# IM3.4 – Raport de identificare a subproduselor din industria alimentară

| | |
|---|---|
| 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 motivului alegerii industriei alimentare și subproduselor aferente pentru valorificarea lor |
| Subactivitate | A3.2. Exercițiu de bioeconomie circulară |
| Responsabil | Universitatea de Științele Vieții „Regele Mihai I" din Timișoara – P3 |
| Perioada raportată | Februarie 2025 – Mai 2025 |
| Termen de predare | 28.05.2025 |
| Rezultat asociat | R4 – Două ingrediente obținute prin bioeconomie circulară și două produse alimentare |
| Termen de finalizare | 29.05.2025 |
| 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 |

# Structura parteneriatului pentru realizarea IM3.4

Structura parteneriatului pentru realizarea indicatorului de monitorizare IM3.4 - Raport experimental de obținere de materii prime agricole în sistem convențional, asupra activității desfășurate în perioada ianuarie – aprilie 2025 este următoarea:

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

Pag.

## CUPRINS

pag.

1. Introducere ..... 5
2. Stabilirea metodologiei de lucru în A3.2 ..... 5
3. Motivarea alegerii industriei alimentare și subproduselor aferente pentru valorificarea lor ..... 15
4. Tescovina, compozitie,cantitati, aplicatii si valorificare .....
   - 4.1. Introducere ..... 17
   - 4.2. Prezentarea sectorului viticol pe plan mondial si în România ..... 20
   - 4.3. Tescovina: compozitie, aplicatii si valorificare ..... 26
   - 4.4. Obținerea tescovinei din procesul de vinificație și condiționarea acesteia ..... 30
   - 4.5. Direcții de valorificare a tescovinei în industria alimentară ..... 33
   - 4.6. Efectele benefice ale compușilor bioactivi din tescovina de struguri asupra sănătății umane ..... 37
   - 4.7. Concluzii ..... 40
5. Identificare tehnologii de condiționare pielițe de roșii ..... 40
   - 5.1. Generalitati ..... 40
   - 5.2. Factorii care influențează cultivarea tomatelor și valoarea lor nutrițională ..... 45
6. Cercetări recente privind alergenii din roșii și implicațiile asupra sănătății consumatorilor ..... 60
   - 6.1. Metode de detecție și cuantificare a alergenilor alimentari ..... 60
   - 6.2. Potențialul alergenic al roșiilor: aspecte relevante pentru valorificare ..... 68
   - 6.3. Alergeni identificați în roșii ..... 69
   - 6.4. Impactul condițiilor de mediu și al tehnicilor de procesare asupra alergenilor din tomate ..... 71
   - 6.5. Influența condițiilor de cultivare asupra potențialului alergenic al roșiilor ..... 71
   - 6.6. Impactul procesării alimentelor asupra alergeniilor din roșii ..... 72
   - 6.7. Perspective și limitări cu privire la cercetarile alrgenilor din roșii 72
7. Cercetări recente privind alergenii din struguri și implicațiile asupra sănătății consumatorilor ..... 76
   - 7.1. Reactivitatea alergică asociată consumului de struguri și produse derivate ..... 76
   - 7.2. Alergia la struguri: sindromul de alergie orală și alte simptome associate ..... 77
8. Identificare tehnologii de extracție alternative și biotehnologii alimentare pentru procesarea subproduselor stabilite ..... 77

8.1. Compuși cu valoare biologică din subproduse alimentare ..... 77
8.2. Metode de extracție tradiționale în industria alimentară ..... 79
8.3. Metode moderne de extracție ..... 83
8.4. Biotehnologii alimentare pentru procesarea subproduselor ..... 84
9. Subproduse din industria alimentară ..... 110
9.1. Subproduse rezultate la procesarea tomatelor (Solanum lycopersicum) ..... 114
9.2. Subproduse rezultate la procesarea strugurilor ..... 116
10. Identificare tehnologii de extracție alternative și biotehnologii alimentare pentru procesarea subproduselor stabilite ..... 120
10.1. Extracție asistată de microunde ..... 120
10.2. Extracție asistată de ultrasunete ..... 123
10.3. Extracție asistată de presiuni înalte ..... 124
11. Stabilirea potențialului metanogen al deșeurilor organice ..... 129
11.1. Prelevarea de probe și analiza acestora ..... 130

# 1. Introducere

Industria alimentară generează numeroase subproduse, care, în multe cazuri, sunt irosite. Bioeconomia circulară încurajează valorificarea eficientă a resurselor biologice, contribuind la reducerea risipei și la transformarea acestor subproduse în resurse utile. În loc să fie eliminate ca deșeuri, resturile din producție sunt reintegrate în lanțul valoric prin soluții tehnologice sustenabile.
Subprodusele reprezintă materiale secundare rezultate în urma procesării alimentelor, printre care se numără:
• Coji și semințe provenite din fructe și legume
• Reziduuri din prelucrarea cerealelor sau lactatelor
Prin aplicarea unor tehnologii inovatoare, precum extracțiile ecologice, biotehnologiile sau metodele de procesare minimală, aceste subproduse pot fi transformate în:
• Fibre alimentare
• Proteine
• Alte ingrediente nutritive și funcționale

În cadrul activității A3.2 se urmărește identificarea subproduselor cu potențial ridicat din industria alimentară și a proceselor tehnologice prietenoase cu mediul pentru transformarea acestora în ingrediente alimentare. De asemenea, în cadrul acestei activități vor fi explorate soluții inovatoare care sprijină sustenabilitatea în industria alimentară.

***Tabelul 1.1.*** Indicatorii de monitorizare și rezultatele subactivității A3.2

| **Indicator de monitorizare** | **Descriere** | **Termen** | **Documente care probează îndeplinirea indicatorului** |
|---|---|---|---|
| **IM3.4** - Raport de identificare a subproduselor din industria alimentară | Motivația alegerii industriei alimentare și subproduselor aferente pentru valorificarea lor | 29.05.2025 | Document postat pe website-ul METROFOOD-RO – la intefața internă a proiectului |

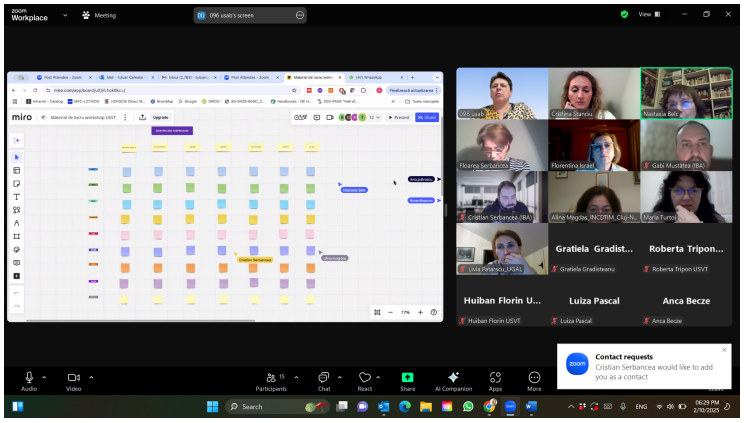
# 2. Stabilirea metodologiei de lucru în A3.2 – WORKSHOP 2 Fundamentarea Strategiei de Selecție a Subproduselor și Etapele Dezvoltării Ingredientelor

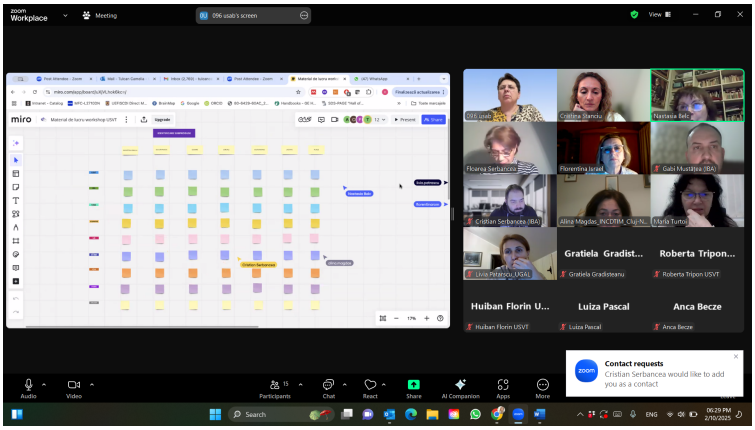
Activitățile desfășurate în această fază contribuie la realizarea OS3 - Consolidarea poziționării METROFOOD-RO în comunitatea științifică la nivel național, METROFOOD-RI și european, ca facilitate de cercetare orientată către actorii sistemului alimentar și este implementat prin intermediul activității 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 – Exercitiu de bioeconomie circulara este coordonata de USV Timișoara. Obiectivul specific al subactivității A3.2 este "Fundamentarea Strategiei de Selecție a Subproduselor și Etapele Dezvoltării Ingredientelor".

Cel de al doilea workshop, corelat cu activitatea **A.3.2** intitulată ***"Fundamentarea Strategiei de Selecție a Subproduselor și Etapele Dezvoltării Ingredientelor"*** a fost organizat de către Universitatea de Științele Vieții "Regele Mihai I" din Timișoara în data de 19 februarie pe platforma Zoom.

In etapa de pregătire a workshop-ului echipa de proiect a avut o întâlnire online in data de 10.02.2025 în care s-au stabilit obiectivele workshop-ului fost discutat modul de lucru si. S-a prezentat instrumentul de lucru generat pe platforma Miro cu solicitarea din partea organizatorului privind completarea cu informațiile inițiale care urmează sa fie analizate în cadrul workshop-ului.



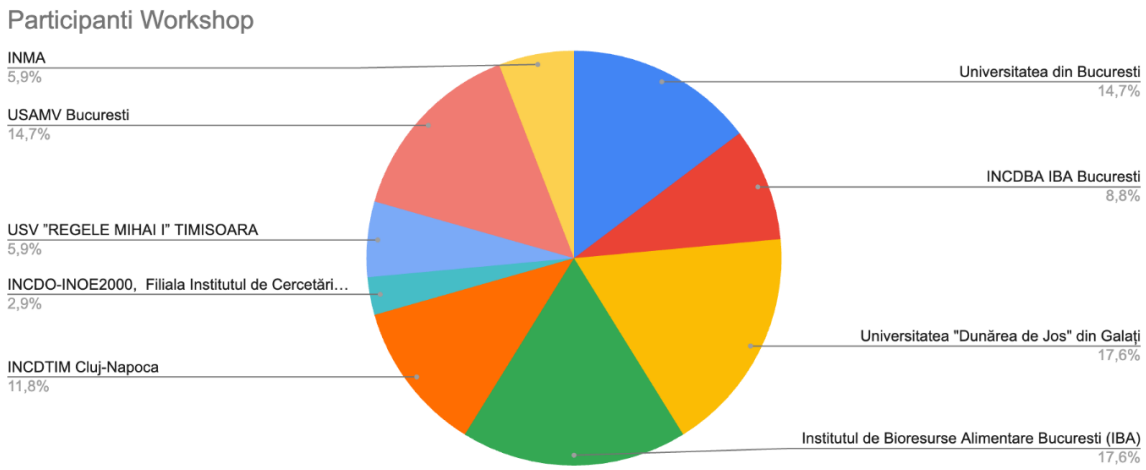



**Agenda workshop-ului este prezentată în imaginea de mai jos:**




**Participanți înscriși:**

Prin completarea formularului de Google Forms, la workshop s-au înscris 34 de participanți, aceștia provenind de la instituțiile partenere. În figura de mai jos se pot observa instituțiile reprezentate prin participanți și procentele aferente numărului de persoane înscrise.



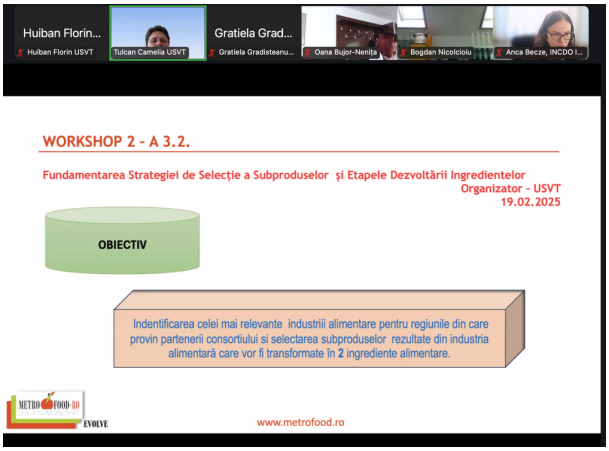


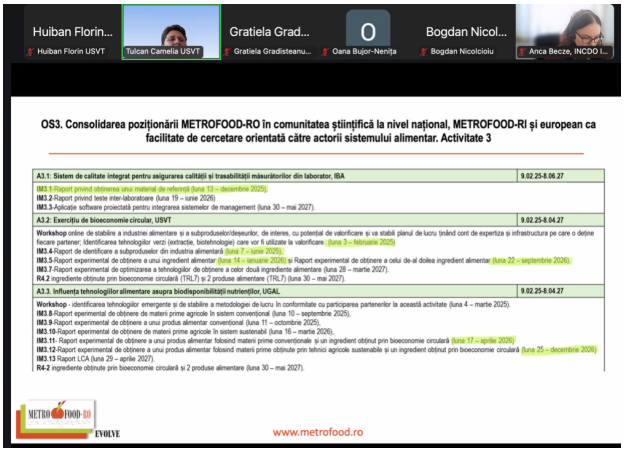


**Deschiderea evenimentului:**

Workshop-ul a fost deschis de către Prof. Dr. Tulcan Camelia, din cadrul Universității de Științe Vieții "Regele Mihai I" din Timișoara (USVT). Aceasta a prezentat stadiul actual al proiectului, agenda pentru cele trei ore de workshop, precum și informațiile solicitate și completate în platforma MIRO de către parteneri.

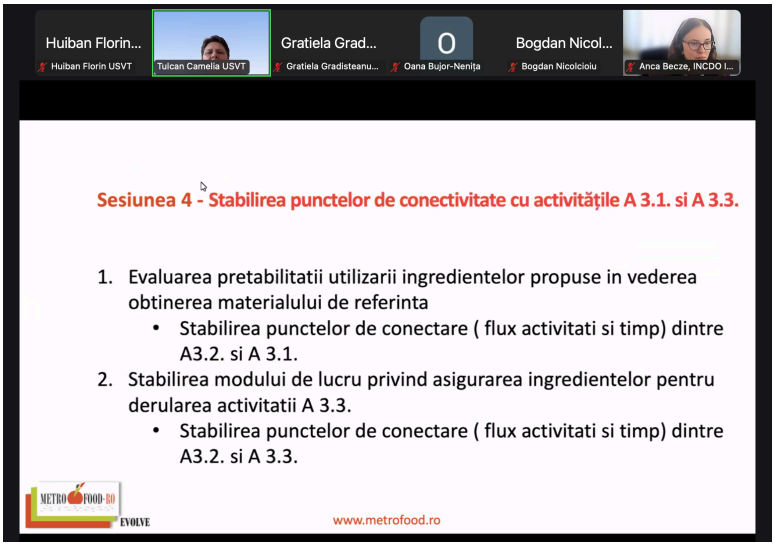



**Activitatea de pe parcursul workshop-ului:**

În prima parte a workshop-ului a avut loc fundamentarea strategiei de selecție a subproduselor și etapele dezvoltării ingredientelor. Obiectivul principal a fost stabilirea unei strategii clare pentru selectarea subproduselor luând în considerare factorii precum disponibilitatea, costurile și potențialul subproduselor.




De asemenea, s-au stabilit punctele de conectivitate dintre activitatea A.3.2 si cele două activități conexe A.3.1 și A.3.3.

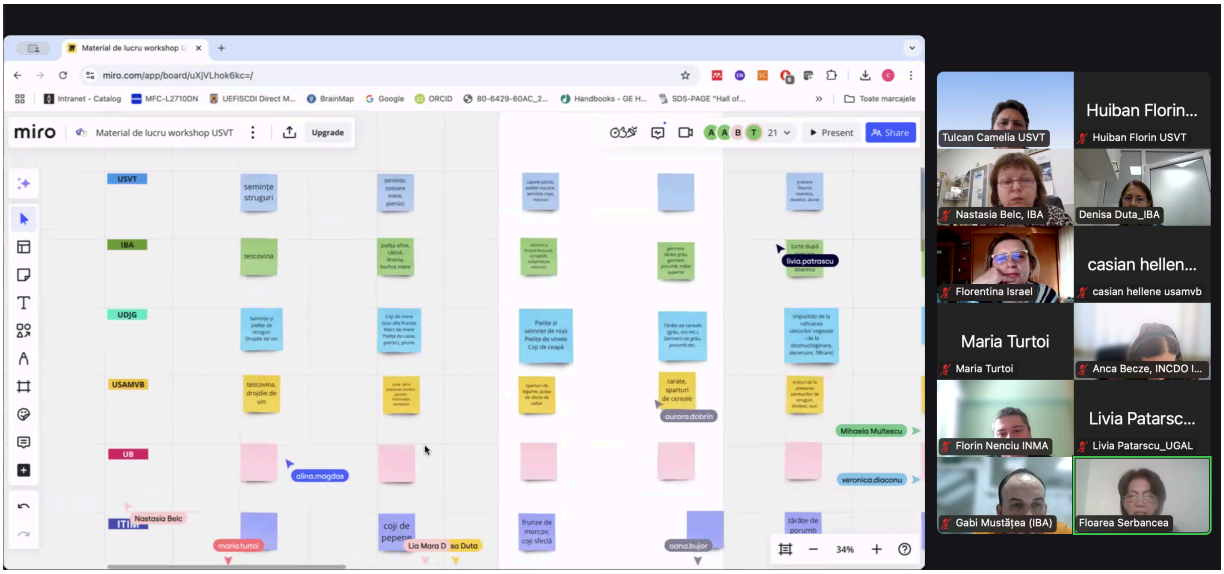
Pe baza criteriilor stabilite de comun acord în urma discuțiilor, au fost identificate 10 subproduse, după cum urmează: Pielițe roșii, tescovină, afine, pielițe fructe (măr, piersici), drojdie de vin, conopidă/broccoli, germeni de grâu, cătină, turte ulei, morcovi.

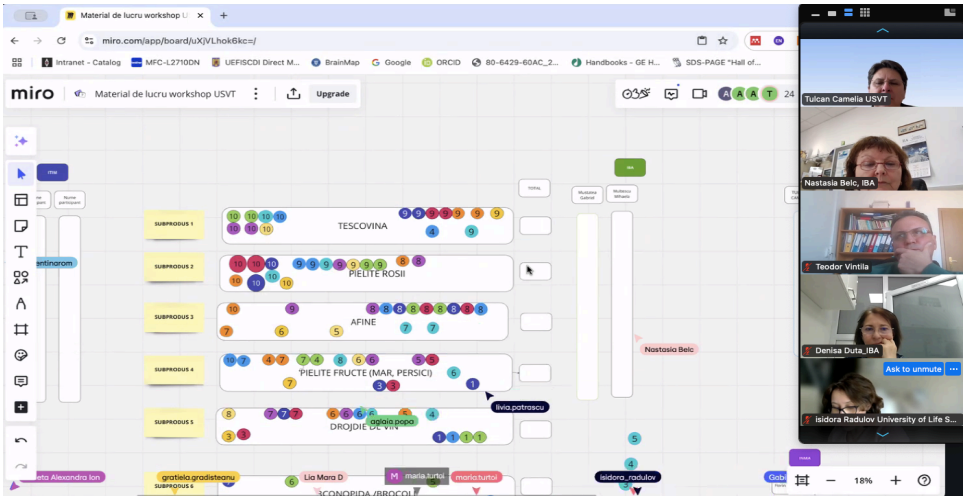
Cele 10 subproduse sunt descrise sumar în tabelul de mai jos, indicând utilizările frecvente și posibile utilizări (valorificări) în industria alimentară.

| **Scurtă descriere** | **Utilizări obișnuite** | **Posibilitate de valorificare în industria alimentară** |
|---|---|---|
| **Pielițe roșii** | | |
| Resturi solide rezultate în urma procesării roșiilor, constând în principal din pielițe și semințe. | Adesea considerate deșeuri în industria sucurilor de roșii - se aruncă. | Pot fi utilizate pentru extracția de licopen, un antioxidant valoros, sau ca ingrediente în produse de panificație pentru a îmbunătăți conținutul de fibre și antioxidanți. |
| **Tescovină** | | |
| Reziduul solid rămas după presarea strugurilor pentru obținerea mustului sau vinului, | Tradițional folosită pentru producerea rachiului de tescovină. | Extractele din tescovină, bogate în compuși cu activitate antioxidantă și antimicrobiană, pot fi utilizate ca aditivi naturali |

| | | |
|---|---|---|
| compus din coji, semințe și ciorchini. | | în diverse produse alimentare pentru a îmbunătăți stabilitatea și valoarea nutritivă. |
| **Afine** | | |
| Părți neutilizate ale afinelor după procesarea pentru sucuri sau gemuri, incluzând pielițe și semințe. | Frecvent eliminate ca deșeuri. | Bogate în antioxidanți și fibre, aceste resturi pot fi utilizate în producția de suplimente alimentare sau ca ingrediente funcționale în produse de panificație și cereale. |
| **Pielițe fructe (mere, piersici)** | | |
| Coji rezultate din procesarea merelor și piersicilor. | Deseori aruncate sau utilizate în hrana animalelor. | Pot fi uscate și măcinate pentru a fi adăugate în produse de panificație, crescând conținutul de fibre și antioxidanți. |
| **Drojdie de vin** | | |
| Sedimentul de drojdie rămas după fermentarea vinului. | Tradițional utilizată ca îngrășământ sau în hrana animalelor. | Poate fi utilizată în patiserie pentru a îmbunătăți profilul nutrițional și aroma produselor de panificație. |
| **Conopidă/broccoli** | | |
| Părți necomestibile sau neutilizate ale conopidei și broccoli-ului, cum ar fi frunzele și tulpinile. | Frecvent eliminate ca deșeuri sau utilizate în hrana animalelor. | Pot fi transformate în pudre vegetale pentru supe instant sau ca ingrediente în smoothie-uri datorită conținutului ridicat de nutrienți. |
| **Germeni de grâu** | | |
| Partea embrionară a bobului de grâu, separată în timpul procesului de măcinare. | Utilizați ca suplimente nutritive datorită conținutului ridicat de vitamine și minerale. | Adăugați în produse de panificație și patiserie pentru a îmbunătăți valoarea nutritivă și profilul organoleptic al acestora. |
| **Cătină** | | |
| Părți rămase după extracția sucului din fructele de cătină, | Adesea considerate deșeuri. | Semințele pot fi presate pentru a obține ulei de cătină, valoros pentru proprietățile sale nutritive și terapeutice. |

| | | |
|---|---|---|
| incluzând semințe și pielițe. | | |
| **Turte ulei** | | |
| Reziduuri solide rămase după extracția uleiului din semințe oleaginoase (ex. floarea-soarelui). | Folosite în principal ca hrană pentru animale. | Pot fi utilizate ca ingrediente în produse de panificație pentru a îmbunătăți conținutul de proteine și fibre. |
| **Morcovi** | | |
| Resturi rezultate din procesarea morcovilor, incluzând coji, capete și fragmente neutilizate. | Folosite frecvent ca hrană pentru animale sau compost. | Pot fi deshidratate și transformate în pulberi bogate în fibre și β-caroten, utilizate ca ingrediente pentru îmbunătățirea valorii nutriționale a produselor de panificație, sucurilor sau suplimentelor alimentare. |



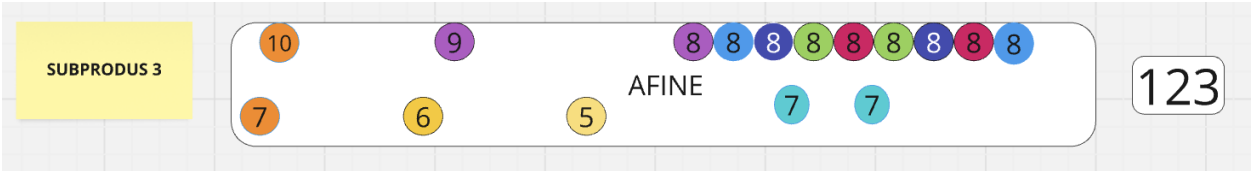


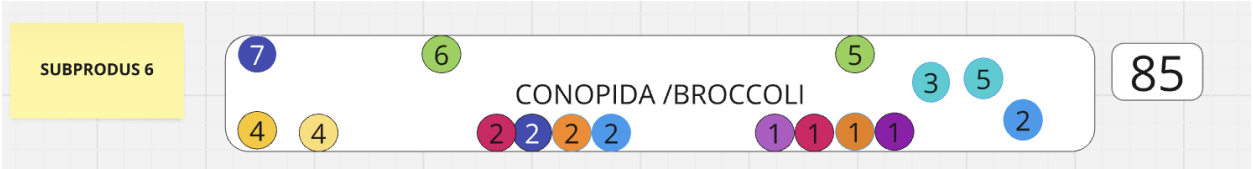

Pe parcursul workshop-ului s-a utilizat în mod activ platforma MIRO, iar prin vot, din cele 10 subproduse, pielițele de roșii și tescovina au fost cele două subproduse selectate. Fiecare partener a nominalizat 2 persoane pentru a vota în alegerea subproduselor.

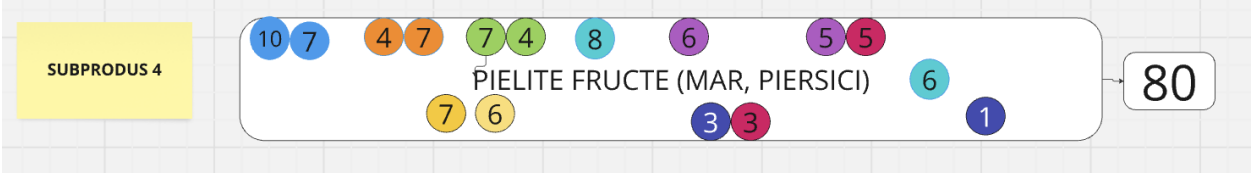


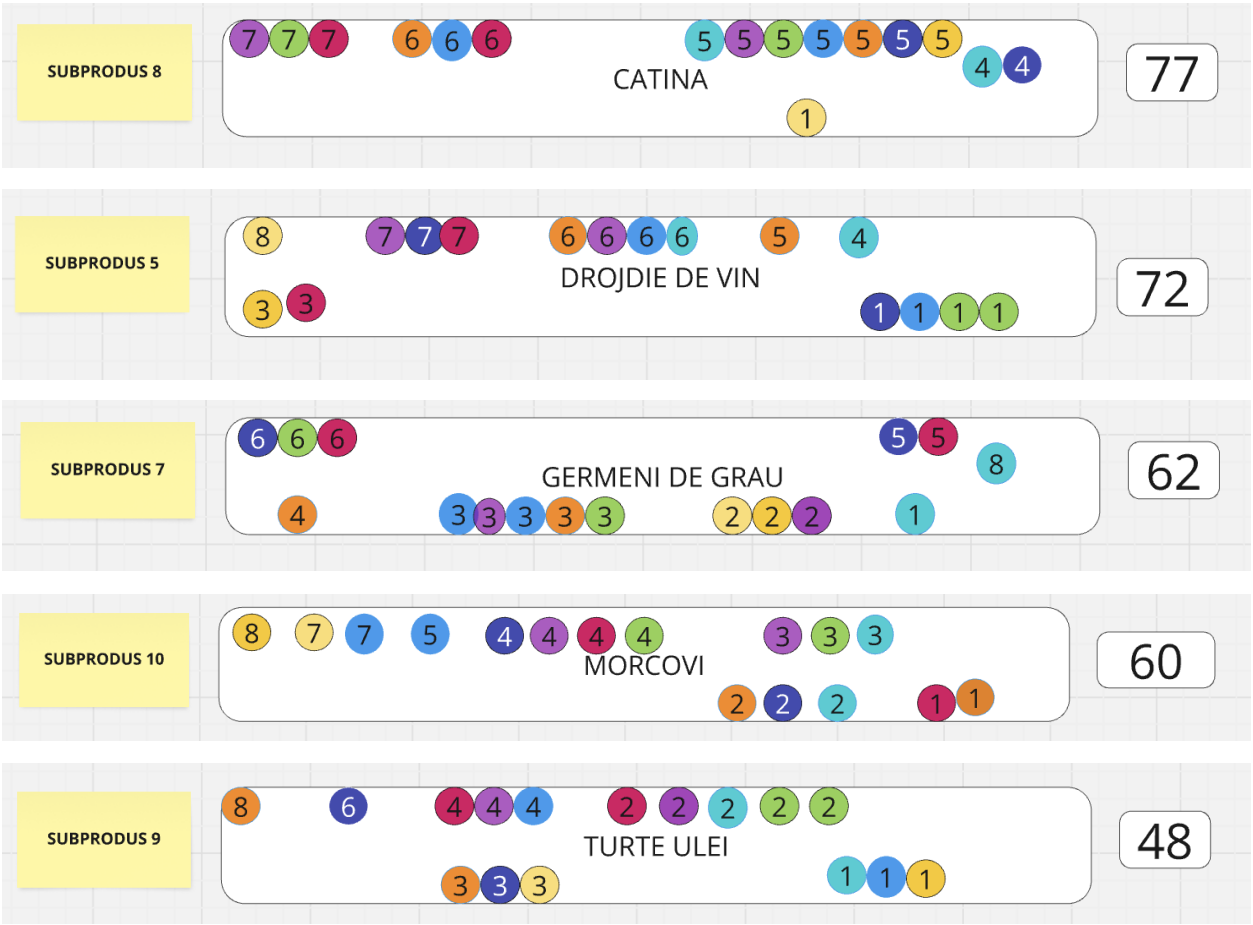








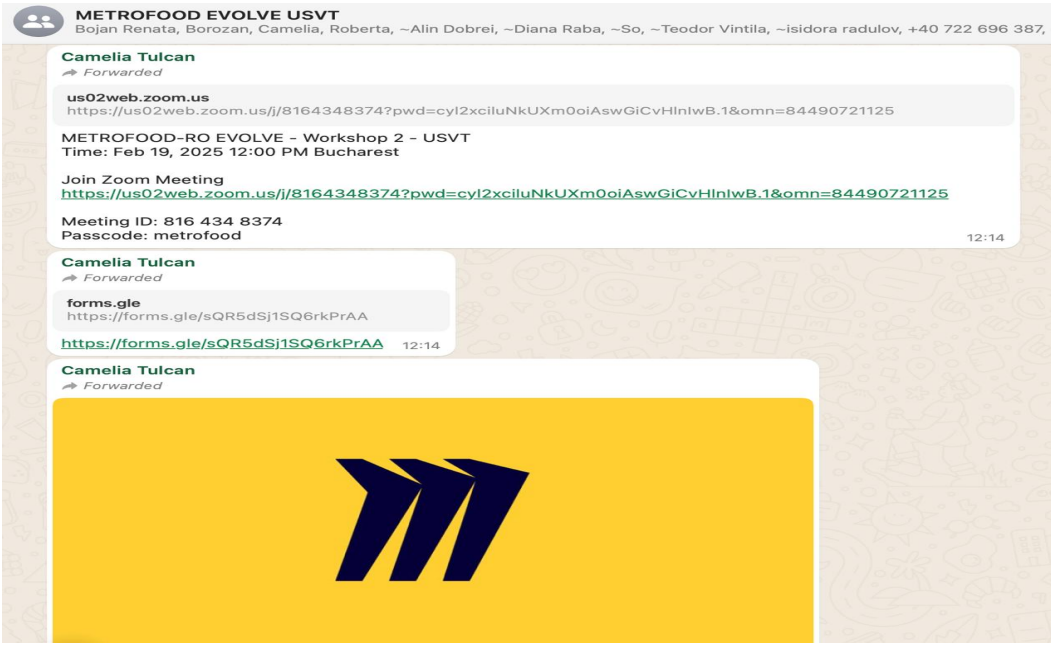

Consecutiv stabilirii materiilor prime, se vor stabili procesele și pașii următori în cadrul workshop-ului cu numărul 3, organizat de către UGAL în luna martie.

Diseminarea informațiilor referitoare la workshop s-a realizat pe următoarele platforme media:

1. **Facebook:**

https://www.facebook.com/photo?fbid=645447164668920&set=a.180354997844808

2. **Grupurile de WhatsApp ale participanților:**




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.

## 3. Motivarea alegerii industriei alimentare și subproduselor aferente pentru valorificarea lor

Industria alimentară reprezintă un sector esențial pentru economia globală, având un impact direct asupra sănătății și bunăstării populației. Alegerea acestei industrii pentru valorificarea subproduselor aferente este motivată de mai mulți factori cheie:

1. Reducerea deșeurilor: Subprodusele alimentare, cum ar fi cojile de fructe, semințele și resturile de legume, pot fi transformate în produse utile, reducând astfel cantitatea de deșeuri generate. Acest lucru contribuie la protejarea mediului și la promovarea unui model de economie circulară.

2. Sustenabilitate: Valorificarea subproduselor alimentare sprijină practicile sustenabile, reducând necesitatea de a utiliza resurse naturale suplimentare. Prin reutilizarea materialelor existente, se conservă resursele și se minimizează impactul asupra mediului.

3. Inovație și dezvoltare: Industria alimentară oferă oportunități semnificative pentru inovație. Subprodusele pot fi utilizate pentru dezvoltarea de noi produse alimentare, suplimente nutritive, cosmetice sau chiar biocombustibili. Acest lucru stimulează cercetarea și dezvoltarea, contribuind la creșterea economică.

4. Beneficii economice: Valorificarea subproduselor alimentare poate genera venituri suplimentare pentru companii, reducând costurile asociate cu gestionarea deșeurilor și creând noi fluxuri de venituri. Acest lucru poate duce la crearea de locuri de muncă și la dezvoltarea comunităților locale.

5. Responsabilitate socială: Alegerea de a valorifica subprodusele alimentare reflectă un angajament față de responsabilitatea socială și față de protecția mediului. Companiile care adoptă aceste practici pot beneficia de o imagine pozitivă și de încrederea consumatorilor.

Industria alimentară și subprodusele aferente oferă multiple avantaje pentru valorificare, contribuind la reducerea deșeurilor, promovarea sustenabilității, stimularea inovației, generarea de beneficii economice și îmbunătățirea responsabilității sociale.

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. În 2021, la nivel mondial s-a produs o cantitate de 77 de milioane de tone de struguri [1]. Aproximativ 70% din struguri sunt utilizați pentru producția de vin. În România, producția de struguri în 2023 a fost de 773711 tone, iar cea de vin în anul 2023 a fost de 4590146 hectolitri [2]. În timpul procesului de vinificație se generează diferite deșeuri care reprezintă aproximativ 30% din totalul strugurilor utilizați. Aceste deșeuri includ tăierile de viță de vie, ciorchini, tescovina și drojdia. Primul deșeu generat în procesul de vinificație este biomasa rezultată după tăierea viței de vie, care este calculată la aproximativ 5 t/ha. Ciorchinii sunt deșeurile provenite din desciorchinarea strugurilor și reprezintă între 2,5 și 7,5% din greutatea totală a strugurilor. Tescovina de struguri (amestec de pielițe, semințe și părți de codițe) rezultă din presarea strugurilor și poate reprezenta între 25 și 45% din greutatea totală a strugurilor. Drojdia este masa reziduală la sfârșitul procesului de fermentație care se sedimentează pe fundul vasului de fermentație. Este un amestec de drojdie moartă,

pielițe, semințe și codițe și reprezintă între 3,5 și 8,5% din totalul deșeurilor generate [3].

Dacă luăm în considerare un raport mediu de 30% tescovină din greutatea totală a strugurilor, se poate estima că în anul 2023, în România s-a produs în jur de 230.000 tone de tescovină. De asemenea, în același an se poate estima o cantitate similară de circa 230.000 sedimente din vinificație dacă luăm în considerare că acestea reprezintă 5% din vinul produs în 2023.

În mod normal, o mare parte din deșeurile de lemnoase rezultate din tăieri sunt incinerate, un proces care are costuri operaționale ridicate și generează gaze periculoase, particule în suspensie și cenușă. Acestea pot fi utilizate și pentru hrana animalelor sau lăsate pe câmp. Reziduurile de vin nu sunt periculoase prin natura lor, dar faptul că producția de vin este concentrată într-o anumită perioadă a anului prezintă potențiale probleme și implicații de poluare.

Există diferite studii care vizează posibile soluții pentru valorificarea și reutilizarea ulterioară a acestor deșeuri, conform conceptelor economiei circulare.

# 4. Tescovina, compozitie,cantitati, aplicatii si valorificare

## 4.1.Introducere

Viticultura nu poate fi privită în afara problemelor contemporane, printre care schimbările climatice, poluarea datorită dezvoltării industriale, protecția mediului, etc., astfel că tehnologiile clasice de cultură trebuie raționalizate, trebuie adoptat un nou mod de gândire și acțiune care să ducă la raționalizarea măsurilor tehnologice, evitând astfel grave dezechilibre ecologice ale unui mediu de viață din ce în ce mai puțin stabil.

Viticultura viitorului va fi una diferită de cea actuală, care să țină cont în mod hotărâtor de factorii de mediu, de raționalizarea tuturor mijloacelor de producție, astfel încât să fie respectate standardele privind calitatea produselor agricole și protecția mediului ambiant. Viticultura este un sector intensiv al agriculturii caracterizat printr-un coeficient ridicat de valorificare a terenului. Valoarea producției obținută de pe un hectar cultivat cu viță de vie echivalează cu 10-15 ha de culturi cerealiere. Strugurii reprezintă materia primă pentru obținerea vinurilor și distilatelor de vin, pentru industria alimentară unde se obțin: sucurile de struguri, mustul concentrat, gemuri, compoturi, stafide, etc.

Pe teritoriul țării noastre, vița de vie a fost cultivată din cele mai vechi timpuri. Și în prezent se acordă o atenție deosebită extinderii viței de vie întrucât țara noastră beneficiază de resurse climatice și pedologice foarte favorabile acestei plante.

Strugurii sunt una dintre cele mai intens cultivate culturi la nivel mondial, cu o producție de aproape 63 de milioane de tone. Majoritatea strugurilor (75%) sunt folosiți pentru producerea vinului, iar industria vinicolă generează anual cantități semnificative de subproduse. Conform datelor disponibile, vinificarea a 10.000 de tone de struguri eliberează anual, împreună cu apele reziduale, substanțe organice (19,9 tone), substanțe nedizolvate (15,6 tone), substanțe minerale (7,4 tone) și compuși ai fosforului (0,2 tone). La nivel global, industria vinicolă produce mari cantități de tescovină (7-9 milioane tone/an) [1]

Subprodusele generate de industria vinului prezintă numeroase provocări legate de uscarea, depozitarea, transformarea și eliminarea lor, atât din punct de vedere ecologic, cât și economic. Tescovina, reziduul rămas după zdrobirea strugurilor, constituie aproximativ 20-30% din masa strugurilor procesați, ceea ce complică gestionarea deșeurilor. Pielița și semințele constituie aproximativ 13% din strugurii procesați și sunt o sursă bogată de polifenoli, care oferă multiple beneficii pentru sănătate [2]. Un management defectuos al acestor deșeuri poate avea un impact negativ asupra mediului, contribuind la emisiile de gaze cu efect de seră ($CO_2$ și $CH_4$) și la poluarea apelor subterane și de suprafață.

Având în vedere accentul pus pe protecția mediului și numeroasele legi de mediu emise în diferite țări, reciclarea și reutilizarea tescovinei sunt cruciale. În mod tradițional, tescovina de struguri este utilizată pentru obținerea de alcool prin distilare sau ca hrană pentru animale, fiind o sursă bogată de fibre, zaharuri reziduale, lipide, proteine, compuși fenolici și alți compuși bioactivi esențiali. Cu toate acestea, s-a raportat că majoritatea animalelor nu o pot digera eficient. În plus, nu este eficientă nici utilizarea sa ca compost, întrucât nu conține anumiți nutrienți esențiali, dovedindu-se o alternativă neviabilă din punct de vedere economic. Totuși, aceleași caracteristici fac ca tescovina de struguri să aibă multiple alte opțiuni de valorificare.

