate procesate industrial, pentru a lua în considerare și o parte din tomatele procesate în gospodării, putem estima că cel puțin 15000 de tone de tomate sunt procesate în România, ceea ce reprezintă doar 2% din producția totală de tomate. Aceste cantități reprezintă estimări minime - în realitate, cantitățile sunt mult mai mari, luând în considerare că datele de la Institutul Național de Statistică nu conțin și cantitățile de tomate produse în grădinile din gospodăriile rurale.



Scenariul actual - economie liniară - resturile de tomate sunt deșeuri

Resturile de tomate, precum cojile, semințele, tulpinile și frunzele, pot fi pe de o parte materiale încă utile în bioeconomie, sau pot deveni deșeu dacă intră în fluxul de management a deșeurilor urbane, cu alte cuvinte sfârșesc la coșul de gunoi. Deșeurile organice din fabricile de procesare și din gospodării sunt preluate de operatorii zonali de salubritate și management al deșeurilor și transportate în cele mai multe cazuri din România spre depozitele ecologice. Aici, deșeurile organice continuă procesele naturale microbiologice de degradare începute încă din faza de stocare a deșeurilor la locul producerii lor. Dat fiind cantitățile mari de deșeuri, heterogenitatea acestora, condițiile de stocare în straturi groase de materiale suprapuse, provenite din transporturi succesive, la gropile de gunoi sau depozitele ecologice, se vor institui preponderent condiții anaerobe în masa deșeurilor depozitate. Astfel, materiile organice vor fi degradate prin procese de fermentare acidogenă și respirație preponderent anaerobă, rezultând acizi organici cu efect poluant olfactiv (de exemplu acid butiric, izobutiric, caproic, caprilic, acetic etc) și gaze din procesele de respirație (CO_2 , NO_x , CH_4 , H_2S) cu efect poluant atmosferic, în special prin efectul de seră produs.

15.4. Stabilirea potențialului metanogen al deșeurilor organice

Deșeurile organice sunt fost eșantionate și investigate în Laboratorul de Biotehnologie și Microbiologie Industrială din cadrul USV "Regele Mihai I" din Timișoara.

Primele analize sunt realizate pentru stabilirea conținutului de substanță uscată și a încărcăturii organice. Pe baza rezultatelor, se calculează rețetele adecvate pentru digestia anaerobă (AD). Amestecurile de substrat și inocul sunt supuse procesului AD folosind echipamente de laborator de ultimă generație, pentru stabilirea Potențialului Metanogen Biochimic (BMP, din eng. "Biochemical Methane Potential") al materialelor organice eșantionate. Conversia biomasei în biogaz și calculul potențialului metanogen





sunt efectuate în conformitate cu standardul german VDI 4630 [7], acceptat pe scară largă în laboratoarele din lume în care se fac astfel de analize.

15.4.1. Prelevarea de probe și analiza acestora

Prelevarea probelor, transportul și conservarea acestora, precum și pregătirea probelor sunt aspecte importante și parte integrantă din metodologia de laborator de determinare a potențialului metanogen al materiilor organice și au o influență decisivă asupra calității rezultatelor. Toate procedurile de prelevare a probelor de materii organice investigate (substraturi) sunt efectuate conform metodelor standard. Pentru amorsarea procesului biologic de digestie anaerobă și producere de biogaz se utilizează ca inocul un nămol activ, prelevat dintr-un digestor de la o instalație de biogaz care procesează materii organice din agricultură.

Înainte de începerea procesului AD, este necesar să se investigheze conținuturile în substanță uscată (SU) și substanță uscată organică (SUo) ale materialelor supuse analizei (denumite în continuare substraturi).

Substanța uscată, reprezentând toți compușii anorganici și organici, este exprimată ca SU și măsurată conform metodelor standard, prin încălzirea probelor timp de 24 h la 105°C pentru a elimina conținutul de apă.

Substanța uscată organică SUo reprezintă compușii organici din probă. Se obține prin încălzirea probei până la 550°C timp de 2 ore, realizându-se astfel arderea materiei organice și obținerea cenușii, sau a materiei minerale. Diferența de greutate dintre eșantioanele încălzite la 105°C și 550°C indică conținutul în substanță organică (SUo) al substratului.

Echipamentul de laborator utilizat în Laboratorul de Biotehnologie și Microbiologie Industrială din Timișoara este un sistem automat de testare a potențialului de metan - AMPTS II, produs de Bioprocess Control AB Suedia (BPC), care are 15 digestoare de câte 600 ml volum total. Pentru o mai mare siguranță a preciziei datelor generate, BMP este investigat în triplicat pentru fiecare probă, conform protocolului BPC.

Prezentarea generală a echipamentului de laborator este redată în figura 15.1.

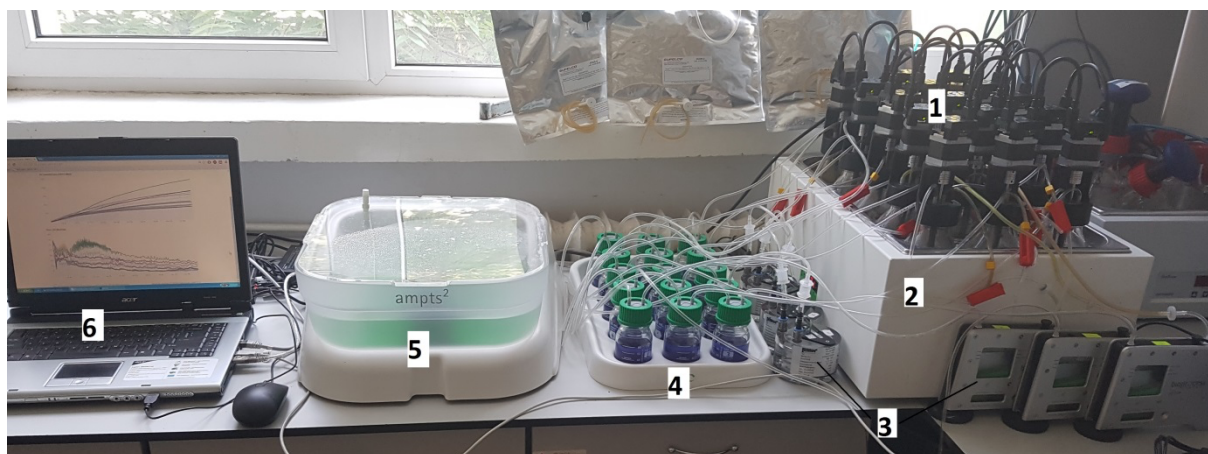


Figura 15.1: Vedere general a sistemului AMPTS II: 1- bioreactoare/digestoare, 2- incubator, 3- contoare de gaz, 4- unitate de absorbție CO₂, 5- unitate de măsură a metanului, 6- laptop cu soft procesare date.