Valorificarea tescovinei nu este o practică nouă, fiind propuse diverse alternative încă din anii '70. Acestea s-au concentrat pe exploatarea compușilor bioactivi din tescovină în diverse direcții, cum ar fi:

- obținerea de suplimente nutritive și fortifierea produselor alimentare;
- încorporarea în produse farmaceutice și cosmetice;
- utilizarea ca agenți antibacterieni și antioxidanți;
- obținerea altor produse cu valoare adăugată, cum ar fi extractele bogate în polifenoli.

La nivel național, informațiile despre valorificarea tescovinei sunt limitate. În principal, aceasta este utilizată pentru recuperarea alcoolului etilic și, în proporții mai mici, pentru obținerea tartraților, a uleiului din semințe de struguri, ca colorant alimentar, îngrășământ natural sau hrană pentru animale. Studiile din literatură arată că tescovina de struguri are numeroase beneficii pentru sănătate, conținând fibre

dietetice și polifenoli, și prezentând o activitate antioxidantă ridicată. Multe cercetări privind exploatarea potențialului bioactiv al tescovinei au evidențiat că includerea acestui subprodus în rețetele de fabricație ale unor produse alimentare îmbunătățește proprietățile antioxidante, fizico-chimice și organoleptice ale acestora, prelungind totodată termenul de valabilitate al produselor. Astfel, tescovina este recomandată ca ingredient funcțional pentru dezvoltarea de produse alimentare cu beneficii pentru sănătate [3; 4; 5].

În grupa acțiunilor de ordin general a strugurilor asupra organismului amintim: acțiunea energetică, acțiunea alcalinizantă, mineralizantă și vitaminizantă.Din punct de vedere energetic, un kilogram de struguri consumați în stare proaspătă furnizează organismului între 800 și 1200 calorii, ceea ce echivalează cu valoarea energetică a 500 – 700 g carne de vită sau a 300 g pâine; 1,1 litri lapte; 250 g brânză; 1,2 kg cartofi; 2 kg mere; 3,5 kg prune; 3,5 kg tomate, etc. După valoarea lor energetică strugurii se situează pe poziția a 5 –a , în seria principalelor alimente după brânză, pâine, carne și lapte.

Vinul, produsul principal obținut din struguri este băutura alcoolică naturală cea mai sănătoasă. Consumat rațional vinul este un aliment necesar organismului uman (L.Pasteur, 1878). Întregul proces de obținere a vinului este unul de lungă durată, care începe încă de la recoltarea strugurilor și se consideră finalizat odată cu învechirea, condiționarea și îmbutelierea produsului finit.

În ceea ce privește vinificația în România, aceasta s-a dezvoltat destul de mult în ultimii ani, ca urmare a investițiilor efectuate, a implicării în vinificație a unor oenologi din țările cu tradiție, dar și a creșterii interesului consumatorilor interni pentru produse tipice, autentice, de foarte bună calitate.

De asemenea, la acest aspect au contribuit proiectele susținute de fonduri U.E., prin care sectoarele care au beneficiat de aceste fonduri s-au putut dezvolta. S-a reușit proiectarea și construirea multor unități de vinificație moderne, de capacitate mai mare sau mai mică, dotate cu mașini și utilaje capabile să facă față unor cerințe ridicate, în care se desfășoară cu succes întregul flux tehnologic de obținere a unor vinuri competitive.

Vinurile românești sunt în ultimul timp tot mai apreciate de consumatorii interni, dar și de cei externi, multe podgorii participând la concursuri internaționale, unde au obținut importante premii și medalii.

În urma unor studii științifice s-a stabilit că riscul îmbolnăvirilor de cancer poate fi redus în cazul consumului de vin după masă – 1-3 pahare pe zi. Compușii fenolici ai vinului constituie un „evantai” larg de substanțe antioxidante care absorbite în sânge pot întârzia apariția tumorilor canceroase ( Teissedre P.L. și col., 1997 ).



Dintre compușii fenolici un rol primordial îl are resveratrolul care prin capacitatea sa antioxidantă pronunțată se opune declanșării și evoluției cancerului ( Jang M.S.,1997, Bessis R. Și colab.,1997 ).

În urma multor studii s-a constatat că resveratrolul are multe efecte benefice, printre care un efect de neutralizare a radicalilor liberi, fiind util în profilaxia și tratamentul unor afecțiuni degenerative ale sistemului nervos datorită proprietăților sale neuroprotective la nivelul creierului.

## 4.2. Prezentarea sectorului viticol pe plan mondial si în România

Cultura viței de vie, în condiții de eficiență economică, este posibilă în regiunile în care temperatura medie anuală este cuprinsă între 9 și 20° C. Suprafețele cultivate cu viță de vie au o distribuție insulară, cele mai mari suprafețe fiind concentrate între paralelele de 35 și 51° latitudine nordică și cele de 25 și 38° latitudine sudică.Evoluția mondială a viticulturii se află sub influențe istorice, economice, sociale și religioase diferite de la o țară la alta.Suprafața mondială de viță de vie în anul 2010 ocupa 6 980 117 ha, a cunoscut un maxim în anul 2015 cu 7 108 139 ha, pentru ca în anul 2023 să scadă sub nivelul lui 2010, cu respectiv o suprafață de 6 595 680 ha. (www.fao.org).

***Tabelul 4.1.*** Situatia viticulturii pe plan mondial in anul 2023

| Regiunea | Suprafața viticola ( Ha ) | | Productia de struguri (tone) | |
|---|---|---|---|---|
| World | 6 595 680 | | 72 486 522,15 | |
| Europa | 3 382 515 | 1 | 24 788 149,00 | 2 |
| UE | 3 098 280 | | 22 442 270,00 | |
| Asia | 1 790 475 | 2 | 27 810 416,90 | 1 |
| America | 917 569 | 3 | 12 709 689,40 | 3 |
| Africa | 346 673 | 4 | 5 096 206,85 | 4 |
| Oceania | 158 448 | 5 | 2 082 060,00 | 5 |

(sursa https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize )

Dintre continente, Europa deține jumătate din suprafața mondială, urmată de Asia, America, Africa și Oceania . Dpdv al productivității în 2023 Asia depășește Europa datorită faptului că este cel mai reprezentativ continent pentru cultura strugurilor în stare proaspătă, deține peste jumătate din producția mondială.

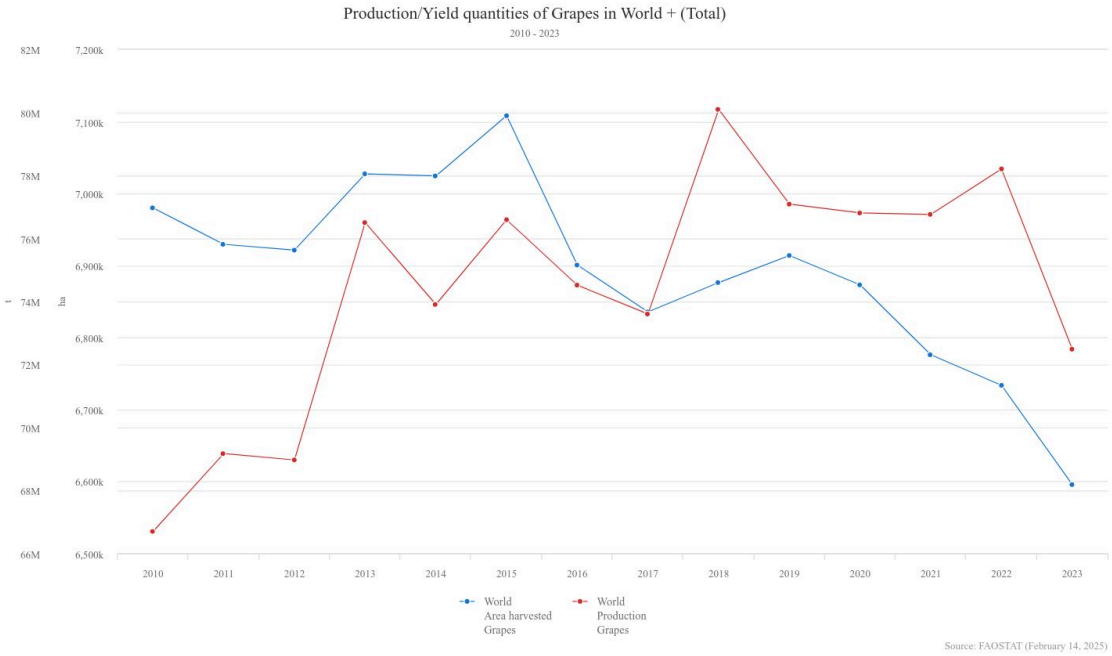



***Figura 4.1***. Evoluția suprafeței mondiale și a producției mondiale de struguri în perioada 2010 - 2023 (sursa https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize )

Producția de vin a oscilat în perioada 2010-2023 , daca în anul 2010 înregistra 26 625 219,56 tone, în anul 2017 a scăzut la 25 463 416,33 tone, apoi în următorul an 2018 a crescut brusc atingând un maxim de 29 520 177,56 tone, iar în 2023 a fost înregistrată o producție mondială de vin de 27 354 650,12 tone.

Producția mondială de vin în perioada 2022-2023 a fost de 27 354 650,12 tone, din care mai mult de jumatate a fost obtinută în Europa (63 %), urmata de America ( 18,5 % ), Asia ( 8,1 % ), Oceania ( 6,2 % ) și Africa ( 4,2 % ).

În ceea ce privește exportul de vin, la nivel mondial marile țări exportatoare erau : Italia, Franța, Spania, Chile, Australia, Africa de Sud, SUA, Argentina, Germania și Portugalia. Principalele țări importatoare de vin sunt: Germania și Marea Britanie, urmate de SUA, Franța și Federația Rusă.

Piața mondială a vinului este una dinamică, într-o schimbare continuă, cu un mediu concurențial acerb, care influențează în mare măsură evoluția mondială a viticulturii. Aceasta se va afla și pe viitor sub influențe istorice, economice, sociale și religioase diferite de la o țară la alta.

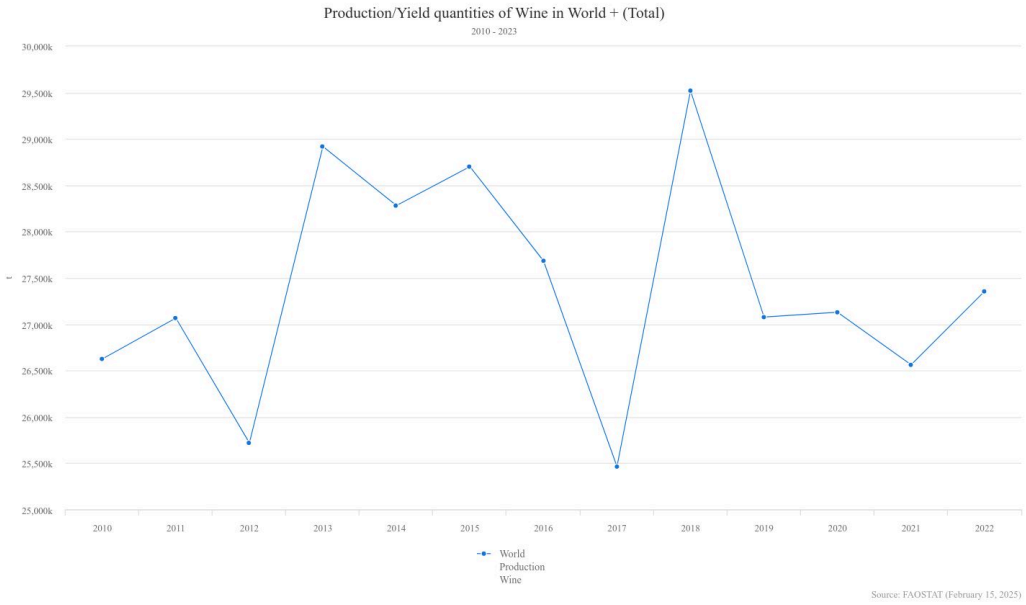



***Figura 4.2.*** Producția de vin 2010 -2023 (Sursa>https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize )

Pe teritoriul țării noastre, vița de vie a fost cultivată din cele mai vechi timpuri. Vechimea acestei îndeletniciri se pierde în negura vremurilor, fosilele găsite pe meleagurile noastre demonstrează existența viței de vie aici, încă de la începutul erei terțiare.

Istoria cultivării viței de vie în România din timpuri străvechi, l-au determinat pe istoricul și scriitorul Bogdan Petriceicu Hașdeu să afirme cu peste un secol în urmă, că "Românii au fost pururea și fără nici o întrerupere o națiune viti-vinicolă".

În prezent arealul viticol din România este încadrat în 8 regiuni viticole , 37 podgorii și 171 centre viticole. Conform Institutului Național de Statistică numărul de exploatații agricole care au utilizat suprafețe cultivate cu viță de vie a fost de 894 000, o exploatație agricolă utilizând în medie 0,20 ha cultivate cu viță de vie.

În ceea ce privește suprafața ocupată cu viță de vie, aceasta a oscilat de la o perioadă la alta. Suprafața maximă a fost atinsă în 1972, de 300.400 ha, după care aceasta a scăzut continuu. După promulgarea legii fondului funciar (Legea 18/1991) prin care s-a reconstituit dreptul de proprietate privată asupra terenurilor s-a trecut la extinderea suprafețelor ocupate cu viță de vie.

În anul 2020 suprafața totală cultivată cu viță de vie pentru struguri de vin a fost de 180682,96 ha(www,insse.ro)

- În anul 2020, suprafața cultivată cu viță de vie pentru vin nobil, inclusiv hibrid interspecific, a reprezentat 93,6% din suprafața totală cultivată.
- Regiunea de dezvoltare Sud-Est a deținut 41,6% din suprafața totală cultivată cu viță de vie, în același an.

- Suprafața cultivată cu struguri de vin DOC (denumire de origine controlată) a reprezentat 20,0% din suprafața cultivată cu viță de vie pentru struguri de vin nobil, inclusiv hibrid interspecific și 18,7% din suprafața totală cultivată cu viță de vie.
- Suprafața cultivată cu struguri de vin IG (indicație geografică) a reprezentat 9,7% din suprafața cultivată cu viță de vie pentru struguri de vin nobil, inclusiv hibrid interspecific și 9,1% din suprafața totală cultivată cu viță de vie.

***Tabelul 4.2.*** Suprafața totală cultivată cu viță de vie pentru struguri de vin, în anul 2020

| Tregiunea de dezvoltare | Suprafata totala (ha) | Din care: | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Suprafata cu struguri de vin nobil, inclusiv hibrid interspecific | vin DOC | vin IG |
| **TOTAL** | **180682,96** | **169188,98** | **33831,91** | **16492,67** |
| Nord-Vest | 7629,50 | 7307,17 | 499,76 | 901,88 |
| Centru | 6134,10 | 3646,38 | 3374,35 | 0,62 |
| Nord-Est | 27586,71 | 26568,32 | 5407,84 | 836,82 |
| Sud-Est | 75165,48 | 70035,13 | 14475,55 | 12677,57 |
| București-Ilfov | 303,06 | 303,06 | - | - |
| Sud-Muntenia | 28002,20 | 27746,75 | 3219,48 | 1240,29 |
| Sud-Vest Oltenia | 30082,77 | 29017,54 | 3060,99 | 673,57 |
| Vest | 5779,14 | 4564,63 | 3793,94 | 161,92 |

Sursa (www,insse.ro)

***Tabelul 4.3.*** Situația suprafețelor ocupate cu struguri de vin în România, anul 2020

| Nr. crt. | Regiunea / total ha/regiune | Județul | Total suprafață struguri de vin ( ha ) | Producția ( tone) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Regiunea SUD-EST 63987 | Braila | 2614 | 338103 |
| | | Buzau | 13604 | |
| | | Constanta | 5940 | |
| | | Galati | 11128 | |
| | | Tulcea | 6305 | |
| | | Vrancea | 24397 | |
| 2 | Regiunea SUD-VEST OLTENIA 31089 | Dolj | 11284 | 152350 |
| | | Gorj | 3528 | |
| | | Mehedinti | 5544 | |
| | | Olt | 5632 | |
| | | Valcea | 5101 | |
| 3 | Regiunea NORD-EST 29762 | Bacau | 4741 | 160476 |
| | | Botosani | 1739 | |
| | | Iasi | 10561 | |
| | | Neamt | 555 | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Vaslui | 12167 | |
| 4 | Regiunea SUD-MUNTENIA 26143 | Arges | 744 | 110166 |
| | | Calarasi | 4240 | |
| | | Dambovita | 369 | |
| | | Giurgiu | 3315 | |
| | | Ialomita | 3208 | |
| | | Prahova | 7029 | |
| | | Teleorman | 7239 | |
| 5 | Regiunea NORD-VEST 7317 | Bihor | 1823 | 36534 |
| | | Bistrita-Nasaud | 465 | |
| | | Cluj | 235 | |
| | | Maramures | 226 | |
| | | Satu Mare | 2747 | |
| | | Salaj | 1821 | |
| 6 | Regiunea VEST 6282 | Arad | 2494 | 41372 |
| | | Caras-Severin | 866 | |
| | | Timis | 2922 | |
| 7 | Regiunea CENTRU 5784 | Alba | 4937 | 42781 |
| | | Mures | 763 | |
| | | Sibiu | 83 | |
| 8 | Regiunea BUCURESTI - ILFOV 858 | Ilfov | 858 | 4109 |
| | TOTAL | | 171222 | 885891 |

*( sursă: http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table )*

***Tabelul 4.4.*** Productia totala de struguri, pe forme de proprietate, macroregiuni, regiuni de dezvoltare si judete

| Categorii de vii | Forme de proprietate | Macroregiuni, regiuni de dezvoltare si judete | Perioade | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Anul 1990 | Anul 2023 |
| | | | UM: Tone | |
| | | | Tone | Tone |
| **Total- vii pe rod** | **Total** | **TOTAL** | 953998 | 813438 |
| - | - | **Regiunea VEST** | 24231 | 36706 |
| - | - | **Arad** | 9763 | 9436 |
| - | - | **Caras-Severin** | 1744 | 2156 |
| - | - | **Hunedoara** | 138 | 0 |
| - | - | **Timis** | 12586 | 25114 |
| **Vii hibride pe rod** | **Total** | **TOTAL** | 244894 | 269159 |
| - | - | **Regiunea VEST** | 688 | 1428 |
| - | - | **Arad** | 349 | 210 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| - | - | **Caras-Severin** | 96 | 1129 |
| - | - | **Hunedoara** | 62 | 0 |
| - | - | **Timis** | 181 | 89 |
| **Struguri de masa** | **Total** | **TOTAL** | 130064 | 39727 |
| - | - | **Regiunea VEST** | 5412 | 1799 |
| - | - | **Arad** | 1697 | 629 |
| - | - | **Caras-Severin** | 313 | 1 |
| - | - | **Hunedoara** | 5 | 0 |
| - | - | **Timis** | 3397 | 1169 |
| **Struguri de vin** | **Total** | **TOTAL** | 823934 | 773711 |
| - | - | **Regiunea VEST** | 18819 | 34907 |
| - | - | **Arad** | 8066 | 8807 |
| - | - | **Caras-Severin** | 1431 | 2155 |
| - | - | **Hunedoara** | 133 | 0 |
| - | - | **Timis** | 9189 | 23945 |

**Legenda:** ':' - date lipsa; 'c' - date confidentiale; 9999,00 - normal - date definitive; **9999,00 - ingrosat subliniat** - date semidefinitive; **9999,00 - ingrosat** - date revizuite; 9999,00 - subliniat - date provizorii
Sursa-TEMPO Online

*Tabelul 4.5*. Producția de vin nobil tras de pe drojdie în 2023 ( hectolitrii)

| Nr crt | Judetul | Producția de vin nobil tras de pe drojdie în 2023 ( hectolitrii) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Total vin | Vin alb | Vin roze | Vin rosu |
| 1 | Alba | 119.347,88 | 103.995,22 | 314,80 | 15.037,86 |
| 2 | Arad | 17.336,00 | 6.281,00 | 2.030,00 | 9.025,00 |
| 3 | Argeș | 5.361,96 | 3.134,53 | 0,00 | 2.227,43 |
| 4 | Bacău | 15.731,00 | 15.207,00 | 0,00 | 524,00 |
| 5 | Bihor | 17.150,00 | 13.447,00 | 0,00 | 3.703,00 |
| 6 | Bistrita -Nasăud | 6.818,80 | 5.613,50 | 793,10 | 412,20 |
| 7 | Botosani | 102,00 | 89,00 | 3,00 | 10,00 |
| 8 | Brasov | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 9 | Braila | 7.240,00 | 2.438,00 | 517,00 | 4.285,00 |
| 10 | Buzau | 289.290,00 | 167.112,00 | 14.700,00 | 107.478,00 |
| 11 | Caras Severin | 2096,61 | 529,93 | 140,00 | 1426,68 |
| 12 | Calarasi | 46,50 | 46,50 | 0,00 | 0,00 |
| 13 | Cluj | 4.063,34 | 3.287,56 | 307,45 | 468,33 |
| 14 | Constanta | 127.813,85 | 91.401,85 | 15.204,00 | 21.208,00 |
| 15 | Covasna | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 16 | Dâmbovița | 85,00 | 60,00 | 0,00 | 25,00 |
| 17 | Dolj | 61.022,48 | 34.788,98 | 5.601,46 | 20.632,04 |
| 18 | Galați | 375.459,09 | 120.645,90 | 0,00 | 254.813,18 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 19 | Giurgiu | 723,00 | 120,00 | 603,00 | 0,00 |
| 20 | Gorj | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21 | Harghita | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22 | Hunedoara | 145,50 | 128,00 | 0,00 | 17,50 |
| 23 | Ialomița | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 24 | Iași | 323.257,00 | 248.741,00 | 33.128,00 | 41.388,00 |
| 25 | Ilfov | 231,96 | 98,20 | 90,56 | 43,20 |
| 26 | Maramureș | 6,50 | 6,50 | 0,00 | 0,00 |
| 27 | Mehedinți | 36.367,31 | 15.318,01 | 11.421,52 | 9.627,78 |
| 28 | Mureș | 35.625,00 | 25.524,00 | 824,00 | 9.277,00 |
| 29 | Neamț | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 30 | Olt | 64.682,31 | 49.059,80 | 9.706,51 | 5.916,00 |
| 31 | Prahova | 255.307,13 | 117.052,13 | 22.160,00 | 116.095,00 |
| 32 | Satu Mare | 23.490,00 | 16.740,00 | 0,00 | 6.750,00 |
| 33 | Sălaj | 13.248,00 | 9.300,00 | 1.590,00 | 2.358,00 |
| 34 | Sibiu | 39.061,00 | 38.970,00 | 0,00 | 91,00 |
| 35 | Suceava | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 36 | Teleorman | 297,30 | 255,20 | 22,10 | 20,00 |
| 37 | Timis | 200.177,00 | 97.097,00 | 30.380,00 | 72.700,00 |
| 38 | Tulcea | 41.785,85 | 22.286,43 | 2.194,45 | 17.304,97 |
| 39 | Vaslui | 173.204,00 | 113.486,00 | 53.389,00 | 6.329,00 |
| 40 | Vâlcea | 8.005,00 | 4.475,00 | 0,00 | 3.530,00 |
| 41 | Vrancea | 455.596,00 | 331.391,00 | 0,00 | 124.205,00 |
| | TOTAL | 2.720.174,37 | 1.658.126,24 | 205.119,95 | 856.928,17 |

Sursa- www.onvpv.ro

### 4.3. Tescovina: compozitie, aplicatii si valorificare

Tescovina este cunoscută și sub denumirile de boștină sau boască, si este formata din resturile solide rămase după presarea strugurilor. Tescovina este amestecul de pielițe, semințe, pulpă și uneori chiar ciorchini care rămâne după ce mustul a fost extras.

- **Componente majore:**
  - Apă
  - Materie organică (celuloză, hemiceluloză, lignină)
  - Zaharuri reziduale
  - Acizi organici (tartric, malic, lactic etc.)
- Componente bioactive valoroase:
  - Polifenoli (antociani, flavanoli, acizi fenolici, stilbeni - resveratrol)
  - Fibre alimentare
  - Uleiuri din semințe (acizi grași esențiali, tocoferoli)
  - Alți compuși (minerale, vitamine în cantități mici)
- **Variații ale compoziției:**
  - În funcție de soiul de struguri (roșii vs. albi)

- În funcție de procesul de vinificație (presare, macerare)
- În funcție de regiunea viticolă și condițiile de creștere



***Figura 4.4.*** Tescovina

**Aplicații și Valorificare a Tescovinei:**

**Agricultură:**

- Amendament pentru sol (îmbunătățirea structurii, reținerii de apă, nutrienților)
- Compostare
- Mulci
- Producția de biogaz

**Industria alimentară:**

- Sursă de fibre alimentare (adaos în produse de panificație, biscuiți etc.)
- Sursă de antioxidanți (extracte pentru suplimente alimentare, ingrediente funcționale)
- Coloranți naturali (din antociani)
- Ulei din semințe de struguri (pentru consum, cosmetică)

**Industria cosmetică:**

- Exfolianți naturali
- Ingrediente cu proprietăți antioxidante și anti-îmbătrânire
- Uleiuri pentru hidratare

- **Producția de energie:**
  - Biomasă pentru ardere
  - Producția de bioetanol (fermentarea zaharurilor reziduale)

**Alte aplicații:**

- Producția de materiale (bioplastice, materiale de construcție)
- Extracția de compuși chimici cu valoare adăugată

**Provocări și Limite în Valorificarea Tescovinei:**

- ✓ Variabilitatea compoziției
- ✓ Costuri de colectare, transport și procesare
- ✓ Necesitatea de tehnologii de extracție eficiente și ecologice
- ✓ Aspecte legislative și de reglementare
- ✓ Perisabilitatea tescovinei proaspete
- ✓ Tescovina, cantitati estimate



***Figura 4.5.*** Tescovina nevalorificata

In urma activitatilor in VITICULTURA rezulta cantitati mari de tescovina care in multe situatii nu sunt valorificate si devin surse de poluare. In functie de soi, conditii climatice si randamentul in must la 6-7 litri de vin rezulta un kilogram de tescovina. Spre exemplu doar in judetul Timis in cele doua areale viticole (Recas si Buzias-Silagiu) se cultiva cu vita de vie aproximativ 1884 de hectare de pe care rezulta cantitati mari de tescovina (Tabelul 4.6).

***Tabelul 4.6.*** Cantitatea de tescovina trezultata in urma procesarii strugurilor in judetul Timis

| Soiul | Suprafata Ha | Cantitatea de tescovina (tone) |
|---|---|---|
| FETEASCA REGALA | 483 | 893 |
| RIESLING ITALIAN | 175 | 323 |
| SAUVIGNON BLANC | 169 | 234 |
| CHARDONNAY | 75 | 92 |
| MUSCAT OTTONEL | 89 | 102 |
| PINOT GRIS | 69 | 80 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| FETEASCA ALBA | 19 | | 30 |
| ALTE SOIURI ALBE | 47 | | 58 |
| TOTAL SOIURI ALBE | 1126 | | **1812** |
| | | | |
| CABERNET SAUVIGNON | 325 | | 452 |
| MERLOT | 179 | | 283 |
| PINOT NOIR | 84 | | 101 |
| FETEASCA NEAGRA | 98 | | 120 |
| CABERNET FRANC | 24 | | 30 |
| BURGUND | 19 | | 26 |
| SYRAH | 16 | | 20 |
| ALTE SOIURI ROSII | 13 | | 16 |
| TOTAL SOIURI ROSII | 758 | | **1048** |
| | | | |
| TOTAL GENERAL | 1884 | | **2860** |

***Tabelul 4.7***. Cantitatile de tescovina din Romania, estimate dupa productia de vin declarata la ONVPV, în anul 2023 ( hectolitrii)

| Nr crt | Judetul | | |
|---|---|---|---|
| | | Total vin hectolitrii | Tescovina ( tone) |
| 1 | Alba | 119.347,88 | 1704,96 |
| 2 | Arad | 17.336,00 | 247,66 |
| 3 | Argeș | 5.361,96 | 76,59 |
| 4 | Bacău | 15.731,00 | 224,72 |
| 5 | Bihor | 17.150,00 | 245 |
| 6 | Bistrita -Nasăud | 6.818,80 | 97,4 |
| 7 | Botosani | 102,00 | 1,46 |
| 8 | Brasov | 0,00 | 0 |
| 9 | Braila | 7.240,00 | 103,42 |
| 10 | Buzau | 289.290,00 | 3561,28 |
| 11 | Caras Severin | 2096,61 | 29,95 |
| 12 | Calarasi | 46,50 | 6,64 |
| 13 | Cluj | 4.063,34 | 58,05 |
| 14 | Constanta | 127.813,85 | 1825,91 |
| 15 | Covasna | 0,00 | 0 |
| 16 | Dâmbovița | 85,00 | 1,21 |
| 17 | Dolj | 61.022,48 | 871,74 |
| 18 | Galați | 375.459,09 | 5363,7 |
| 19 | Giurgiu | 723,00 | 1103,28 |
| 20 | Gorj | 0,00 | 0 |
| 21 | Harghita | 0,00 | 0 |
| 22 | Hunedoara | 145,50 | 2,07 |
| 23 | Ialomița | 0,00 | 0 |
| 24 | Iași | 323.257,00 | 4617,95 |
| 25 | Ilfov | 231,96 | 3,31 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 26 | Maramureș | 6,50 | 0,09 |
| 27 | Mehedinți | 36.367,31 | 519,53 |
| 28 | Mureș | 35.625,00 | 508,92 |
| 29 | Neamț | 0,00 | 0 |
| 30 | Olt | 64.682,31 | 924,03 |
| 31 | Prahova | 255.307,13 | 3647,24 |
| 32 | Satu Mare | 23.490,00 | 335,57 |
| 33 | Sălaj | 13.248,00 | 189,25 |
| 34 | Sibiu | 39.061,00 | 558,01 |
| 35 | Suceava | 0,00 | 0 |
| 36 | Teleorman | 297,30 | 4,25 |
| 37 | Timis | 200.177,00 | 2859,67 |
| 38 | Tulcea | 41.785,85 | 596,94 |
| 39 | Vaslui | 173.204,00 | 2474,34 |
| 40 | Vâlcea | 8.005,00 | 114,35 |
| 41 | Vrancea | 455.596,00 | 6508,51 |
| | **TOTAL** | **2.720.174,37** | **38860** |

## *4.4. Obținerea tescovinei din procesul de vinificație și condiționarea acesteia*

Conform Regulamentului (CE) nr. 1493/1999, tescovina este reziduul rezultat după presarea strugurilor proaspeți, fie fermentați, fie nefermentați. În procesul de prelucrare a strugurilor albi, semințele și pielițele sunt îndepărtate înainte de fermentare, în timp ce pentru strugurii roșii, acestea sunt îndepărtate după macerare. Macerarea implică menținerea pielițelor și semințelor în contact cu mustul de fermentare, ceea ce duce la obținerea vinului roșu, bogat în polifenoli. În ambele cazuri, un conținut relativ ridicat de compuși bioactivi rămâne în tescovină.

Tescovina proaspătă, subprodus al vinificației, are un conținut ridicat de apă (51-62%), ceea ce îi limitează stabilitatea microbiologică și chimică, afectând negativ posibilitățile de valorificare ulterioară [3]. Stabilitatea microbiană și umiditatea tescovinei depind de presiunea exercitată în timpul presării. Deși pot exista diferențe, conținutul de apă este suficient pentru a promova degradarea microbiană și enzimatică, compromițând astfel valorificarea ulterioară a tescovinei proaspete.

Deshidratarea tescovinei este necesară pentru a-i prelungi durata de depozitare și a facilita utilizarea sa ulterioară ca ingredient în diverse aplicații alimentare. Uscarea este cea mai comună metodă de condiționare a tescovinei, însă compușii bioactivi sunt sensibili la oxigen și căldură, putând fi distruși atât în timpul uscării, cât și al depozitării. Pentru a maximiza potențialul bioactiv al tescovinei, este esențial să se dezvolte condiții de uscare care să maximizeze retenția compușilor polifenolici, menținând în același timp fezabilitatea economică a procesului.

S-a observat o pierdere minimă a compușilor bioactivi atunci când tescovina este uscată la temperaturi de maxim 50°C [6]. Liofilizarea este o metodă promițătoare de

condiționare a tescovinei, oferind cel mai ridicat grad de conservare a compușilor polifenolici comparativ cu alte metode. Principalul dezavantaj al liofilizării este costul ridicat al echipamentelor și consumul mare de energie [7].

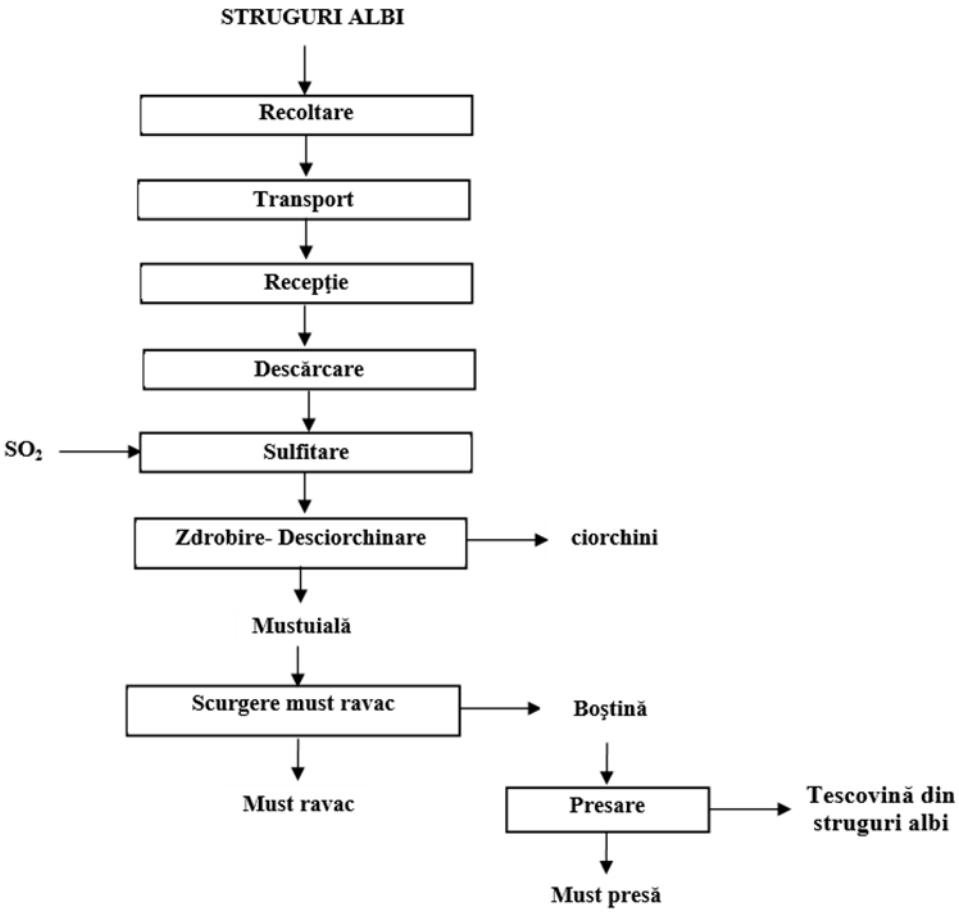



***Figura 4.6***. Schema tehnologică de obținere a tescovinei din struguri albi (tescovina dulce)

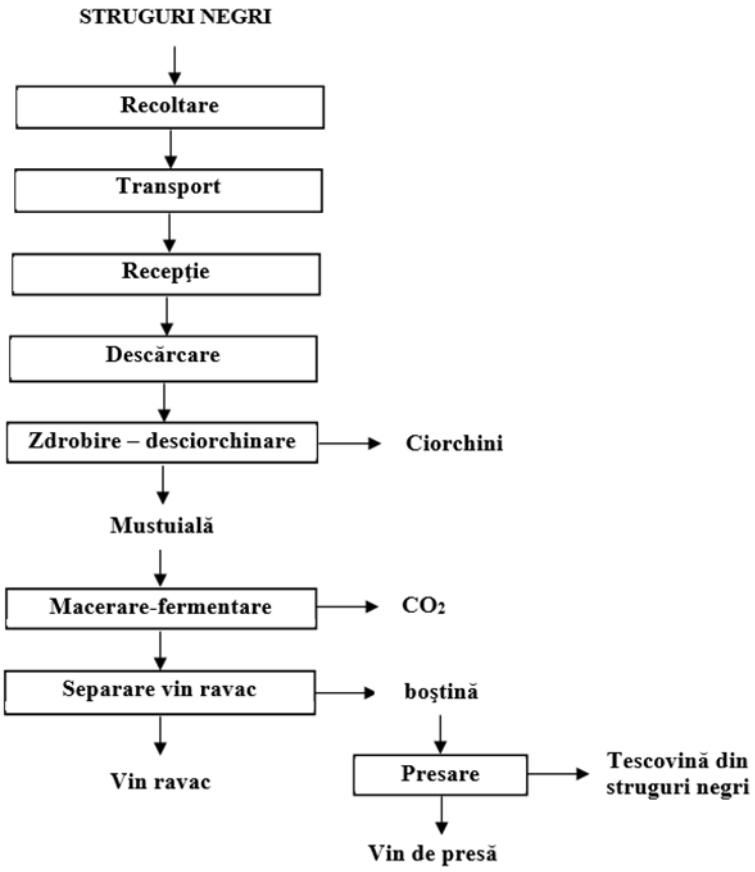



***Figura 4.7.*** Schema tehnologică de obținere a tescovinei din struguri negri (tescovina fermentată)

### 4.4.1. *Compoziția chimică a tescovinei*

Tescovina, reziduul rezultat din procesul de vinificație, este compusă din pulpă, piețe și semințe de struguri. Aceasta este o sursă importantă de fibre dietetice, macro și micronutrienți, și vitamine. Polizaharidele, provenite din pereții celulari, sunt componente chimice esențiale ale tescovinei, incluzând hemiceluloze, celuloze, pectină și lignină. Datorită acestui conținut, tescovina de struguri este considerată o sursă bogată de fibre alimentare cu beneficii importante pentru sănătate. Un alt grup important de compuși sunt polifenolii, care conferă proprietăți antioxidante. Principalii compuși fenolici din tescovina de struguri sunt taninurile, acizii fenolici, antocianii și resveratrolul. Conform lui Jin și colab. (2018) [8], tescovina generată în producția de vin este compusă din aproximativ 50% piețe, 25% semințe și 25% tulpini. Pieliței de struguri au o concentrație mare de fibre și zaharuri, variind de la 51-56% în greutate la strugurii roșii până la 17-28% la strugurii albi. Pieliței de struguri roșii sunt bogate în proteine brute, grăsimi și cenușă (reziduuri anorganice).

Majoritatea podgoriilor românești dispun de resurse heliotermice care permit acumularea unui conținut important de polifenoli în struguri. Activitatea antioxidantă a tescovinei trebuie apreciată ținând cont de amestecul complex de compuși fenolici și

alți compuși, care pot acționa antagonist sau sinergic. Compușii fenolici din tescovină, în special taninurile și antocianii, provin din pielița și semințele strugurilor.

Antioxidanții fenolici funcționează ca captatori de radicali liberi prin donarea rapidă de atomi de hidrogen radicalilor. Quercitina și catechina au capacitatea de a capta radicalii liberi, având efect antioxidant, antiinflamator și antiaterogenic [8]. Pielițele și semințele de struguri sunt surse importante de compuși polifenolici, conținând flavonoide precum catechina, epicatechina, procianidina și antociani, precum și acizi fenolici, inclusiv acid galic, elagic și stilbene, cum ar fi resveratrolul și piceidul [9]. Datorită proprietăților antioxidante, antimicrobiene, antiradicalice și de inhibare a oxidării lipoproteinelor, compușii fenolici din tescovină prezintă multiple beneficii pentru sănătate [10]. Acești compuși au demonstrat proprietăți antiinflamatoare, anticarcinogenice și antimicrobiene [11].