Probele investigate și cantitățile utilizate în prezentul experiment sunt preparate conform protocolului standard VDI4630 și BPC.

Loturile experimentale sunt supuse digestiei anaerobe în regim mezofil, la temperatura de incubare de 37°C. Înainte de începerea incubării, în toate cele 15 bioreactoare se insuflă timp de aproximativ 60 sec un amestec de gaze format din 40% CO₂ și 60% N₂. Procesul de digestie este oprit atunci când producția de biogaz din ultimele 24 de ore este sub 1% din producția totală de biogaz.

15.4.2. Rezultate și discuții

Studiile efectuate în Laboratorul de Biotehnologie și Microbiologie Industrială din cadrul USV "Regele Mihai I" din Timișoara au arătat că deșeurile de tomate, în special tescovina de tomate (totalitatea masei rezultate după presarea tomatelor pentru pastă sau suc), dacă este supusă digestiei anaerobe, degradarea în condiții de anaerobioză, similare cu condițiile din deponeurile de deșeuri, se pot emite cantități importante de metan.



Analizele de laborator au fost efectuate comparativ pentru trei tipuri de biomasă:

1. tescovină de tomate;
2. tescovină de struguri
3. grăsimi rezultate de la rafinarea uleiului vegetal.

Acest design experimental a fost ales pentru a realiza o analiză comparativă a potențialului metanogen al tescovinei de tomate față de alte tipuri de subproduse sau deșeuri organice rezultate din industria alimentară.



Figura 2: Tescovină de tomate

În tabelul 15.1. sunt redată conținuturile de substanță uscată și substanță uscată organică a tipurilor de biomasă rezultate sub formă de subproduse sau deșeuri din trei procese din industria alimentară. Aceleași analize au fost efectuate și pentru probe de digestat prelevate din digestoarele stației de biogaz a USV "Regele Mihai I" din Timișoara. Digestatul este necesar pentru a fi folosit ca inocul în procesul de digestie anaerobă a celor trei tipuri de materie organică analizate în sistemul AMPTS II, descris anterior.

Tabel 15.1. Conținutul în substanță uscată și substanță uscată organică a biomasei analizate

Indice analizat	Tip de biomasă				
	U.M.	Tescovină roșii	Grăsimi	Tescovină struguri	Digestat
Substanță uscată S.U.	(%)	20.20	64.94	57.92	3.62
Cenușa, % din S.U.	(%)	3.45	9.18	4.69	30.00
SUo, % din S.U.	(%)	96.55	90.82	95.31	70.00
SUo, % din total probă	(%)	17.87	58.97	55.32	2.54

Datele obținute indică faptul că tescovina de tomate are concentrația de substanță uscată mult mai scăzută în comparație cu celelalte două tipuri de materiale



organice rezultate de la procesarea uleiului alimentar ("grăsimi") și de la storcerea strugurilor ("tescovină struguri"), în schimb, concentrația de substanță uscată organică este cea mai mare raportată la substanța uscată. Concentrația de substanță uscată organică scăzută a digestatului indică un material cu reziduuri organice foarte scăzute, ceea ce este de dorit la un inocul care trebuie să vină cu aport de bacterii metanogene și nu cu alt tip de materie organică.

Pe baza conținuturilor obținute în analizele din etapa anterioară au fost calculate cantitățile de materiale cu care sunt încărcate bioreactoarele din sistemul AMPTS II, conform datelor din tabelul 15.2. Fiecare tip de biomasă a fost încărcată în câte trei bioreactoare (vezi figura 15.3), astfel analiza potențialului metanogen a fost realizată în triplicat pentru fiecare tip de biomasă.

Tabel 15.2. Conținutul în substanță uscată și substanță uscată organică a biomasei analizate

Indicator	U.M.	Digestat	Grăsimi	Tescovină struguri	Tescovină tomate
Volum Total	(g)	400.00	400.00	400.00	400.00
Raport I/S (0 pentru martor)	(VS*/VS)	0.00	2.00	2.00	2.00
Conc. Inocul	(% VS)	2.54	2.54	2.54	2.54
Conc. Substrat	(% VS)	0.00	58.97	44.23	17.87
Cantitate Inocul	(g)	400.00	392	389	373
Cantitate Substrat	(g)	0.00	8.4	11.2	26.5

*VS reprezintă fracția organică din material (VS = volatile solids, sau substanță uscată organică).