Semințele de struguri au următoarea compoziție [12]:
- Apă: 25-45%
- Zahăr, polizaharide: 34-36%
- Acizi organici: 2-7%
- Uleiuri, acizi grași nesaturați: 13.2% (76% acid linoleic)
- Compuși fenolici: 4-6% (proantocianidină, flavonoide, acizi fenolici, stilbene)
- Substanțe azotoase: 4-6.5%
- Substanțe minerale: 2-4%
- Vitamine: E, A, C, PP, P, B1, B2, B5, B6, B9, ß-caroten

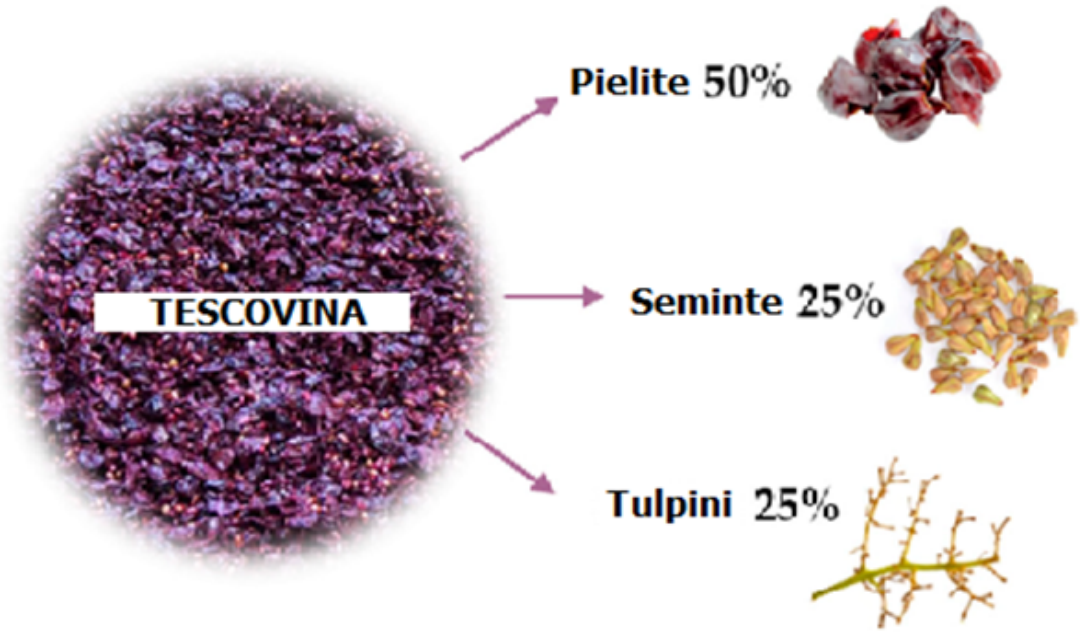



***Figura 4.8***. Compozitia tescovinei de struguri

Semințele de struguri conțin în principal lipide (8-20%), formate dintr-un amestec de acizi grași saturați și nesaturați (acizii oleic și linoleic), proteine, zaharuri

nedigerabile (celuloză și pectină) și compuși fenolici, care le conferă proprietăți benefice [13; 14]. Semințele de struguri sunt bogate în uleiuri și compuși fenolici, având și un conținut ridicat de fibre (40%) [15]. Compoziția semințelor și pieliței variază în funcție de soiul de struguri, influențată de compoziția solului [16] și condițiile climatice [10]. Semințele de struguri negri conțin mai mulți compuși polifenolici decât cele din struguri albi, acest lucru fiind valabil și pentru uleiul extras din semințe.

Deși uleiul din semințele de struguri este valoros, acesta nu este de obicei recuperat din cauza dificultăților de separare a semințelor de alte fracțiuni de tescovină. Conform lui Zanini și colab. (2024) [17], reziduul de semințe degresate conține aproximativ 74.3% fibre alimentare, 67.1% fibre insolubile, 31.5% lignină, 13.2% compuși extractibili în etanol/benzen, 2.8% apă, 8.8% proteine și 2.2% cenușă.
Tescovina de struguri este o sursă bogată de polifenoli, metaboliți secundari larg răspândiți în plante. Polifenolii sunt clasificați în două clase principale în funcție de similaritatea lor structurală: flavonoide și non-flavonoide. Compușii predominanți includ antocianine, acizi hidroxibenzoici și hidroxicinamici, flavan-3-oli (catechine și proantocianidine), flavonoli și stilbene.

## *4.5. Direcții de valorificare a tescovinei în industria alimentară*

Tescovina din struguri a fost utilizată tradițional pentru producerea băuturilor alcoolice, coloranților alimentari naturali, uleiului din semințe de struguri, îngrășământului natural și hranei pentru animale. Recent, tescovina a fost introdusă în diverse alimente pentru a le îmbogăți cu polifenoli, fibre, minerale și acizi grași esențiali. Cele mai frecvente aplicații includ produse de panificație și patiserie, cum ar fi pâinea, biscuiții, brioșele și pastele făinoase, datorită conținutului ridicat de fibre dietetice și compuși bioactivi, în special polifenoli.

Studiile au arătat că pâinea îmbogățită cu făină din pielițe de struguri poate reduce colesterolul total și peroxidarea lipidelor, având o activitate antioxidantă crescută. Extractul din semințe de struguri a fost propus pentru a reduce răspunsul glicemic postprandial în pâinea albă. Încorporarea tescovinei în gustări extrudate poate contribui la reducerea răspunsului glicemic.

Înlocuirea apei din rețeta de pâine cu extract apos din tescovină a îmbunătățit conținutul de compuși polifenolici și activitatea antioxidantă a produselor. Adaosul de pudră de tescovină în fursecuri a îmbunătățit proprietățile fizice, antioxidante și senzoriale ale acestora. Pudra din semințe de struguri a fost utilizată pentru îmbunătățirea biscuiților, iar pudra de tescovină a fost folosită pentru fortificarea produselor de patiserie.Cu toate acestea, includerea tescovinei în produsele de panificație și patiserie necesită adaptarea rețetelor și condițiilor de procesare pentru a menține calitatea. Produsele lactate au fost, de asemenea, îmbogățite cu tescovină, dar eficiența aplicării acesteia a fost mai scăzută din cauza instabilității fenolilor în timpul procesării și depozitării.În studiul efectuat de Tseng și Zhao (2013) [18] s-a evidențiat faptul că adăugarea făinii de tescovină într-o concentrație de peste 3% în lapte a produs o sinereză excesivă, iar la doze mai mari de 5%, a fost inhibată activitatea bacteriilor lactice. De asemenea, pentru o perioadă de depozitare mai mare

de 1 saptămână s-a observat scăderea conținutului total de polifenoli și a activității antioxidante a iaurtului. Aceste rezultate au fost asociate cu degradarea polifenolilor la pH-ul iaurtului și interacțiunea între polifenoli și cazeină.

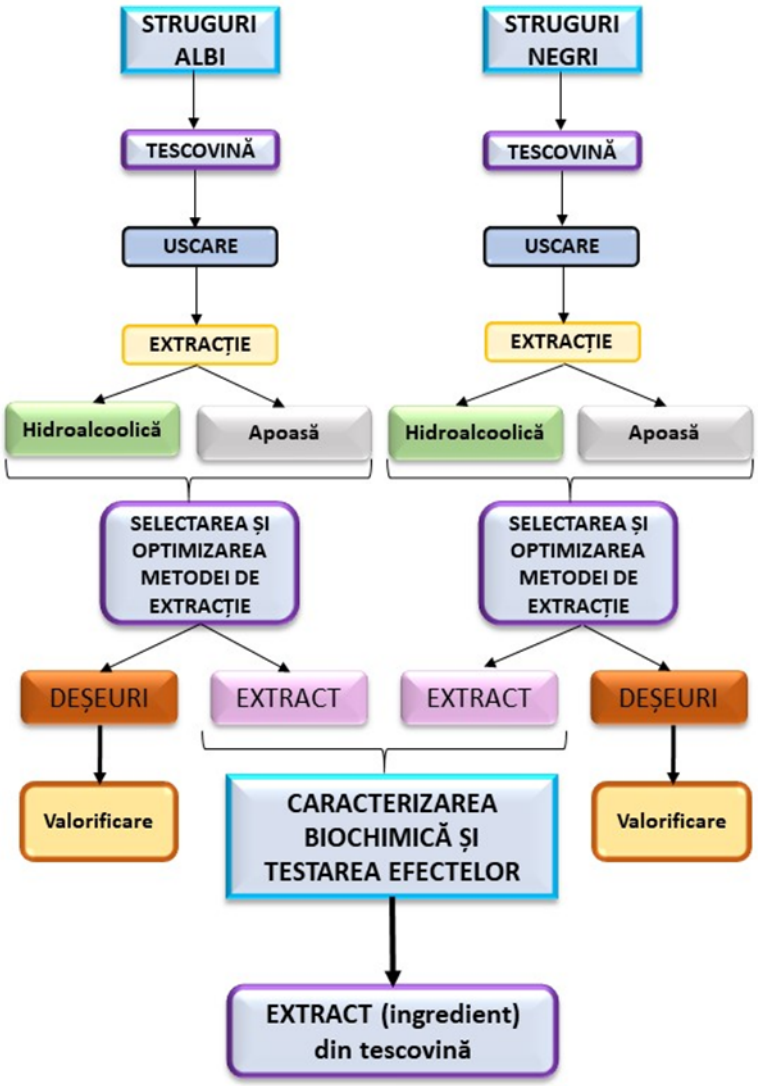



***Figura 4.9***. Schema generala pentru obținerea extractului ingredient de tescovină

Extractul din semințe de struguri a fost folosit la fabricarea brânzeturilor, unde interacțiunile hidrofobe dintre cazeină și fenoli au contribuit la reținerea fenolilor în lapte, reducând pierderile de compuși fenolici (nivel în zer în jur de 20%), deși cinetica formării de gel a fost întârziată datorită scăderii pH-ului [19]. Scăderea pH-ului a fost cauzată de încorporarea acizilor organici din tescovină, de asemenea adaosul acesteia a indus degradarea cazeinei la sfârșitul maturării brânzeturilor.

S-a demonstrat că extractul liofilizat de tescovină din struguri negri are potențialul de a îmbunătăți stabilitatea uleiului de floarea-soarelui împotriva

proceselor de degradare termo-oxidativă apărute ca urmare a expuneri prelungite la temperature de 185°C. S-a observant că aditivarea uleiului de floarea soarelui cu extract de tescovină în doză de 500 ppm a condus la un efect inhibitor al proceselor de oxidare lipidică apropiat de cel al antioxidantului de sinteză butilhidroxitoluen (BHT), în timp ce o doză de 800 ppm a oferit o protecție mai mare împotriva termooxidării [3]. Aceste constatări promovează extractul liofilizat din tescovină ca aditiv natural pentru a limita deteriorarea termo-oxidantă a uleiurilor vegetale.

Încorporarea extractelor de tescovină și a făinii de tescovină în lapte au determinat scăderea vitezei de coagulare și a sinerezei, explicate de interacțiunile hidrofobe dintre proteine și polifenoli care au redus numărul de grupări hidrofobe din cazeină [19].

Și alte categorii de produse alimentare au fost îmbunătățite în compuși polifenolici prin încorporarea de tescovină sau derivate din tescovină. În acest sens menționăm marmelada și bomboanele [20], dressingurile pentru salate [18], piure-ul de tomate [20] și ceaiurile care a fost suplimentat cu extracte din pielițe de struguri negri [21].

Fermentarea tescovinei de struguri este recunoscută ca o tehnică de îmbunătățire a funcționalității extractelor de compuși fenolici prin conferirea de proprietăți prebiotice. Utilizarea tescovinei de struguri în preparatele alimentare s-a dovedit a facilita procesul de fermentare a L. acidophilus și S. thermophilus prin creșterea sintezei acidului lactic și reducerea timpului de fermentare [22]. În plus, iaurturile îmbogățite cu pectină extrasă din tescovina de struguri au prezentat o supraviețuire probiotică mai mare, o sinereză mai mică și atribute senzoriale superioare pe parcursul a 21 de zile de pastrare [23].

Un studiu a indicat că adăugarea extractului de semințe de struguri a inhibat procesele de hidroliză lipidică în mezeluri obtinute prin fermentare uscata din ceafa de porc, a redus conținutul de acizi grași liberi și a redus numărul de Enterobacteriaceae din produsul din carne, dar nu a limitat creșterea bacteriilor probiotice [24]. De asemenea, s-a demonstrat că extractele de tescovină de struguri și semințe de struguri prelungesc durata de valabilitate a cărnii de miel după o săptămână de depozitare la frigider [25].

Autoritatea Europeană pentru Siguranța Alimentară (EFSA) a declarat că antocianinele din tescovina de struguri pot fi acum utilizate ca și coloranți alimentari în băuturi, marmelade, bomboane și înghețate pentru a înlocui coloranții sintetici (EFSA, 2013). Enocianina, cunoscută sub numele de E163 în industria alimentară, este un alt colorant natural derivat din antocianinele din pielița de struguri. Trentin și colab. (2024) [26] au studiat utilizarea tescovinei de struguri ca sursă de extracte bogate în antocianine pentru a fi încorporate în bomboane gumate ca și coloranți și antioxidanți naturali.

Incorporarea extractului de tescovină de struguri în ambalajele alimentare este o soluție inovatoare care vizează reducerea impactului asupra mediului al materialelor plastice pe bază de petrol, sporind în același timp siguranța alimentară și prelungind durata de valabilitate. În acest context, proprietățile antimicrobiene ale extractelor de tescovină de struguri au fost transferate cu succes la țesături naturale din iută prin

impregnare supercritică. Acest nou material activ de ambalare a alimentelor a demonstrat capacitate antibacteriană împotriva Escherichia coli, Staphylococcus aureus și Pseudomonas aeruginosa. Acesta a demonstrat că are potențialul de a funcționa ca ambalaj alimentar activ din fibre naturale [27].

Da Silva și colab. (2022) [19] au dezvoltat pelicule antimicrobiene din polipropilenă prin încorporarea extractului de tescovină de struguri. Aceste pelicule au prezentat o activitate antimicrobiană semnificativă, în special împotriva E. coli și B. subtilis, inhibând eficient creșterea bacteriilor. În plus, peliculele au demonstrat o permeabilitate scăzută la vaporii de apă, o caracteristică critică pentru ambalajele alimentare, deoarece ajută la menținerea calității și prospețimii produselor ambalate prin minimizarea pierderii de umiditate.

## 4.6. *Efectele benefice ale compușilor bioactivi din tescovina de struguri asupra sănătății umane*

Interesul științific pentru studierea compușilor fenolici din tescovină a crescut în ultimele decenii, având în vedere potențialele lor efecte benefice asupra sănătății umane. Compușii fenolici prezenți în tescovina de struguri induc acțiuni care contribuie la îmbunătățirea sănătății și la reducerea riscurilor pentru sănătate, prezentând o gamă largă de proprietăți biologice, cum ar fi proprietăți antialergenice, antimicrobiene, antiinflamatorii, antiîmbătrânire, antitumorale, antioxidante, antilipotrope, antitrombotice, cardioprotectoare, insulinotrope și vasodilatatoare.

### *4.6.1. Activitate antioxidantă*

Activitatea antioxidantă este una dintre cele mai remarcabile bioactivități ale polifenolilor extrași din tescovină de struguri. Astfel, efectele antioxidante ale extractelor din semințe de struguri au fost investigate în keratinocitele umane expuse la radiații UV. Pretratarea cu extract de semințe de struguri a dus la o reducere notabilă a nivelurilor de specii reactive de oxigen [28]. Acelasi efect a fost obtinut studiindu-se activitatea antioxidantă a tescovinei de struguri albi în celule epiteliale din colonul uman expuse stres oxidativ induse de actiunea H2O2 [29].

### *4.6.2. Activitate antimicrobiană*

Polifenolii din tescovină de struguri au demonstrat capacitatea de a inhiba activitățile enzimelor și proteinelor prezente în bacterii.

Proprietățile antibacteriene ale compușilor fenolici provin din capacitatea lor de a chela fierul sau de a forma legături de hidrogen cu enzime microbiene și proteine esențiale. De exemplu, taninurile din struguri inhiba enzimele microbiene precum peroxidaza, pectinazele, lactaza, celulazele și xilanazele prin modificarea structurilor lor terțiare in urma interacțiunilor necovalente cu compușii fenolici. În mod similar,

flavonoidele din struguri sunt considerați principalii compuși fenolici din tescovina de struguri cu potențial antimicrobian, prezentand efecte sinergice cu antibioticele [28]. Mai mult, s-a demonstrat că polifenolii din tescovină de struguri afectează integritatea pereților celulari la bacteriile Gram-pozitive și distrug membranele externe ale bacteriilor Gram-negative [30].

De asemenea, proprietăți antivirale ale compușilor bioactivi din tescovină au fost demonstrate, prezentând mecanisme variate. Recent Zanella si colab. (2023) [27]a testat cu succes un produs nutraceutic continand polifenoli din tescovina numit Taurisolo® impotriva virusului herpes simplex. Mecanismul de acțiune al compusului a implicat legarea la particulele virale, distrugerea invelisului acestora și prevenirea pătrunderii în celulele gazdă.

### *4.6.3. Activitate antidiabetică*

Diabetul afectează un număr mare de persoane in întreaga lume. Studierea produselor vegetale care conțin compuși bioactivi capabili să inhibe acțiunea enzimelor digestive α-amilază și α-glucozidază pare a fi o abordare viabilă pentru controlul acestei boli. La o concentrație de 10 µg/mL, extractele de tescovină de struguri roșii și albi ar putea inhiba activitatea enzimei α-glucozidază cu 63%, respectiv 43%, în celulele de drojdie. Rezultate comparabile au fost obținute pentru enzima α -glucozidază în intestinul șobolanului, cu activități de inhibare de 47% pentru tescovina de struguri roșii și 39% pentru tescovina de struguri albi [31]. Kong si colab. (2018) [32]au demonstrat că extractul apos de semințe de struguri din soiul Chardonnay a inhibat α-glucozidaza mai eficient decât acarboza, un medicament antidiabetic utilizat în mod obișnuit.

Intr-un studiu clinic recent, Taladrid si colab. (2022) [33] a explorat impactul administrarii tescovinei sub forma unui produs cu rol de condiment la 17 pacienți cu risc cardiovascular ridicat. Participanții care au consumat 2 g/zi de produs au prezentat reduceri semnificative ale tensiunii arteriale și ale glicemiei à jeun, demonstrând proprietățile hipotensive și hipoglicemiante ale tescovinei de struguri. Aceste descoperiri subliniază potențialul terapeutic al compușilor din tescovină în gestionarea diabetului și îmbunătățirea sănătății metabolice.

### *4.6.4. Activitate de protecție cardiovasculară*

Bolile cardiovasculare apar din cauza modificărilor metabolismului acizilor grași și a peroxidării excesive a lipidelor din lipoproteinele cu densitate mică. Stresul oxidativ joacă un rol crucial în fiziopatologia bolilor cardiovasculare și servește ca marker major pentru intervențiile terapeutice [34]. Tomé-Carneiro și colab. (2012)[35] au investigat impactul unui supliment de struguri asupra lipoproteinelor oxidate cu densitate mică, apolipoproteinei-B și lipidelor serice la pacienții tratați cu statine, printr-un studiu

clinic triplu-orb, randomizat, controlat cu placebo, pentru prevenirea bolilor cardiovasculare. Acest extract de struguri a redus markerii aterogenici, oferind o cardioprotecție suplimentară pe langa medicamentele standard pentru prevenirea bolilor cardiovasculare.

### *4.6.5. Activitate antiproliferativă*

În ciuda progreselor considerabile înregistrate în cercetarea fundamentală și în studiile clinice, cancerul rămâne una dintre cele mai progresive și dăunătoare boli la nivel mondial. Recent, cercetătorii au demonstrat proprietățile anticancerigene ale polifenolilor din tescovină, demonstrând eficacitatea lor in vitro și in vivo, precum și actiunea lor în diverse celule canceroase. Balea și colab. (2020) [36] au evaluat efectele antiproliferative ale extractelor de tescovină de struguri proaspete și fermentate din soiurile Vitis vinifera L. Autorii au observat că aceste extracte au inhibat proliferarea liniilor celulare de adenocarcinom mamar uman, carcinom pulmonar uman și melanom murin la 1 mg/L după 48 de ore de incubare, corelând acest efect cu prezența compușilor fenolici precum izoquercitrina și quercetolul.

### *4.6.6. Activitate antiîmbătrânire (anti-aging)*

Polifenolii sunt substanțe asociate deseori cu produsele cosmetice datorită puterii lor antioxidante ridicate. Acesti compusi bioactivi contracarează formarea radicalilor liberi, combatând factorii externi care subminează sănătatea și frumusețea pielii și blocând astfel îmbătrânirea prematură a pielii.

Polifenolii joacă un rol esențial în menținerea integrității și rezistenței pielii, protejând-o de radiațiile ultraviolete, poluanți și factorii de stres din mediu, păstrând în același timp integritatea barierei lipidice și a structurilor proteice în fața provocărilor oxidative și fizice [37,38]. Numeroase studii s-au concentrat asupra tescovinei de struguri pentru a identifica compusii bioactivi și potențialele aplicații ale acestora pentru produsele de îngrijire a pielii, rezultând ingrediente de înaltă valoare, potrivite pentru formulările cosmetice. Da Porto și colab. (2013) [37] au arătat că acidul linoleic, care reprezintă 72% din uleiul din semințe de struguri, a prezentat efecte antiinflamatorii și antiîmbătrânire atunci când a fost utilizat în produsele de îngrijire a pielii pentru față.

Drăghici-Popa și colab. (2024) [39] au optimizat un extract de tescovină de struguri pentru a amplifica efectul fotoprotector al cremelor de protecție solară, demonstrând compatibilitatea extractului polifenolic cu baza de loțiune utilizată si indicând un factor de protecție solară estimat in vitro de aproximativ 10-15.

### *4.7. Concluzii*

Tescovina de struguri este produsă în cantități mari la nivel global, ceea ce prezintă probleme serioase de poluare atunci când este eliminată în mediu.
Alternativ, tescovina de struguri poate fi utilizată pentru extragerea compușilor bioactivi prin procesare ecologică și inovații biotehnologice. Acești compuși oferă beneficii pe termen lung pentru sănătate, răspund preocupărilor consumatorilor legate de mediu și pot fi utilizate ca ingrediente ieftine pentru industria alimentară, nutraceutică, farmaceutică și cosmetică.

În concluzie, valorificarea tescovinei de struguri reprezintă o strategie viabilă pentru promovarea gestionării durabile a resurselor și a reducerii deșeurilor în industria vinificației. Prin transformarea acestor subproduse în resurse valoroase, cramele pot promova un model de economie circulara, pot genera fluxuri de venituri suplimentare și pot sprijini dezvoltarea de produse ecologice eficiente.

# 5. Identificare tehnologii de condiționare pielițe de roșii

## *5.1. Generalitati*

Roșia (*Solanum lycopersicum*) este una dintre cele mai cultivate și consumate legume la nivel mondial, având o importanță deosebită atât din punct de vedere economic, cât și nutrițional. Originară din America de Sud, roșia, sau tomata, a devenit un aliment de bază în dietele populațiilor din întreaga lume, datorită versatilității sale culinare și conținutului bogat în compuși benefici pentru sănătate.

Tomatele sunt o sursă importantă de vitamine (precum vitamina C, A și K), minerale (K, P), fibre alimentare și antioxidanți naturali. Dintre aceștia, licopenul – un carotenoid responsabil pentru culoarea roșie intensă a fructului – este recunoscut pentru potențialele sale efecte în prevenirea bolilor cardiovasculare și a anumitor tipuri de cancer.

Pe lângă consumul proaspăt, roșiile sunt procesate industrial sub multiple forme: suc, pastă, conserve, ketchup sau uscate. Aceste procese generează cantități considerabile de subproduse (pielițe, semințe și tescovină), care reprezintă o provocare ecologică dar și o oportunitate valorificabilă în diverse domenii. Studierea compoziției și a posibilităților de utilizare a acestor subproduse contribuie la promovarea unei industrii alimentare sustenabile și a principiilor economiei circulare.

Subprodusele tomatelor, constând în principal din tescovină, semințe și pielițe, sunt bogate în compuși bioactivi valoroși și nutrienți, ceea ce le transformă într-o resursă promițătoare pentru diverse aplicații. Aceste subproduse, care reprezintă o proporție semnificativă din deșeurile rezultate în urma procesării roșiilor, conțin

carotenoizi, compuși fenolici, acizi grași, proteine și fibre, printre altele. Utilizările lor potențiale variază de la industria alimentară și cea farmaceutică până la furajarea animalelor, oferind beneficii atât economice, cât și ecologice. Secțiunile următoare analizează compoziția acestor subproduse și aplicațiile lor variate.

***Principalii constituenți ai subproduselor de roșii sunt*:**

*Carotenoizi și compuși fenolici*: Subprodusele de roșii sunt bogate în carotenoizi precum licopenul și β-carotenul, recunoscuți pentru proprietățile lor antioxidante. Compușii fenolici, inclusiv flavonoidele, contribuie, de asemenea, la capacitatea antioxidantă a acestor subproduse [40,41,42].

*Vitamine și minerale*: Aceste subproduse conțin cantități semnificative de vitamine C și E, precum și diverse minerale, îmbunătățindu-le profilul nutrițional [42]. Proteine și acizi grași: Semințele de roșii sunt o sursă bună de proteine și acizi grași nesaturați, benefici pentru sănătate [43].

*Fibre alimentare*: Tescovina, în special pielița, este bogată în fibre alimentare, esențiale pentru sănătatea digestivă și care pot modifica proprietățile texturale ale produselor alimentare în care sunt incluse [44, 45].

***Aplicații ale subproduselor de roșii:***

*Industria alimentară*: Subprodusele de roșii sunt utilizate din ce în ce mai mult în dezvoltarea alimentelor funcționale. Ele pot fi încorporate în produse de panificație, alimente pe bază de carne și gustări, îmbunătățindu-le valoarea nutrițională și proprietățile senzoriale.

*Nutraceutice și suplimente*: Datorită conținutului lor bogat în compuși bioactivi, aceste subproduse sunt utilizate în produse nutraceutice care vizează prevenirea bolilor cronice și îmbunătățirea stării de sănătate.

*Furaje pentru animale*: Subprodusele de roșii servesc drept hrană nutritivă pentru animale, îmbunătățind performanțele acestora și calitatea produselor de origine animală, precum laptele și carnea. Totuși, valoarea nutritivă diferă în funcție de specia de animal (rumegătoare vs. monogastrice).

*Extracția compușilor bioactivi*: Tehnologii avansate de extracție, precum extracția cu dioxid de carbon supercritic sau extracția asistată de enzime, sunt utilizate pentru a recupera compuși valoroși din subprodusele de roșii, facilitând utilizarea acestora în diferite industrii.

Deși potențialul subproduselor de roșii este vast, utilizarea lor la scară industrială este încă insuficient dezvoltată. Provocările majore includ optimizarea metodelor de extracție și asigurarea biodisponibilității compușilor extrași. În plus, impactul asupra mediului al deșeurilor provenite din procesarea roșiilor poate fi diminuat prin strategii eficiente de valorificare, în concordanță cu principiile chimiei verzi și ale practicilor sustenabile.

### *5.1.1. Prezentare a sectorului tomatelor în România*

Sectorul legumicol are o importanță strategică pentru agricultură și pentru cele 500 de milioane de consumatori europeni. Acesta reprezintă aproape 17% din valoarea producției agricole finale a UE și vizează aproximativ 1 milion de exploatații specializate în horticultură, generând numeroase locuri de muncă directe și indirecte în multe regiuni ale continentului.

În România, cea mai mare suprafață cultivată cu legume este concentrată în Câmpia de Vest a Banatului și Crișanei, Câmpia Băileștiului, Boianului, Burnașului și Bărăganului, Lunca Dunării și Dobrogea. Potrivit datelor FAOSTAT, suprafața totală cultivată cu tomate în România a ajuns la 40.734 hectare, ceea ce reprezintă 9% din suprafața alocată acestei culturi în Europa. Din acest punct de vedere, țara noastră se află pe locul 3 în ierarhia principalelor țări cultivatoare a blocului comunitar, după Italia (97.092 hectare) și Spania (56.128 hectare). Dacă ne referim la producțiile obținute, în Europa s-au recoltat 23,291 milioane tone de tomate, iar România a raportat o producție de 742.899 tone, respectiv aproximativ 3,2% din totalul producțiilor obținute la nivel european. În tabelele 1 și 2 sunt prezentate datele furnizate de către Institutul de Statistică pentru perioada 2019-2023, cu privire la producția agricolă de tomate (în tone), respectiv suprafața cultivată (în ha).

***Tabelul 5.1***. Producția agricolă de tomate, pe regiuni de dezvoltare și județe

| Regiune de dezvoltare, județ | Producția de tomate (tone) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| **TOTAL** | **689401** | **745682** | **753377** | **509455** | **474182** |
| **Regiunea Nord-Vest** | **53882** | **61946** | **55672** | **39801** | **37790** |
| Bihor | 11283 | 10737 | 10065 | 7927 | 9853 |
| Bistrița-Năsăud | 4645 | 3319 | 4310 | 3008 | 2491 |
| Cluj | 15544 | 19872 | 15906 | 13808 | 12369 |
| Maramureș | 3235 | 5364 | 3342 | 2299 | 2191 |
| Satu Mare | 13021 | 15706 | 15437 | 9559 | 7836 |
| Sălaj | 6154 | 6948 | 6612 | 3200 | 3050 |
| **Regiunea CENTRU** | **42466** | **45490** | **39716** | **25781** | **24140** |
| Alba | 18692 | 14744 | 12208 | 11384 | 11318 |
| Brașov | 963 | 1163 | 950 | 573 | 541 |
| Covasna | 1123 | 1463 | 1293 | 676 | 583 |
| Harghita | 355 | 450 | 391 | 280 | 262 |
| Mureș | 17314 | 20972 | 17949 | 10320 | 9473 |
| Sibiu | 4019 | 6698 | 6925 | 2548 | 1963 |
| **Regiunea NORD-EST** | **93528** | **86010** | **118310** | **72112** | **66133** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Bacău | 14219 | 17125 | 18771 | 11564 | 8087 |
| Botoșani | 15690 | 16091 | 16215 | 10196 | 9586 |
| Iași | 28012 | 12550 | 39472 | 17087 | 13438 |
| Neamț | 9010 | 14153 | 13817 | 7142 | 6865 |
| Suceava | 14703 | 13133 | 17906 | 15224 | 20000 |
| Vaslui | 11894 | 12958 | 12129 | 10899 | 8157 |
| **Regiunea SUD-EST** | **147186** | **175950** | **144320** | **108610** | **108014** |
| Brăila | 4263 | 5079 | 5154 | 3550 | 3665 |
| Buzău | 22367 | 23205 | 26482 | 37028 | 28338 |
| Constanța | 12756 | 16939 | 9156 | 6496 | 6700 |
| Galați | 82286 | 85699 | 79620 | 47239 | 52873 |
| Tulcea | 11361 | 26024 | 10682 | 7058 | 8331 |
| Vrancea | 14153 | 19004 | 13226 | 7239 | 8107 |
| **Regiunea SUD-MUNTENIA** | **155945** | **158082** | **158145** | **116958** | **109188** |
| Argeș | 31100 | 35038 | 27594 | 22695 | 19949 |
| Călărași | 5429 | 7829 | 5371 | 4055 | 3909 |
| Dâmbovița | 36306 | 37627 | 37924 | 34641 | 31669 |
| Giurgiu | 27080 | 23546 | 27378 | 19061 | 20272 |
| Ialomița | 18152 | 10595 | 15188 | 12904 | 11250 |
| Prahova | 14615 | 17807 | 17962 | 11701 | 11587 |
| Teleorman | 23263 | 25640 | 26728 | 11901 | 10552 |
| **Regiunea BUCURESTI - ILFOV** | **21379** | **24053** | **28001** | **15117** | **14092** |
| Ilfov | 21349 | 23389 | 27983 | 15079 | 13843 |
| Municipiul Bucuresti | 30 | 664 | 18 | 38 | 249 |
| **Regiunea SUD-VEST OLTENIA** | **104381** | **108280** | **132725** | **79553** | **77990** |
| Dolj | 42340 | 36481 | 61624 | 36136 | 35261 |
| Gorj | 8652 | 8278 | 7792 | 3780 | 3654 |
| Mehedinți | 7028 | 11514 | 11362 | 6255 | 5620 |
| Olt | 34432 | 41142 | 39612 | 25541 | 26418 |
| Vâlcea | 11929 | 10865 | 12335 | 7841 | 7037 |
| **Regiunea VEST** | **70634** | **85871** | **76488** | **51523** | **36835** |
| Arad | 32480 | 47261 | 45397 | 30917 | 17429 |
| Caraș-Severin | 4701 | 7979 | 4120 | 2942 | 2790 |
| Hunedoara | 6170 | 9129 | 7937 | 5720 | 4681 |
| Timiș | 27283 | 21502 | 19034 | 11944 | 11935 |

*Tabelul 5.2*. Suprafața cultivată cu tomate, pe regiuni de dezvoltare și județe

| Regiune de dezvoltare, județ | Suprafața cultivată cu tomate (ha) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| **TOTAL** | **40845** | **34115** | **34747** | **33631** | **33862** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Regiunea Nord-Vest** | **3503** | **3154** | **3264** | **2966** | **3159** |
| Bihor | 799 | 669 | 668 | 645 | 863 |
| Bistrița-Năsăud | 377 | 251 | 378 | 307 | 303 |
| Cluj | 811 | 818 | 805 | 718 | 718 |
| Maramureș | 279 | 282 | 279 | 248 | 241 |
| Satu Mare | 769 | 765 | 768 | 734 | 731 |
| Sălaj | 469 | 370 | 364 | 313 | 304 |
| **Regiunea CENTRU** | **3038** | **2202** | **2102** | **2075** | **2024** |
| Alba | 1343 | 694 | 695 | 804 | 756 |
| Brașov | 81 | 79 | 79 | 60 | 59 |
| Covasna | 73 | 73 | 73 | 51 | 50 |
| Harghita | 29 | 29 | 28 | 26 | 26 |
| Mureș | 1155 | 1042 | 943 | 924 | 934 |
| Sibiu | 357 | 285 | 284 | 209 | 198 |
| **Regiunea NORD-EST** | **6639** | **4697** | **6064** | **5414** | **5282** |
| Bacău | 724 | 622 | 612 | 597 | 585 |
| Botoșani | 1161 | 951 | 956 | 898 | 901 |
| Iași | 1628 | 917 | 1559 | 1150 | 1058 |
| Neamț | 684 | 684 | 683 | 626 | 625 |
| Suceava | 1345 | 629 | 1359 | 1245 | 1236 |
| Vaslui | 1097 | 894 | 895 | 899 | 878 |
| **Regiunea SUD-EST** | **6766** | **6946** | **5802** | **6109** | **6389** |
| Brăila | 193 | 193 | 201 | 177 | 200 |
| Buzău | 1222 | 1107 | 1105 | 1828 | 1834 |
| Constanța | 672 | 672 | 466 | 420 | 513 |
| Galați | 2537 | 2864 | 2376 | 2250 | 2317 |
| Tulcea | 1128 | 1120 | 864 | 709 | 790 |
| Vrancea | 1014 | 991 | 791 | 724 | 735 |
| **Regiunea SUD-MUNTENIA** | **8978** | **7167** | **7493** | **7664** | **7680** |
| Argeș | 1473 | 1364 | 1257 | 1204 | 1207 |
| Călărași | 470 | 485 | 459 | 414 | 412 |
| Dâmbovița | 1798 | 1494 | 1484 | 1494 | 1514 |
| Giurgiu | 1081 | 865 | 1065 | 948 | 1024 |
| Ialomița | 1380 | 571 | 846 | 893 | 884 |
| Prahova | 1223 | 1025 | 1020 | 1432 | 1432 |
| Teleorman | 1553 | 1364 | 1362 | 1279 | 1206 |
| **Regiunea BUCURESTI - ILFOV** | **1410** | **1216** | **1285** | **1187** | **1194** |
| Ilfov | 1408 | 1207 | 1285 | 1187 | 1187 |
| Municipiul Bucuresti | 2 | 9 | n/a | n/a | 7 |
| **Regiunea SUD-VEST OLTENIA** | **5981** | **4800** | **5206** | **4978** | **4993** |
| Dolj | 2208 | 1821 | 2224 | 2205 | 2199 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Gorj | 725 | 264 | 265 | 224 | 222 |
| Mehedinți | 584 | 621 | 619 | 578 | 557 |
| Olt | 1621 | 1426 | 1427 | 1320 | 1369 |
| Vâlcea | 843 | 667 | 671 | 652 | 646 |
| **Regiunea VEST** | **4530** | **3934** | **3532** | **3239** | **3141** |
| Arad | 1975 | 2058 | 1653 | 1533 | 1534 |
| Caraș-Severin | 472 | 403 | 405 | 354 | 351 |
| Hunedoara | 562 | 453 | 452 | 510 | 415 |
| Timiș | 1521 | 1020 | 1022 | 842 | 840 |

Conform datelor statistice, consumul de legume mediu anual pe locuitor în România se situează în jurul a 158,5 kg, din care 38,4 kg tomate, ceea ce reprezintă 24,22% din consumul total de legume. Sectorul legumicol a beneficiat de ajutoare financiare, atât prin acordarea de plăți directe, cât și prin posibilitatea accesării fondurilor europene în vederea realizărilor investițiilor la nivel de sector. Cu toate acestea, investițiile nu au fost suficiente pentru asigurarea necesarului intern de legume în stare proaspătă, România fiind dependentă de importuri din țări precum Olanda, Turcia sau Italia.

## 5.2. *Factorii care influențează cultivarea tomatelor și valoarea lor nutrițională*

Cultivarea tomatelor este o industrie majoră, iar producția globală în 2018 a fost estimată la 182 de milioane de tone [46], crescând la 186 de milioane de tone în 2020 [47]. Este cunoscut impactul condițiilor de creștere, cum ar fi disponibilitatea apei, asupra creșterii, metabolismului și randamentului plantelor [48]. Principalii factori limitativi care trebuie luați în considerare în creșterea culturilor sunt disponibilitatea apei, temperatura, salinitatea și contaminanții [49]. Sistemele de seră permit controlul asupra multor factori în cultivarea tomatelor, inclusiv intensitatea luminii, temperatura și umiditatea [50].

Disponibilitatea apei afectează creșterea plantelor, rata de fotosinteză, producția de fructe și calitatea culturii de tomate [50,51]. Din acest motiv, utilizarea fertirigării plantelor în combinație cu un sistem de irigare prin picurare devine din ce în ce mai frecventă în cultivarea tomatelor [52]. Aceste sisteme sunt benefice nu numai pentru udarea regulată și fiabilă a tomatelor, ci și pentru aplicarea unei doze controlate de îngrășământ adăugat în momente reglementate în stadiul de creștere [52].

Un studiu din 2010 axat pe efectele secetei asupra plantelor de tomate a cultivat cinci soiuri de plante de roșii cherry - Kosaco, Josefina, Katalina, Salome și Zarina - și le-a supus unui regim de udare standard de 50%, în comparație cu un control cu 100% [51]. Acest studiu a constatat că soiul Zarina a fost cel mai tolerant la stres, prezentând o biomasă mai mare, un conținut relativ de apă în frunze, o rată de creștere relativă și

o activitate antioxidantă mai mare [51]. Autorii au concluzionat că plantele de tomate prezintă diferențe genotipice la stresul oxidativ cauzat de secetă și au sugerat ca soiul Zarina să fie utilizat în orice studiu care vizează îmbunătățirea creșterii plantelor tolerante la secetă [51]. Cu toate acestea, este demn de remarcat faptul că stresul indus de secetă și căldură reduce creșterea și randamentul culturilor de tomate, dar crește conținutul lor de carotenoide și activitatea enzimelor antioxidante, probabil datorită stresului oxidativ crescut indus de aceste condiții [51]. De asemenea, s-a raportat că rata fotosintezei plantelor poate fi afectată de secetă [52].

Stresul creat de secetă poate provoca un dezechilibru energetic în care energia absorbită prin complexele de fotosinteză este mai mare decât cea pe care fotosistemul II o poate disipa [53]. S-a sugerat că acest exces de energie este disipat în celule prin conversia O2 în specii reactive de oxigen (ROS), ceea ce duce la sintetizarea de către plante a antioxidanților precum superoxid-dismutaza [54-56].

Acumularea de antioxidanți și fitochimicale în fructele de roșii este, de asemenea, puternic influențată de condițiile de mediu (intensitatea luminii, disponibilitatea apei, temperatura, salinitatea mediului de cultură) în care sunt cultivate fructele [57]. Un studiu din 2009 a comparat roșiile cultivate în Irlanda cu roșiile cultivate în Spania pentru a investiga dacă locația geografică influențează conținutul de carotenoizi în patru tipuri diferite de roșii (cherry, prune, rotunde) [58]. Autorii au concluzionat că localizarea geografică, mai degrabă decât tipul de roșii, a avut un impact mai mare asupra bioaccesibilității (biodisponibilitatea după consumul de roșii) carotenoizilor din fructe [58]. Bioaccesibilitatea carotenoizilor, cum ar fi licopenul, este un factor important pentru beneficiile pentru sănătate obținute prin consumul acestui fruct.

Conținutul de vitamina C în roșiile proaspete crește până la un maxim și apoi scade în timpul procesului de maturare [59]. Abushita et al. au raportat că roșiile de salată cultivate în condiții de câmp conțin 15-21 mg/100 g greutate proaspătă (FW) de vitamina C, în comparație cu o gamă de tipuri industriale de roșii cu o valoare medie a vitaminei C de 19 mg/100 g FW [60]. Deoarece vitamina C a fost asociată cu modularea imunității [61], aceasta implică faptul că condițiile de cultivare a fructelor de tomate ar putea avea un impact asupra beneficiilor imunitare asociate cu acestea.

Un alt factor care trebuie luat în considerare în cultivarea tomatelor este temperatura. Se știe că temperaturile ridicate afectează fotosinteza, deoarece pot provoca daune aparatului fotosintetic, ducând la inhibarea fotosistemului II [62,63]. De asemenea, raportat că temperaturile ridicate reduc fotosinteza prin inhibarea riboulozei-1,5-bisfosfat carboxilazei din ciclul Calvin, ducând la inactivarea fixării CO2 [64]. Un studiu din 2005 s-a axat pe efectele temperaturilor ridicate în cultivarea tomatelor; cercetătorii au expus un grup de plante din soiul Campbell-28 la un tratament de șoc termic de 45 $^{0}$C timp de 2 h și au măsurat schimbul de gaze,

fluorescența clorofilei și scurgerile de electroliți [62]. Acest studiu a concluzionat că tratamentul de șoc termic a dus la reduceri ale ratei fotosintetice nete a plantelor din cauza schimbărilor în ciclul Calvin și în funcționarea fotosistemului II [62].

Temperatura influențează distribuția fotoasimilaților (compuși biologici formați prin asimilare folosind reacții dependente de lumină) între fruct și restul plantei de tomate [65]. La temperaturi mai ridicate, acumularea de fotoasimilați în fructe crește, afectând creșterea vegetativă a plantei de tomate [58,66]. Temperatura mediului de creștere afectează, de asemenea, distribuția apei în plantă, structurile celulare care afectează calitatea fructelor (cum ar fi mărimea și culoarea) și dezvoltarea fructelor [58,67,68].

Se știe că tipul și numărul de compuși fenolici găsiți în fructele de tomate variază foarte mult în funcție de genotipul plantei, depozitarea fructelor și intensitatea luminii în timpul cultivării [45,69]. Un studiu din 2006 a cultivat două soiuri de tomate în două condiții diferite: unul conceput pentru a transmite radiațiile UV solare ambientale în intervalul 290-400 nm, celălalt conceput pentru a bloca radiațiile UV sub 380 nm [70]. Conținutul fenolic al acestor roșii a fost testat cu ajutorul cromatografiei lichide de înaltă presiune și a unui test colorimetric Folin-Ciocâlteu, iar rezultatele au indicat că lungimea de undă și intensitatea mai mare a expunerii la radiații UV plantelor de tomate în timpul cultivării au crescut semnificativ nivelurile fenolice de la nivelul fructelor [70], care sunt benefice pentru sănătate.

Se știe, de asemenea, că mediul de cultură utilizat pentru cultivarea tomatelor are un impact asupra creșterii și sănătății plantelor și a fructelor rezultate. În producția de tomate în sere, există sisteme de cultivare fără soluri care utilizează substraturi solide [71], cum ar fi turba, scoarța, lâna de stâncă, spumele sintetice și perlita [72]. Mușchiul de turbă Sphagnum, recoltat din ecosistemele zonelor umede, este un mediu de cultură comun în horticultură datorită capacității sale ridicate de schimb de nutrienți [73].

În timp ce proprietățile fizice ale substraturilor, cum ar fi dimensiunea porilor, tortuozitatea și continuitatea, sunt determinate de dimensiunea și forma particulelor de substrat și pot afecta disponibilitatea apei și a aerului [74]. Un studiu efectuat în 2004 a testat șapte substraturi pentru cultivarea tomatelor în seră: lână de stâncă, rumeguș proaspăt de molid, ras de lemn de molid, scoarță de molid compostată, turbă blondă fină și amestecuri de 66% turbă blondă fină +33% scoarță de molid compostată și 33% turbă blondă fină +66% scoarță de molid compostată [74]. Performanța substratului a fost evaluată în funcție retenția de apă, conductivitatea hidraulică, tortuozitatea porilor și difuzivitatea gazelor [74].

Deși proprietățile fizice ale acestor substraturi au variat foarte mult, randamentul nu a fost legat de acestea și dacă irigarea este ajustată în funcție de

proprietățile fizice ale fiecărui substrat, atunci toate substraturile testate pot fi utilizate pentru cultivarea tomatelor în sere [74].

Un studiu efectuat în 2017 a investigat trei medii de cultură diferite - lână de rocă, cocos de nucă de cocos și turbă-vermiculită - pentru a înțelege modul în care acestea au afectat creșterea, producția de fructe și calitatea plantelor de tomate [75]. Plantele de tomate cultivate cu nucă de cocos au avut o rată de fotosinteză crescută, o greutate individuală a fructelor și o producție totală de fructe [76]. Acest studiu a observat că fibra de cocos a crescut semnificativ absorbția de potasiu și sulf comparativ cu plantele de tomate cultivate pe rockwool și a crescut absorbția de fosfor și sulf comparativ cu mediile de cultură turbă-vermiculită [75].

Un studiu din 2015 a evaluat impactul mediului de cultură asupra calității nutriționale a fructelor de tomate prin cultivarea plantelor de tomate cu un compost preparat folosind microorganisme eficiente (EM) - o combinație de inoculanți microbieni care stimulează creșterea plantelor [76]. Autorii au arătat că suplimentul EM nu numai că a îmbunătățit creșterea plantelor și producția de fructe, dar și conținutul de licopen, activitatea antioxidantă și activitatea enzimelor de apărare, comparativ cu martorul [76].

Un studiu din 2021 a comparat mediile de cultură pe bază de sol cu sistemele de cultură hidroponice care utilizează rockwool, fie cu irigare prin picurare, fie cu cultură în apă adâncă pentru cultivarea plantelor de tomate [77]. Acest studiu a observat că plantele de tomate cultivate cu cele două sisteme hidroponice erau mai eficiente din punct de vedere al consumului de apă și aveau o rată de transpirație mai scăzută, necesitând mai puțină apă decât plantele de tomate cultivate în sol [76]. De asemenea, s-a observat că conținutul total de licopen și caroten din fructe a fost cel mai ridicat în sistemul de cultură în apă adâncă [77].

Într-un studiu din 2020, 20 de soiuri de tomate cultivate în condiții de salinitate medie și ridicată a solului au fost examinate în ceea ce privește licopenul, vitamina C, conținutul fenolic total și capacitatea antioxidantă totală și s-a raportat că plantele de tomate cu toleranță la o salinitate mai ridicată a solului produc fructe cu niveluri crescute de antioxidanți, cum ar fi compușii fenolici, și carotenoizi, cum ar fi licopenul [78]. Acest lucru sugerează că salinitatea mediului de cultură al plantelor de tomate poate avea un impact direct asupra calității nutriționale asociate cu fructele și, prin
Pe scurt, conținutul antioxidant și fitochimic al roșiilor poate fi influențat de condițiile de mediu, inclusiv intensitatea luminii, disponibilitatea apei, temperatura și mediul de cultură, precum și de stadiul de coacere, iar toate acestea pot avea un impact asupra efectelor lor potențiale asupra sănătății.

Un studiu realizat in cadrul INMA Bucuresti, explorează o metodă inovativă de extracție a compușilor bioactivi din urzică (Urtica dioica) și salvie (Salvia officinalis). Cercetătorii au dezvoltat un sistem hibrid de percolație și ultrasunete pentru a optimiza

extracția polifenolilor din aceste plante. Rezultatele au arătat o creștere cu 36% a extracției polifenolilor din urzică și cu 29% din salvie comparativ cu metodele tradiționale. Ulterior, extractele obținute au fost aplicate pe culturi de roșii organice pentru a evalua eficacitatea lor ca biofertilizante și biopesticide, comparativ cu inputurile chimice convenționale.

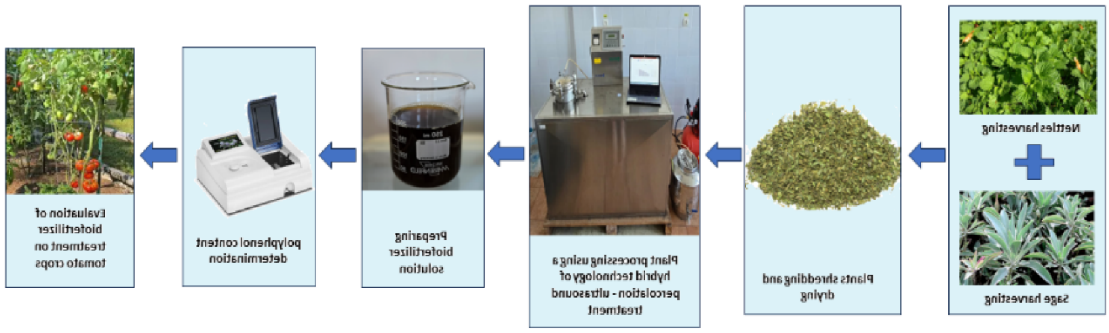


***Figura 5.1*** Proiectare experimentală pentru producerea și evaluarea extractelor biofertilizante (Tabnarasu et. al, 2025).

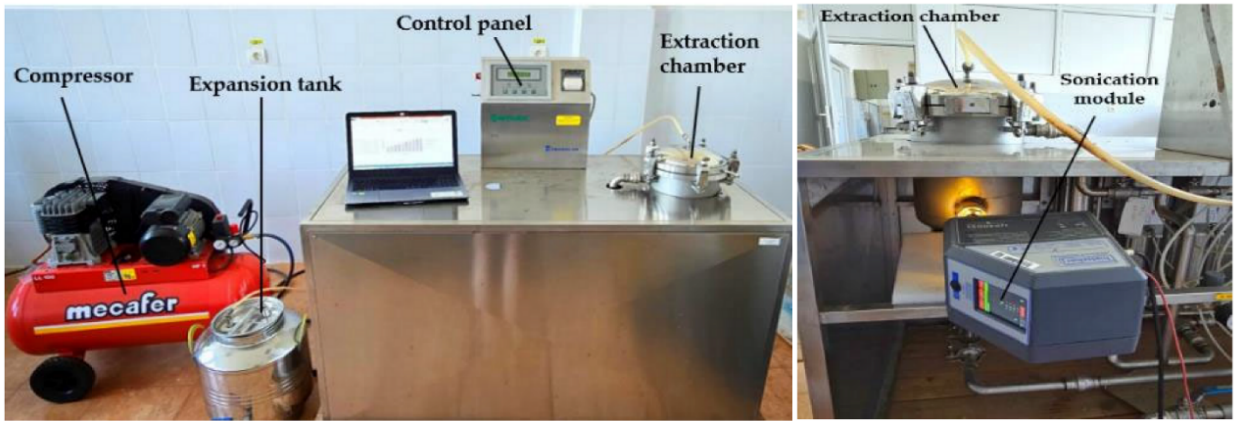



***Figura 5.2.*** Tehnologia hibridă de percolare-sonicare pentru extragerea compușilor bioactivi: (a) vedere frontală cu elementele componente; (b) vedere din spate evidențiind modulul de sonicare.

Plantele de roșii tratate cu aceste biofertilizante au prezentat o productivitate cu 42,88% mai mare decât cele martor și cu 17,67% mai mare decât cele tratate cu fertilizanți chimici. De asemenea, aceste plante au avut o creștere în înălțime cu aproximativ 10% și tulpini mai groase cu 5% comparativ cu cele tratate chimic. Studiul subliniază potențialul metodelor ecologice de extracție și aplicare a biofertilizanților în îmbunătățirea producției agricole, reducând în același timp dependența de inputurile chimice și promovând practici agricole mai sustenabile.

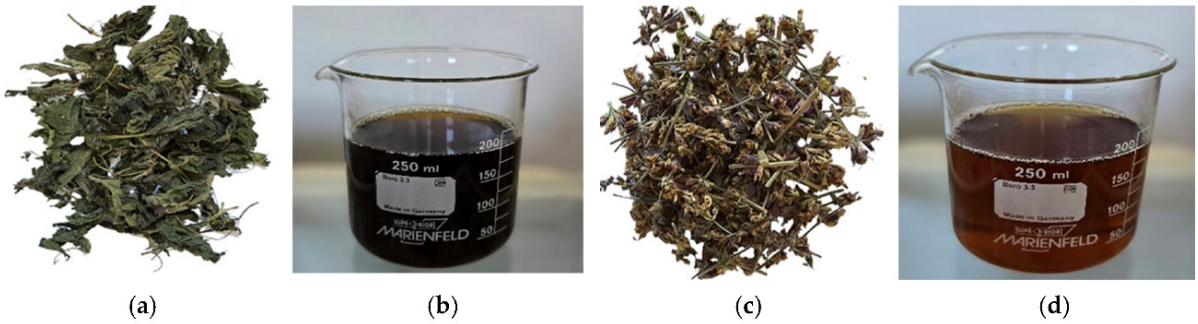



***Figura 5.3***. Plante și extracte de urzici și salvie prelucrate folosind tehnica hibridă de percolare cu ultrasunete: (a)—plante de urzici uscate; (b) extract de urzică; (c)—plante de salvie uscate; (d) extract de salvie.

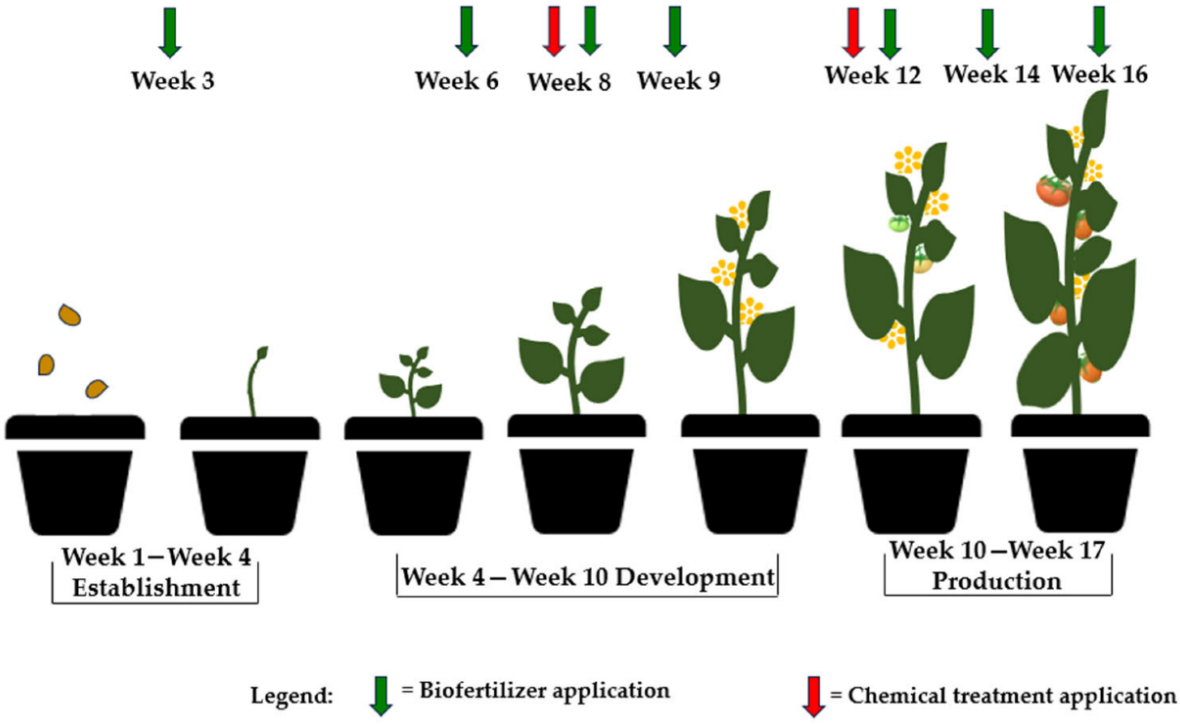



***Figura 5.4.*** Proiectare experimentală pentru aplicații de biofertilizant și tratament chimic.

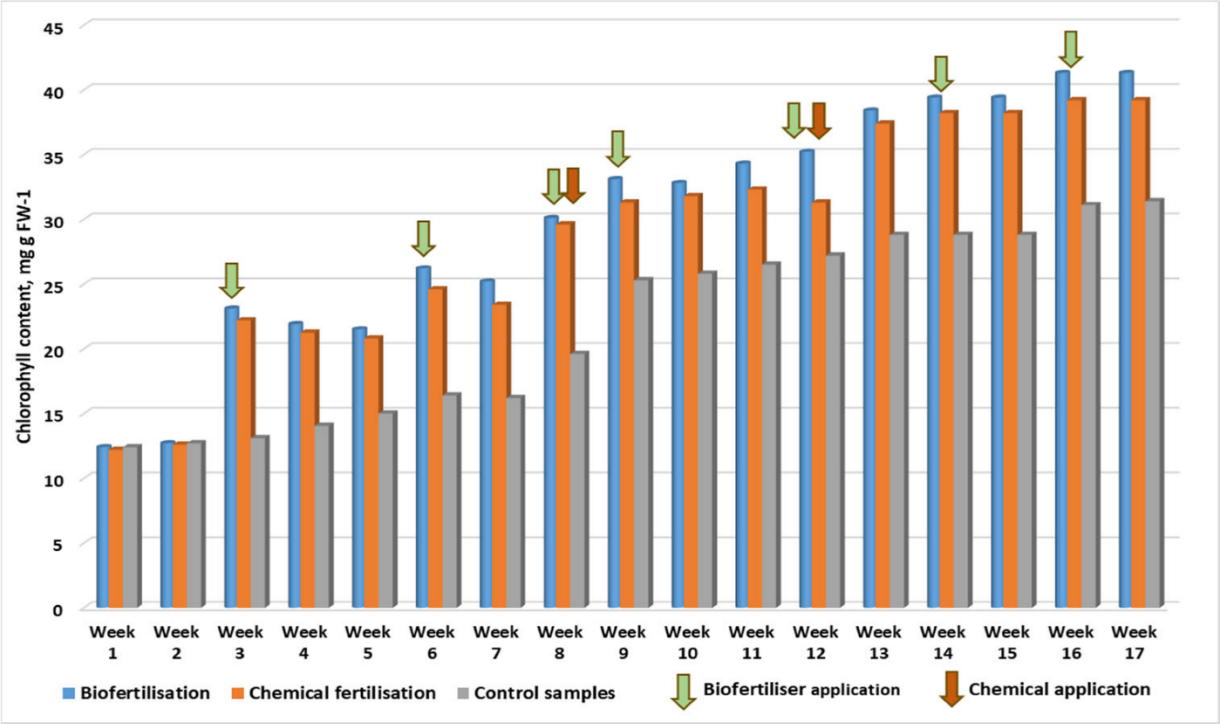



***Figura 5.5.*** Evaluarea comparativă a conținutului de clorofilă pentru plantele tratate cu biofertilizator, plantele tratate chimic și probele martor.

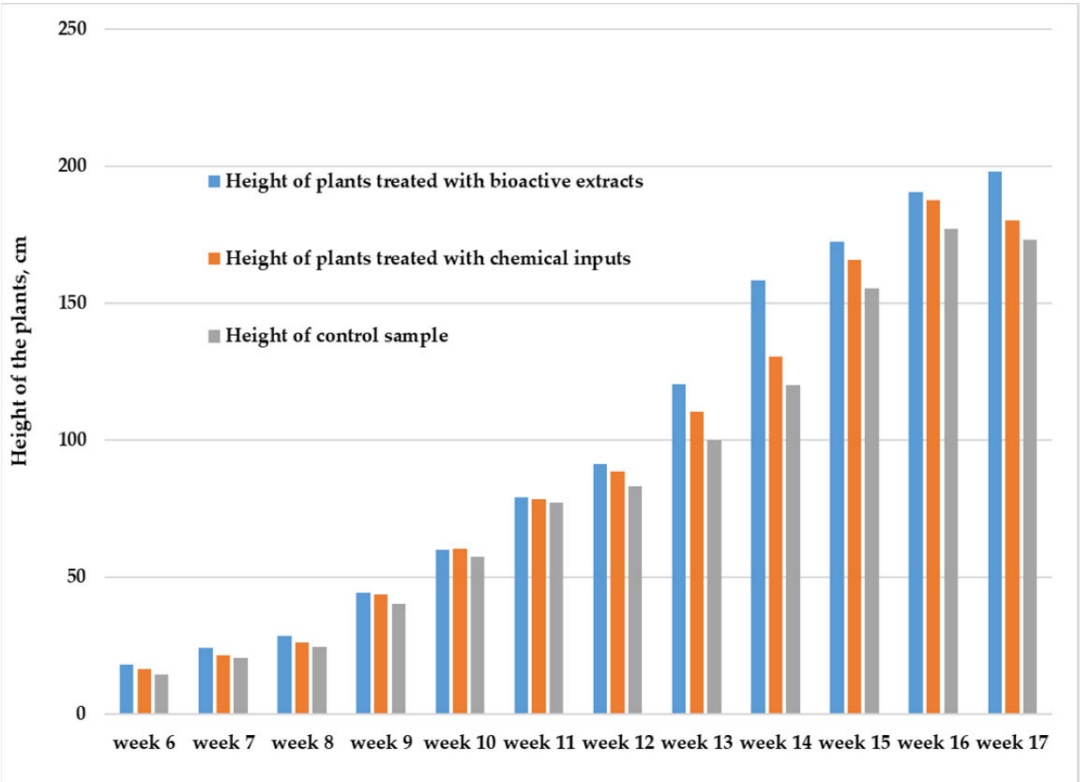



***Figura 5.6.*** Evaluarea comparativă a înălțimii tulpinilor plantei de tomate

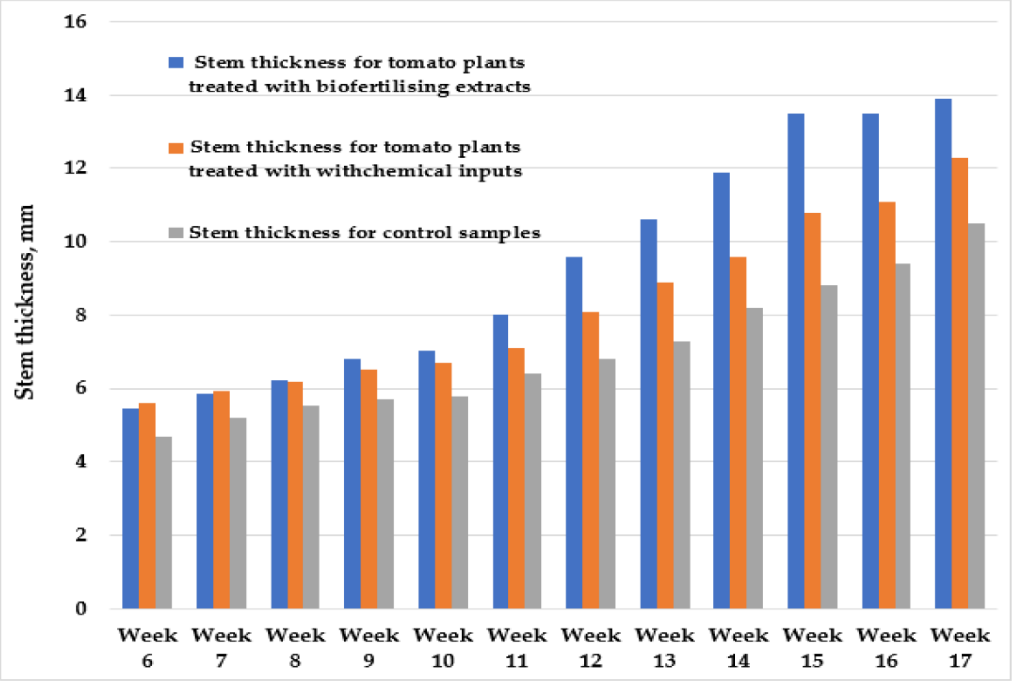
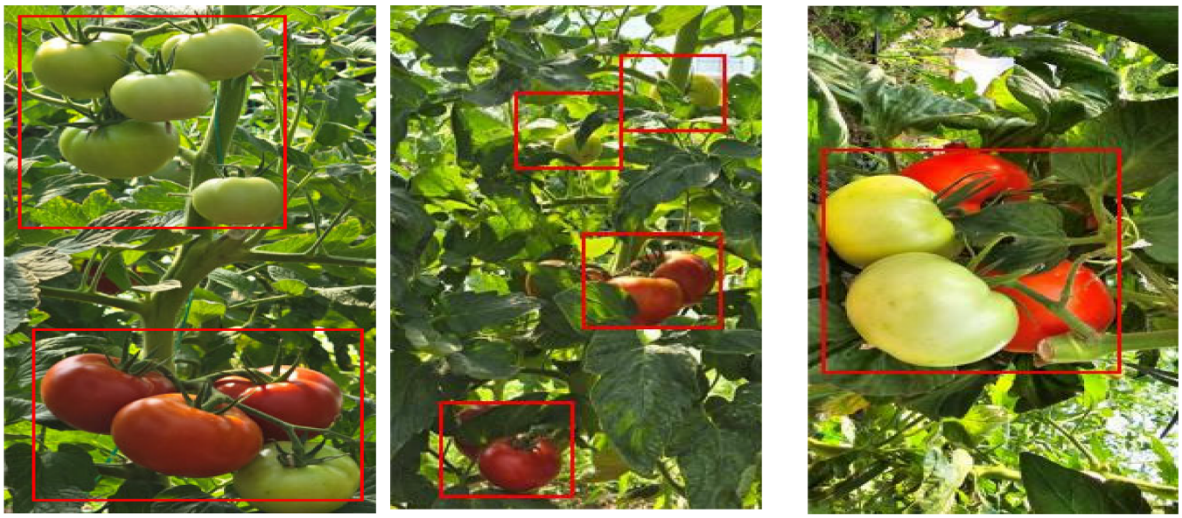



***Figure 5.7***. Evaluarea comparativă a grosimii tulpinii plantei de tomate pentru cultura ecologica si convențională



(a1) (a2) (a3)

***Figura 5.8***. Evaluarea comparativă a creșterii tomatelor în săptămâna 15, sub următoarele tratamente: (a1) – extracte de urzică și salvie; (a2) – amendamente si tratamente chimice; (a3)–Proba de control (fără tratament).

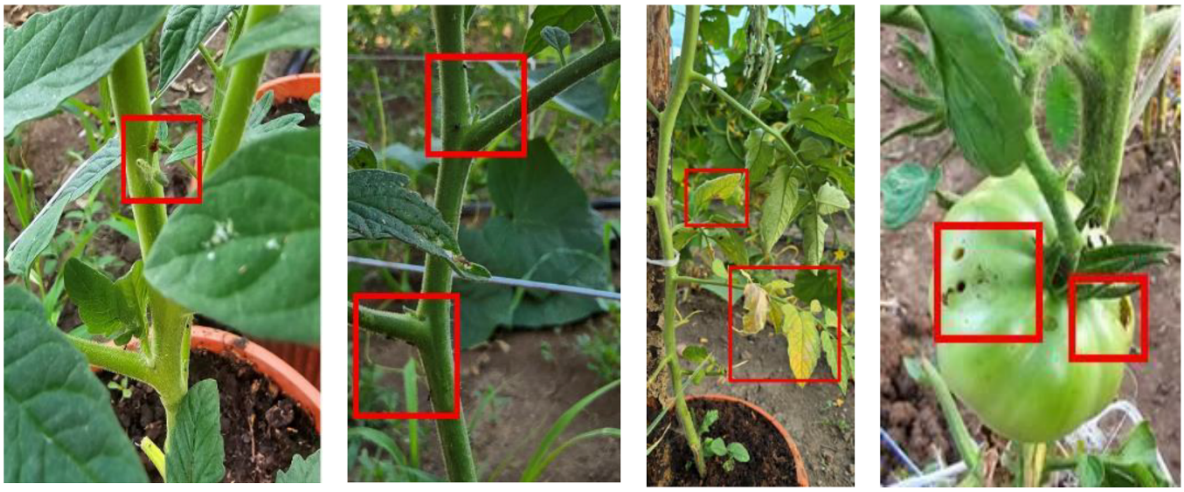


***Figura 5.9***. Reprezentarea probelor de control al tomatelor atacate de dăunători

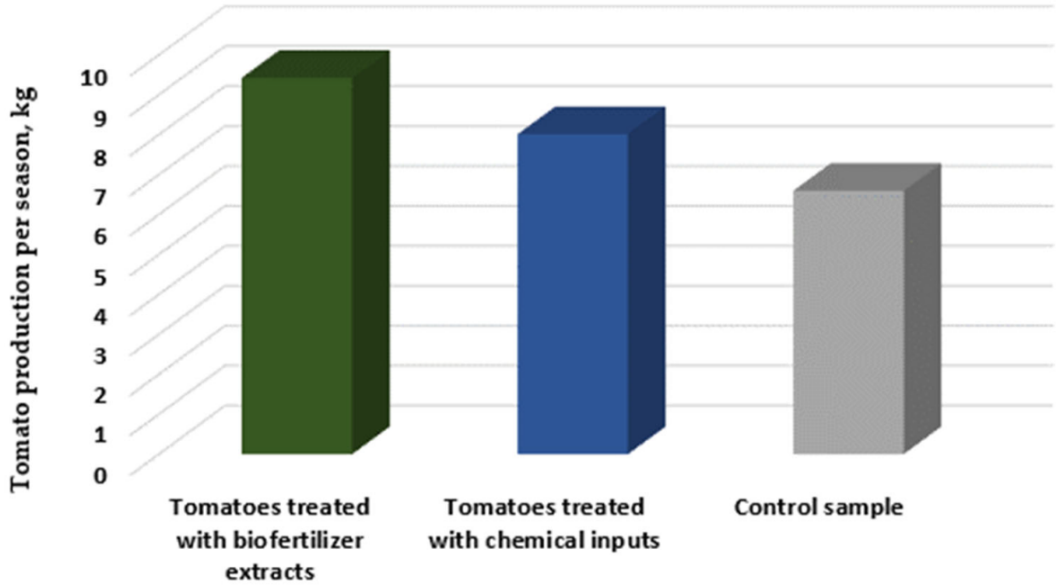



**Figura 5.10**. Evaluarea comparativă a productivității plantelor de tomate

Metoda hibridă de extracție cu ultrasunete-percolare (folosind atât presiuni înalte, cât și joase) a demonstrat beneficii semnificative în îmbunătățirea conținutului de polifenolici într-o manieră rentabilă și eficientă. În consecință, avansarea acestor tehnologii ar putea duce la producerea de alternative ecologice la tratamentele chimice, oferind o soluție durabilă pentru îmbunătățirea randamentului și calității culturii de tomate. Combinația de extracte de urzică și salvie poate servi ca tratament de biofertilizare pentru culturile de tomate. Cu toate acestea, sunt necesare cercetări

suplimentare pentru a valida eficacitatea acestora în combaterea dăunătorilor și pentru a determina sensibilitatea dăunătorilor la aceste soluții de biofertilizare.

Comparativ cu probele martor, roșiile tratate cu biofertilizatori au prezentat o creștere de 31,53% a conținutului de clorofilă, reflectând o fotosinteză mai eficientă și o sănătate mai bună a plantelor. În plus, productivitatea s-a îmbunătățit cu peste 42,88%, demonstrând potențialul biofertilizatoarelor de a îmbunătăți performanța agricolă și dezvoltarea plantelor. Principala limitare a experimentelor prezente a fost utilizarea apei ca solvent. Cercetările anterioare indică faptul că alți solvenți pot extrage mai eficient polifenolii din plante, deși sinteza ulterioară poate fi mai complexă.

## 5.3. *Constituenții tomatelor și beneficiile asupra sănătății*

Fructul de roșie este o bacă cărnoasă, cu dimensiuni și culori variabile [79]. Acesta este compus în mare parte din apă (>90%), având un conținut foarte scăzut de proteine sau grăsimi și aproximativ 3% carbohidrați (glucoză și fructoză) [79]. Nutrienții obținuți dintr-o roșie rotundă medie și raportul acestora față de doza zilnică recomandată pentru o persoană sunt descriși în Figura 1.

Fructul de roșie are un pericarp, care include un strat exterior numit exocarp și straturi interioare de mezocarp și endocarp [80]. Exocarpul fructului (epiderma) este alcătuit dintr-o cuticulă subțire fără stomate, al cărei conținut fenolic crește pe măsură ce fructul se dezvoltă [80,81]. Cuticula roșiei este compusă în principal dintr-un polimer lipidic cunoscut sub numele de cutină, precum și din ceruri, care sunt complexe și variabile [82]. Mezocarpul conține țesut vascular al fructului conectat la țesutul vascular al pedicelului [80]. Țesutul vascular este localizat în centrul fructului, asigurând semințelor apă și minerale necesare, și se regăsește și paralel cu suprafața fructului [80]. În cadrul limitei endocarpului unicelular se găsesc cavități ce conțin semințe, provenite din carpele, cunoscute sub numele de locule [80,83]. Numărul de locule dintr-un fruct poate varia, influențând astfel dimensiunea și forma fructului [83]. Loculele sunt separate de un sept și semințele sunt atașate de o placentă axială alungită [84]. Se știe că semințele de roșii conțin saponine steroidice numite licoperozide, în special licoperozida H, care se crede că exercită efecte antiinflamatoare [85,86].

Un studiu realizat de Moretti et al. a analizat compoziția chimică a diferitelor secțiuni ale fructului de roșie [87]. S-a observat că țesutul locular conține cea mai mare cantitate de vitamina C (228,90 ± 5,44 mg/kg), comparativ cu țesutul pericarpic (194,90 ± 2,13 mg/kg) [87].

Același studiu a constatat că nivelurile totale de carotenoizi și clorofilă sunt mai ridicate în pericarp (108,03 ± 2,22 mg/kg și, respectiv, 0,40 ± 0,03 mg/kg) decât în țesutul locular (87,84 ± 2,23 mg/kg și, respectiv, 0,33 ± 0,06 mg/kg) [87]. Prezența acidului oxalic în roșii a fost asociată cu boli renale, în special pietre la rinichi; totuși, trebuie menționat că acidul oxalic din roșii este raportat între 5–11 mg la 100 g de

greutate proaspătă [88]. Se sugerează că nivelul de acid oxalic crește odată cu maturarea fructului [89], unul dintre mecanismele posibile fiind conversia acidului ascorbic în acid oxalic pe măsură ce fructul se coace. Gătirea roșiilor, în special prin fierbere, a fost sugerată ca metodă de reducere a conținutului de acid oxalic [90].