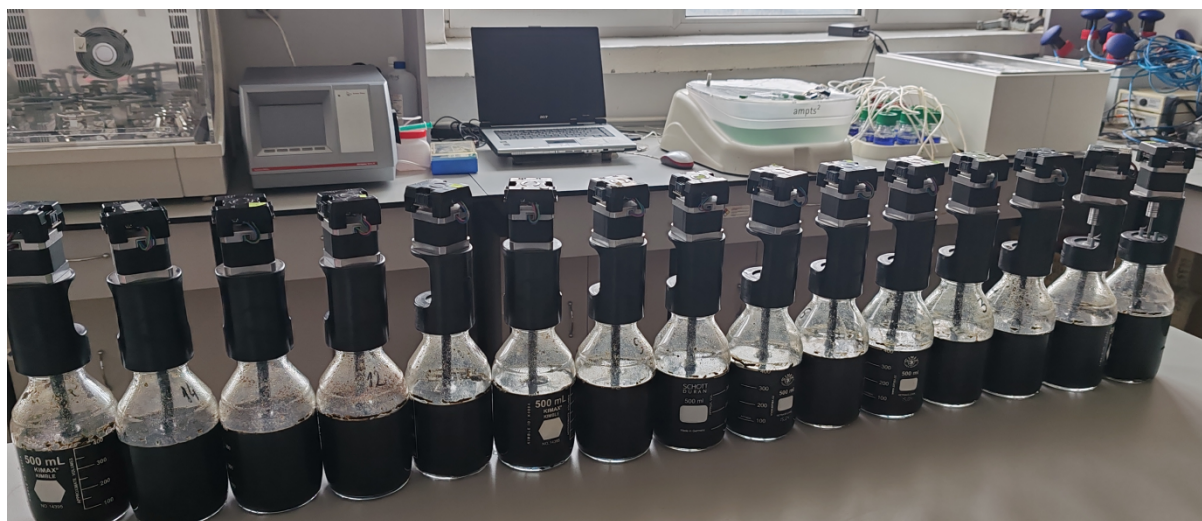


Figura 15.3: Bioreactoarele sistemului AMPTS II pregătite pentru începerea digestiei anaerobe

Procesul de digestie anaerobă pentru determinarea Potențialului Metanogen Biochimic (BMP) al materialelor organice este monitorizat în general pe perioade cuprinse între 20 și 40 de zile. Decizia încheierii analizei BMP se ia atunci când producția de biogaz din ultimele 24 de ore este sub 1% din producția totală de biogaz. În cazul de față, tescovina de tomate și cea de struguri au fost digerate în mare parte în prima săptămână a bioprocesului, în timp ce grăsimile rezultate de la fabricarea uleiului alimentar, au fost digerate într-un timp mai îndelungat, producția principală de metan începând din săptămâna a doua a digestiei anaerobe. Grăsimile încă sunt folosite ca substrat de către bacteriile metanogene chiar și după 25 de zile. Totuși, analiza în acest caz este realizată pentru a determina potențialul metanogen al tomatelor presate (tescovina de tomate - "T. Tomate" în figura 15.4), biomasă care a ajuns la finalul potențialului metanogen. De aceea, analiza a fost oprită după 25 de zile de digestie.

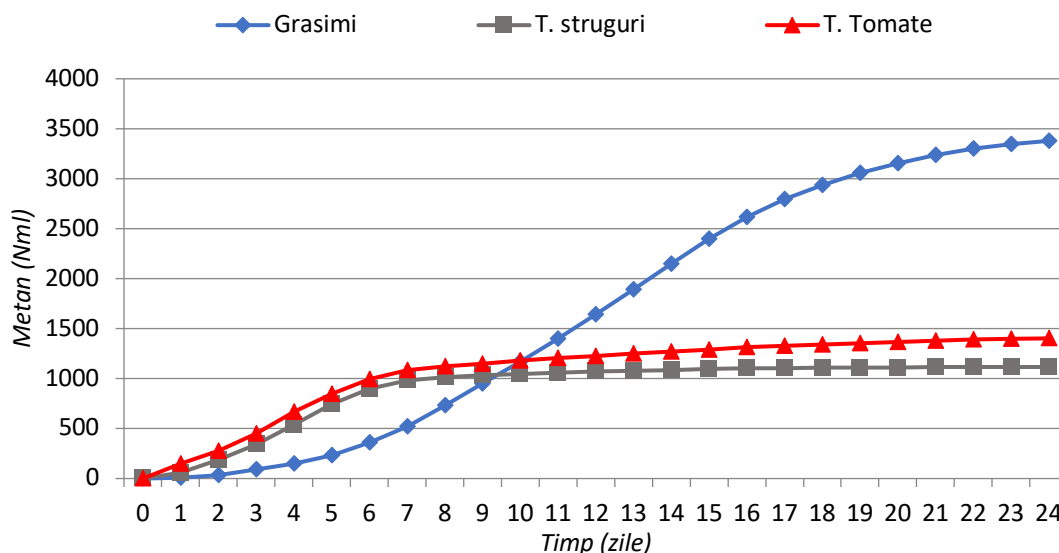


Figura 15.4: Evoluția acumulării de metan în procesul de digestie anaerobă în sistemul AMPTS II pentru determinarea Potențialului Metanogen Biochimic (BMP) al materialelor organice eșantionate

Media cantității de metan rezultată din bioreactoarele încărcate cu tescovină de tomate este de 1443.4 ml. Acest volum de metan este eliberat de 26.5 grame cantitate biomasă brută încărcată în bioreactor, conținând 4.74 grame substanță uscată organică supusă digestiei anaerobe.

Aceste rezultate indică un Potențial Metanogen Biochimic (BMP) al materiei organice din tescovina de tomate eșantionată în cadrul proiectului METROFOOD de 304 m³CH₄/tVS. (VS reprezintă fracția organică din material (VS = volatile solids, sau substanță uscată organică). Aceste rezultate indică un potențial ridicat de producere a metanului, dacă comparăm cu rezultatele obținute pe același tip de substrat de către Giroto et al. (2021), care raportează valori ale BMP pentru tescovina de tomate de până la 238.0 m³CH₄/tVS [8]. Dacă comparăm aceste valori ale BMP cu valorile obținute pentru alte tipuri de substrat, vedem că tomatele presate emit cantități mai mici de metan în comparație cu grăsimile analizate în același lot experimental, caz în care BMP este de 698 m³CH₄/tVS, sau mai mari în comparație cu tescovina de struguri analizată în același lot experimental, caz în care BMP variază între 185 și 251 m³CH₄/tVS.



Dacă calculăm producția de metan raportată la masa de material brut, umed, așa cum rezultă din procesul de stoarcere a sucului roșii, care are un conținut de SUo (VS) în jur de 20%, putem estima că fiecare tonă de tescovină de tomate aruncată la gunoi poate produce în jur de 60 m³ de metan. În anexa 1 sunt redată pentru comparație valori publicate [9] în ceea ce privește potențialul metanogen al unor materiale din fluxul agro-alimentar.