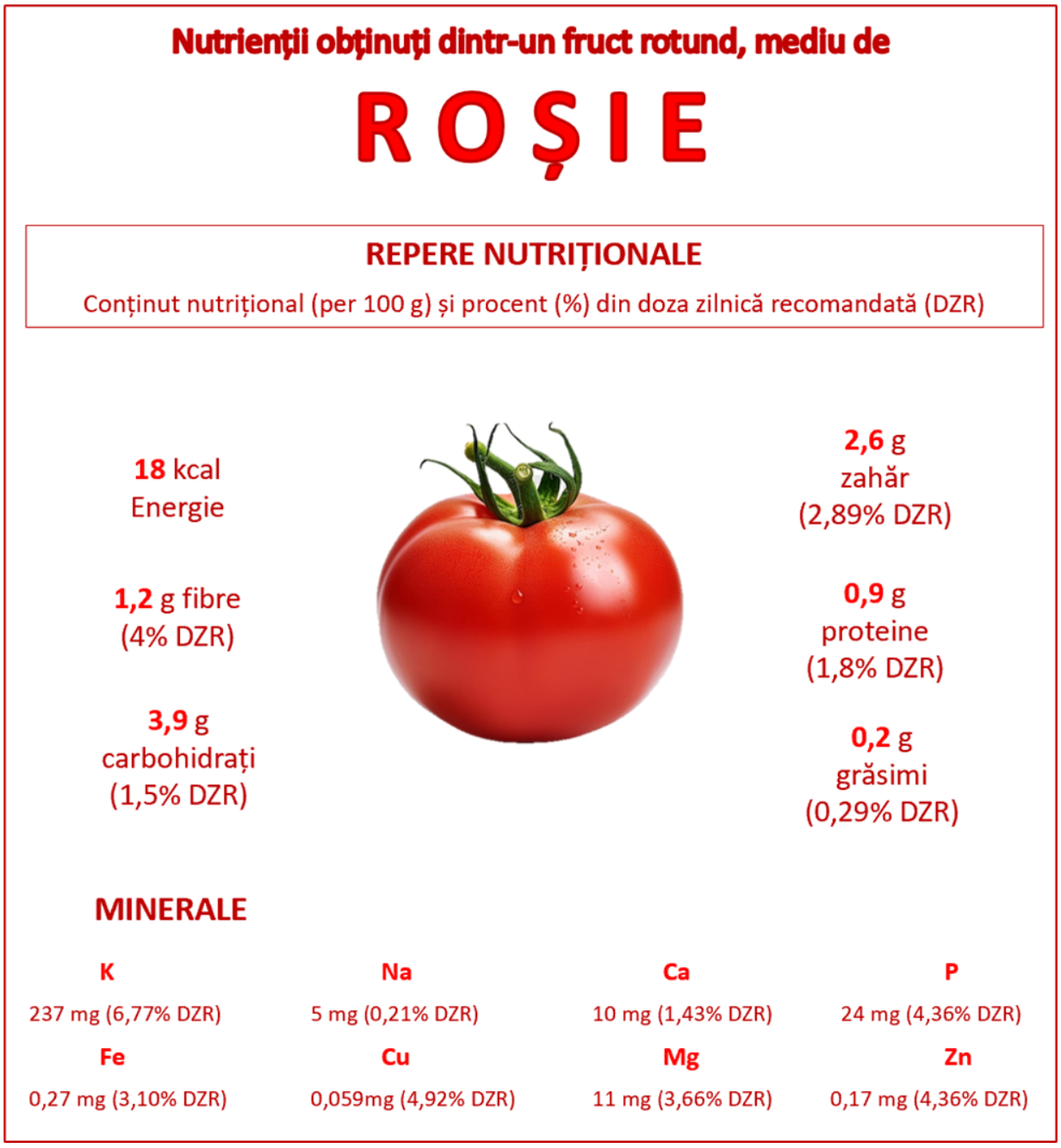
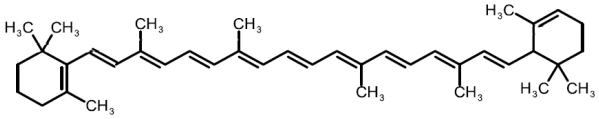
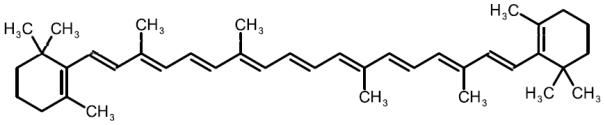
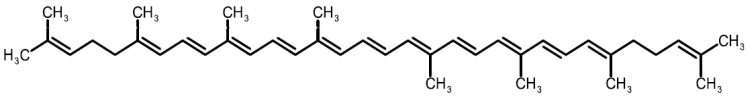
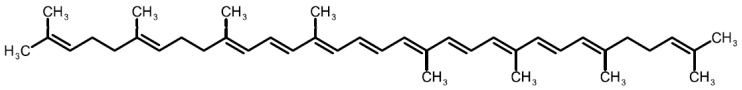
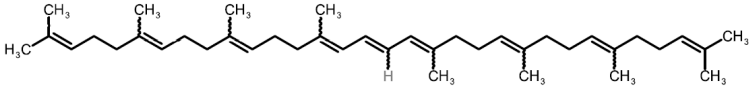
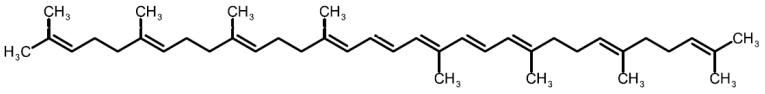
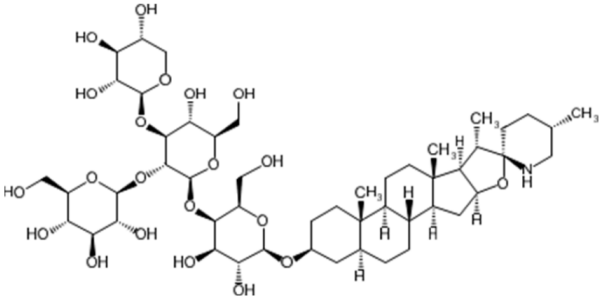
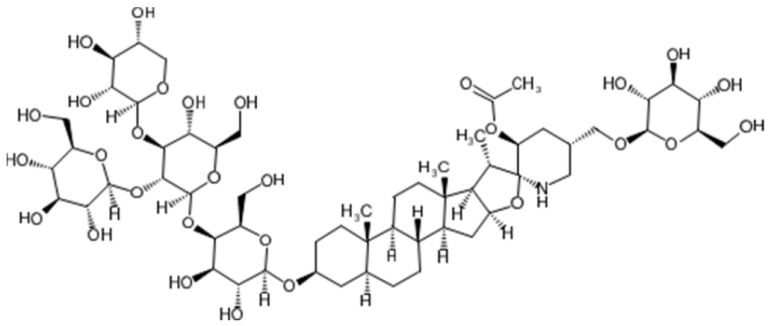
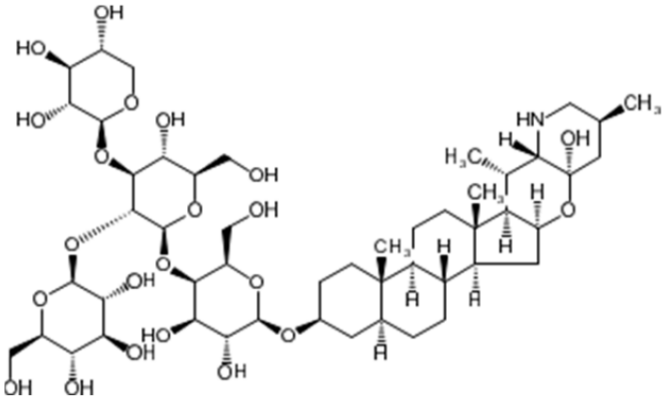



***Figura 5.11.*** Nutrienții obținuți dintr-o roșie rotundă medie și raportul acestora față de doza zilnică recomandată [91, 92]

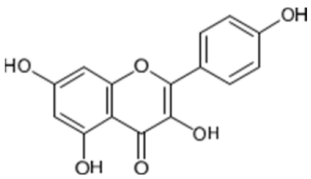
***Tabelul 5.3.*** Carotenoizi și glicoalcaloizi găsiți în fructele coapte de roșii

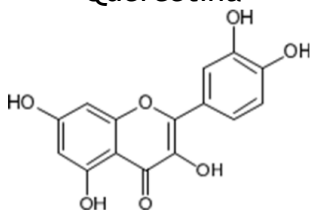
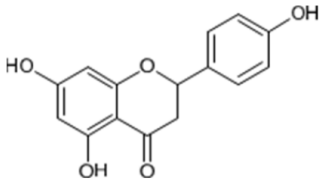
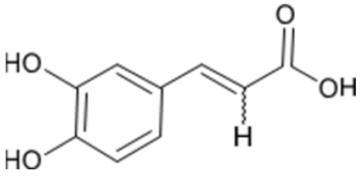
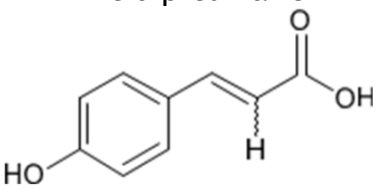
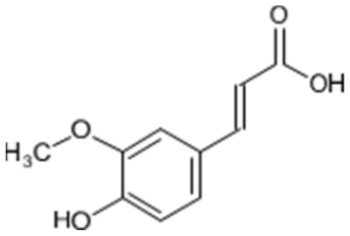
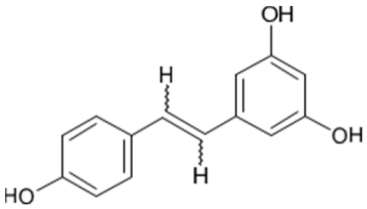
| Compuși și structură chimică | Rol în afecțiuni | Referință |
|---|---|---|
| **Carotenoizi (tetraterpenoide)** | | |
| **Caroteni** | | |
| α-caroten  | Cardiovascular | [70-72] |
| ß-caroten  | Cardiovascular<br>Cancer<br>Neurodegenerativ | [70]<br>[72-75] |
| Licopen  | Cancer<br>Diabet<br>Cardiovascular<br>Piele | [70-72]<br>[74-87] |
| Neurosporen  | Piele | [88-91] |
| Fitoen  | Piele | [89]<br>[92-93] |
| Fitofluen  | Piele | [89]<br>[93-94] |
| Glicoalcalozi | | |
| Saponine | | |
| Tomatină  | Cancer<br>Cardiovascular<br>Malarie | [95-98] |
| Esculozidă A | Diabet | [99-100] |

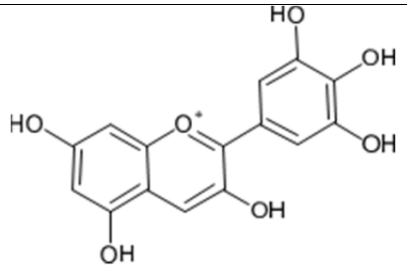
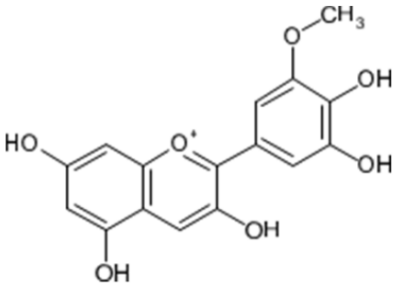
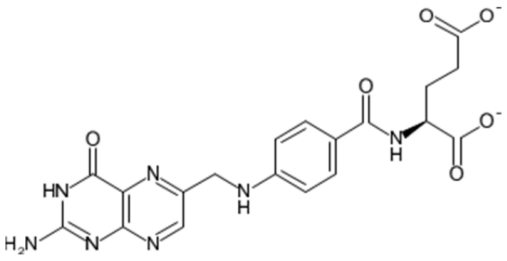
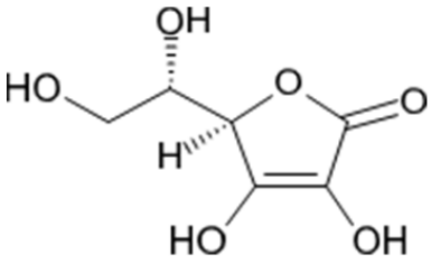
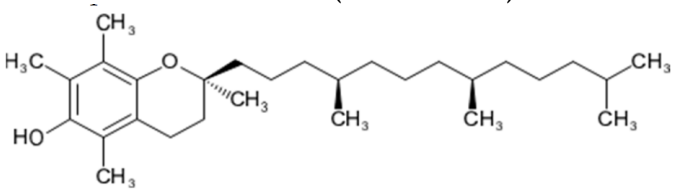
| | | |
|---|---|---|
|  | | |
| Licoperozidă H  | Piele<br>Inflamații | [62]<br>[101] |

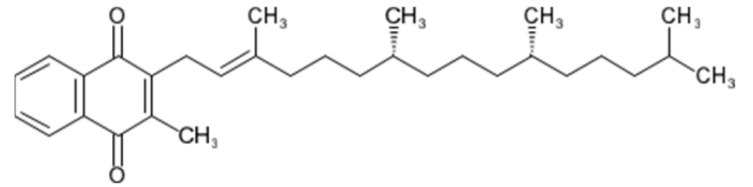
Proprietățile benefice pentru sănătate ale roșiilor sunt studiate mai ales în legătură cu rolul lor în prevenirea cancerului. Nu doar cancerul, ci și alte boli asociate înaintării în vârstă – precum bolile cardiovasculare, diabetul, Alzheimer – precum și sănătatea pielii, fertilitatea și recuperarea după efort pot fi influențate de compușii prezenți în roșii. Există numeroase lucrări de sinteză care tratează proprietățile anticancerigene și cardioprotectoare ale roșiilor, însă majoritatea se concentrează asupra licopenului. Totuși, roșiile conțin și alți nutrienți care pot contribui la efectele lor biologice, așa cum este ilustrat în Tabelele 5.3 si 5.4.

***Tabelul 5.4***. Polifenoli și vitamine găsite în fructele coapte de roșii

| Compuși și structură chimică | Rol în afecțiuni | Referință |
|---|---|---|
| **Antioxidanți** | | |
| **Flavonoide** | | |
| Kemferol  | Diabet<br>Piele<br>Neurodegenerativ | [102,103]<br>[106-109] |

| | | |
|---|---|---|
| Quercetină  | Diabet<br>Piele<br>Neurodegenerativ | [102,104]<br>[106-109] |
| Naringenină  | Diabet<br>Piele<br>Neurodegenerativ | [102,105]<br>[106-109] |
| Acizi fenolici | | |
| Acid cafeic  | Cancer | [102,110]<br>[113-115] |
| Acid p-cumaric  | Cancer | [102,111]<br>[113-115] |
| Acid ferulic  | Cancer | [102,112]<br>[113-115] |
| Stilbenoizi | | |
| Resveratrol  | Cancer<br>Diabet<br>Cardiovascular<br>Neurodegenerativ<br>Piele | [116-122] |
| Antocianine | | |
| Delfinidină | Cancer<br>Cardiovascular | [123,124]<br>[127-130] |

| | | |
|---|---|---|
|  | Neurodegenerativ<br>Piele | |
| Petunidină<br>  | Cancer<br>Cardiovascular<br>Neurodegenerativ<br>Piele | [123]<br>[125-126]<br>[127-130] |
| Vitamine | | |
| Vitamina B9<br>  | Infertilitate | [70]<br>[131-132] |
| Vitamina C (acid ascorbic)<br>  | Cancer<br>Diabet<br>Piele | [70]<br>[133-137] |
| Vitamina E (α-tocoferol)<br>  | Cancer<br>Diabet<br>Cardiovascular<br>Infertilitate | [70]<br>[134-135]<br>[138-140] |
| Vitamina K1 | Arterioscleroză | [70]<br>[141] |

| | | |
|---|---|---|
|  | | |

# 6. Cercetări recente privind alergenii din roșii și implicațiile asupra sănătății consumatorilor

## 6.1. Metode de detecție și cuantificare a alergenilor alimentari

În ciuda progreselor tehnologice din domeniul alimentației și biotehnologiei, **nu există încă metode predictive complet validate** pentru evaluarea riguroasă a alergenicității alimentelor noi, a proteinelor nou introduse în lanțul alimentar sau a produselor derivate care conțin proteine (Verhoeckx et al., 2016). În prezent, **strategia de evaluare a siguranței alergenice** se bazează pe o serie de etape indirecte, care urmăresc identificarea potențialului alergenic prin corelații structurale și funcționale cu alergeni cunoscuți (Fig. 10).

Procesul începe prin analiza sursei genei codificatoare pentru proteina de interes, urmată de evaluarea gradului de omologie de secvență între proteina testată și alergeni cunoscuți. În lipsa unei omologii relevante, se recomandă efectuarea unui screening serologic specific, utilizând seruri provenite de la pacienți alergici pentru a detecta posibila legare IgE. În cazul unei reactivități pozitive, sau al unei omologii semnificative, se efectuează testul de stabilitate digestivă, în special testul de rezistență la digestia cu pepsină, întrucât s-a demonstrat că multe proteine alergenice își păstrează structura imunoreactivă chiar și după expunere la condiții gastrointestinale simulate.

Această abordare combinată – care include analize bioinformatice, imunologice și biochimice permite o estimare a riscului, clasificând proteina investigată ca având un potențial „probabil alergenic”. Cu toate acestea, lipsa unor metode standardizate și predictive valide face ca evaluarea alergenicității ingredientelor alimentare noi sau procesate să rămână o provocare majoră în contextul siguranței alimentare.

Pe fondul limitărilor actuale ale metodelor standardizate, se dezvoltă noi strategii integrate pentru evaluarea alergenicității proteinelor alimentare emergente. Aceste abordări moderne pleacă de la analiza unei surse noi de proteine, incluzând informații despre taxonomie, omologia secvențelor cu alergeni cunoscuți, condițiile de utilizare (matrice alimentară, prelucrare, doză), precum și istoricul de expunere (consum alimentar sau profesional). Pe baza acestor date, se stabilește materialul de

studiu (extract(e) proteice) și se investighează două direcții majore: **capacitatea de reactivitate încrucișată** și potențialul de **sensibilizare *de novo* (Fig. 6.1.)**.

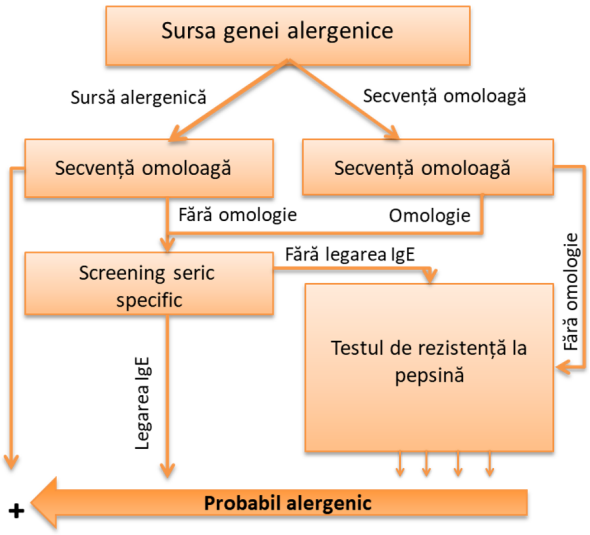



***Figura 6.1.*** Strategia actuală de evaluare a alergenicității alimentare: pași principali utilizați în analiza proteinelor noi sau a alimentelor procesate, adaptare după Verhoeckx et al., 2016

Determinarea reactivității încrucișate presupune utilizarea unor metode imunologice clasice precum ELISA, imunoblot sau testele multiplex de tip immunoCAP/ISAC, prin care se evaluează legarea IgE la alergeni cunoscuți din surse diferite. În plus, testele funcționale precum activarea bazofilelor, testul cutanat prick sau testele de provocare orală pot confirma prezența unei reactivități clinice. Pe de altă parte, evaluarea potențialului de sensibilizare include studii populaționale (screening serologic sau istoric extins) pentru identificarea persoanelor simptomatice fără istoric de alergie, dar care prezintă sensibilizare față de noul ingredient.

În contextul identificării unei noi alergii sau a unei reacții încrucișate, se evaluează capacitatea proteinelor investigate de a lega IgE și de a induce răspunsuri celulare funcționale. Astfel, strategia modernă propune o combinație între metode serologice, testări funcționale și abordări bazate pe bioinformatică pentru a crește acuratețea evaluării riscului alergenic și a reduce incertitudinile în cazul alimentelor sau ingredientelor noi, inclusiv cele derivate din subproduse procesate.

În procesul de evaluare a alergenicității alimentelor, este esențială înțelegerea nu doar a proprietăților intrinseci ale proteinelor, ci și a **circuitului imunologic implicat în sensibilizare și reacția alergică (Fig. 6.3)**. Determinanții alergenici alimentari sunt supuși inițial unui proces de digestie gastro-intestinală, în urma căruia proteinele intacte sau peptidele rezistente pot traversa bariera epitelială intestinală și pot interacționa cu celulele prezentatoare de antigen (CPA). Acestea declanșează activarea răspunsului imun adaptativ în cadrul etapei de sensibilizare, prin prezentarea

alergenului către limfocitele T naive, care se diferențiază în subtipuri Th1, Th2 sau Treg în funcție de contextul imunologic local și de natura alergenului.

În cazul alergiilor alimentare IgE-mediate, activarea axei Th2 conduce la stimularea limfocitelor B, care suferă un proces de switch izotipic și încep producția de imunoglobuline E (IgE) alergen-specifice. Aceste IgE se fixează pe receptorii membranari ai mastocitelor și bazofilelor, pregătind organismul pentru o eventuală reacție alergică la o expunere ulterioară. Această etapă definește faza de sensibilizare. La o nouă expunere la același alergen, interacțiunea acestuia cu anticorpii IgE fixați pe celulele efectoare conduce la activarea și degranularea mastocitelor, fenomen ce marchează etapa de degranulare. Aceasta se însoțește de eliberarea rapidă a mediatorilor proinflamatori (ex. histamină, leucotriene, prostaglandine), care sunt responsabili pentru apariția simptomelor clinice specifice reacțiilor alergice: eritem, prurit, edem, bronhospasm sau chiar anafilaxie severă.

În acest context, Verhoeckx et al. subliniază importanța dezvoltării unor strategii de evaluare care să integreze **toți factorii implicați în inducerea sensibilizării alergenice**, de la stabilitatea digestivă și proprietățile structurale ale proteinelor, până la particularitățile de răspuns imun ale gazdei. Această perspectivă sistemică este crucială pentru aprecierea riscului real asociat cu alimentele noi sau cu subprodusele procesate introduse în lanțul alimentar.

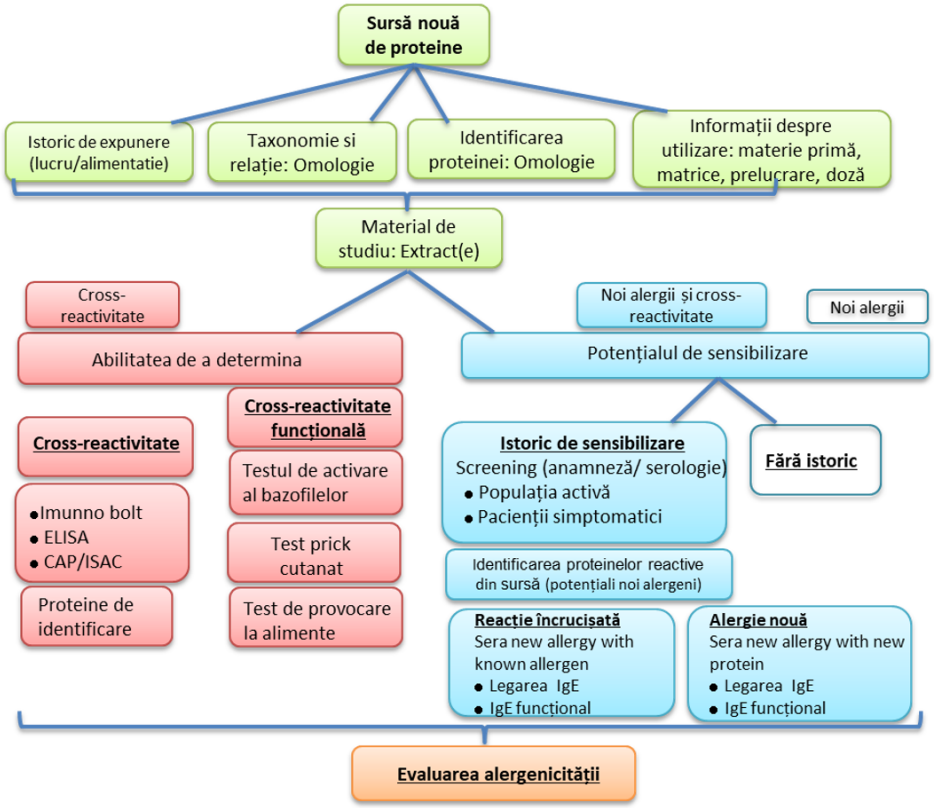


***Figura 6.2***. Strategie extinsă pentru evaluarea alergenicității proteinelor alimentare noi: integrarea datelor de expunere, omologie, reactivitate încrucișată și potențial de sensibilizare, adaptare după Verhoeckx et al., 2016

Evaluarea riscului alergenic asociat proteinelor din alimente noi presupune o abordare integrată, ce combină metode in silico, in vitro și in vivo. Modelul digestiei in vitro oferă date relevante privind stabilitatea fragmentelor proteice; peptidele persistente, abundente și ≥9 aminoacizi sunt considerate cu risc crescut pentru reacții IgE-mediate.

Metodele *in silico* sunt utilizate pentru analiza secvenței de identitate și pentru predicția reactivității încrucișate, în timp ce metodele *in vitro* includ teste de rezistență la pepsină și screening serologic cu seruri de la pacienți alergici. Acestea sunt completate de abordări în curs de dezvoltare, precum MAPPS și modele celulare intestinale. În paralel, metodele *in vivo*, cum sunt testele de provocare orală, oferă date directe, dar limitate de considerente etice și logistice. Această strategie combinată permite o estimare mai realistă a riscului imunologic asociat proteinelor alimentare noi (Fernandez et al., 2019).

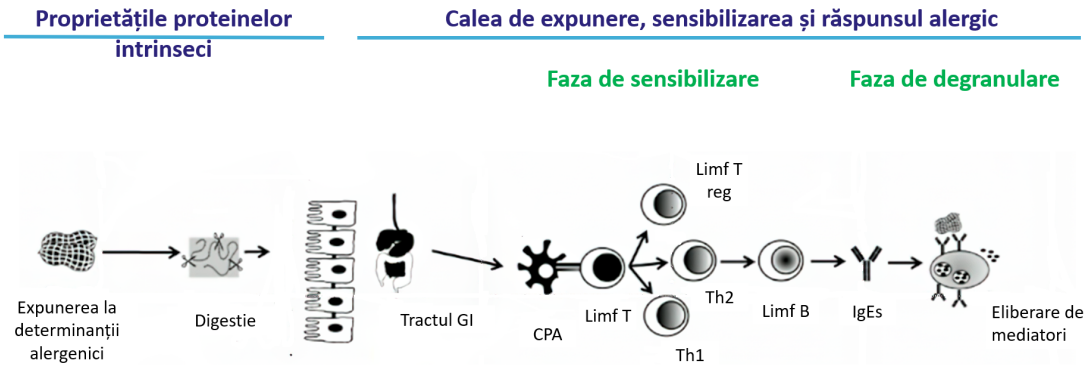



***Figura 6.3.*** Etapa de sensibilizare și reacție alergică IgE-mediată: rolul proprietăților proteinelor și al răspunsului imun mucosal, adaptare după Verhoeckx et al., 2019

Alergenii alimentari nu pot fi analizați direct în matricea alimentară brută, fiind necesară pregătirea unor **extracte solubile**, în care proteinele alergenice devin accesibile pentru detecție. Aceste extracte conțin un amestec complex de constituenți – inclusiv proteine non-alergenice, zaharuri, săruri, polifenoli și alți compuși solubili – a căror **compoziție variază în funcție de tipul de aliment și condițiile de extracție** utilizate. Interacțiunile dintre proteinele alergenice și componentele matricei pot modifica **disponibilitatea și reactivitatea imunologică** a alergenilor, influențând capacitatea acestora de a lega IgE și de a declanșa reacții alergice, mai ales după aplicarea unor tratamente de procesare.

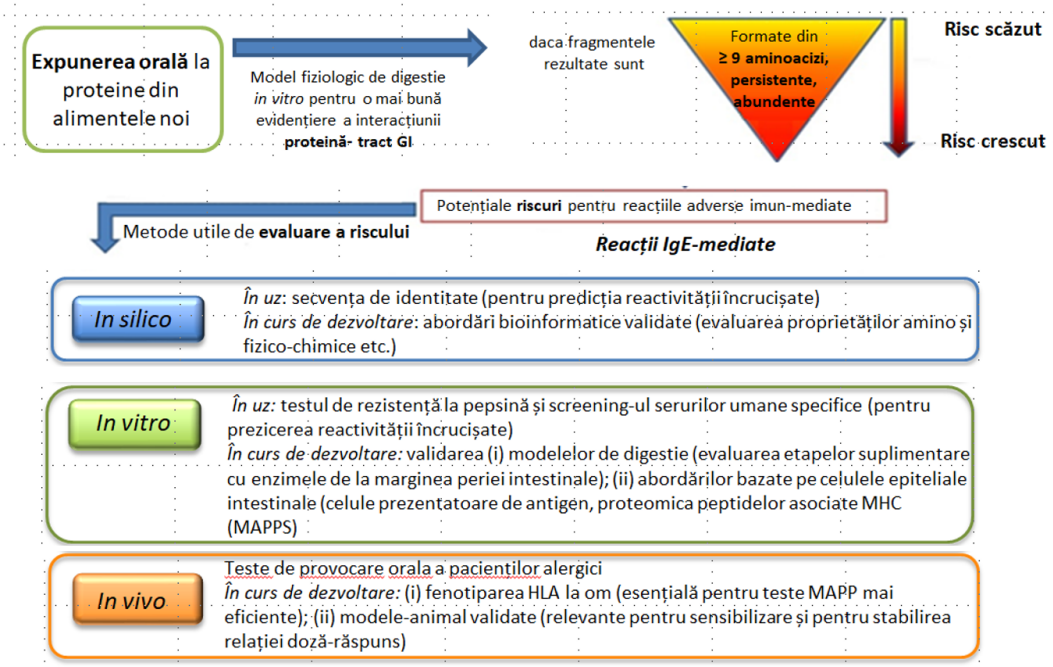



***Figura 6.4.*** Strategii moderne pentru evaluarea riscului de reacții IgE-mediate induse de proteinele alimentare noi: integrarea metodelor in silico, *in vitro* și *in vivo*, adaptat după Fernandez et al., 2019

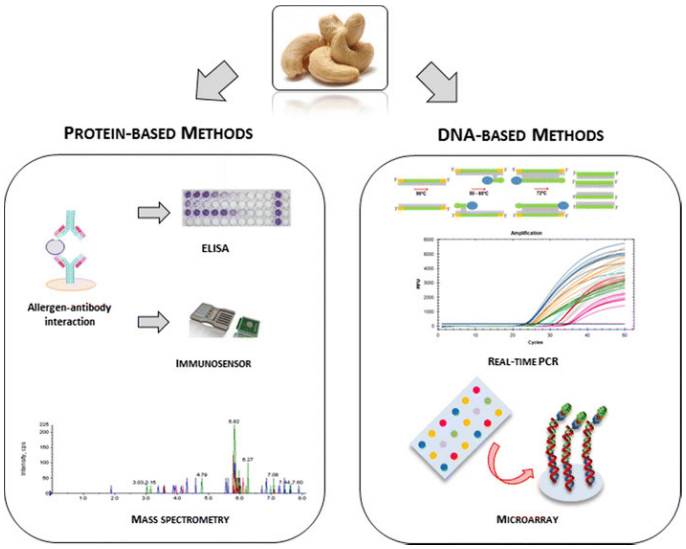



***Figura 6.5***. Reprezentare schematică a principalelor metode de detecție a alergenilor alimentari: metode bazate pe proteine și metode bazate pe AND, după Mendes C, et al. Cashew Nut Allergy: Clinical Relevance and Allergen Characterisation. Clin Rev Allergy Immunol. 2019 (1):1-22. doi: 10.1007/s12016-016-8580-5.

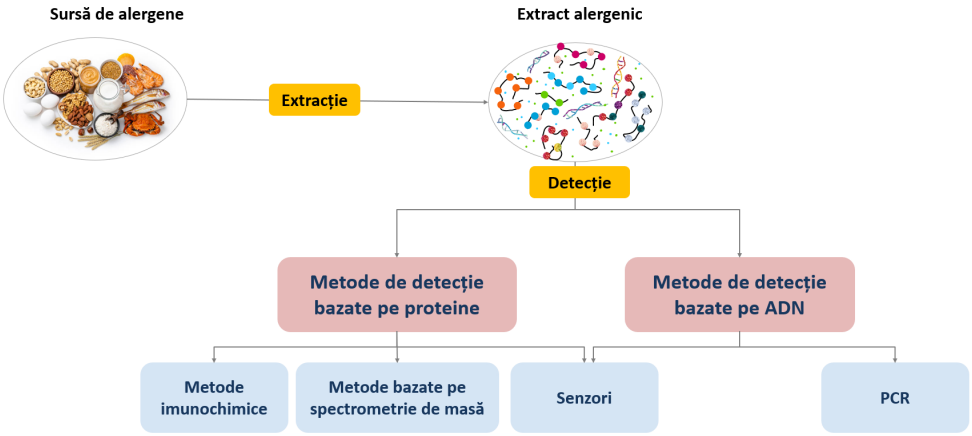



*Figura 6.6*. Metode de detecție a alergenilor din alimente, după Linglin Fu et al, Detection and Quantification Methods for Food Allergens 2019

**Testele imunochimice** reprezintă metode esențiale în detecția alergenilor alimentari, bazate pe interacțiunea specifică antigen-anticorp (Fig.16). Dintre acestea, **ELISA** este considerată standardul de aur, utilizată pe scară largă pentru cuantificarea precisă a alergenilor. Cele două formate principale – ELISA de competiție și ELISA tip sandwich – folosesc enzime ca markeri pentru generarea unui semnal colorimetric proporțional cu concentrația antigenului țintă.

Metoda **imunoblot** (precum Western blot) permite separarea și identificarea proteinelor antigenice pe baza masei moleculare, combinând electroforeza SDS-PAGE cu detecția imunologică pe membrană.

În paralel, **testele cu flux lateral (LFIA)** oferă o alternativă rapidă și practică pentru screening, având avantajul portabilității și costurilor reduse, dar o sensibilitate și capacitate de multiplexare mai limitate.

Spectrometria de masă (MS) reprezintă o metodă avansată de identificare și caracterizare a alergenilor alimentari, bazată pe analiza masei și a structurii proteinelor (Fig. X). Avantajele acestei tehnici includ capacitatea de detecție multialergenică, analiza cantitativă de înaltă precizie, precum și maparea epitopilor IgE și caracterizarea modificărilor post-translaționale ale proteinelor.

Principale sunt utilizate în MS: Abordarea top-down, care presupune analiza proteinelor intacte, fără fragmentare prealabilă, oferind informații directe asupra masei și structurii primare; Abordarea bottom-up, mai frecvent utilizată în alergologie alimentară, implică digestia enzimatică (ex. cu tripsină) a proteinelor, urmată de analiza fragmentelor rezultate (peptide) prin LC-MS/MS și identificarea acestora prin interogarea bazelor de date proteice.

Datorită sensibilității ridicate, specificității moleculare și posibilității de multiplexare, spectrometria de masă devine tot mai mult o alternativă sau un complement valoros al metodelor imunochimice clasice în monitorizarea contaminării alimentare cu alergeni.

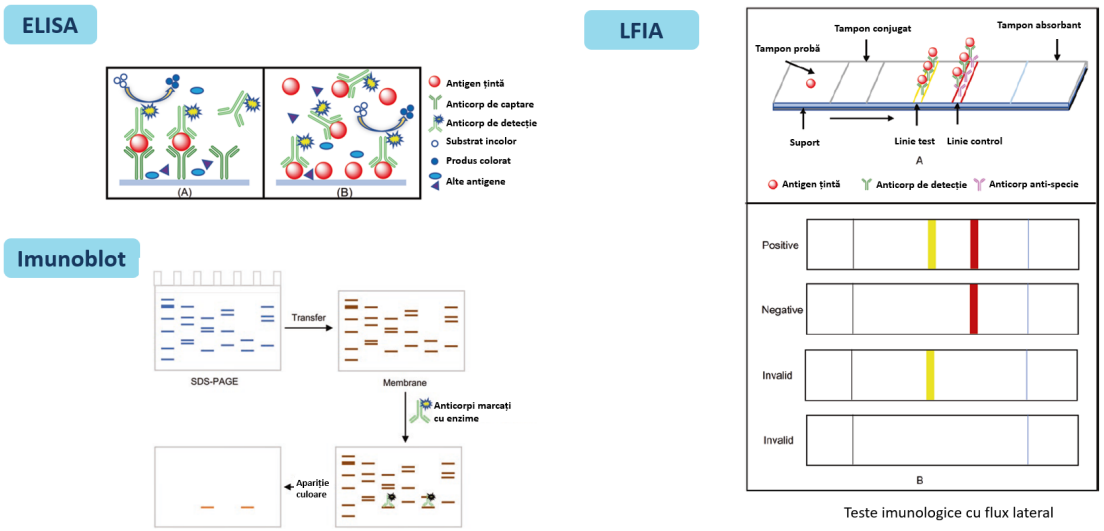



***Figura 6.7***. Principalele metode imunochimice utilizate pentru detecția alergenilor alimentari: ELISA, imunoblot și testul cu flux lateral (LFIA), după Linglin Fu et al, Detection and Quantification Methods for Food Allergens 2019

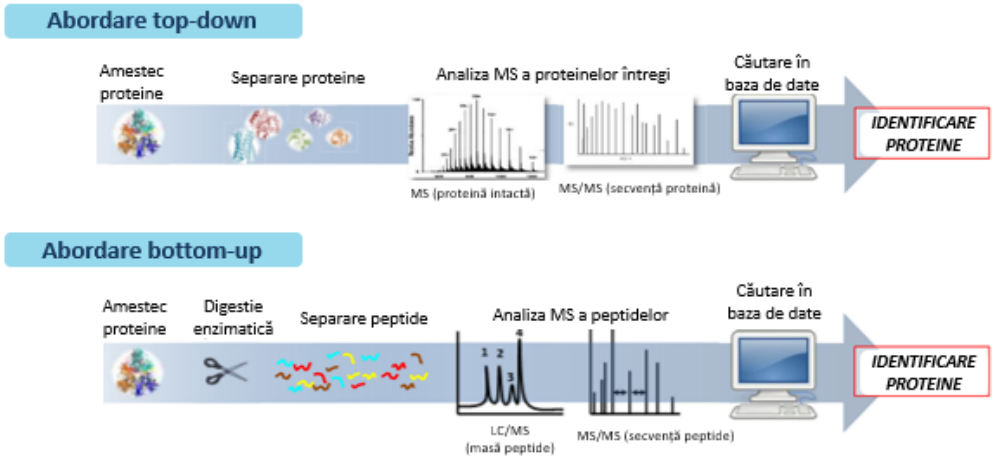



***Figura 6.8***. Principalele metode de detecție bazate pe spectrometrie de masa, după Monaci et al, Mass Spectrometry in Food Allergen Research, 2015

Biosenzorii reprezintă instrumente esențiale pentru identificarea diferitelor componente din produsele alimentare, inclusiv a alergenilor. Aceștia se remarcă prin performanțe deosebite, oferind rezultate rapide, costuri reduse, specificitate și sensibilitate ridicate, precum și o utilizare facilă. Un avantaj major al biosenzorilor este posibilitatea miniaturizării lor, ceea ce permite realizarea de dispozitive portabile, concepute pentru analize la fața locului, în timp real. Prin fixarea senzorilor pe suprafețe de cipuri, utilizarea anticorpilor și a fragmentelor de ADN (aptameri) a devenit o metodă larg aplicată pentru recunoașterea alergenilor alimentari, în combinație cu tehnici de detecție optică sau electrochimică.

Funcționarea biosenzorilor se bazează pe transformarea interacțiunii dintre alergeni și bioreceptori (anticorpi sau aptameri) într-un semnal chimic-fizic măsurabil, direct

proporțional cu concentrația alergenului țintă. Alegerea bioreceptorului adecvat este esențială și depinde de modificările structurale ale proteinelor în timpul procesării alimentelor sau al prelucrării probei înainte de analiză. În funcție de natura modificărilor fizice generate de reacția de detecție, biosenzorii se împart în două mari categorii: optici și electrochimici.

Având în vedere cererea tot mai mare pentru acces rapid la informații științifice, metodele tradiționale de laborator devin adesea nepractice pentru consumatori. De aceea, este esențială dezvoltarea unor teste simple, rapide și sigure, compatibile cu smartphone-urile, pentru a facilita detectarea alergenilor. Aceste dispozitive mobile sunt ideale în acest scop datorită camerelor performante, funcției blit, portabilității, conectivității și accesibilității. Astfel, au fost create platforme inovatoare pentru detecția alergenilor alimentari, precum **iTube** (pentru alergeni din arahide) sau **Allergy Amulet**.

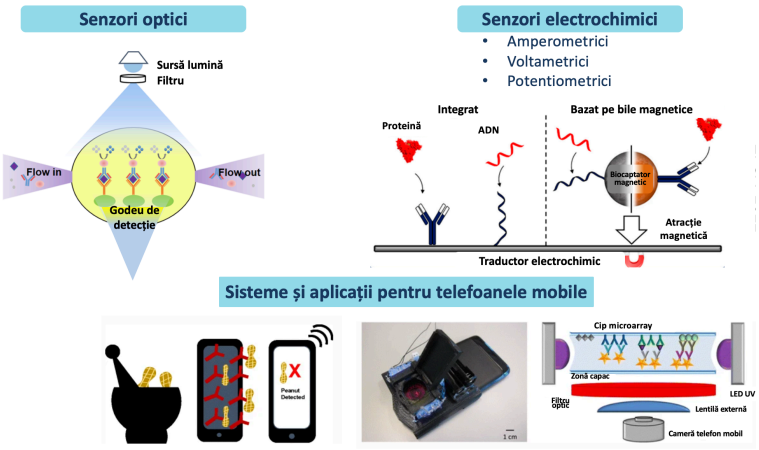



***Figura 6.9.*** Tehnologii moderne pentru detecția alergenilor alimentari: biosenzori optici, electrochimici și aplicații mobile, după Weng et. al, biosemsors, 2016; Campuzano, et al, Biosensors, 2020.

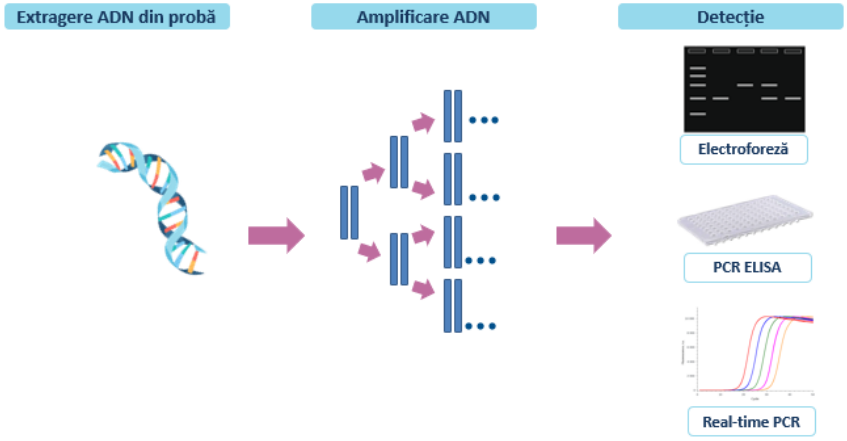



***Figura 6.10.*** Principalele metode de metode de detecție bazate pe acizi nucleici (ADN). Linglin Fu et al, Detection and Quantification Methods for Food Allergens 2019

**Metodele bazate pe ADN** reprezintă o alternativă eficientă pentru detecția alergenilor alimentari, în special datorită **stabilității superioare a ADN-ului** în comparație cu proteinele, în condiții de procesare fizico-chimică intensă (Fig.19). Metodele bazate pe ADN implică detectarea unei secvențe ADN din genomului alergenului, care servește ca surogat pentru alergen.

Detectarea ADN-ului alergenului alimentar poate fi efectuată cu mai multe metodologii PCR: end-point PCR, real-time PCR și PCR-ELISA. Testele PCR nu detectează direct proteinele alergene, așa că sunt cel mai bine utilizate numai în cazurile unde ADN-ul este un indicator precis al prezenței proteinelor cu potențial alergenic.