Dacă luăm în considerare acel minim de 15000 de tone de tomate sunt procesate în România, la care se consideră un procent de 10% resturi de la procesare (tescovină și alte resturi), cu un conținut de 20% materie organică, se poate deduce o cantitate de 90000 m³ de metan eliberat în atmosferă prin procesele de degradare anaerobă a 300 tone materie organică din resturi de tomate procesate. Luând în considerare efectul de seră al metanului, care este estimat la aproximativ de 28 de ori mai mare decât al CO₂, se poate calcula amprenta de carbon în acest scenariu în care s-au luat în considerare cantități și fracții minimale. Știind că densitatea metanului la temperatura standard (STP) este de aproximativ 0.7156 kg/m³ [10], masa emisiilor de metan exprimate mai sus (90000 m³) este de 64 tone, ceea ce tradus în efect de seră mai mare de 28 de ori decât CO₂, rezultă că resturile rezultate din procesarea tomatelor din România au un efect de seră echivalent de minim 1 803 tone CO₂.

Scenariul propus de bioeconomie circulară - resturile de tomate ca sursă de energie verde și îngrășământ

Prin investiții în capacități de procesare prin digestie anaerobă a deșeurilor organice, inclusiv a resturilor rezultate din procesarea tomatelor din România, aceste resturi devin materii prime care pot fi utilizate eficient pentru a genera metan, cu randamente demonstrate în cercetările noastre de laborator de 304,0 m³CH₄/tVS. Astfel, ceea ce este deșeu într-un sistem liniar de management al unui lanț agro-alimentar, poate deveni o resursă valoroasă pentru producerea de metan prin digestie anaerobă într-o bioeconomie circulară. În sistemele integrate de producere a biogazului, cantitatea de 90000 m³ de metan nu mai este eliberat în atmosferă ci este transformat în 900 MWh de energie verde/an disponibilă în sistemul energetic național. Nu este de neglijat digestatul rezultat din stațiile de biogaz, care este un îngrășământ



organic valoros - din cele 300 tone materie organică luată în considerare în calcul, pot rezulta în jur de 172 tone (substanță uscată) digestat (300 tone materie intrată minus 64 tone eliberată sub formă de metan plus cantitate echivalentă de CO₂ componentă a biogazului).

Considerente pentru dezvoltarea cercetărilor în domeniul abordat:

- Digestie anaerobă:

Deșeurile de tomate, bogate în materie organică, pot fi procesate prin digestie anaerobă (DA). Acest proces implică microorganisme care descompun deșeurile în biogaz și digestat - un îngrășământ organic care încheie ciclul bioeconomiei circulare.



- Producția de metan:

Metanul este o componentă cheie a biogazului, ceea ce îl face o sursă potențială energie regenerabilă.

Figura 5: Digestat solid și lichid rezultat din digestia tescovinei de tomate

de

- Factorii care afectează producția de metan:

Mai mulți factori influențează producția de metan din deșeurile de tomate, inclusiv tipul de deșeu, compoziția acestuia (în special conținutul de lignină și celuloză), conținutul total de solide (TS) și condițiile procesului de digestie anaerobă (temperatură, pH etc.).

- Pretratări:

Pretratarea deșeurilor de tomate, cum ar fi cu ultrasunete sau alte metode, poate îmbunătăți producția de metan prin descompunerea structurilor complexe precum lignina și celuloza, făcându-le mai accesibile microorganismelor.

- Co-digestie:

Combinarea deșeurilor de tomate cu alte materiale organice, cum ar fi gunoiul de grajd, poate, de asemenea, spori producția de metan.

- Digestie în două etape:

Separarea fazelor acidogene și metanogene ale digestiei anaerobe poate îmbunătăți și mai mult randamentul și rata de producție a metanului.



- Beneficii pentru mediu:

Utilizarea deșeurilor de tomate pentru producția de metan reduce dependența de combustibilii fosili și deviază deșeurile de la gropile de gunoi, atenuând emisiile de gaze cu efect de seră.

În esență, deșeurile de tomate, adesea un produs secundar aruncat, pot fi transformate într-o sursă valoroasă de energie prin digestie anaerobă, oferind atât beneficii pentru mediu, cât și economice.

Anexa 1. Potențialul metanogen al unor tipuri de biomasă rezultată din fluxul agro-alimentar

Tip de biomasă		Randamentul de producție a biogazului [Nm ³ /t substrat]	Randamentul de producție a metanului [Nm ³ /t substrat]	Randamentul specific de producție a metanului raportat la substanță uscată organică (SUo, sau VS) [Nm ³ /t]
Siloz de porumb	Δ	170-230	98-120	234-364
	Ø	200	106	340
Siloz de cereale planta întreagă	Δ	170-220	90-120	290-350
	Ø	190	105	329
Boabe de cereale	Ø	620	320	380
Siloz de iarbă	Δ	170-200	93-109	300-338
	Ø	180	98	310
Sfecla de zahar	Δ	120-140	65-76	340-372
	Ø	130	72	350
Sfecla furajera	Δ	75-100	40-54	332-364
	Ø	90	50	350
Borhot de cereale	Δ	105-130	62-112	295-443
	Ø	118	70	313
Vinasă de cereale	Δ	30-50	18-35	258-420
	Ø	39	22	385
Pulpă presată de fructe	Δ	10-20	6-12	180-390
	Ø	15	9	285
Glicerol crud (de la biodiesel)	Δ	240-260	140-155	170-200
	Ø	250	147	185



Turtă de rapiță	Ø	660	317	396
Pulpă de cartofi	Δ	70-90	44-50	358-413
	Ø	53	47	336
Suc de cartofi	Δ	50-56	28-31	825-1100
	Ø	53	30	963
Tăiței de sfecă	Δ	60-75	44-54	181-254
	Ø	68	49	218
Melase	Δ	290-340	210-247	261-355
	Ø	315	229	308
Pulpă de mere	Δ	145-150	98-101	446-459
	Ø	148	100	453
Tescovină de struguri	Δ	250-270	169-182	432-466
	Ø	260	176	448
Tescovină de tomate (rezultate în cadrul METROFOOD)	Δ	111-119	58-62	294-313
	Ø	115	60	304