## 6.2. Potențialul alergenic al roșiilor: aspecte relevante pentru valorificare

Roșiile (Solanum lycopersicum) reprezintă o sursă importantă de compuși bioactivi cu valoare nutrițională ridicată. Acestea sunt bogate în carotenoizi, în special licopen, pigment responsabil pentru culoarea roșie caracteristică. Concentrația de licopen în fructele proaspete de roșii este de aproximativ 12 mg/100 g. Pe lângă licopen, roșiile conțin și alți carotenoizi valoroși din punct de vedere nutrițional, precum ß-caroten, fitoen și luteină. Potrivit literaturii de specialitate, acești compuși prezintă proprietăți antioxidante și sunt asociați cu reducerea riscului de apariție a anumitor tipuri de cancer [181]. De asemenea, consumul regulat de roșii și de carotenoizi derivați din acestea este recomandat în prevenirea afecțiunilor cardiovasculare și poate contribui la diminuarea riscului de dezvoltare a unor boli cronice, precum cancerul colorectal, gastric și rectal [182].

În ciuda beneficiilor nutriționale și funcționale ale roșiilor, există anumite categorii de consumatori care trebuie să le evite din rațiuni de siguranță alimentară. Această restricție este determinată de riscul apariției reacțiilor alergice post-ingestie. Conform literaturii de specialitate, reacțiile alergice la roșii pot fi mediate imunologic prin mecanisme IgE-dependente, non-IgE sau mixte (Figura 6.1).

Reacțiile IgE-mediate pot genera o gamă variată de manifestări clinice, incluzând simptome cutanate (urticarie, eritem facial), gastrointestinale (sindromul alergiei orale – OAS, sindromul alergiei alimentare asociate cu polenul, anafilaxie) și respiratorii. Pe de altă parte, reacțiile non-IgE pot implica dermatita de contact, enteropatia indusă de proteine alimentare și boala celiacă [183]. Alergia la roșii este asociată predominant cu o reacție imunologică mediată de imunoglobulinele E (IgE), fiind adesea rezultatul unei reactivități încrucișate între alergeni specifici din roșii și cei din polen.

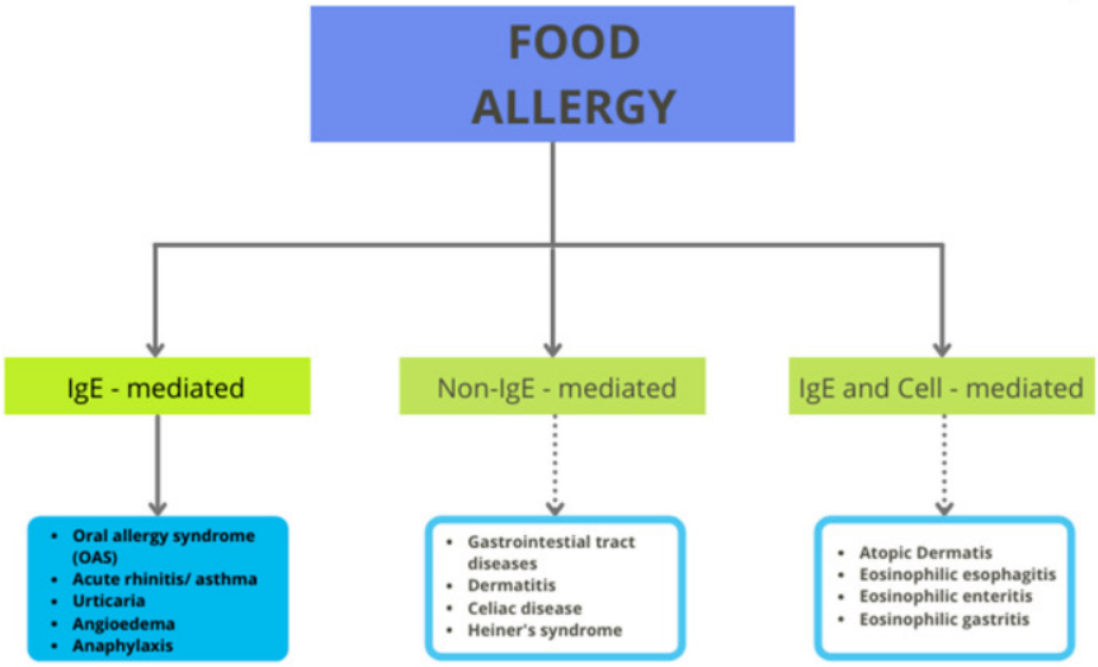



***Figura 6.11.*** Clasificarea alergiilor alimentare

Persoanele cu alergie la roșii prezintă de obicei simptome locale, în special sindromul de alergie orală (Oral Allergy Syndrome – OAS), care se manifestă la nivelul mucoaselor buzelor, limbii sau faringelui imediat după ingestie. De asemenea, pot apărea manifestări cutanate, precum prurit, eritem sau chiar urticarie, în urma contactului sau ingestiei. În anumite cazuri, reacțiile alergice pot implica tractul gastrointestinal și sistemul cardiovascular [184]. Pentru indivizii afectați, excluderea roșiilor din alimentație este esențială, fapt ce poate influența negativ calitatea vieții.

## 6.3. Alergeni identificați în roșii

Primele cercetări care au evidențiat potențialul alergenic al roșiilor au fost realizate de Bleumink și col. (1966) [185], care au izolat o fracțiune glicoproteică cu activitate crescută în testele cutanate de tip prick. Ulterior, s-a constatat că aceste glicoproteine au mase moleculare cuprinse între 20–30 kDa. În ultimele decenii, interesul științific pentru identificarea alergenilor specifici din roșii a crescut semnificativ.

Un studiu complex efectuat de Foetisch și col. (2001) [186] a identificat mai mulți compuși cu afinitate pentru IgE, utilizând tehnici precum imunoblotare bidimensională, microsecvențiere N-terminală și metode imunologice (CAP, EAST, ELISA). Printre proteinele identificate s-au numărat ß-fructofuranozidaza,

poligalacturonaza și pectinesteraza, toate confirmate ca având potențial alergenic, inclusiv prin cercetările lui Kondo și col. (2001) [187].

Un alt rezultat semnificativ al studiului lui Foetisch și col. (2001) [186] a fost identificarea profilinei ca alergen major, recunoscută oficial sub denumirea de Sola l 1 (anterior Lyc e 1). Profilina a fost identificată prin inhibarea legării IgE folosind profilină recombinantă din polen de mesteacăn.

Următorul alergen caracterizat a fost Sola l 2 (β-fructofuranozidaza), a cărei relevanță a fost susținută și de datele prezentate de Westphal și col. (2003) [188].

Al treilea alergen caracterizat a fost **proteina de transfer lipidic** nespecifică (nsLTP), denumită ulterior Sola l 3. Dovezi privind implicarea acestei proteine în reacțiile alergice au fost furnizate de Asero și col. (2000) [189] și confirmate ulterior de Foetisch și col. (2001) [6] prin teste de inhibare EAST.

Studiile epidemiologice arată că aproximativ 22% dintre pacienții alergici la roșii sunt sensibili la Sola l 1 (profilină), 17% la Sola l 2 (β-fructofuranozidază), iar 15% dintre pacienții italieni alergici la roșii sunt monosensibilizați la Sola l 3 (nsLTP).

Pe lângă acești alergeni bine caracterizați, au fost propuși și alți candidați potențiali: pectinesteraza, poligalacturonaza 2A, superoxid-dismutaza, o proteină de tip osmotină, glucanaza, chitinaza și o proteină de 9 kDa, termo-labilă și rezistentă la pepsină.

Până în prezent, au fost raportați 27 de potențiali alergeni la tomate, în diferite baze de date (Tabel 6.1).

***Tabelul 6.1.*** Alergenii din tomate, listați oficial de Uniunea Internațională a Societăților Imunologice

| Plant Species | Allergen | Biochemical Name | MW (SDS-PAGE) |
|---|---|---|---|
| *Solanum lycopersicum* (*Lycopersicon esculentum*)—Tomato | Sola l 1 | Profilin | 14 kDa |
| | Sola l 2 | Beta-fructofuranosidase | 50 kDa |
| | Sola l 3 | Non-specific lipid transfer protein type 1 (nsLTP1) | 9 kDa |
| | Sola l 4 | Pathogenesis-related protein, PR-10, Bet v 1 family member, TSI-1 | 20 kDa |
| | Sola l 5 | Cyclophilin | 19 kDa |
| | Sola l 6 | Non-specific lipid transfer protein type 2 (nsLTP2) | 7 kDa |
| | Sola l 7 | nsLTP type 1 | 12.5 kDa (SDS PAGE reducing) |

Mai jos au fost exemplificate structurile 3D ale alergenilor menționați anterior.

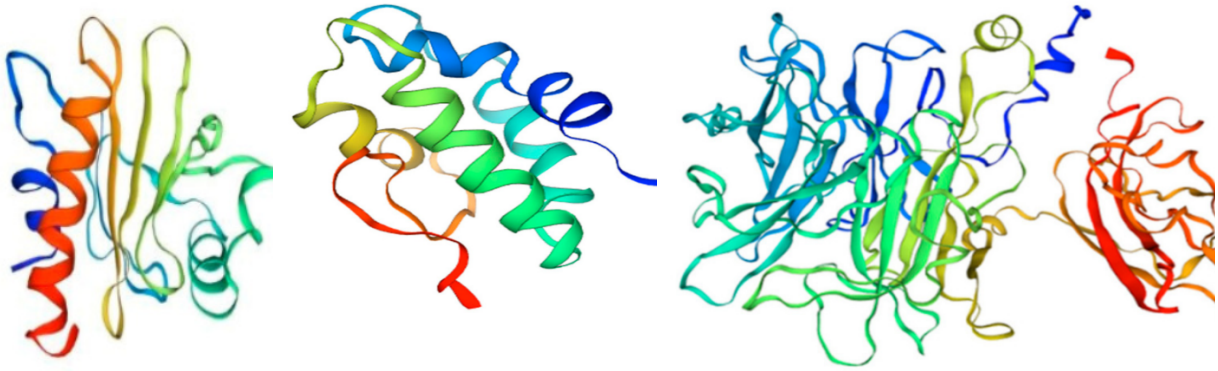



***Figura 6.12***. Structurile 3D ale alergenilor

Datele despre Sola l 4 sunt extrem de limitate în comparație cu alți alergeni din tomate recunoscuți oficial. Până în prezent, au fost efectuate puține cercetări pentru a caracteriza sau descrie cumva această proteină derivată din tomate. Deși datele despre Sola l 4 nu sunt suficiente, există o cantitate mare de informații despre alte proteine aparținând aceleiași familii ca Sola l 4.

## 6.4. Impactul condițiilor de mediu și al tehnicilor de procesare asupra alergenilor din tomate

Prezența alergenilor în roșii constituie un obstacol semnificativ în elaborarea unei diete sigure pentru persoanele alergice. Numeroase cercetări au vizat dezvoltarea unor tehnici de procesare capabile să degradeze sau să reducă semnificativ conținutul de alergeni din produsele alimentare. Deși ingineria genetică oferă posibilitatea eliminării unor alergeni specifici (precum Sola l 1 sau Sola l 3), eficiența acestei strategii este limitată de faptul că majoritatea pacienților prezintă polisensibilizare, nu monosensibilizare. În plus, acceptabilitatea organismelor modificate genetic (OMG) rămâne un aspect controversat din perspectiva consumatorilor [190].

Ca alternativă, se propun fie selecția unor condiții agrotehnice care să conducă la scăderea potențialului alergenic al roșiilor, fie dezvoltarea unor metode de procesare post-recoltare care să inactiveze proteinele alergenice. Totuși, aceste metode nu pot garanta eliminarea completă a alergenilor din roșiile crude [190].

## 6.5. Influența condițiilor de cultivare asupra potențialului alergenic al roșiilor

Studiul realizat de Dölle-Bierke și col. (2011) [191] a investigat influența a șase condiții de mediu diferite asupra potențialului alergenic al unor soiuri de roșii cultivate în medii variate. Printre factorii analizați s-au numărat formele și concentrațiile de

azot (amoniac, nitrați), salinitatea, intensitatea luminii și conductivitatea electrică a soluției nutritive. Rezultatele obținute prin testele cutanate de tip prick au indicat că niciuna dintre condițiile testate nu a avut un efect semnificativ asupra reactivității alergice la pacienții alergici la roșii. Totuși, este important de menționat că aceste condiții au fost aplicate doar unui singur soi de roșii.

O cercetare ulterioară, mai extinsă, efectuată de Słowianek și col. (2016) [192], a evaluat conținutul a trei alergeni (profilina, nsLTP și un omolog al Sola l 4) în roșii cultivate în sistem ecologic și convențional, timp de trei ani și pentru cinci soiuri diferite. Rezultatele au arătat **că soiul de roșii influențează semnificativ conținutul de alergeni**, iar dintre cei analizați, **doar profilina** a prezentat o corelație semnificativă cu tipul de sistem de cultivare. În acest caz, roșiile din sistemul ecologic au avut un potențial alergenic mai ridicat. Autorii au subliniat, de asemenea, că stresul abiotic specific fiecărei ferme ar putea contribui la variațiile în conținutul de alergeni, chiar și în condiții de cultivare similare.

## 6.6. Impactul procesării alimentelor asupra alergeniilor din roșii

Numeroase studii evidențiază relația dintre metodele de procesare a alimentelor și reactivitatea imunologică a anumitor alergeni. Printre metodele analizate se numără tratamentele termice (fierbere, coacere), metodele non-termice (procesare la înaltă presiune, hidroliză enzimatică, câmpuri electrice pulsatorii, fermentație, plasmă rece, ultrasunete). Dintre acestea, metodele termice și hidroliza enzimatică sunt cel mai frecvent utilizate. Totuși, acestea nu sunt eficiente împotriva principalilor alergeni din roșii, respectiv profilinele și proteinele de transfer lipidic (LTP). Studiile au demonstrat că profilinele din roșii sunt rezistente la căldură și la tratamente cu papaină, iar LTP-urile prezintă rezistență atât la digestia proteolitică (pepsină), cât și la tratamentele termice.

Pravettoni și col. (2011) [193] au investigat 22 de produse procesate din roșii, fără a observa o reducere a capacității de legare IgE a LTP la pacienții sensibilizați. De asemenea, cercetarea realizată de Primavesi și col. (2011) [194] a arătat că nici decojirea chimică, nici tratamentul termic nu au influențat semnificativ potențialul alergenic al LTP, confirmând stabilitatea acestei proteine.

Până în prezent, nu există date disponibile privind eficiența altor metode de procesare alimentară în reducerea alergenicității roșiilor, în afara celor deja menționate.

## 6.7. Perspective și limitări cu privire la cercetarile alrgenilor din roșii

În ciuda eforturilor de cercetare desfășurate de-a lungul anilor asupra alergenilor specifici din roșii, cunoștințele actuale în acest domeniu rămân limitate. Progresul este constant, prin acumularea de noi date și dezvoltarea unor metode analitice avansate. Totuși, metodele imunologice utilizate frecvent pentru identificarea alergenilor sunt adesea afectate de fenomenul de reactivitate încrucișată, care poate compromite

acuratețea rezultatelor prin generarea de erori sau reacții fals pozitive. În plus, alte aspecte relevante, precum influența condițiilor de cultivare asupra potențialului alergenic, necesită aprofundare. Pentru o înțelegere completă a mecanismelor implicate în apariția alergiilor și pentru dezvoltarea unor metode eficiente de prevenție, sunt necesare cercetări suplimentare și o abordare integrativă.

# 7.Cercetări recente privind alergenii din struguri și implicațiile asupra sănătății consumatorilor

## 7.1. Reactivitatea alergică asociată consumului de struguri și produse derivate

Literatura de specialitate evidențiază existența unor reacții alergice asociate cu toate soiurile de struguri și subprodusele acestora, incluzând cazuri documentate de reacții anafilactice în urma consumului. Prezența reacțiilor alergice la anumite soiuri sugerează posibilitatea unei sensibilizări specifice la anumiți compuși, cu menținerea toleranței față de alte soiuri. Totuși, există situații în care pacienții prezintă o reactivitate alergică generalizată, manifestând intoleranță față de toate speciile de struguri, precum și față de produsele derivate, cum ar fi vinul sau stafidele [195]. Au fost identificați câțiva alergeni din struguri; alergenul principal este endochitinază 4A, cu o masă moleculară de aproximativ 30 kDa, urmată de o proteină de transfer lipidic (LTP) omoloagă cu LTP-ul piersicii și de o proteină de 24 lDa omoloagă cu alergenul asemănător tiaminei din cireșe, care este un alergen minor [196].

De asemenea, în struguri se mai găsesc alte tipuri de alergeni după cum urmează:

**Alergeni minori:**

**Proteina asemănătoare taumatinelor (TLP):** deși clasificată ca alergen minor, TLP poate induce reacții alergice la anumite persoane și poate contribui la reactivitatea încrucișată cu alte fructe sau nuci care conțin proteine similare.

**Alți alergeni potențiali:**

**Profilina:** O proteină panalergenică implicată frecvent în sindromul de alergie orală (OAS), identificată și în struguri.

**Glucanaza:** Enzimă cu activitate de degradare a pereților celulari, care a fost raportată ca potențial alergen.

**Proteine neidentificate:** Studii recente sugerează implicarea altor proteine cu greutăți moleculare variabile (inclusiv nouă proteine necaracterizate) în declanșarea reacțiilor alergice la struguri.

**Reactivitate încrucișată:**

Prezența LTP în struguri determină potențial de reactivitate încrucișată cu alte fructe din familia Rosaceae (ex. piersici, cireșe, căpșuni).

TLP contribuie, de asemenea, la reactivitatea încrucișată cu alte alimente ce conțin acest tip de proteină, cum ar fi fructele și unele nuci [197].

## 7.2. Alergia la struguri: sindromul de alergie orală și alte simptome asociate

Sindromul de alergie orală (OAS) se manifestă prin furnicături, prurit, eritem sau angioedem localizat la nivelul buzelor, limbii și palatului moale, apărute imediat după contactul cavității bucale cu alimente de origine vegetală, fără a necesita ingestia acestora. În anumite cazuri, OAS poate progresa și poate implica sistemele gastrointestinal, respirator sau cardiovascular.

Un număr semnificativ de pacienți cu alergie la struguri prezintă simptome specifice OAS după consumul de struguri sau vin (roșu sau alb). În studiul realizat de Guinnepain și Rossemont [198], doi pacienți au dezvoltat inițial OAS la struguri, iar unul dintre aceștia a suferit ulterior un șoc anafilactic. Testele prick-by-prick au fost pozitive pentru struguri roșii, fiind detectate niveluri crescute de IgE specifice. De asemenea pacienții prezentau sensibilitate și la polenuri (pelin și mesteacăn), precum și la familia Rosaceae. Autorii atrag atenția asupra riscului de anafilaxie în urma ingestiei de struguri, chiar și în cazurile care debutează cu simptome ușoare de tip OAS.

**Anafilaxia indusă de exerciții fizice dependentă de consumul de anumite alimente inclusiv de struguri**

Anafilaxia indusă de exercițiul fizic dependentă de alimente (FDEIA) reprezintă o formă particulară de anafilaxie, care apare în urma asocierii consumului de alimente cu efortul fizic. Această condiție a fost descrisă pentru prima dată la începutul anilor 1980 și include un spectru heterogen de manifestări, care pot apărea atât la pacienți cu alergii alimentare confirmate, cât și la cei fără alergii cunoscute, sugerând existența unor forme intermediare [199].

**Mecanismele reacțiilor alergice induse de alergenii din struguri**

Reacțiile alergice la alergenii din struguri (și implicit din produsele derivate din aceștia) sunt IgE mediate, aparținând hipersensibilității de tip imediat (tip I). Profilinele și alți alergeni termolabili din struguri produc de obicei simptome limitate la nivel oral (prurit, disconfort local), deoarece sunt rapid denaturați în timpul ingerării.

nsLTP și alte proteine stabilizate de legături disulfurice (ex. taumatin-like, unele chitinaze) sunt rezistente la prelucrarea termică și la digestia enzimatică. Astfel de

alergeni termostabili pot provoca reacții sistemice severe, mergând până la anafilaxie. S-a constatat că LTP-ul din struguri (Vit v 1) este adesea un alergen primar, iar sensibilizarea la acesta poate conduce la reacții severe chiar și la ingerarea de cantități mici de alergen. În regiunile mediteraneene, alergia la LTP-uri reprezintă o cauză majoră de anafilaxie alimentară la adulți.

La unii pacienți, LTP-urile pot declanșa o reacție doar în prezența co-factorilor alergici: reacțiile devin severe doar în prezența efortului fizic sau alcoolului. De exemplu, literatura medicală consemnează cazuri de anafilaxie la struguri declanșate exclusiv după efort (food-dependent exercise-induced anaphylaxis) sau asociate consumului concomitent de alcool (ex. șampanie) (Alcoceba Borràs E et al.,2007).

În vinurile maturate, polifenolii pot precipita proteinele alergenice în timp, reducând astfel încărcătura alergenică. Astfel, unii pacienți alergici la struguri tolerează vinurile vechi (cu alergeni degradați), dar nu și pe cele foarte tinere (cu alergeni nedegradați).

Per ansamblu, mecanismul imun implicat în alergia la produsele din struguri este cel obișnuit al alergiilor alimentare IgE-mediate, diferența majoră fiind dată de stabilitatea neobișnuită a unor alergene (precum LTP) și potențialul lor de a cauza simptome sistemice (Hassan AK et al.,2016).

**Reactivitatea încrucișată (cross-reactivitatea) a alergenilor din struguri și tescovină**

Un aspect important în evaluarea alergenicității tescovinei este reactivitatea încrucișată a alergenilor din struguri cu alergeni din alte surse. Datorită omologiei ridicate a secvențelor proteice, LTP-urile constituie **pan-alergeni** distribuiți pe scară largă în regnul vegetal.

Persoanele sensibilizate primar la LTP-ul dintr-o anumită plantă pot reacționa la o serie de alte alimente vegetale, care conțin LTP-uri. În cazul strugurilor, LTP-ul **Vit v 1** prezintă epitopi similari cu LTP-urile din numeroase fructe, legume, nuci și semințe. Clinic, alergia la struguri este adesea asociată cu alergia la fructe din familia *Rosaceae* – de exemplu la piersici, caise, cireșe, mere – întrucât aceste fructe conțin LTP-uri omoloage (ex.: Pru p 3 în piersică, Pru av 3 în cireșe, Mal d 3 în măr) ce pot reacționa încrucișat cu LTP-urile din struguri. S-au raportat reactivități încrucișate și cu alte fructe sau legume fără legătură botanică apropiată – ca de exemplu avocado, banană, kiwi, papaya, castan, arahide – în cadrul așa-numitului sindrom de alergie la LTP prevalent în zona mediteraneană (Hassan AK et al., 2016).

Pe lângă LTP, profilina din struguri **Vit v 4** reprezintă un pan-alergen responsabil de numeroase reactivități încrucișate polen-aliment. Profiline similare structural se regăsesc în polenul multor graminee și arbori, dar și în diverse legume și fructe (inclusiv vița de vie). Astfel, pacienții cu alergie la polenul de mesteacăn sau graminee (sensibilizați la profilina Bet v 2, respectiv Phl p 12) pot prezenta sindrom de alergie

orală la consumul de struguri sau alte produse derivate, deși aceste manifestări sunt în general ușoare și limitate la nivelul mucoasei orale (Asero R et al., 2007).

Nu în ultimul rând, trebuie luat în considerare **polenul viței de vie**. Alergenii din polenul de viță de vie (*Vitis vinifera*) pot avea determinanți comuni cu alergenii din struguri, existând cazuri documentate de sindrom polen-aliment la indivizi cu rinită alergică sezonieră cauzată de polenul viței de vie, care prezintă și simptome la ingestia de struguri sau produse derivate. În astfel de situații, sensibilizarea primară este pe cale respiratorie, iar expunerea ulterioară la aliment declanșează simptome prin reactivitate încrucișată (mecanism similar sindromului de alergie orală la măr la pacienții cu sensibilizare la polenul de mesteacăn). (Thermo Fisher Scientific Allergen Database: Grape - *Vitis vinifera*).

În concluzie, produsele derivate din tescovina strugurilor conțin proteine cu potențial alergenic (LTP, endochitinaze, profiline, proteina thaumatin-like ș.a.), similar fructului proaspăt. Aceste componente pot declanșa la pacienții sensibilizați reacții alergice IgE mediate, de la sindrom de alergie orală până la anafilaxie severă, datorită unor mecanisme ce implică alergeni pan-reactivi și extrem de stabili. Riscul nu se limitează doar la alergia primară la struguri, ci și la reacții încrucișate cu o paletă largă de alți alergeni alimentari sau respiratori (fructe înrudite, latex, polenuri). Prin urmare, orice utilizare a derivatelor din tescovină în produse alimentare inovative impune evaluarea și monitorizarea atentă a alergenicității, în concordanță cu cerințele de siguranță alimentară și cu protecția consumatorilor sensibili.

## Concluzii:

Alergiile alimentare la roșii și struguri (cât și la suprodusele acestor ingrediente) reprezintă o provocare majoră pentru sănătatea umană, având în vedere incidența crescută a reacțiilor alergice și complexitatea mecanismelor imunologice implicate.

În cazul roșiilor, cei mai bine caracterizați alergeni sunt profilina (Sola l 1), ß-fructofuranosidaza (Sola l 2) și proteina de transfer lipidic nespecifică – nsLTP (Sola l 3), toți fiind asociați cu reacții de tip I mediate IgE, inclusiv sindromul de alergie orală (OAS) și anafilaxie.

În mod similar, strugurii conțin o serie de alergeni majori și minori, dintre care LTP-ul viticultor și endochitinaza 4A sunt considerați principalii determinanți ai reacțiilor alergice. Reactivitatea încrucișată între struguri și alte fructe (precum piersici, cireșe sau căpșuni) este frecventă, în special din cauza prezenței comune a LTP-urilor și TLP-urilor. De asemenea, s-a raportat implicarea strugurilor în forme particulare de anafilaxie, inclusiv anafilaxia indusă de efort dependentă de alimente.

În ciuda cercetărilor din ultima perioada cu privire la identificarea moleculară a alergenilor dar și în înțelegerea mecanismelor imunologice implicate, există numeroase incertitudini legate de influența condițiilor de cultivare, prelucrare sau susceptibilitatea individuală. Prin urmare, sunt necesare cercetări suplimentare multidisciplinare pentru dezvoltarea unor metode eficiente de diagnostic, prevenție și reducere a riscului alergic asociat consumului de roșii și struguri.

# 8. Identificare tehnologii de extracție alternative și biotehnologii alimentare pentru procesarea subproduselor stabilite

Plantele reprezintă o resursă importantă de principii active utile în medicină, cosmetică sau în alimentație. Valorificarea subproduselor vegetale din industria alimentară este crucială pentru diminuarea risipei, promovarea sustenabilității și utilizarea eficientă a resurselor, contribuind la obținerea unor ingrediente funcționale valoroase și la dezvoltarea unor produse cu beneficii nutriționale, economice și ecologice. Subprodusele solide din vinificație, precum tescovina, reprezintă o sursă bogată în substanțe fitochimice bioactive, comparativ cu alte deșeuri solide agroalimentare ce conțin substanțe fenolice (Álvarez-Casas *et al.*, 2014). Se consideră că tescovina poate fi utilizată drept sursă valoroasă de polifenoli. În prezent, încă se studiază aspectul identificării unui protocol optim de extracție pentru compușii din tescovină.

## 8.1. Compuși cu valoare biologică din subproduse alimentare

Industria alimentară generează anual cantități mari de deșeuri sau produse secundare în întreaga lume. Aceste deșeuri alimentare sau subproduse sunt o sursă excelentă de nutraceutice, compuși bioactivi funcționali cu multiple beneficii pentru sănătatea umană. Deșeurile alimentare sau subprodusele se transformă în ingrediente alimentare funcționale, iar această transformare este o tendință sănătoasă în industria alimentară [93].

Subprodusele din industria alimentară sunt o sursă bună de proteine, minerale, acizi grași și compuși bioactivi. Aceste subproduse sunt ingrediente alimentare extrem de nutritive și funcționale, deoarece conțin compuși valoroși, cum ar fi polizaharide, vitamine, minerale, flavonoide și carotenoizi.

Subprodusele rezultate pot servi ca materie primă importantă pentru dezvoltarea alimentelor funcționale. Cererea pentru alimente funcționale noi este din ce în ce mai mare, datorită proprietăților benefice pentru sănătate pe care le au, iar

utilizarea eficientă a subproduselor din industria alimentară contribuie la reducerea costurilor negative legate de protecția mediului și poluare, demonstrând sustenabilitatea industriei și impactul direct asupra economiei.

### 8.1.1. Compuși cu valoare biologică din tescovină

Reziduurile biologice rezultate din industria vinului (tescovină de struguri alcătuită din coji, semințe și tulpini) sunt adesea subevaluate, dar constituie o sursă importantă de compuși fenolici bioactivi [94].

În ultimii ani, subprodusele rezultate din vinificație, au atras o atenție considerabilă ca surse de compuși fenolici bioactivi, care sunt utilizate în cosmetică, farmaceutică și industrie alimentară [95]. În timpul producției vinului se obțin tone de tescovină de struguri, care este alcătuită din pielițe, semințe și tulpini. Aceste componente, în special semințele, sunt bogate în compuși fenolici cunoscuți ca antioxidanți, antitumorali, agenți anti-îmbătrânire, antimicrobieni și antiinflamatori [96; 97].

Cele mai abundente componente în tescovina de struguri sunt fibrele alimentare, care sunt prezente în cantități mari (până la 85% în funcție de soiul de struguri), și compușii polifenolici, care în proporția cea mai mare (aproximativ 70%) rămân în tescovină după procesul de vinificație [98; 99].

În general, compușii fenolici prezenți în vin și struguri pot fi clasificați în trei grupe principale, acizi fenolici (hidroxibenzoici și acizi hidroxicinamici), flavonoide (catechine, flavonoli și antociani) și proantocianidine. Factorii genetici, condițiile de mediu și gradul de maturare a plantelor influențează conținutul acestor compuși [97;100].

### 8.1.2. Compuși cu valoare biologică din pielițe de roșii

Roșiile sunt cele mai consumate vegetale din lume, iar deșeurile rezultate în urma procesării sunt în general aruncate. Produsele secundare ale roșiilor sunt pielițele și semințele, care nu sunt utilizate în general pentru consumul uman [101; 102].

Subprodusele care rezultă de la prelucrarea roșiilor sunt alcătuite din 56% pielițe și 44% semințe [103]. Compoziția subproduselor care rezultă depinde de tipul de produs finit și metodele de decojire aplicate pe linia de producție. În cazul producției de roșiilor decojite, la faza de depilare se vor obține pielițe fără sâmburi ca subprodus. În schimb, în cazul producției de suc și paste de roșii, se va obține un amestec de pielițe, semințe și o cantitate mică de pulpă [104].

Pielițele și semințele din roșii conține mulți compuși cu valoare biologică ridicată, cum ar fi licopenul, proteinele, grăsimile și fibrele alimentare. Subprodusele de roșii conțin în principal fibre între 39,11 și 59,03% raportat la substanța uscată, iar grăsimi și proteine între 2–16,24% și, respectiv, 15,08–24,67%, în funcție de soiul, zona de cultivare, etapele de creștere, maturare, tipul de prelucrare, condițiile de extracție, precum și tehnicile analitice utilizate [105; 103].

Pielițele de roșii sunt o sursă bogată de licopen, reprezentând 80-90% din carotenoizii totali, polifenoli și fibre alimentare. În schimb, semințele de roșii sunt compuse în mare parte din grăsimi, conținând 80% acizi grași nesaturați (în principal linoleic 48,2–56,1%), acid oleic (22,2–23,8%) și palmitic (12,3–17,2%) și proteine, cu acid glutamic (19,44–24,37%) și acidul aspartic (8,82–10,32%), fiind cei mai abundenți aminoacizi din uleiul de semințe de roșii [106].

Subprodusele de roșii au un potențial mare de utilizare ca sursă bogată și ieftină de diverși compuși cu valoare biologică ridicată. Datorită naturii și caracteristicilor acestor compuși, s-a demonstrat că subprodusele de roșii posedă proprietăți antioxidante, antiinflamatoare, anti-îmbătrânire și anticancer, care contribuie la întârzierea bolilor degenerative și controlului asupra nivelului colesterolului și a zahărului din sânge [107].

## 8.2. Metode de extracție tradiționale în industria alimentară

Înainte de a fi izolate și purificate, substanțele utile trebuie extrase din matricea vegetală, obținându-se extractul primar. Odată ce metaboliții au fost identificați în extractul primar, printr-o metodă eficientă de extracție, se poate continua cu extracția primară la scară largă, folosind o cantitate mare de material vegetal. Unele metode de laborator au fost implementate în timp și la nivel industrial.

Extracția reprezintă metoda de separare a componenților unui amestec pe principiul diferenței de solubilitate dintre faze [105].

Extracția compușilor bioactivi din matricele alimentare este esențială pentru dezvoltarea de produse alimentare de calitate, suplimente nutritive și ingrediente funcționale. Alegerea metodei de extracție influențează direct randamentul, puritatea și activitatea biologică a compușilor extrași.

### 8.2.1. Extracție în fază solidă, micro-extracție în fază solidă și extracție lichid-lichid

În industria alimentară, metodele de extracție precum extracția lichid-lichid (*liquid-liquid extraction*, LLE), extracția în fază solidă (*solid-phase extraction*, SPE) și

micro-extracția în fază solidă (*solid-phase microextraction*, SPME) sunt esențiale pentru izolarea și analiza compușilor bioactivi, a contaminanților sau a compușilor de aromă. Alegerea metodei adecvate depinde de numeroși factori, importanță majoră prezentând natura compușilor țintă și matricea alimentară analizată [108].

LLE reprezintă o metodă tradițională de separare și concentrare utilizată în analiza instrumentală pentru izolarea compușilor din amestecuri complexe, având la bază echilibrul de repartiție al unei substanțe între două faze lichide nemiscibile. Mai este cunoscută drept extracția cu solvenți [105]. Extracția lichid-lichid poate fi: simplă, repetată, în contracurent, sinergică, cu perechi de ioni și cu fluide supercritice [109]. Extracțiile lichid-lichid simplă se pot realiza cu ajutorul unei pâlnii în una sau mai multe etape. Combinând extracția cu diferite operații precum distilarea, vaporizarea sau centrifugarea, se obțin metode complexe de extracție [110].

Alegerea solventului cu care se realizează extracția se face în funcție numeroase criterii, ținând cont de proprietățile compușilor supuși extracției, de metoda de analiză a probei sau de volatilitatea solventului [105]. Solvenții cei mai folosiți sunt reprezentați de hidrocarburile lichide (n-hexan, n-heptan, benzen și toluen), diferiți derivați halogenați (cloroform, tetraclorură de carbon), unele cetone (acetona, metil izobutil cetona) și alți solvenți (acetonitril, dimetilsulfoxid, dimetilformamida) [109].

În industria alimentară, LLE este utilizată pentru extracția compușilor hidrofobi, cum ar fi pesticidele și anumite vitamine liposolubile, din matrice complexe. Deși eficientă, LLE prezintă dezavantaje precum consumul ridicat de solvenți și etapele laborioase de lucru. Pentru a depăși aceste limitări, au fost dezvoltate metode simplificate a LLE, cum ar fi micro-extracția dispersivă lichid-lichid (DLLME), care reduc volumul de solvent necesar și timpul de procesare, oferind în același timp o eficiență similară de extracție [110].

Etapele esențiale ale acestei metode includ selecția solvenților adecvați, amestecarea fazelor pentru facilitarea contactului și transferului, separarea acestora prin decantare, filtrare sau centrifugare și, în final, colectarea fazei organice care conține compusul de interes. Aceasta poate fi ulterior concentrată prin evaporare controlată pentru a permite analiza ulterioară [105].

Această tehnică este aplicată pe scară largă în analiza contaminanților din probe alimentare, de mediu sau biologice, incluzând pesticide, coloranți, compuși aromatici sau ioni metalici. Deși este relativ ușor de implementat, LLE implică un consum ridicat de solvenți și timpi de procesare mai mari în comparație cu tehnicile moderne [105].

SPE este o tehnică prin care se realizează purificarea și concentrarea componenților, fiind utilizată pe scară largă pentru separarea analiților din soluții, bazându-se pe interacțiunile dintre analit și faza staționară solidă [109].

Procesul analitic presupune parcurgerea a patru etape principale: condiționarea adsorbantului, pentru activarea suprafeței și pregătirea interacțiunii cu proba, încărcarea probei, în care compușii de interes sunt adsorbiți selectiv, spălarea cartușului, pentru îndepărtarea componentelor nedorite și eluția analitului de pe adsorbant, prin utilizarea unui solvent cu putere mică de eluție, dar care poate elua total componentul [105].

În industria alimentară, SPE este aplicată pentru detectarea pesticidelor, micotoxinelor și a altor contaminanți din diverse produse alimentare [103]. SPE poate fi aplicată în diferite formate — cartușe, discuri sau coloane miniaturizate — și poate funcționa în regim off-line sau on-line, în funcție de gradul de integrare cu echipamentele de analiză instrumentală.

Datorită eficienței ridicate, reproductibilității și consumului redus de solvent, SPE este preferată în numeroase aplicații analitice moderne, inclusiv în determinarea contaminanților organici, reziduurilor farmaceutice, pesticidelor sau a altor poluanți din probe de apă, sol, aer și produse alimentare [105]. Utilizarea cartușelor SPE cu faze staționare specifice permite izolarea selectivă a micotoxinelor din cereale, îmbunătățind sensibilitatea și selectivitatea analizelor ulterioare prin cromatografie lichidă de înaltă performanță (HPLC).

Față de LLE, SPE prezintă o capacitate mare de prelucrare a probelor, permite utilizarea unei cantități reduse de solvent, specificitatea metodei ducând la evitarea contaminării în timpul experimentelor [109].

SPME este o metodă de extracție care nu necesită solvent, ce combină extracția, preconcentrarea și introducerea analitului într-un singur pas, utilizând o fibră acoperită cu un compus adsorbant adecvat. Această tehnică este deosebit de valoroasă pentru analiza compușilor volatili și semi-volatili din alimente [110]. Studii de specialitate descriu utilitatea SPME în monitorizarea profilurilor aromatice ale produselor horticole și detectarea contaminanților din sol și apă, demonstrând eficiență și sensibilitate ridicate [112]. De asemenea, SPME a fost aplicată cu succes în analiza compușilor de aromă din diferite vinuri și bere, permițând o caracterizare detaliată a compușilor volatili responsabili pentru profilul senzorial al acestor băuturi [113].

### 8.2.2. Extracție cu solvenți organici

O categorie de substanțe chimice folosite în industria alimentară o reprezintă solvenții de extracție, utilizați în procedura de extracție în timpul procesării.

Solvenții de extracție a căror utilizare este permisă în conformitate cu bunele practici de fabricație pentru toate utilizările sunt: apa, în care pot fi adăugate substanțe care reglează aciditatea sau alcalinitatea și alte substanțe alimentare care au proprietăți de solvent: propan, butan, acetat de etil; etanol, dioxid de carbon, acetonă și oxid de azot.

Solvenții de extracție pentru care sunt specificate condițiile detaliate de utilizare în anexa I la Directiva 2009/32/CE sunt: hexan, 2-metiloxolan, acetat de metil, etilmetilcetonă, diclormetan, metanol, propanol-2, dimetil eter, dietil eter, ciclohexan, butan-1-ol, butan-2-ol, propanol-1, 1,1,1,2-tetrafluoroetan [114].

Prin legislația europeană, transpusă în legislația statelor membre, este stabilită o listă de solvenți de extracție pe care procesatorii sunt obligați să o respecte. Totodată, sunt fixate și limitele maxime de reziduuri, în aliment sau ingredientul alimentar, după extracție. Un solvent de extracție este utilizat conform bunelor practici de fabricație dacă utilizarea sa determină prezența de reziduuri sau derivate în cantități inevitabile din punct de vedere tehnic, care nu pun în pericol sănătatea umană [114].

Pentru extracția produșilor de biosinteză polari se folosesc în principal alcooli, esteri și cetone, iar pentru extracția compușilor nepolari eter de petrol, diclormetan și dicloretan [115].

Cele mai cunoscute tehnici de extracție primară a metaboliților secundari sunt:

- Macerarea;
- Percolația;
- Extracția cu aparatul Soxhlet;
- Extracția cu solvent sub presiune (extracția accelerată cu solvent);
- Extracția cu reflux;
- Distilarea cu abur și hidrodistilarea;
- Extracția cu fluide supercritice [116].

Există numeroase cercetări prin care s-a încercat valorificarea compușilor din tescovină de struguri, care reprezintă un reziduu solid produs în cantitate de câteva tone anual în întreaga lume. În acest context, acidul oleanolic, un triterpenoid cu activitate biologică relevantă, a fost detectat recent de către [117] în tescovină de struguri și

extras selectiv în cantități remarcabile (0,45 mg per gram de tescovină proaspătă). Ca solvent s-a utilizat carbonatul de dimetil (DMC), un solvent verde recomandat drept alternativă la solvenții fosili.

Studiile realizate de [118] relevă faptul că o etapă importantă în procesul de extracție o constituie eliminarea substanțelor lipofile prezente în materialul vegetal, substanțe care pot îngreuna ulterior extracția compușilor polifenolici sau a altor compuși cu solubilitate ridicată în solvenți de tipul alcoolilor. Pentru degresarea materialului vegetal, agenții de extracție utilizați pot fi eterul etilic și hexanul. Pentru a preveni extragerea polifenolilor din semințele de struguri în timpul acestui proces, se poate folosi hexanul în locul eterului etilic ca solvent de extracție. Extracția compușilor bioactivi naturali presupune folosirea a trei solvenți: apă, etanol 80% și metanol 80%. Având în vedere stabilitatea termică relativ scăzută a compușilor naturali cu structură aromatică, se recomandă realizarea procesului în prezența acidului ascorbic (0,5 % w/v), care acționează ca antioxidant. Extracția alcalină (NaOH 2M) poate fi aplicată pe materialul vegetal obținut prin extracția alcoolică, pentru a elibera acizii polifenolici legați de alte grupări funcționale în matricea vegetală, care nu sunt solubili în solvenți organici. Urmând această metodologie, extractele obținute în urma experimentelor prezentate în literatura de specialitate au un conținut semnificativ de compuși polifenolici total, variind în funcție de materia primă și solventul folosit între 5,06 mg/g pentru extractul din semințe de struguri și 66 mg/g pentru extractul de păducel. Astfel, se confirmă că extractele alcoolice conțin o cantitate mult mai mare de compuși polifenolici comparativ cu cele apoase. [118]

Din punct de vedere al compoziției în acizi grași, în extractul de semințe de struguri ponderea cea mai ridicată aparține acidului linoleic (65%) urmat de acizii oleic (13%) și palmitic (10%) [118].

Evaluarea și selectarea metodelor de preparare pre-extracție și de extracție depind de obiectivele studiului, specificitatea probelor de analizat și compuși țintă. Studiile realizate în proiect pot duce la dezvoltarea de strategii de tip zero deșeuri pentru cele provenite din industria vinului, conform principiilor economiei circulare. Posibilitatea de a identifica solvenți verzi și eficienți, care să înlocuiască solvenții fosili, încurajează studiile viitoare.

## 8.3. Metode moderne de extracție

### 8.3.1. Extracție cu fluide supercritice

### 8.3.1.1. Introducere

Tehnologia SFE este o tehnică non-termică, minim invazivă și ecologică, care a fost utilizată pe scară largă pentru tratarea țesuturilor biologice și a biomaterialelor, cu mai multe aplicații în industria alimentară, biotehnologie, medicină și tehnologii de mediu [119]. Printre principalele sale aplicații în sistemele alimentare se remarcă recuperarea compușilor fitochimici din matricele vegetale, inactivarea microbiană și enzimatică, deshidratarea și congelarea, concentrarea compușilor bioactivi și îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice, reologice și structurale ale produselor alimentare [120].

Cel mai utilizat fluid supercritic este dioxidul de carbon (SC-$CO_2$), datorită avantajelor pe care le prezintă. SC-$CO_2$ este utilizat datorită proprietăților sale critice ($T_c$ = 31,1 °C; $p_c$ = 73,8 bar), ceea ce îl face un solvent excelent pentru extracția compușilor bioactivi sensibili la căldură [121]. Proprietățile unice ale dioxidului de carbon supercritic l-au făcut un compus dezirabil pentru separarea antioxidanților, pigmenților, aromelor, acizilor grași și uleiurilor esențiale din materiale vegetale și animale [122]. SC-$CO_2$ este considerat adesea sigur (GRAS - *Generally Recognized as Safe*) și poate înlocui solvenții organici, fiind desemnat ca solvent sigur de diferite organizații, cum ar fi Administrația pentru Alimente și Medicamente din SUA (FDA - *Food and Drug Administration*) și Autoritatea Europeană pentru Siguranța Alimentară (EFSA - *European Food Safety Authority*) [123; 124]. Pe lângă SC-$CO_2$, se numără printre fluidele supercritice și hidrocarburi (pentan, butan, hexan), alcooli (metanol, isopropanol, n-butil alcool), precum și benzen, toluen, etilenă și propan [125].

Extracția SFE constă în două etape majore: (1) extragerea substanțelor solubile din substratul solid de către solventul supercritic și (2) separarea acestor compuși de solventul supercritic după expansiune. În primul rând, solventul este introdus în extractor și distribuit uniform pe tot patul fix format din substratul solid. În timpul extracției, solventul curge prin patul fix și dizolvă compușii solubili. Amestecul solut-solvent este separat în rezervoarele flash prin reducerea rapidă a presiunii, creșterea temperaturii sau ambele. Solventul este răcit și recomprimat și revine la extractor [125].

### 8.3.1.2. Valorificarea cojilor de tomate prin extracție cu fluide supercritice

Prelucrarea tomatelor duce la producerea unor cantități considerabile de reziduuri, în principal sub formă de coji de roșii, semințe și țesuturi, care conțin încă

molecule bioactive de interes pentru industria alimentară, farmaceutică și nutraceutică [126].

Kehili *et al.* (2017) [127] au folosit pentru extracția SFE a licopenului și ß-carotenului, probe de coji de tomate măcinate ($\varphi_{particule}$ = 300 µm) și coji de tomate nemăcinate ($\varphi_{particule}$ = 1 mm). Condițiile de extracție SFE au fost: la 50 °C, 400 bari și un debit de $CO_2$ de 4 g/min, timp de 105 minute. Randamentele relative de extracție obținute au variat de la 32,02% la 60,85% pentru licopen și de la 28,38% la 58,8% pentru ß-caroten.

(Nobre *et al.*, 2009) [128] au studiat SFE al trans-licopenului din amestecuri de coji și semințe din reziduuri de tomate folosind diferite debite de $CO_2$, 0,26, 0,59 și 1,05 g/min, la 300 bar și 60 °C. Rezultatele au fost comparate în ceea ce privește recuperarea trans-licopenului în funcție de momentul extracției și cantitatea de solvent. S-a concluzionat că debitele mai mici au fost similare, dar favorabile pentru recuperarea trans-licopenului.

### 8.3.1.3. Valorificarea tescovinei de struguri prin extracție cu fluide supercritice

Tescovina de struguri reprezintă deșeurile solide ale procesului de vinificație. Se compune din pielițe, semințe și cantități foarte mici de ciorchini. Deoarece aproximativ 70% din compușii fenolici ai strugurilor rămân în tescovină după vinificație, aceasta reprezintă astfel, o sursă bogată și ieftină pentru recuperarea acestor componente bioactive cu multiple activități biologice, cum ar fi proprietățile antioxidante, cardio-protectoare, anticancerigene, antiinflamatorii, anti-îmbătrânire și antimicrobiene.

Pazir *et al.* (2021) [129] au folosit, pentru extracția compușilor activi din tescovina de struguri roșii, dioxid de carbon supercritic și alcool etilic ca și cosolvent. Parametrii utilizați au fost: temperatura de 95°C, presiunea de 100 bar; timpul total de extracție de 180 min. Conținutul total de antociani monomerici (TMAC) și capacitatea antioxidantă totală (TAC) au fost analizate prin prelevarea de probe de extract la intervale diferite de timp: 30, 60, 90, 120, 150 și 180 min. Valorile TMAC și TAC la fiecare interval de timp au fost calculate ca fiind de 579,2, 406,1, 123,7, 52,8, 38,5 și 16,4 mg/kg s.u și 177,3, 171,1, 90,6, 44,7, 19,6 și, 10,0 mg Trolox/100 g s.u.. Valorile TMAC și TAC extractibile au scăzut treptat în timp.

Ćurko *et al.* (2023) [130] au stabilit pentru extracția compușilor activi din tescovina de struguri albi (*Vitis vinifera* cv. Graševina, cultivați în Kutjevo, Croația) parametrii optimi de SC-$CO_2$, care să susțină randamentul maxim de extracție și

capacitatea antioxidantă: (i) 35 MPa, 45 °C și (ii) 50 MPa, 35 °C, ambele la 45 g $CO_2$/min.

### 8.3.2. Extracție asistată de enzime

Tehnicile de extracție a compușilor biologic activi din materiale vegetale implică de obicei folosirea de diferiți solvenți organici, timpul de extracție fiind lung, iar randamentul de recuperare a compușilor utili scăzut. În multe situații solvenții utilizați sunt dificil de îndepărtat din extract, reprezentând o provocare pentru utilizarea acestora în diferite produse alimentare sau pentru obținerea de nutraceutice. Pe lângă problemele legate de siguranța consumatorilor, printre dezavantajele folosirii solvenților organici se mai numără și necesarul energetic ridicat asociat purificării compușilor utili, calitatea scăzută a produselor finite și riscul pentru mediul înconjurător [131]. Extracția asistată de enzime reprezintă o alternativă promițătoare pentru tehnicile convenționale de extracție bazate pe folosirea de solvenți [131]. Această metodă de extracție este considerată *eco-friendly*, fiind în acord cu principiile specifice chimiei verzi, și permite obținerea unor randamente de extracție ridicate, într-un timp scurt și cu consum energetic redus. Enzimele sunt utilizate pentru a cataliza reacții de hidroliză ce asigură degradarea sau ruperea pereților și membranelor celulare, în soluții apoase și în condiții blânde de mediu. Prin permeabilizarea pereților celulari se asigură o eliberare mai avansată a conținutului celular și o extracție mai eficientă a compușilor de interes.

Extracția asistată de enzime a fost aplicată cu succes pentru recuperarea unor compuși naturali precum polizaharidele, uleiuri, pigmenți, compuși de aromă și compuși cu valoare biologic activă, precum compuși fenolici, compuși de aromă, carotenoide etc. [131; 132].

Extracția asistată de enzime poate reprezenta doar o etapă de tratament preliminat a materialului vegetal, înaintea aplicării unei metode de extracție convențională.

Pereții celulari vegetali sunt constituiți din trei straturi, ce au în compoziția lor diferite polizaharide [132]. În primul strat se găsește pectină, cel de al doilea strat, numit și perete celular primar, conține o structură celulozo-xiloglicanică distribuită într-o matrice de pectină și proteine structurale, iar cel de al treilea, numit și perete celular secundar, este constituit din microfibrile de celuloză, alături de hemiceluloză, pectine și lignină [132]. Distrugerea integrității structurale a acestor compuși macromoleculari pe cale enzimatică, reprezintă o modalitate de a facilita extracția compușilor biologic activi intracelulari sau care sunt legați la nivelul acestor straturi

prin interacțiuni hidrofobe și legături de hidrogen. Astfel că, enzime precum celulaze, pectinaze și hemicelulaze se utilizează de cele mai multe ori, singure sau în diferite combinații, pentru distrugerea integrității structurale a pereților celulari vegetali. Celulaza este o hidrolază ce prezintă specificitate pentru celuloză, care se găsește în peretele primar al celulelor vegetale. Celulaza poate asigura distrugerea scheletului rigid de celuloză încorporat în matricea cu textură de gel, constituită din compuși pectici, hemiceluloză și glicoproteine. Celulazele catalizează scindarea celulozei până la glucoză, celobioză, oligo- și polimeri pe bază de glucoză [133]. Pectinazele scindează compușii pectici și pectina, un polimer format din 100-200 unități de acid galacturonic, din lamela mediană și peretele primar al celulelor vegetale [133]. Hemicelulazele sunt enzime care catalizează hidroliza diferitelor hemiceluloze, polizaharide cu greutate moleculară mare, formate din manoză, galactoză, arabinoză și xiloză (poartă denumirea corespunzătoare de manani, galactani, arabani sau xilani).

Tomatele și strugurii sunt fructele care generează cea mai mare cantitate de reziduuri și subproduse la procesare industrială, în vederea obținerii de pastă de tomate și vin.

În cazul subproduselor rezultate la prelucrarea industrială a tomatelor, celulazele, pectinazele și hemicelulazele se utilizează în special pentru recuperarea carotenoidelor și în particular a licopenului [132]. Spre exemplu, Choudhari și Ananthanarayan (2007) [133] au optimizat condițiile de extracție ale licopenului din tomate, pieliță de tomate și subprodusele derivate la procesarea tomatelor, utilizând celulaze și pectinaze pentru dezintegrarea pereților celulari. Celulaza (6%) a permis creșterea randamentului de extracție a licopenului cu 198 și 107% din tomate și respectiv din pielițele de tomate. Creșteri de randament de extracție semnificativ mai ridicate, de 224 și respectiv 206% au fost înregistrate în cazul folosirii pectinazelor (0,5%) pentru tratarea tomatelor și pielițelor de tomate. În mod similar randamentul de extracția a licopenului din subprodusele rezultate la procesarea industrială a tomatelor a crescut cu 61 și 45%, în cazul aplicării extracției asistată de celulaze și respectiv pectinaze [133]. Observații similare cu privire la utilizarea celulazelor, petinazelor și/sau hemicelulazelor au fost comunicate de Zuorro *et al*. (2011) [134], Ranveer *et al*. (2013), [132, 135 ]. Pe de altă parte, eficienta utilizării enzimelor ce acționează asupra proteinelor pentru îmbunătățirea randamentului de extracție a licopenului a fost de asemenea raportată de Dehghan-Shoar *et al*. (2011) [136]. Autorii au utilizat pancreatina pentru a realiza o predigestie a unor produse extrudate pe bază de pielițe de tomate și au raportat o creștere de 3,6 ori a randamentului de extracție față de extracția convențională.

Aproximativ 80 % din cantitatea totală de struguri se utilizează pentru obținerea de vin, generând cantități foarte mari de reziduuri (25% din masa strugurilor) cu conținut ridicat de compuși organici și compuși biologic activi [137; 138]. Prin distribuirea lor în mediu, aceste reziduuri contribuie la poluarea terenurilor agricole [137]. Procesarea pe cale biotehnologică, prin utilizarea de enzime hidrolitice, reprezintă o modalitate de valorificare a potențialului acestor materiale, facilitând extracția unor principii bioactive, cu multiple aplicații pentru obținerea de produse farmaceutice, nutraceutice, cosmetice, aditivi și ingrediente alimentare etc. [138]. În tabelul 1 sunt prezentate câteva studii care au urmărit efectul utilizării diferitelor preparate enzimatice cu activitate pectolitică, celulazică și/sau hemicelulazică asupra eficienței extracției antocianilor, flavonoidelor și compușilor fenolici totali, cu activitate antioxidnată, din subproduse rezultate la procesarea strugurilor.

### 8.3.3. Extracție prin reducerea instantanee controlată a presiunii

Reducerea instantanee controlată a presiunii, cunoscută și sub denumirea de detentă bruscă controlată (DIC - Détente Instantanée Contrôlée), este o metodă de extracție modernă eco-inovativă, care se remarcă prin faptul că implică costuri inferioare metodelor de extracție convenționale, asigură randament de extracție și eficiență superioare, iar impactul asupra mediului este limitat [139].

Tehnica de reducere instantanee controlată a presiunii implică tratarea materialelor la presiune și temperatură ridicate pentru un timp scurt, urmată de reducerea bruscă a presiunii până la vacuum [132]. Materialele sunt supuse unui tratament la presiune cuprinsă între 100 și 900 kPa timp de câteva secunde, presiunea scăzând apoi cu o viteză mai mare de 500 kPa/s, până la 5-10 kPa [140]. Reducerea instantanee controlată a presiunii reprezintă principiul de bază al tehnicii de procesare DIC, determinând autoevaporarea instantanee a apei, răcirea rapidă a produselor biologice, precum și expandarea și crearea de celule în matricea procesată [140]. Efectele termo-mecanice induse de un astfel de tratament facilitează disponibilitatea și extracția compușilor bioactivi din diferite materiale, prin facilitarea accesului solventului în celule. În plus, tehnica DIC asigură limitarea degradării termice a compușilor și distrugerea microorganismelor, atât în formă vegetative cât și sporulată. Datorită acestor avantaje, tehnica DIC are numeroase aplicații în industria alimentară, aplicându-se în special ca pretratament la uscarea și congelarea produselor alimentare, pentru extracția compușilor biologic activi și pentru îmbunătățirea culorii, mirosului și proprietăților de textură ale produselor [132; 139].

Studii recente disponibile în literatura de specialitate indică eficiența ridicată a DIC în extracția compușilor cu acțiune antioxidantă din diferite materiale vegetale [140]. În continuare sunt prezentate câteva studii ce au urmărit valorificarea superioară, cu ajutorul DIC, a compușilor biologic activi din deșeurile rezultate la procesarea strugurilor. Aplicarea tratamentului DIC, înainte de etapa de extracție convențională cu solvenți (etanol, acetat de etil și propanol), a permis îmbunătățirea semnificativă a randamentului de recuperare a compușilor fenolici din ciorchinii de struguri [141]. Tratamentul DIC a fost aplicat pulberii obținută din ciorchini liofilizați, implicând menținerea timp de 50 s la 300 kPa, urmată de detentă la 5 kPa. Analiza cromatografică a evidențiat faptul că, indiferent de solvent utilizat pentru extracție, DIC a determinat creșterea concentrației compușilor recuperați din ciorchini. Cele mai remarcabile creșteri au fost înregistrate în cazul acidului galic (de la 468 la 1394 mg $L^{-1}$), quercetinei (de la 1453 la 1951 mg $L^{-1}$), acidului elagic (de la 982 la 1991 mg $L^{-1}$) și resveratrolului (de la 486 la 685 mg $L^{-1}$). Autorii au explicat aceste rezultate prin difuzia mai avansată a solventului în particulele de pudră, datorită porozității și suprafeței specifice mai mari. Un studiu ulterior efectuat de [142] a evidențiat că tratamentul cu DIC (200 kPa timp de 60 s) a tescovinei de struguri a permis îmbunătățirea extracției polifenolilor extractibili și a antocianilor totali. Pe de altă parte, intensificarea tratamentului efectuat la presiune ridicată (400 kPa timp de 120 s) a determinat scăderea conținutului de antociani și proantocianidine non-extractibile, ca urmare a transformării în acizi fenolici, și respectiv depolimerizării [142]. Autorii au evidențiat și solubilizarea parțială a fibrelor insolubile din tescovină, ca urmare a aplicării tehnicii DIC. Modificarea profilului polifenolilor din materialele vegetale în urma aplicării tehnicii DIC a fost raportată și de Martínez-Meza *et al.* (2021b) [143]. Studii efectuate pe tescovină obținută la procesarea soiurilor de struguri Malbec, Merlot și Syrah au arătat că conținutul de polifenoli non- și extractibili a fost influențat de valoarea presiunii și numărul de cicluri de aplicare a tratamentului. Autorii au explicat că o parte din polifenoli par a se lega de compuși macromoleculari din peretele celular. Cunoașterea modului în care tratamentul DIC influențează profilul polifenolilor prezintă importanță deosebită, deoarece oferă posibilitatea obținerii de extracte care concentrează anumiți compușii biologic activi, putându-se modula astfel proprietățile fiziologice [144].

### 8.3.4. Extracție asistată de câmp electric pulsator

#### 8.3.4.1. Introducere

În ultimii ani, câmpul electric pulsator (PEF) a câștigat o atenție semnificativă ca alternativă non-termică la pasteurizarea termică tradițională în industria alimentară. Tehnologia PEF utilizează impulsuri electrice de înaltă tensiune pentru a crea câmpuri electrice care pot permeabiliza membranele celulare, ducând la inactivarea microorganismelor și la păstrarea proprietăților nutriționale ale alimentelor [145; 146; 147]. Prin creșterea permeabilității celulelor, PEF permite un transfer de masă mai mare componentelor intracelulare [148]. Astfel, această tehnologie emergentă scade nevoia utilizării temperaturilor ridicate și a unor cantități mari de solvenți, reducând astfel impactul asupra mediului și sporind eficiența energetică a proceselor. Mai mult, promovează modificări minime în ceea ce privește aspectele nutriționale și senzoriale ale produsului datorită temperaturii scăzute și a timpului de extracție redus [149; 150]. Cu toate acestea, pentru integrarea PEF la scară industrială mare, sunt necesare mai multe studii pentru optimizarea condițiilor și parametrilor procesului [151].

PEF este o tehnologie nouă care include aplicarea de impulsuri de microsecunde (μs) de câmp electric ridicat pe un material plasat între doi electrozi [152]. Un sistem clasic pentru tratarea fluidelor pompabile compus dintr-o unitate de generare PEF care constă dintr-un generator de înaltă tensiune și, respectiv, un generator de impulsuri, o cameră de tratare, un sistem adecvat de procesare a produsului și un set de echipamente de monitorizare și control [152; 153]. Tratamentul PEF se aplică pe un material plasat între doi electrozi. Amplitudinea impulsului în echipamentele PEF variază de la 100-300 V/cm la 20-80 kV/cm [154]. În mod normal, tratamentul PEF se efectuează la temperatura ambiantă sau puțin mai mare decât temperatura ambiantă și pentru un timp de tratament mai mic de 1 s (μs sau ms) [148].

PEF poate fi administrat pentru a atinge temperatura de pasteurizare sau pentru a induce doar o creștere limitată a temperaturii care evită schimbările induse de căldură asupra culorii, aromei, gustului și conținutului de nutrienți ai alimentelor [153]. PEF induce modificări structurale locale ale membranelor celulare și ruperea barierei de permeabilitate a membranei [154]. Permitivitatea dielectrică și conductivitatea electrică a membranei celulare diferă de cele ale citoplasmei și mediului extracelular [155], ceea ce creează condiții pentru polarizarea interfacială. Atunci când celulele biologice sunt expuse la un câmp electric extern, cea mai mare parte a acestui câmp se concentrează de-a lungul membranei [155], iar când potențialul transmembranar

atinge o valoare critică de 0,2-1,7 V, apar pori tranzitorii în membrană [157]. În cazul celulelor vegetale expunerea la un anumit câmp electric, determină deteriorarea membranele celulare, ducând la formarea de pori temporari (reversibili) sau permanenți (ireversibili). Acest fenomen de deteriorare a celulelor se numește „electroporare" [148].

Tehnica PEF poate fi utilizată: pentru inactivarea microbiană [158], îmbunătățirea calității fructelor liofilizate [159] și a produselor de tip chipsuri de cartofi [160], îmbunătățirea cineticii de uscare și extracție [161], în procesele de vinificație, la producția de biogaz și la extracția proteinelor din alge [162], precum și pentru îmbunătățirea proprietăților funcționale ale proteinelor [163].

Tehnica PEF oferă multe avantaje față de alte tehnici [164]: timpi scurți de procesare; lipsa deșeurilor; un consum redus de energie; o mai bună retenție a nutrienților, aromelor și culorilor și adaptabilitate pentru prelucrarea alimentelor sensibile la căldură.

Principalul dezavantaj al tehnologiei PEF este existența bulelor în timpul tratamentului, care ar putea duce la probleme operaționale și la un tratament neuniform [164].

### 8.3.4.2. Valorificarea cojilor de tomate prin extracție PEF

Luengo *et al*. (2014) [165] au investigat influența aplicării PEF asupra extracției cu carotenoizi din coaja și pulpa de tomate într-un amestec de hexan:acetonă:etanol cu scopul de a crește randamentul de extracție sau de a reduce procentul de solvenți mai puțin verzi din mediul de extracție. Parametrii utilizați au fost: intensitatea câmpului electric: 3 - 7 kV/cm, consumul specific de energie: 0,54 - 13,50 kJ/kg, lățimea impulsului: 3 µs, numărul de impulsuri: 5 – 100; frecvență: 1 Hz. Electroporarea membranei celulare a cojilor de tomate a dus la creșterea randamentului de extracție al carotenoizilor. Tratamentul PEF a redus timpul de extracție și proporția de hexan aplicat ca solvent, fără a afecta randamentul de extracție al licopenului, luteinei și ß-carotenului.

Prin aplicarea unui tratament PEF (E = 0,5 kV/cm; WT = 1 kJ/kg; T) înainte de blanșarea cu abur (1 min la 50-70 °C) a tomatelor întregi la 60 °C, Pataro *et al*. (2018) [166] au demonstrat un efect sinergic a acestor tratamente asupra creșterii randamentului de extracție a carotenoizilor totali din cojile de tomate. În alt studiu, Pataro *et al*. (2019) [166] au investigat influența pre-tratării cu PEF și a temperaturii de extracție asupra recuperării compușilor carotenoizi din cojile de tomate. Pre-

tratamentele PEF au fost efectuate la diferite intensități de câmp (E = 0,5-5 kV/cm) și la un aport total de energie specifică cuprins între 0,5 și 0 kJ/kg.

### 8.3.4.3. Valorificarea tescovinei de struguri prin extracție PEF

Ćurko *et al*. (2023) [130] au valorificat fracțiunea de ulei a tescovinei de struguri prin îmbunătățirea randamentului în ulei. Au fost aplicate două metode de extracție „verzi": extracția cu $CO_2$ supercritic (SC-$CO_2$), precum și extracția cu SC-$CO_2$ asistată de PEF și comparată cu presarea convențională la rece. Parametrii optimi de SC-$CO_2$ care susțin randamentul maxim și/sau capacitatea antioxidantă au fost (i) 35 MPa, 45 °C și (ii) 50 MPa, 35 °C, ambele la 45 g $CO_2$/min. În cazul PEF au fost aplicate două pretratamente PEF la 5 kV/cm și 120 Hz timp de (i) 5 min și (ii) 1 min.

Scharf & Sandmann (2023) au investigat efectul tratamentului PEF asupra strugurilor albi (soiul Thompson Seedless), prin aplicarea unor intensități diferite (2 până la 6 kV/cm), rezultând intrări variate de energie specifică (2,5 până la 22,5 kJ/kg). Rezultatele au indicat că intensitatea câmpului electric între 4,5 și 6 kV/cm determină o creștere a polifenolilor totali de 30%.

În alt studiu, Teusdea *et al*. (2017) au investigat conținutul de compuși bioactivi, capacitatea antioxidantă și modificările cromatice ale produselor vinicole finale după aplicarea a cinci tratamente PEF efectuate pe soiurile de struguri *Merlot* și *Pinot noir*. Rezultatele au evidențiat două tratamente (distanța dintre tamburi 2,5 mm, tensiunea 7 și 8 KV, durata impulsului 150 și 300 s, și frecvența 178 și, respectiv, 344 Hz) cu efecte pozitive în extracția compușilor polifenolici totali și a compușilor flavonoidici pentru soiul Merlot.

## 8.4. Biotehnologii alimentare pentru procesarea subproduselor

Industria agroalimentară generează anual cantități mari de subproduse. Pe de o parte, gestionarea necorespunzătoare a subproduselor poate avea un impact negativ asupra mediului. Pe de altă parte, aceste subproduse reprezintă o sursă valoroasă de compuși bioactivi cu potențial de reutilizare în diverse sectoare, inclusiv în industria alimentară și farmaceutică [167]. Biotehnologiile alimentare, în special fermentarea și procesarea enzimatică, oferă metode eficiente și sustenabile pentru valorificarea acestor resurse.

Fermentarea este una dintre cele mai vechi metode utilizate în procesarea alimentelor și este utilizată pe scară largă pentru a transforma subprodusele alimentare în compuși

cu valoare biologică ridicată. De exemplu, fermentarea cojilor de mere cu specii de *Aspergillus* a condus la o creștere de trei până la cinci ori a conținutului de compuși fenolici și a activității antioxidante [168], iar prin fermentarea tărâțelor de grâu cu *Bacillus subtilis* au rezultat xilo-oligozaharide cu activitate prebiotică [169].

O altă metodă eficientă pentru valorificarea subproduselor vegetale este procesarea enzimatică. Sub acțiunea enzimelor se realizează eliberarea compușilor bioactivi din matricele complexe ale subproduselor vegetale. Utilizarea enzimelor specifice, precum celulaze, pectinaze și proteaze, permite îmbunătățirea randamentului și calității extractelor [170]. În cazul tratamentului enzimatic al cojilor de coacăze negre, extracția antocianinelor și a altor compuși fenolici a crescut semnificativ, sporind activitatea antioxidantă a extractelor [171].

Combinarea proceselor de fermentație microbiană cu tratamente enzimatice specifice reprezintă o metodă biotehnologică inovatoare numită fermentație asistată de enzime. Această procesare combinată duce la îmbunătățirea biodisponibilității și activității compușilor biologic activi din subproduse. Studiile au demonstrat că aplicarea combinată a fermentației și hidrolizei enzimatice asupra unor materiale precum frunzele de guava și tărâțele de orez a condus la o creștere semnificativă a conținutului total de fenoli și flavonoide [172].

Aplicarea biotehnologiilor în procesarea subproduselor alimentare oferă beneficii multiple:

- Sustenabilitate – se reduce impactul ecologic al deșeurilor agroindustriale prin conversia acestora în produse utile;
- Eficiență economică – se transformă deșeurile în resurse valoroase, generând fluxuri noi de venit și reducând costurile de eliminare a deșeurilor;
- Produse funcționale – se obțin compuși bioactivi, precum antioxidanți, peptide bioactive și prebiotice, care pot fi utilizați în industria alimentară și farmaceutică.

Biotehnologiile alimentare reprezintă soluții eficiente și sustenabile pentru valorificarea subproduselor agroindustriale. Aceste metode nu doar că reduc impactul negativ asupra mediului, dar generează și produse cu valoare adăugată.

### 8.4.1. Fermentare

Subprodusele care rezultă din industria alimentară pot fi valorificate prin diverse procese de fermentație. Aceste subproduse reprezintă surse valoroase de compuși

bioactivi, precum polifenoli, flavonoide, carotenoizi și polizaharide, benefici pentru sănătatea umană [173].

Fermentarea este un proces biotehnologic utilizat pentru transformarea materiilor prime în produse cu valoare adăugată, prin activitatea microorganismelor. Există trei tipuri principale de fermentare utilizate: în stare solidă, sumbersă, și în mediu lichid.

### 8.4.2. Procesare enzimatică

Una dintre cele mai frecvent utilizate metode pentru gestionarea reziduurilor agroindustriale este utilizarea enzimelor, în special a hidrolizei enzimatice, considerată o tehnologie ecologică și sigură. Aceasta permite eliberarea unor compuși de interes industrial, valoroși și cu aplicații variate, reducând astfel volumul de reziduuri eliminate provenite din diverse industrii agroalimentare, cum ar fi cele bazate pe fructe, cereale și materiale lignocelulozice [174].

Eficiența enzimelor utilizate în aceste procese depinde de mai mulți factori esențiali: temperatura, durata extracției, modul de acțiune, condițiile de pH și disponibilitatea substratului [170]. Prin urmare, alegerea enzimei adecvate pentru fiecare tip de reziduu agroindustrial trebuie să ia în considerare toți acești parametri pentru a optimiza procesul de valorificare.

Aplicarea enzimelor în procesarea și valorificarea subproduselor vegetale reprezintă o soluție sustenabilă și eficientă pentru industria agroalimentară. Enzimele joacă un rol esențial în hidroliza deșeurilor, facilitând conversia acestora în produse cu valoare adăugată. În acest context, enzimele-cheie precum celulazele, hemicelulazele, amilazele, alături de enzime auxiliare, precum lacazele și peroxidazele, sunt implicate activ în procesele de degradare și transformare a biomasei. Enzimele hidrolitice sunt esențiale în degradarea polimerilor naturali complecși, precum celuloza, hemiceluloza, amidonul, proteinele și pectinele – componente majore ale deșeurilor vegetale și agroindustriale [175].

- *Celulazele* hidrolizează celuloza, componenta principală a pereților celulari vegetali. Sunt folosite pentru producerea de bioetanol, siropuri de glucoză, aditivi alimentari.
- *Hemicelulazele* descompun hemiceluloza, un polimer heterogen format din xilani, manani și altele. Sunt utilizate pentru conversia deșeurilor lignocelulozice în zaharuri fermentabile.

- *Pectinazele* hidrolizează pectina, responsabilă de rigiditatea pereților celulari. Sunt implicate la tratarea cojilor de fructe, clarificarea sucurilor, obținerea de compuși bioactivi.
- *Proteazele* degradează proteinele în peptide și aminoacizi. Participă la valorificarea deșeurilor proteice din industria alimentară, la îmbunătățirea digestibilității.
- *Amilazele* hidrolizează amidonul în zaharuri simple. Sunt importante în conversia subproduselor vegetale bogate în amidon în glucoză sau produse fermentescibile.

Microorganismele reprezintă o sursă esențială de enzime, având avantajul că pot fi cultivate în cantități mari într-un interval de timp relativ scurt. Mai mult decât atât, o gamă largă de reziduuri agroindustriale poate fi utilizată ca substrat de creștere, ceea ce contribuie la reducerea costurilor totale de producție, la conservarea resurselor naturale și la sporirea siguranței din punct de vedere ecologic [176].

Numeroase bacterii și fungi secretă enzime hidrolitice precum amilazele, glucanazele, xilanazele și poligalacturonazele, care catalizează hidroliza peretelui celular vegetal. Aceste enzime extracelulare, cu aplicații industriale, acționează asupra materialului hemicelulozic și eliberează zaharuri precum glucoza, xiloza și acidul galacturonic, produse finale direct asimilabile, permițând astfel creșterea heterotrofică a microorganismelor pe deșeuri lignocelulozice. Speciile de *Aspergillus* au fost raportate ca fiind deosebit de eficiente în producerea unui spectru larg de enzime [177, 178, 179].

Potrivit literaturii de specialitate, potențialul reziduurilor vegetale este încă insuficient valorificat. Printre compușii bioactivi extrași cel mai frecvent din reziduurile de fructe cu ajutorul enzimelor se numără compușii fenolici [180]. Extracția enzimatică a acestor compuși reprezintă o metodă eficientă și ecologică, bazată pe activitatea catalitică a enzimelor în condiții blânde de proces, cu rate ridicate de extracție, mai ales când este combinată cu extracția cu fluide supercritice. Pentru o eficiență crescută, este necesar un pretratament enzimatic, în care enzime precum ß-glucanaza, xilanaza, celulaza și ß-glucozidaza degradează pereții celulari, crescând astfel randamentul extracției [176].

Lipsa unor tehnici eficiente de valorificare și utilizare a subproduselor, alături de costurile ridicate ale tratamentelor, contribuie la transformarea acestora într-o problemă la scară globală. Enzimele, în special cele produse de microorganisme, reprezintă o soluție sustenabilă și eficientă din punct de vedere economic pentru valorificarea subproduselor agroindustriale, inclusiv cele provenite din fructe, cereale și biomasă lignocelulozică. Utilizarea acestor biocatalizatori permite obținerea unor

randamente ridicate de extracție a compușilor bioactivi și a celor cu relevanță industrială, contribuind astfel la dezvoltarea unor produse cu valoare adăugată și potențial comercial [176].

Pentru condiționarea pieliței de roșii am identificat o serie de tehnologii, care sunt prezentate, pe scurt, în tabelul 6, indicând totodată câteva avantaje și dezavantaje.

***Tabelul 8.1.*** Tehnologii de condiționare a pieliței de roșii

| Proces | Avantaje | Dezavantaje |
|---|---|---|
| **Decojire termică (opărire)** | | |
| Roșiile sunt imersate în apă fierbinte (80–100°C) pentru 30–60 de secunde, apoi răcite rapid în apă cu gheață. Căldura face ca celulele din epidermă să se rupă, permițând desprinderea pieliței. | Metodă simplă și ieftină;<br>Ușor de implementat în unități mici și medii | Posibile pierderi de substanțe nutritive;<br>Consum mare de apă |
| **Decojire cu abur (steam peeling)** | | |
| Roșiile sunt introduse într-o cameră presurizată unde sunt expuse la abur (130–160°C) timp de 20–40 secunde. Odată cu scăderea bruscă a presiunii, pielița crapă și poate fi îndepărtată mecanic | Eficiență mare (peste 90%);<br>Reduce pierderile de pulpă;<br>Fără contact direct cu apă – mai igienic. | Investiție inițială ridicată (echipamente) |
| **Decojire cu aer cald / infraroșu** | | |
| Aer cald: roșiile trec printr-un tunel unde sunt expuse la temperaturi de 150–200°C.<br>Infraroșu: radiația încălzește superficial pielița până se carbonizează sau se desprinde | Nu necesită apă;<br>Posibilă integrare în linii automate | Posibil impact asupra texturii roșiei;<br>Consum energetic ridicat. |
| **Decojire enzimatică** | | |
| Imersarea roșiilor într-o soluție ce conține enzime precum pectinază, celulază sau hemicelulază, care degradează structurile celulare ale pieliței | Metodă blândă, potrivită pentru produse premium;<br>Păstrează culoarea și aroma. | Costuri mai ridicate (enzime, timp);<br>Control strict al parametrilor (pH, timp, temperatură. |
| **Decojire mecanică** | | |
| După o pre-tratare (termică sau cu abur), roșiile sunt trecute prin echipamente cu perii sau role abrazive care îndepărtează pielița | Productivitate mare;<br>Integrare ușoară în linii de procesare continue. | Poate provoca pierderi de pulpă;<br>Mai puțin eficientă la roșiile foarte moi. |
| **Decojire cu plasmă rece** | | |

| | | |
|---|---|---|
| Se utilizează un gaz ionizat la temperatură joasă pentru a slăbi legăturile dintre celulele pieliței | Fără utilizarea apei sau substanțelor chimice;<br>Reduce contaminarea microbiană. | Momentan e la stadiu de cercetare aplicată și prototipuri |
| **Decojire cu ultrasunete** | | |
| Se aplică unde ultrasonice în apă sau soluții pentru a crea cavitații ce slăbesc pielița | Pierderi minime de nutrienți;<br>Metodă ecologică. | Necesită echipamente speciale și control fin |

## *Bibliografie*


1. Ky I, Teissedre PL. Characterisation of Mediterranean grape pomace seed and skin extracts: polyphenolic content and antioxidant activity. Molecules. 2015;20(2):2190-2207.
2. Teixeira A, Baenas N, Dominguez-Perles R, Barros A, Rosa E, Moreno DA, Garcia-Viguera C. Natural bioactive compounds from winery by-products as health promoters: a review. Int J Mol Sci. 2014;15(9):15638-15678.
3. Gaita C, Poiana MA. Grape pomace as an innovative functional ingredient to design value-added food products: A review. J. Agroaliment. Processes Technol. 2017a;23(4): 223-228
4. Gaita C., Alexa E, Catargiu A, Rivis A, Poiana MA. Improving the functional and sensory properties of biscuits by addition of grape pomace. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 2017, Nano, Bio and Green Technologies for a Sustainable Future, 2017b;17(61):745-752.
5. García-Lomillo J, González-SanJosé ML. Applications of wine pomace in the food industry: approaches and functions. Compr Rev Food Sci F. 2017;16(1):3-22.
6. Raghavan GS, Orsat V. Recent advances in drying of biomaterials for superior quality bioproducts. Asia-Pac J Chem Eng. 2007;2(1):20-29.
7. Larrauri JA, Rupérez P, Saura-Calixto F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. J Agric Food Chem. 1997;45(4):1390-1393.
8. Teissedre PL, Frankel EN, Waterhouse AL, Peleg H, German JB. Inhibition ofIn vitrohuman LDL oxidation by phenolic antioxidants from grapes and wines. J Sci Food Agr. 1996;70(1):55-61.
9. Yilmaz Y, Toledo RT. Oxygen radical absorbance capacities of grape/wine industry byproducts and effect of solvent type on extraction of grape seed polyphenols. J Food Compost Anal. 2006;19(1):41-48.3
10. Deng Q, Zhao Y. Physicochemical, nutritional, and antimicrobial properties of wine grape (cv. Merlot) pomace extract based films. J Food Sci. 2011;76(3):E309-317.
11. Guendez R, Kallithraka S, Makris DP, Kefalas P. Determination of low molecular weight polyphenolic constituents in grape (Vitis vinifera sp.) seed extracts: Correlation with antiradical activity. Food Chem. 2005;89(1):1-9
12. Nerantzis ET, Tataridis P. Integrated enology-utilization of winery by-products into high added value products. J. Sci. Tech. 2006;1:79-89.