Bibliografie

- https://environment.ec.europa.eu/strategy/bioeconomy-strategy_en
T. Vintilă (Coordonator). Autori: K. Kovacs, Z. Bagi, I. Ionel, A.E. Cioabla, T. Vintilă, S. Neo. Biofuels and Renewable Resources. Editura Mirton, Timișoara 2013.
The Economist, The End of the Oil Age, October 25rd 2003.
Vintilă Teodor, Popescu Cosmin Alin, Imbrea Florin, Peț Ioan, David Gheorghe, BIOECONOMIE CIRCULARĂ, în Provocări rurale contemporane, coordonatori Brumă I.S., Bulei S., Presa Universitară Clujeană, 2022, ISBN 978-606-37-1467-2, pag. 84-94.
https://environment.ec.europa.eu/publications/bioeconomy-strategy_en
<http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table>
VDI 4630-Fermentation of Organic Materials: Characterization of the Substrate, Sampling, Collection of Material Data, Fermentation Test, The Association of German Engineers, (2006).
Giroto, F., Lavagnolo, M.C., Acar, G. et al. Bio-methane production from tomato pomace: preliminary evaluation of process intensification through ultrasound pre-treatment. *J Mater Cycles Waste Manag* 23, 416-422 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10163-020-01122-2>.
Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Kottner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, Augustin Ofițeru, Mihai Adamescu, Florian Bodescu, Dan Ionescu, Biogas Practical Guide - elaborat în cadrul Proiectului Big East-„Programul Energie Inteligentă pentru Europa”, octombrie 2008.
<https://www.changeclimate.org/faq#:~:text=tCO2e%20stands%20for%20tonnes%20>
<http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table>
Giroto, F., Lavagnolo, M.C., Acar, G. et al. Bio-methane production from tomato pomace: preliminary evaluation of process intensification through ultrasound pre-treatment. *J Mater Cycles Waste Manag* 23, 416-422 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10163-020-01122-2>



16. Raport tehnic privind schemele de tratament aplicate culturii de tomate de fermieri în România (INMA)

16.1. Introducere

Tomatele (*Solanum lycopersicum* L.) reprezintă una dintre cele mai importante culturi legumicole din România, fiind cultivate atât în câmp deschis, cât și în spații protejate (sere și solarii). Diversitatea agenților patogeni și a dăunătorilor specifici impune aplicarea unor programe de protecție fitosanitară adaptate condițiilor locale. Schema de tratament utilizată de fermierii români integrează produse chimice și biologice în scopul prevenirii și combaterii eficiente a bolilor fungice și a atacurilor de insecte, menținând totodată un echilibru între productivitate și siguranța alimentară.

16.2. Obiectivele raportului

Scopul principal al prezentului raport este analiza structurată a unei scheme tehnologice de tratament aplicate culturii de tomate, cu accent pe:

- evaluarea substanțelor active utilizate în funcție de stadiul fenologic al plantei;
- identificarea modului de alternare a produselor fitosanitare pentru reducerea riscului de rezistență;
- corelarea tratamentelor chimice și biologice pentru optimizarea protecției culturii;
- stabilirea unei baze tehnico-științifice pentru formularea de recomandări privind aplicarea rațională a pesticidelor și bioinoculanților.

16.3. Rolul pesticidelor și impactul potențial asupra sănătății umane

Pesticidele, definite conform Regulamentului (CE) nr. 1107/2009 drept substanțe active, preparate sau amestecuri destinate prevenirii, distrugerii sau controlului organismelor dăunătoare plantelor, reprezintă o componentă tehnologică indispensabilă pentru menținerea sănătății culturilor agricole. În cadrul tehnologiilor aplicate la cultura tomatelor, utilizarea controlată a pesticidelor are rolul de a asigura o producție stabilă, protejând plantele de agenți patogeni fungici, bacterieni și de dăunători cu potențial distructiv ridicat.

Rolul tehnologic al pesticidelor în cultura tomatelor

Din punct de vedere agronomic, pesticidele contribuie la optimizarea performanței fitosanitare a culturii prin:

- reducerea pierderilor de producție, estimate la 30-40% în absența tratamentelor preventive;



- protejarea sistemului radicular în stadiile timpurii (prin insecticide de sol și bioinoculanți antagonici ai patogenilor);
- prevenirea transmiterii agenților patogeni prin sol sau materialul de plantare;
- limitarea răspândirii bolilor foliare și a dăunătorilor polifagi în condiții de umiditate ridicată sau temperaturi favorabile dezvoltării acestora;
- menținerea uniformității de maturare și a calității comerciale a fructelor.

Prin acțiunea lor specifică asupra proceselor fiziologice ale agenților patogeni sau ale dăunătorilor, pesticidele moderne (fungicide sistemice, insecticide piretroide, acaricide, biofungicide) contribuie la stabilizarea ecosistemului agricol și la creșterea randamentului economic al producției. De exemplu, strobilurinele precum azoxistrobinul și piraclostrobinul inhibă respirația mitocondrială a fungilor, blocând procesele bioenergetice ale celulei, în timp ce azolii (difenconazol, propamocarb) acționează prin inhibarea sintezei ergosterolului, component structural al membranei celulare fungice.

Insecticidele de tip piretroid (lambda-cihalotrin, tau-fluvalinat) induc o paralizie rapidă a insectelor prin perturbarea canalelor de sodiu la nivel neuronal, oferind o protecție imediată a culturii. Acaricidele moderne (pyridaben, abamectin) au acțiune selectivă asupra dăunătorilor, cu o perioadă de remanență controlată, limitând impactul asupra polenizatorilor dacă sunt aplicate corespunzător.

Riscuri și impact potențial asupra sănătății umane

Deși pesticidele constituie un instrument esențial pentru protecția culturilor, utilizarea lor necorespunzătoare sau necontrolată poate genera efecte adverse asupra sănătății umane și a mediului. Principalele riscuri provin din:

- expunerea directă a operatorilor în timpul manipulării și aplicării substanțelor;
- prezența reziduurilor în fructele proaspete prin depășirea timpului de pauză până la recoltare;
- contaminarea apelor subterane și a solului prin levigare sau scurgeri accidentale.

Numeroase studii epidemiologice au evidențiat corelații între expunerea cronică la pesticide organofosforice, carbamați sau piretroide și apariția unor tulburări neurologice, endocrine și respiratorii. În mod particular, piretroizii de sinteză pot afecta funcțiile neurocomportamentale prin acțiunea asupra canalelor de sodiu neuronale, în timp ce fungicidele triazolice pot influența metabolismul hepatic al steroizilor, având potențial de perturbare endocrină.

Expunerea indirectă a consumatorilor la reziduuri de pesticide este reglementată prin Limitele Maximale de Reziduuri (LMR) stabilite de Autoritatea Europeană pentru Siguranța Alimentară (EFSA). În România, controlul acestor limite este efectuat prin rețelele de supraveghere ale ANSVSA și MADR. În cazul culturii tomatelor, LMR pentru azoxistrobin este de 1 mg/kg, pentru difenoconazol 0,5 mg/kg, iar pentru abamectin



0,02 mg/kg, valori care trebuie respectate prin aplicarea tratamentelor conform timpului de pauză recomandat de producător.

Factori determinanți ai riscului toxicologic

Riscul toxicologic asociat pesticidelor depinde de mai mulți factori:

- doza aplicată și frecvența tratamentelor - o creștere cu 20-30% peste doza omologată poate amplifica semnificativ nivelul reziduurilor;
- condițiile de mediu - temperaturile ridicate accelerează volatilizarea și fotodegradarea parțială, dar pot crește absorbția cuticulară;
- interacțiunea între substanțe - utilizarea concomitentă a fungicidelor strobilurine și azolice poate genera efecte cumulative asupra microflorei epifitice și solice;
- nivelul de instruire al operatorilor - lipsa echipamentului de protecție individuală și manipularea incorectă a concentratelor conduc la expuneri acute.

În contextul actual, strategiile de protecție a sănătății publice impun trecerea graduală de la sistemele bazate exclusiv pe pesticide chimice la modele de management integrat al dăunătorilor (IPM), care combină măsuri preventive, biologice și chimice cu impact redus. Utilizarea produselor microbiologice (ex. *Trichoderma* spp., *Bacillus subtilis*) și a extractelor naturale (ex. spinosad) în alternanță cu substanțele de sinteză contribuie la scăderea semnificativă a riscului de expunere umană și la protejarea sănătății consumatorilor.

Considerații finale privind siguranța alimentară

Asigurarea unui nivel minim al reziduurilor de pesticide în produsele vegetale destinate consumului uman presupune respectarea strictă a următoarelor condiții tehnologice:

- respectarea intervalului de pauză între ultimul tratament și recoltare;
- utilizarea echipamentelor calibrate pentru aplicarea uniformă a soluțiilor;
- respectarea dozelor omologate și a alternării substanțelor cu moduri de acțiune diferite;
- implementarea unui sistem de trasabilitate și control al calității fitosanitare.

Prin aplicarea acestor măsuri, riscul de contaminare a tomatelor cu reziduuri peste limitele admise poate fi redus sub 1% din cazurile testate, conform datelor obținute în cadrul programelor de monitorizare europeană EFSA (2022-2024).

În concluzie, pesticidele își mențin rolul central în asigurarea productivității culturii de tomate, însă utilizarea lor trebuie să fie fundamentată științific, reglementată strict și integrată cu metode biologice și agronomice sustenabile. Numai printr-o abordare echilibrată între eficiența tehnologică și siguranța alimentară poate fi asigurată o protecție reală a culturilor fără compromiterea sănătății publice.



16.4. Material și metodă

Datele experimentale provin din analiza unei scheme de tratament utilizate în exploatații legumicole comerciale din România, aplicată atât în câmp, cât și în spații protejate. Fermierii alternează substanțele active pentru a limita apariția rezistenței la pesticide, utilizând doze și frecvențe diferențiate în funcție de mediu:

- în câmp: concentrații mai mari de insecticide;
- în sere: concentrații mai ridicate de fungicide și aplicări mai frecvente.

16.5. Selectia substantelor cele mai utilizate in schemele de tratament

Schema de tratament este structurată cronologic, corespunzător etapelor de dezvoltare ale tomatelor (tabelul 16.1.):

Tabelul 16.1. Schema de tratament corespunzătoare etapelor de dezvoltare ale tomatelor

Etapa de vegetație	Produse utilizate	Substanțe active	Tip de acțiune
1. Stadiul de răsad	PREVICUR ENERGY / CABRIO TOP	Fosetil-Al + Propamocarb / Metiram + Piraclostrobin	Fungicid preventiv și curativ împotriva manei și fuzariozei
2. La plantare	Trika Expert / AMN Promot (Bio)	Lambda-cihalotrin / <i>Trichoderma spp.</i>	Insecticid sistemic + inoculant biologic pentru protecția radiculară
3. La 10 zile de la plantare	Cidely Top / Mavrik 2F	Ciflufenamid + Difenconazol / Tau-fluvalinat	Fungicid + insecticid cu acțiune asupra făinării și afidelor
4. La 14 zile și repetat	Amistar / Laser 240 SC / Sanmite / Voliam Targo	Azoxistrobin / Spinosad / Pyridaben / Abamectin + Clorantpriliprol	Tratament complex fungicid-insecticid-acaricid
5. La nevoie (tratament corectiv)	Champ 77 WG / Alcupral	Hidroxid de cupru / Oxidoclorură de cupru	Fungicid de contact pentru prevenirea bolilor bacteriene și a manei



17. Activitati de achiziție echipamente

4.1. În conformitate cu Programul achizițiilor publice pentru proiectul METROFOOD.Ro Evolve cod SMIS 2021 309287, USAMV București a achiziționat trei echipamente de cercetare, după cum urmează:

1. Detector ELSD pentru sistem Acquity Arc (poziție 6.1)
2. Colector de fracții pentru sistem Acquity Arc (poziție 6.2)
3. Spectrofotometru UV-VIS (poziție 6.3)

Pentru cele trei echipamente membrii echipei de implementare au avut contribuții la derularea procedurii de achiziție a acestor echipamente necesare realizării activităților proiectului, conform Strategiei de achiziție (analiză din punct de vedere tehnic a ofertelor de echipamente și a răspunsurilor la clarificările solicitate).

4.2. În conformitate cu Programul achizițiilor publice pentru proiectul METROFOOD.Ro Evolve cod SMIS 2021 309287, USVT trebuie să achiziționeze 2 echipamente de cercetare, după cum urmează:

1. Extractor cu microunde
2. Sistem de analiză metaboliți primari și secundari

Pentru cele două echipamente membrii echipei de implementare au avut contribuții la derularea procedurii de achiziție a acestor echipamente necesare realizării activităților proiectului, conform Strategiei de achiziție (analiză din punct de vedere tehnic a ofertelor de echipamente și a răspunsurilor la clarificările solicitate). La momentul elaborării RP4 achiziția este finalizată.

18. Concluzii

Activitățile desfășurate în cadrul indicatorului de monitorizare IM3.5 au permis caracterizarea complexă, multidisciplinară și integrată a subproduselor provenite din procesarea tomatelor, demonstrând potențialul lor semnificativ pentru obținerea unor ingrediente alimentare funcționale în contextul bioeconomiei circulare. Etapele experimentale parcurse - de la colectarea și pregătirea materiilor prime, la uscarea, măcinarea și caracterizarea fizico-chimică, microbiologică, biochimică și mineralogică - au confirmat faptul că tescovina de tomate reprezintă o resursă valoroasă și insuficient exploatată în industria agroalimentară din România.



Rezultatele obținute au evidențiat un conținut ridicat de compuși bioactivi, între care polifenoli, flavonoizi, carotenoizi (în special licopen), fibre alimentare și acizi grași nesaturați, care conferă ingredientului final proprietăți antioxidante, antiinflamatorii și potențial prebiotic. Profilul lipidic determinat prin GC-FID a confirmat prezența acizilor grași benefici, în timp ce analizele biochimice au demonstrat un nivel ridicat de compuși fenolici, indicatori ai valorii funcționale a ingredientului obținut. Determinările privind conținutul de metale grele și microelemente au arătat valori conforme cu limitele stabilite de legislația europeană, iar analizele de pesticide au confirmat respectarea nivelurilor maxime admise, ceea ce susține siguranța utilizării acestor ingrediente în aplicații alimentare.

Din punct de vedere microbiologic, pulberile obținute au prezentat o încărcătură bacteriană generală redusă și absența microorganismelor patogene reglementate, confirmând adecvarea proceselor tehnologice aplicate (uscarea controlată, măcinarea fină, manipularea în condiții igienice). Aceste aspecte sunt esențiale pentru definirea potențialului de integrare a ingredientului în produse alimentare finite, contribuind la formarea unui flux sigur și controlat în cadrul lanțului de producție.

În ceea ce privește potențialul prebiotic, evaluările preliminare sugerează o capacitate semnificativă a subproduselor de tomate de a modula pozitiv microbiota intestinală, aspect care va fi consolidat prin analize suplimentare de fermentație simulată și prin corelarea metabolică (SCFA, profile fenolice post-digestie). Aceste rezultate indică direcții promițătoare pentru dezvoltarea unor ingrediente orientate spre sănătate digestivă și nutriție funcțională.

Ansamblul datelor obținute validează fezabilitatea utilizării făinii și tescovinei de tomate ca materie primă pentru dezvoltarea unor ingrediente alimentare cu valoare nutrițională și funcțională ridicată. Totodată, rezultatele generează fundația tehnică necesară pentru etapele ulterioare ale proiectului, care vizează formularea, testarea și optimizarea unor produse alimentare inovatoare, precum și evaluarea biodisponibilității compușilor bioactivi în condiții fiziologice simulate.

În concluzie, raportul IM3.5 oferă o bază științifică solidă pentru continuarea cercetărilor în cadrul METROFOOD-RO Evolve, deschizând direcții de dezvoltare pentru:

- optimizarea tehnologiilor de procesare (uscarea la temperaturi controlate, măcinarea diferențiată, tratamente fizico-chimice suplimentare);
- caracterizarea aprofundată a bioactivității compușilor extrași;
- studii de stabilitate și compatibilitate în matrice alimentare complexe;
- evaluarea funcționalității ingredientelor în produse prototip;
- validarea industrială în colaborare cu operatori agroalimentari.

Prin aceste demersuri, proiectul contribuie la consolidarea infrastructurii naționale de cercetare în domeniul bioeconomiei circulare și la integrarea durabilă a



Cofinanțat de
Uniunea Europeană



*Consolidarea integrării nodului românesc METROFOOD-RO în infrastructura europeană de cercetare
METROFOOD-RI, acronim METROFOOD-RO Evolve, Cod SMIS 2021+ 309287*

fluxurilor secundare din industria tomatelor în lanțuri valorice alimentare sigure, eficiente și inovatoare.





Echipa de experți care a participat la elaborarea IM3.5 - Raport experimental de obținere a unui ingredient alimentar

Nume și prenume	Funcția în proiect	Contribuția la activitate
USVT - partener coordonator al subactivității A3.2		
Tulcan Camelia	Cercetător - expert	Coordonare activitate A3.2. pregătirea livrabilului I.M.3.5 final, evaluare activitate antioxidanta
Radulov Isidora	Cercetător - expert	Redactare IM3.5-Raport experimental de obținere a unui ingredient alimentar. Contribuții la derularea procedurii de achiziție a celor 2 echipamente necesare realizării activităților proiectului, conform Strategiei de achiziție (analiză din punct de vedere tehnic a ofertelor de echipamente și a răspunsurilor la clarificările solicitate);
Berbecea Adina	Cercetător - expert	Contributii la pregatirea livrabilului, analiza minerale
Vintilă Teodor	Cercetător - expert	Prelucrare pielite de rosii. Determinare continut metanogen.
Tripon Roberta	Asistent cercetare	Determinare continut de polifenoli, flavonoizi, evaluare activitate enzime antioxidante, redactare livrabil IM 3.5.

IBA		
Anghel Mihaela	Cercetător - expert	Obținere și prelucrare subproduse (uscarea, măcinare); analize fizico-chimice (umiditate, cenușă, proteine, lipide, fibre, zaharuri,



		sare); contribuții la metodologie și instrumentație.
Manolache Fulvia	Cercetător - expert	Obținere și prelucrare subproduse (uscare, măcinare); analize fizico-chimice (umiditate, cenușă, proteine, lipide, fibre, zaharuri, sare); contribuții la metodologie și instrumentație.
Cucu Șerban	Cercetător - expert	Obținere și prelucrare subproduse (uscare, măcinare); analize fizico-chimice (umiditate, cenușă, proteine, lipide, fibre, zaharuri, sare); contribuții la metodologie și instrumentație.
Nicolcioiu Bogdan	Cercetător - expert	Obținere și prelucrare subproduse (uscare, măcinare); analize fizico-chimice (umiditate, cenușă, proteine, lipide, fibre, zaharuri, sare); contribuții la metodologie și instrumentație.
Panaiteescu Carmen	Cercetător - expert	Obținere și prelucrare subproduse (uscare, măcinare); analize fizico-chimice (umiditate, cenușă, proteine, lipide, fibre, zaharuri, sare); contribuții la metodologie și instrumentație.
Florea Cristian	Cercetător - expert	Obținere și prelucrare subproduse (uscare, măcinare); analize fizico-chimice (umiditate, cenușă, proteine, lipide, fibre, zaharuri, sare); contribuții la metodologie și instrumentație.
Susman Iulia	Cercetător - expert	Obținere și prelucrare subproduse (uscare, măcinare); analize fizico-chimice (umiditate, cenușă, proteine, lipide, fibre, zaharuri,



		sare); contribuții la metodologie și instrumentație.
Dobre Alina	Cercetător - expert	Obținere și prelucrare subproduse (uscarea, măcinare); analize fizico-chimice (umiditate, cenușă, proteine, lipide, fibre, zaharuri, sare); contribuții la metodologie și instrumentație.

ICIA			
Socaciu Nicoleta	Bianca	Cercetător - expert	Analize instrumentale avansate (spectrometrie / cromatografie); caracterizare compozițională detaliată (profil lipidic, compuși bioactivi); suport la validarea metodelor analitice. digestibilitate in vitro

ITIM			
Dehelean Adriana		Cercetător - expert	Analize instrumentale avansate analiza elementala si amprentare izotopica
Puscas Romulus		Cercetător - expert	Analize instrumentale avansate analiza elementala si amprentare izotopica
David Maria		Cercetător - expert	Analize instrumentale avansate analiza elementala si amprentare izotopica
Magdas Ariana		Cercetător - expert	Analize instrumentale avansate analiza elementala si amprentare izotopica
Cristea Gabriela		Cercetător - expert	Analize instrumentale avansate analiza elementala si amprentare izotopica



Magdas Dana Alina	Cercetător - expert	Analize instrumentale avansate analiza elementala si amprentare izotopica, redactare material
-------------------	---------------------	---

USAMVB		
Israel-Roming Florentina	Cercetător - expert	Contribuții la derularea procedurii de achiziție a celor 3 echipamente necesare realizării activităților proiectului, conform Strategiei de achiziție (analiză din punct de vedere tehnic a ofertelor de echipamente și a răspunsurilor la clarificările solicitate)
Dobrin Aurora	Expert achizitii	Pregătirea probelor pentru determinarea pesticidelor din tescovina de tomate, in vederea caracterizării primului ingredient alimentar
POPA Aglaia	Cercetător - expert	Contribuții la derularea procedurii de achiziție a celor 3 echipamente necesare realizării activităților proiectului, conform Strategiei de achiziție (analiză din punct de vedere tehnic a ofertelor de echipamente și a răspunsurilor la clarificările solicitate); Adaptarea si testarea metodelor de dozare a compusilor fenolici totali si a lycopenui din tescovina de tomate si realizarea determinarilor pentru primul ingredient alimentar
Ion Violeta Alexandra	Cercetător - expert	Analiza prezentei pesticidelor in tescovina de tomate, in vederea caracterizării primului ingredient alimentar



Lazar Valentin	Cercetător - expert	Implicare în următoarele activități: Planificarea și monitorizarea derulării achizițiilor conform planului de achiziții al proiectului. Derularea procedurii de achiziție a celor trei echipamente necesare realizării activității și întocmirea documentelor necesare, conform Strategiei de achiziție (analiza ofertelor de echipamente, solicitarea de clarificări și analiza răspunsurilor la clarificările solicitate). Finalizarea procedurii de achiziție prin întocmirea contractului cu ofertanții câștigători ai licitației.
Lixandru Dragos	Cercetător - expert	Preparare reactivi pentru testarea metodei de dozare a compusilor fenolici totali din tescovina de tomate

UB		
Curutiu Carmen	Cercetător - expert	Analize biochimice și lipidice; determinări metale grele/microelemente; interpretare rezultate chimice/biochimice.
Ispas Bogdan	Cercetător - expert	Analize biochimice și lipidice; determinări metale grele/microelemente; interpretare rezultate chimice/biochimice.
Gradisteanu Gratiela	Cercetător - expert	Analize biochimice și lipidice; determinări metale grele/microelemente; interpretare rezultate chimice/biochimice.



Cofinanțat de
Uniunea Europeană



Consolidarea integrării nodului românesc METROFOOD-RO în infrastructura europeană de cercetare
METROFOOD-RI, acronim METROFOOD-RO Evolve, Cod SMIS 2021+ 309287

INMA		
Cojocaru Florin	Cercetător - expert	Cercetari privind schemele de tratament aplicate culturii de tomate de fermieri în România: Rolul pesticidelor și impactul potențial asupra sănătății umane
Mircea Costin	Cercetător - expert	Cercetari privind schemele de tratament aplicate culturii de tomate de fermieri în România: Rolul pesticidelor și impactul potențial asupra sănătății umane
Pruteanu Augustina	Cercetător - expert	Cercetari privind schemele de tratament aplicate culturii de tomate de fermieri în România: Tehnologia pesticidelor în cultura tomatelor
Sorica Cristian	Cercetător - expert	Cercetari privind schemele de tratament aplicate culturii de tomate de fermieri în România: Riscuri și impact potențial asupra sănătății umane

Responsabil întocmire document - IM.3.5. final

Camelia TULCAN

Responsabil Subactivitate A3.2

22.12.2025

**Camelia
Tulcan**

Semnat digital de
Camelia Tulcan
Data: 2025.12.22
09:29:23 +02'00'