13. Jin, Q.; Neilson, A.P.; Stewart, A.C.; O'Keefe, S.F.; Kim, Y.-T.; McGuire, M.; Wilder, G.; Huang, H. Integrated Approach for the Valorization of Red Grape Pomace: Production of Oil, Polyphenols, and Acetone–Butanol–Ethanol. ACS Sustain. Chem. Eng. 2018, 6, 16279–16286.

14. Spinei, M.; Oroian, M. The Potential of Grape Pomace Varieties as a Dietary Source of Pectic Substances. Foods 2021, 10, 867

15. Kim SY, Jeong SM, Park WP, Nam KC, Ahn DU, Lee SC. Effect of heating conditions of grape seeds on the antioxidant activity of grape seed extracts. Food Chem. 2006;97(3):472-9.

16. Grainger K, & Tattersall H. Wine Production: Vine to Bottle. Food Industry Briefing Series. Blackwell Publishing Ltd.http://dx.doi.org/10.1002/9780470995600Grape seed oil MSDS. (2012). Material Safety Data Sheet.Sciencelab.com. Grape Growers. Retrieved from http://www.grapegrowersofontario.com/annual-reports.

17. Zanini, M.; Silvestre, W.P.; Baldasso, C.; Tessaro, I.C. Valorization of Wastes Generated in Organic Grape Processing. Braz. Arch. Biol. Technol. 2024, 6

18. Tseng A, Zhao Y. Wine grape pomace as antioxidant dietary fibre for enhancing nutritional value and improving storability of yogurt and salad dressing. Food Chem. 2013;138(1):356-365.

19. Felix da Silva D, Matumoto-Pintro PT, Bazinet L, Couillard C, Britten M. Effect of commercial grape extracts on the cheese-making properties of milk. J Dairy Sci. 2015;98(3):1552-1562.

20. Lavelli V, Harsha PS, Torri L, Zeppa G. Use of winemaking by-products as an ingredient for tomato puree: The effect of particle size on product quality. Food Chem. 2014;152:162-168.

21. Bekhit AE, Cheng VJ, McConnell M, Zhao JH, Sedcole R, Harrison R. Antioxidant activities, sensory and anti-influenza activity of grape skin tea infusion. Food Chem. 2011;129(3):837-845.

22. 22. Aliakbarian, B.; Casale, M.; Paini, M.; Casazza, A.A.; Lanteri, S.; Perego, P. Production of a Novel Fermented Milk Fortified with Natural Antioxidants and Its Analysis by NIR Spectroscopy. LWT Food Sci. Technol. 2015, 62, 376–383

23. Mobasserfar, R.; Shiri, A.; Mofid, V.; Shahidi Noghabi, M.; Gharibzahedi, S.M.T. Grape Pomace High-Methoxyl Pectin: A New Prebiotic Stabilizer for Low-Fat Synbiotic Yogurt Gels-Optimization and Characterization. Int. J. Biol. Macromol. 2024, 282, 137139.

24. Libera, J.; Latoch, A.; Wójciak, K.M. Utilization of Grape Seed Extract as a Natural Antioxidant in the Technology of Meat Products Inoculated with a Probiotic Strain of LAB. Foods 2020, 9, 103

25. Guerra-Rivas, C.; Vieira, C.; Rubio, B.; Martínez, B.; Gallardo, B.; Mantecón, A.R.; Lavín, P.; Manso, T. Effects of Grape Pomace in Growing Lamb Diets Compared with Vitamin E and Grape Seed Extract on Meat Shelf Life. Meat Sci. 2016, 116, 221–229

26. Trentin, J.; Mussagy, C.U.; Arantes, M.S.T.; Pedro, A.C.; Mafra, M.R.; Farias, F.O. Antioxidant Ready-to-Use Grape Pomace Extracts Recovered with Natural Eutectic Mixtures for Formulation of Color-Rich Gummies. Foods 2024, 13, 2840

27. Cejudo-Bastante, C.; Arjona-Mudarra, P.; Fernández-Ponce, M.T.; Casas, L.; Mantell, C.; Martínez de la Ossa, E.J.; Pereyra, C. Application of a Natural Antioxidant from Grape Pomace Extract in the Development of Bioactive Jute Fibers for Food Packaging. Antioxidants 2021, 10, 216

28. Silvan, J.M.; Gutierrez-Docio, A.; Guerrero-Hurtado, E.; Domingo-Serrano, L.; Blanco-Suarez, A.; Prodanov, M.; Alarcon-Cavero, T.; Martinez-Rodriguez, A.J. Pre-Treatment with Grape Seed Extract Reduces Inflammatory Response and Oxidative Stress Induced by Helicobacter Pylori Infection in Human Gastric Epithelial Cells. Antioxidants 2021, 10, 943.

29. Bocsan, I.C.; Măgureanu, D.C.; Pop, R.M.; Levai, A.M.; Macovei, Ș.O.; Pătrașca, I.M.; Chedea, V.S.; Buzoianu, A.D. Antioxidant and Anti-Inflammatory Actions of Polyphenols from Red and White Grape Pomace in Ischemic Heart Diseases. Biomedicines 2022, 10, 2337

30. Hassan, Y.I.; Kosir, V.; Yin, X.; Ross, K.; Diarra, M.S. Grape Pomace as a Promising Antimicrobial Alternative in Feed: A Critical Review. J. Agric. Food Chem. 2019, 67, 9705–9718.

31. Hogan, S.; Zhang, L.; Li, J.; Sun, S.; Canning, C.; Zhou, K. Antioxidant Rich Grape Pomace Extract Suppresses Postprandial Hyperglycemia in Diabetic Mice by Specifically Inhibiting Alpha-Glucosidase. Nutr. Metab. 2010, 7, 71

32. Kong, F.; Qin, Y.; Su, Z.; Ning, Z.; Yu, S. Optimization of Extraction of Hypoglycemic Ingredients from Grape Seeds and Evaluation of α-Glucosidase and α-Amylase Inhibitory Effects In Vitro. J. Food Sci. 2018, 83, 1422–1429

33. Taladrid, D.; de Celis, M.; Belda, I.; Bartolomé, B.; Moreno-Arribas, M.V. Hypertension- and Glycaemia-Lowering Effects of a Grape-Pomace-Derived Seasoning in High-Cardiovascular Risk and Healthy Subjects. Interplay with the Gut Microbiome. Food Funct. 2022, 13, 2068–2082.

34. Muñoz-Bernal, Ó.A.; Coria-Oliveros, A.J.; de la Rosa, L.A.; Rodrigo-García, J.; del Rocío Martínez-Ruiz, N.; Sayago-Ayerdi, S.G.; Alvarez-Parrilla, E. Cardioprotective Effect of Red Wine and Grape Pomace. Food Res. Int. 2021, 140, 110069.

35. Tomé-Carneiro, J.; Gonzálvez, M.; Larrosa, M.; García-Almagro, F.J.; Avilés-Plaza, F.; Parra, S.; Yáñez-Gascón, M.J.; Ruiz-Ros, J.A.; García-Conesa, M.T.; Tomás-Barberán, F.A.; și colab. Consumption of a Grape Extract Supplement Containing Resveratrol Decreases Oxidized LDL and ApoB in Patients Undergoing Primary Prevention of Cardiovascular Disease: A Triple-Blind, 6-Month Follow-up, Placebo-Controlled, Randomized Trial. Mol. Nutr. Food Res. 2012, 56, 810–821.

36. Balea, Ș.S.; Pârvu, A.E.; Pârvu, M.; Vlase, L.; Dehelean, C.A.; Pop, T.I. Antioxidant, Anti-Inflammatory and Antiproliferative Effects of the Vitis vinifera L. Var. Fetească Neagră and Pinot Noir Pomace Extracts. Front. Pharmacol. 2020, 11, 990.

37. Da Porto, C.; Porretto, E.; Decorti, D. Comparison of Ultrasound-Assisted Extraction with Conventional Extraction Methods of Oil and Polyphenols from Grape (Vitis vinifera L.) Seeds. Ultrason. Sonochem. 2013, 20, 1076–1080.

38. Serra, M.; Casas, A.; Teixeira, J.A.; Barros, A.N. Revealing the Beauty Potential of Grape Stems: Harnessing Phenolic Compounds for Cosmetics. Int. J. Mol. Sci. 2023, 24, 11751

39. Draghici-Popa, A.-M.; Buliga, D.-I.; Popa, I.; Tomas, S.T.; Stan, R.; Boscornea, A.C. Cosmetic Products with Potential Photoprotective Effects Based on Natural Compounds Extracted from Waste of the Winemaking Industry. Molecules 2024, 29, 2775.

40. Acun S, Gül H. Effects of grape pomace and grape seed flours on cookie quality. Qual Assur Saf Crop. 2013;6(1):81-88.

41. Anderson JW, Baird P, Davis RH, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, Waters V, Williams CL. Health benefits of dietary fiber. Nutr Rev. 2009;67(4):188-205.

42. Baiano A, Viggiani I, Terracone C, Romaniello R, Del Nobile MA. Physical and sensory properties of bread enriched with phenolic aqueous extracts from vegetable wastes. Czech J. Food Sci. 2016;33:247-253.

43. Bhise S., Kaur A, Gandhi N, Gupta R. Antioxidant property and health benefits of grape byproducts. Postharvest Biol Technol. 2014;02(01): 001-011.

44. Ritchie, H.; Roser, M. Agricultural Production. Available online: https://ourworldindata.org/agricultural-production

45. FAOSTAT. Available online: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL.

46. Sánchez-Rodríguez, E.; Rubio-Wilhelmi, M.; Cervilla, L.M.; Blasco, B.; Rios, J.J.; Rosales, M.A.; Romero, L.; Ruiz, J.M. Genotypic Differences in Some Physiological Parameters Symptomatic for Oxidative Stress under Moderate Drought in Tomato Plants. Plant Sci. 2010, 178, 30–40.

47. Niinemets, Ü.; Valladares, F. Photosynthetic acclimation to simultaneous and interacting environmental stresses along natural light gradients: Optimality and constraints. Plant Biol. 2004, 6, 254–268.

48. Chand, J.B.; Hewa, G.; Hassanli, A.; Myers, B. Deficit Irrigation on Tomato Production in a Greenhouse Environment: A Review. J. Irrig. Drain. Eng. 2020, 147, 04020041.

49. Sánchez-Rodríguez, E.; Rubio-Wilhelmi, M.M.; Blasco, B.; Constán-Aguilar, C.; Romero, L.; Ruiz, J.M. Variation in the use efficiency of N under moderate water deficit in tomato plants (Solanum lycopersicum) differing in their tolerance to drought. Acta Physiol. Plant. 2011, 33, 1861–1865.

50. Singh, A.; Gulati, I.J.; Chopra, R. Effect of Various Fertigation Schedules and Organic Manures on Tomato (Lycopersicon Esculentum Mill.) Yield under Arid Condition. Bioscan 2013, 8, 1261-1264.

51. Zhou, R.; Kong, L.; Yu, X.; Ottosen, C.-O.; Zhao, T.; Jiang, F.;Wu, Z. Oxidative damage and antioxidant mechanism in tomatoes responding to drought and heat stress. Acta Physiol. Plant. 2019, 41, 20.

52. Zhang, X.; Goatley, M.; Conner, J.; Wilkins, M.; Teshler, I.; Liu, J.; Fefer, M.; Ckurshumova,W. Copper Chlorophyllin Impacts on Growth and Drought Stress Tolerance of Tomato Plants. HortScience 2019, 54, 2195–2201.

53. Zhang, X.; Zhou, D.; Ervin, E.H.; Evanylo, G.K.; Cataldi, D.; Li, J. Biosolids Impact Antioxidant Metabolism Associated with Drought Tolerance in Tall Fescue. HortScience 2012, 47, 1550–1555.

54. Noctor, G.; Mhamdi, A.; Foyer, C.H. The Roles of Reactive Oxygen Metabolism in Drought: Not So Cut and Dried. Plant Physiol. 2014, 164, 1636–1648.

55. Bian, S.; Jiang, Y. Reactive Oxygen Species, Antioxidant Enzyme Activities and Gene Expression Patterns in Leaves and Roots of Kentucky Bluegrass in Response to Drought Stress and Recovery. Sci. Hortic. 2009, 120, 264–270.

56. Blokhina, O.; Virolainen, E.; Fagerstedt, K.V. Antioxidants, Oxidative Damage and Oxygen Deprivation Stress: A Review. Ann. Bot. 2003, 91, 179–194.

57. Tilahun, S.; Park, D.S.; Seo, M.H.; Jeong, C.S. Review on Factors Affecting the Quality and Antioxidant Properties of Tomatoes. Afr. J. Biotechnol. 2017, 16, 1678–1687.

58. Aherne, S.A.; Jiwan, M.A.; Daly, T.; O'brien, N.M. Geographical Location Has Greater Impact on Carotenoid Content and Bioaccessibility from Tomatoes than Variety. Plant Foods Hum. Nutr. 2009, 64, 250–256.

59. Kotíková, Z.; Lachman, J.; Hejtmánková, A.; Hejtmánková, K. Determination of antioxidant activity and antioxidant content in tomato varieties and evaluation of mutual interactions between antioxidants. Food Sci. Technol. 2011, 44, 1703–1710.

60. Abushita, A.A.; Daood, H.G.; Biacs, P.A. Change in Carotenoids and Antioxidant Vitamins in Tomato as a Function of Varietal and Technological Factors. J. Agric. Food Chem. 2000, 48, 2075–2081.

61. Carr, A.C.; Maggini, S. Vitamin C and Immune Function. Nutrients 2017, 9, 1211.

62. Camejo, D.; Rodríguez, P.; Morales, M.A.; Dell'Amico, J.M.; Torrecillas, A.; Alarcón, J.J. High Temperature Effects on Photosynthetic Activity of Two Tomato Cultivars with Different Heat Susceptibility. J. Plant Physiol. 2005, 162, 281–289.

63. Berry, J.; Bjorkman, O. Photosynthetic Response and Adaptation to Temperature in Higher Plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 2003, 31, 491–543.

64. Weis, E. Reversible Heat-Inactivation of the Calvin Cycle: A Possible Mechanism of the Temperature Regulation of Photosynthesis. Planta 1981, 151, 33–39.

65. Preedy, V. Tomatoes and Tomato Products: Nutritional, Medicinal and Therapeutic Properties; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2008.

66. De Koning, A.N.M. The effect of temperature on fruit growth and fruit load of tomato. Acta Hortic. 1989, 248, 329–336.

67. Dorais, M.; Papadopoulos, A.P.; Gosselin, A. Greenhouse tomato fruit quality. In Horticultural Reviews; Janick, J., Ed.; John Wiley and Sons: New York, NY, USA, 2002; Volume 26, pp. 239–306.

68. Dumas, Y.; Dadomo, M.; Di Lucca, G.; Grolier, P. Effects of Environmental Factors and Agricultural Techniques on Antioxidant content of Tomatoes. J. Sci. Food Agric. 2003, 83, 369–382.

69. Liptay, A.; Papadopoulos, A.P.; Bryan, H.H.; Gull, D. Ascorbic Acid Levels in Tomato (Lycopersicon Esculentum Mill.) at Low Temperatures. Agric. Biol. Chem. 1986, 50, 3185–3187.

70. Luthria, D.L.; Mukhopadhyay, S.; Krizek, D.T. Content of Total Phenolics and Phenolic Acids in Tomato (Lycopersicon Esculentum Mill.) Fruits as Influenced by Cultivar and Solar UV Radiation. J. Food Compos. Anal. 2006, 19, 771–777.

71. Giuffrida, F.; Consoli, S. Reusing Perlite Substrates in Soilless Cultivation: Analysis of Particle Size, Hydraulic Properties, and Solarization Effects. J. Irrig. Drain. Eng. 2015, 142, 04015047.

72. Wilson, G.C.S. Tomato production in different growing media. Acta Hortic. 1986, 178, 115–120.

73. Zhang, R.H.; Duan, Z.Q.; Li, Z.G. Use of Spent Mushroom Substrate as Growing Media for Tomato and Cucumber Seedlings. Pedosphere 2012, 22, 333–342.

74. Allaire, S.; Caron, J.; Ménard, C.; Dorais, M. Growing Media Varying in Particle Size and Shape for Greenhouse Tomato. Acta Hortic. 2004, 644, 307–311.

75. Xiong, J.; Tian, Y.; Wang, J.; Liu, W.; Chen, Q. Comparison of Coconut Coir, Rockwool, and Peat Cultivations for Tomato Production: Nutrient Balance, Plant Growth and Fruit Quality. Front. Plant Sci. 2017, 8, 1327.

76. Verma, S.; Sharma, A.; Kumar, R.; Kaur, C.; Arora, A.; Shah, R.; Nain, L. Improvement of Antioxidant and Defense Properties of Tomato (Var. Pusa Rohini) by Application of Bioaugmented Compost. Saudi J. Biol. Sci. 2015, 22, 256–264.

77. Verdoliva, S.G.; Gwyn-Jones, D.; Detheridge, A.; Robson, P. Controlled Comparisons between Soil and Hydroponic Systems Reveal Increased Water Use Efficiency and Higher Lycopene and Carotene Contents in Hydroponically Grown Tomatoes. Sci. Hortic. 2021, 279, 109896.

78. Sumalan, R.M.; Ciulca, S.I.; Poiana, M.A.; Moigradean, D.; Radulov, I.; Negrea, M.; Crisan, M.E.; Copolovici, L.; Sumalan, R.L. The Antioxidant Profile Evaluation of Some Tomato Landraces with Soil Salinity Tolerance Correlated with High Nutraceuticaland Functional Value. Agronomy 2020, 10, 500.

79. Vaughan, J.G.; Geissler, C. The New Oxford Book of Food Plants; Oxford University Press: New York, NY, USA, 1997.

80. Ranˇci´c, D.; Quarrie, S.P.; Pe´cinar, I. Anatomy of Tomato Fruit and Fruit Pedicel during Fruit Development. Microsc. Sci. Technol. Appl. Educ. 2010, 2, 851–861.

81. Hunt, G. Phenolic Constituents of Tomato Fruit Cuticles. Phytochemistry 1980, 19, 1415–1419.

82. Yeats, T.H.; Buda, G.J.;Wang, Z.; Chehanovsky, N.; Moyle, L.C.; Jetter, R.; Schaffer, A.A.; Rose, J.K.C. The Fruit Cuticles of Wild Tomato Species Exhibit Architectural and Chemical Diversity, Providing a New Model for Studying the Evolution of Cuticle Function. Plant J. 2012, 69, 655–666.

83. Muños, S.; Ranc, N.; Botton, E.; Bérard, A.; Rolland, S.; Duffé, P.; Carretero, Y.; Le Paslier, M.C.; Delalande, C.; Bouzayen, M.; et al. Increase in Tomato Locule Number Is Controlled by Two Single-Nucleotide Polymorphisms Located near WUSCHEL. Plant Physiol. 2011, 156, 2244-2254.

84. Gi Gillaspy, G.; Ben-David, H.; Gruissem, W. Fruits: A Developmental Perspective. Plant Cell 1993, 5, 1439–1451.

85. Takeda, S.; Miyasaka, K.; Shimoda, H. Lycoperoside H, a Steroidal Alkaloid Saponin in Tomato Seeds, Ameliorates Atopic Dermatitis-like Symptoms in IL-33 Transgenic Mice. J. Food Biochem. 2021, 45, e13877.

86. Boulanger, N.; Lipsker, D. Protection Contre Les Piqûres de Tiques. Ann. Dermatol. Venereol. 2015, 142, 245–251.

87. Moretti, C.L.; Sargent, S.A.; Huber, D.J.; Calbo, A.G.; Puschmann, R. Chemical Composition and Physical Properties of Pericarp, Locule, and Placental Tissues of Tomatoes with Internal Bruising. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 1998, 123, 656–660.

88. Ruan, Q.Y.; Zheng, X.Q.; Chen, B.L.; Xiao, Y.; Peng, X.X.; Leung, D.W.M.; Liu, E.-E. Determination of Total Oxalate Contents of a Great Variety of Foods Commonly Available in Southern China Using an Oxalate Oxidase Prepared from Wheat Bran. J. Food Compos. Anal. 2013, 32, 6–11.

89. Chakraborty, N.; Ghosh, R.; Ghosh, S.; Narula, K.; Tayal, R.; Datta, A.; Chakraborty, S. Reduction of Oxalate Levels in Tomato Fruit and Consequent Metabolic Remodeling Following Overexpression of a Fungal Oxalate Decarboxylase. Plant Physiol. 2013, 162, 364–378.

90. Chai, W.; Liebman, M. Effect of Different Cooking Methods on Vegetable Oxalate Content. J. Agric. Food Chem. 2005, 53, 3027–3030.

91. Frusciante, L.; Carli, P.; Ercolano, M.R.; Pernice, R.; Di Matteo, A.; Fogliano, V.; Pellegrini, N. Antioxidant Nutritional Quality of Tomato. Mol. Nutr. Food Res. 2007, 51, 609–617.

92. NHS. Overview—Vitamins and Minerals. Available online: www.nhs.uk/conditions/vitamins-and-minerals

93. Helkar P.B., Sahoo A.K. & Patil N.J. 2016. Review: Food industry by-products used as functional food ingredients. International Journal of Waste Resources, 6(3), 1–6. https://doi.org/10.4172/2252-5211.1000248

94. Peixoto C.M., Dias M.I., Alves M.J., Calhelha R.C., Barros L., Pinho S.P. & Ferreira I.C. 2018. Grape pomace as a source of phenolic compounds and diverse bioactive properties. Food Chemistry, 253, 132https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.163

95. Makris D.P., Boskou G. & Andrikopoulos N.K. 2007. Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. Journal of Food Composition and Analysis, 20(2), 125–132. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.04.010

96. Xia E.Q., Deng G.F., Guo Y.J. & Li H.B. 2010. Biological activities of polyphenols from grapes. International Journal of Molecular Sciences, 11(2), 622–646. https://doi.org/10.3390/ijms11020622

97. Yu J. & Ahmedna M. 2013. Functional components of grape pomace: Their composition, biological properties and potential applications. International Journal of Food Science and Technology, 48(2), 221–237. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03197.x

98. Acun S. & Gül H. 2014. Effects of grape pomace and grape seed flours on cookie quality. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 6(1), 81–88. https://doi.org/10.3920/QAS2013.0264

99. Beres C., Costa G.N., Cabezudo I., da Silva-James N.K., Teles A.S.C., Cruz A.P.G., Mellinger-Silva C., Tonon R.V., Cabral L.M.C. & Freitas S.P. 2017. Towards integral utilization of grape pomace from winemaking process: A review. Waste Management, 68, 581–594. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.017

100. Melo E.D.A., Maciel M.I.S., Lima V.L.A.G., Leal F.L.L., Caetano A.C.D.S. & Nascimento R.J. 2006. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. Food Science and Technology, 26, 639–644. https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000300024

101. Silva F.D., dos Santos Garcia V.A., Vanin F.M., Yoshida C.M.P. & de Carvalho R.A. 2023. Application of tomato byproduct in food products – A review. Food Science and Engineering, 4(1), 103–115. https://doi.org/10.37256/fse.4120231566

102. Knoblich M., Anderson B. & Latshaw D. 2005. Analyses of tomato peel and seed byproducts and their use as a source of carotenoids. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85(7), 1166–1170. https://doi.org/10.1002/jsfa.2091

103. Del Valle M., Cámara M. & Torija M.E. 2006. Chemical characterization of tomato pomace. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86(8), 1232–1236. https://doi.org/10.1002/jsfa.2474

104. Dolatabadi Z., Rad A.H.E., Farzaneh V., Feizabad S.H.A., Estiri S.H. & Bakhshabadi H. 2016. Modeling of the lycopene extraction from tomato pulps. Food Chemistry, 190, 968–973. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.069

105. 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. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.020

106. Eslami E., Carpentieri S., Pataro G. & Ferrari G. 2022. A comprehensive overview of tomato processing by-product valorization by conventional methods versus emerging technologies. Foods, 12(1), 166. https://doi.org/10.3390/foods12010166

107. Silva P.A.Y., Borba B.C., Pereira V.A., Reis M.G., Caliari M., Brooks M.S.L. & Ferreira T.A.P.C. 2019. Characterization of tomato processing by-product for use as a potential functional food ingredient: nutritional composition, antioxidant activity and bioactive compounds. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 70(2), 150–160. https://doi.org/10.1080/09637486.2018.1489530

108. Agatonovic-Kustrin S., Gegechkori V., Kobakhidze T. & Morton D. 2023. Solid-Phase Microextraction Techniques and Application in Food and Horticultural Crops. Molecules, 28(19), 6880. https://doi.org/10.3390/molecules28196880

109. Dima Ș. 2007. Metode moderne de control și analiză a produselor alimentare. Vol. 1, p. 173–182, Editura Academica, Galați.

110. Merkle S., Kleeberg K.K. & Fritsche J. 2015. Recent Developments and Applications of Solid Phase Microextraction (SPME) in Food and Environmental Analysis—A Review. Chromatography, 2(3), 293–381. https://doi.org/10.3390/chromatography2030293

111. Zheng J., Kuang Y., Zhou S., Gong X. & Ouyang G. 2023. Latest Improvements

112. Jia H. & Zhang H. 2022. Solid-Phase Microextraction as a Promising Tool for the Determination of Volatile Organic Components in Vinegar. Journal of Analytical Chemistry, 77(12), 1497–1502. https://doi.org/10.1134/S106193482212005X

113. Pawliszyn J. 2023. Solid Phase Microextraction for Quantitative Analysis – Expectations Beyond Design? Green Analytical Chemistry, 4, 100048. https://doi.org/10.1016/j.greeac.2022.100048

114. Directiva 2009/32/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 23 aprilie 2009 de apropiere a legislațiilor statelor membre privind solvenții de extracție utilizați la fabricarea produselor alimentare și a ingredientelor alimentare. Jurnalul Oficial al Uniunii Europene, 6.6.2009, L 141/3–11, https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2009/32/oj/eng, accesată în 31.03.2025

115. Gavrilă L. 2012. Extracția lichid-lichid. Cap. 4 în Tehnici de separare și concentrare în biotehnologii. https://cadredidactice.ub.ro/gavrilalucian/files/2012/10/04.pdf, accesată în 31.03.2025.

116. Cao S., Liang J., Chen M., Xu C., Wang X., Qiu L., Zhao X. & Hu W. 2025. Comparative analysis of extraction technologies for plant extracts and absolutes. Frontiers in Chemistry, 13. https://doi.org/10.3389/fchem.2025.1536590

117. Errichiello F., Cucciniello R., Tomasini M., Falivene L., Gambuti A., Cassiano C. & Forina M. 2024. Efficient and selective extraction of oleanoic acid from grape pomace with dimethyl carbonate. Green Chemistry, 26(19), 10177–10188. https://doi.org/10/1039/d4gc-3624g

118. Errichiello F., Cucciniello R., Tomasini M., Falivene L., Gambuti A., Cassiano C. & Forina M. 2024. Efficient and selective extraction of oleanoic acid from grape pomace with dimethyl carbonate. Green Chemistry, 26(19), 10177–10188. https://doi.org/10/1039/d4gc-3624g

119. Vorobiev E. & Lebovka N. 2016. Selective Extraction of Molecules from Biomaterials by Pulsed Electric Field Treatment. In Miklavcic D. (Ed.) Handbook of Electroporation, pp. 1–16. Springer International Publishing, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26779-1_163-1

120. Zhang Z.-H., Wang L.-H., Zeng X-A., Han Z. & Brennan C.S.. 2019. Non-thermal technologies and its current and future application in the food industry: A review. International Journal of Food Science & Technology, 54(1), 1–13. https://doi.org/10.1111/ijfs.13903

121. Budisa N. & Schulze-Makuch D. 2014. Supercritical carbon dioxide and its potential as a life-sustaining solvent in a planetary environment. Life 4(3), 331–340. https://doi.org/10.3390/life4030331

122. Uwineza P.A. & Waśkiewicz A. 2020. Recent advances in supercritical fluid extraction of natural bioactive compounds from natural plant materials. Molecules 25(17), 3847. https://doi.org/10.3390/molecules25173847

123. Ahmad T., Masoodi F.A., Rather S.A., Wani S.M. & Gull A. 2019. Supercritical Fluid Extraction: A Review. Journal of Biological and Chemical Chronicles. 5(1), 114–122. https://doi.org/10.33980/jbcc.2019.v05i01.019

124. Abbas K.A., Mohamed A., Abdulamir A.S. & Abas H.A. 2008. A review on supercritical fluid extraction as new analytical method. American Journal of Biochemistry and Biotechnology, 4(4), 345–353. https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2008.345.353

125. Pereira C.G. & Meireles M.A.A. 2010. Supercritical fluid extraction of bioactive compounds: fundamentals, applications and economic perspectives. Food and Bioprocess Technology, 3 (3): 340–372. https://doi.org/10.1007/s11947-009-0263-2

126. Aniceto J.P.S., Rodrigues V.H., Portugal I. & Silva C.M. 2022. Valorization of tomato residues by supercritical fluid extraction. Processes, 10(1), 28. https://doi.org/10.3390/pr10010028

127. Kehili M., Kammlott M., Choura S., Zammel A., Zetzl C., Smirnova I., Allouche N. & Sayadi S. 2017. Supercritical CO2 extraction and antioxidant activity of lycopene and ß-carotene-enriched oleoresin from tomato (Lycopersicum esculentum L.) peels by-product of a Tunisian industry. Food and Bioproducts Processing, 102, 340–349. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2017.02.002

128. Nobre B.P., Palavra A.F., Pessoa F.L.P. & Mendes R.L. 2009. Supercritical CO2 extraction of trans-lycopene from Portuguese tomato industrial waste. Food Chemistry, 116(3), 680–685. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.011

129. Pazir F., Koçak E., Turan F. & Ova G. 2021. Extraction of anthocyanins from grape pomace by using supercritical carbon dioxide. Journal of Food Processing and Preservation, 45(8), e14950. https://doi.org/10.1111/jfpp.14950

130. Ćurko N., Lukić K., Jurinjak Tušek A., Balbino S., Vukušić Pavičić T., Tomašević M., Radojčić Redovniković I. & Kovačević Ganić K.. 2023. Effect of cold pressing and supercritical CO2 extraction assisted with pulsed electric fields pretreatment on grape seed oil yield, composition and antioxidant characteristics. LWT - Food Science and Technology, 184, 114974. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114974

131. Puri, M., Sharma, D. & Barrow, C.J., 2012. Enzyme-assisted extraction of bioactives from plants. Trends in biotechnology, 30(1), 37-44.

132. Catalkaya, G. & Kahveci, D., 2019. Optimization of enzyme assisted extraction of lycopene from industrial tomato waste. Separation and Purification Technology, 219, 55-63.

133. Choudhari, S.M. & Ananthanarayan, L., 2007. Enzyme aided extraction of lycopene from tomato tissues. Food chemistry, 102(1), 77-81.

134. Zuorro, A., Fidaleo, M. & Lavecchia, R., 2011. Enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste. Enzyme and microbial technology, 49(6-7), 567-573.

135. Ranveer, R.C., Patil, S.N. & Sahoo, A.K., 2013. Effect of different parameters on enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste. Food and Bioproducts Processing, 91(4), 370-375.

136. Dehghan-Shoar, Z., Hardacre, A.K., Meerdink, G. & Brennan, C.S., 2011. Lycopene extraction from extruded products containing tomato skin. International Journal of Food Science and Technology, 46(2), 365-371.

137. Gómez-García, R., Martínez-Ávila, G. C., & Aguilar, C. N. 2012. Enzyme-assisted extraction of antioxidative phenolics from grape (Vitis vinifera L.) residues. 3 Biotech, 2, 297-300.

138. Montibeller, M. J., de Lima Monteiro, P., Stoll, L., Tupuna-Yerovi, D. S., Rodrigues, E., Rodrigues, R. C., ... & Manfroi, V. 2019. Improvement of enzymatic assisted extraction conditions on anthocyanin recovery from different varieties of V. vinifera and V. labrusca grape pomaces. Food Analytical Methods, 12, 2056-2068.

139. Usman, I., Hussain, M., Imran, A., Afzaal, M., Saeed, F., Javed, M., Afzal, A., Ashfaq, I., Al Jbawi, E. & A. Saewan, S., 2022. Traditional and innovative approaches for the extraction of bioactive compounds. International Journal of Food Properties, 25(1), 1215-1233.

140. Pech-Almeida, J.L., Téllez-Pérez, C., Alonzo-Macías, M., Teresa-Martínez, G.D., Allaf, K., Allaf, T. & Cardador-Martínez, A., 2021. An overview on food applications of the instant controlled pressure-drop technology, an innovative high pressure-short time process. Molecules, 26(21), 6519.

141. Sánchez-Valdepeñas, V., Barrajón, E., Vegara, S., Funes, L., Martí, N., Valero, M. & Saura, D., 2015. Effect of instant controlled pressure drop (DIC) pre-treatment on conventional solvent extraction of phenolic compounds from grape stalk powder. Industrial Crops and Products, 76, 545-549.

142. Martínez-Meza, Y., Pérez-Jiménez, J., Rocha-Guzmán, N.E., Rodríguez-García, M.E., Alonzo-Macías, M. & Reynoso-Camacho, R., 2021a. Modification on the polyphenols and dietary fiber content of grape pomace by instant controlled pressure drop. Food Chemistry, 360, 130035

143. Martínez-Meza, Y., Pérez-Jiménez, J., Castaño-Tostado, E., Pérez-Ramírez, I.F., Alonzo-Macías, M. & Reynoso-Camacho, R., 2021b. Instant controlled pressure drop as a strategy to modify extractable and non-extractable phenolic compounds: A study in different grape pomace materials. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 70(23), 6911-6921.

144. Martínez-Meza, Y., Pérez-Jiménez, J., Salgado-Rodríguez, L.M., Castellanos-Jiménez, A.K. & Reynoso-Camacho, R., 2022. In vivo evaluation of the cardiometabolic potential of grape pomace: Effect of applying instant controlled pressure drop. Foods, 11(21), 3537

145. Šalaševičius A., Uždavinytė D., Visockis M., Ruzgys P. & Šatkauskas S. 2023. Comparative Analysis of Pulsed Electric Fields (PEF) and Traditional Pasteurization Techniques: Comparative Effects on Nutritional Attributes and Bacterial Viability in Milk and Whey Products. Applied Sciences, 13 (22): 12127. https://doi.org/10.3390/app132212127

146. Hariono B, Brilliantina A., Sari E.K.N., Kurnianto M.F., Erawantini F., Supriyono & Kautsar S. 2022. Pulsed Electric Field Application on Pasteurization of Orange Milk from Low Grade Orange: Study on Nutritional, Physical, Chemical Properties, and Total Microorganism. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 980 (1): 012041. https://doi.org/10.1088/1755-1315/980/1/012041

147. Rios-Corripio, Gabriela, Mariana Morales-de la Peña, Jorge Welti-Chanes, și José Ángel Guerrero-Beltrán. 2022. „Pulsed electric field processing of a pomegranate (Punica granatum L.) fermented beverage". Innovative Food Science & Emerging Technologies 79 (iulie):103045. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103045.

148. Barba, Francisco J., Zhenzhou Zhu, Mohamed Koubaa, Anderson S. Sant'Ana, și Vibeke Orlien. 2016. „Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review". Trends in Food Science & Technology 49 (martie):96-109. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.01.006.

149. Moreira, Sílvia A., Elisabete M. C. Alexandre, Manuela Pintado, și Jorge A. Saraiva. 2019. „Effect of emergent non-thermal extraction technologies on bioactive individual compounds profile from different plant materials". Food Research International 115 (ianuarie):177–90. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.046.

150. Redondo, Diego, María E. Venturini, Elisa Luengo, Javier Raso, și Esther Arias. 2018. „Pulsed electric fields as a green technology for the extraction of bioactive compounds from thinned peach by-products". Innovative Food Science & Emerging Technologies 45 (februarie):335–43. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.12.004.

151. Arshad, Rai Naveed, Zulkurnain Abdul-Malek, Abdullah Munir, Zolkafle Buntat, Mohd Hafizi Ahmad, Yanti M. M. Jusoh, Alaa El-Din Bekhit, Ume Roobab, Muhammad Faisal Manzoor, și Rana Muhammad Aadil. 2020. „Electrical systems for pulsed electric field applications in the food industry: An engineering perspective". Trends in Food Science & Technology 104 (octombrie):1–13. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.008

152. Barba, Francisco J., Oleksii Parniakov, Sofia A. Pereira, Artur Wiktor, Nabil Grimi, Nadia Boussetta, Jorge A. Saraiva, și colab. 2015. „Current applications and new opportunities for the use of pulsed electric fields in food science and industry". Food Research International, Innovative food processing technologies: chemical, nutritional and microbiological aspects, 77 (noiembrie):773–98. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.015.

153. Ou, Qi-Xing, Marija Nikolic-Jaric, și Michael Gänzle. 2017. „Mechanisms of inactivation of Candida humilis and Saccharomyces cerevisiae by pulsed electric fields". Bioelectrochemistry 115 (iunie):47–55. https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2016.12.005.

154. Koubaa, Mohamed, Elena Roselló-Soto, Jana Šic Žlabur, Anet Režek Jambrak, Mladen Brnčić, Nabil Grimi, Nadia Boussetta, și Francisco J. Barba. 2015. „Current and New Insights in the Sustainable and Green Recovery of Nutritionally Valuable Compounds from Stevia rebaudiana Bertoni". Journal of Agricultural and Food Chemistry 63 (31): 6835–46. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01994

155. Huang, Kang, Tingting Jiang, Wen Wang, Ling Gai, și Jianping Wang. 2014. „A Comparison of Pulsed Electric Field Resistance for Three Microorganisms with Different Biological Factors in Grape Juice via Numerical Simulation". Food and Bioprocess Technology 7 (7): 1981–95. https://doi.org/10.1007/s11947-014-1272-3.

156. Agarwal, Aparna, Imants Zudans, Emily A. Weber, Jessica Olofsson, Owe Orwar, și Stephen G. Weber. 2007. „Effect of Cell Size and Shape on Single-Cell Electroporation". Analytical Chemistry 79 (10): 3589–96. https://doi.org/10.1021/ac062049e.

157. Chen, C., S.W. Smye, M.P. Robinson, și J.A. Evans. 2006. „Membrane Electroporation Theories: A Review". Medical and Biological Engineering and Computing 44 (1): 5–14. https://doi.org/10.1007/s11517-005-0020-2.

158. Wan, Jason, John Coventry, Piotr Swiergon, Peerasak Sanguansri, și Cornelis Versteeg. 2009. „Advances in innovative processing technologies for microbial inactivation and enhancement of food safety – pulsed electric field and low-temperature plasma". Trends in Food Science & Technology, Natural and Safe Foods, 20 (9): 414–24. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.01.050

159. Ammelt, Dagmar, Alica Lammerskitten, Artur Wiktor, Francisco J Barba, Stefan Toepfl, și Oleksii Parniakov. 2021. „The impact of pulsed electric fields on quality parameters of freeze-dried red beets and pineapples". International Journal of Food Science and Technology 56 (4): 1777–87. https://doi.org/10.1111/ijfs.14803.

160. Hill, Kevin, Robin Ostermeier, Stefan Töpfl, și Volker Heinz. 2022. „Pulsed Electric Fields in the Potato Industry". În Pulsed Electric Fields Technology for the Food Industry: Fundamentals and Applications, ediție de Javier Raso, Volker Heinz, Ignacio Alvarez, și Stefan Toepfl, 325–35. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-70586-2_9.

161. Shorstkii, Ivan, Maxim Sosnin, Sergiy Smetana, Stefan Toepfl, Oleksii Parniakov, și Artur Wiktor. 2022. „Correlation of the cell disintegration index with Luikov's heat and mass transfer parameters for drying of pulsed electric field (PEF) pretreated plant materials". Journal of Food Engineering 316 (martie):110822. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110822.

162. Parniakov, Oleksii, Artur Wiktor, și Stefan Töpfl. 2021. „Application Concepts for PEF in Food and Biotechnology". În Innovative Food Processing Technologies : A Comprehensive Review, 160–72. Elsevier. https://opus.hs-osnabrueck.de/frontdoor/index/index/docId/5915

163. Han, Zhong, Meng-jie Cai, Jun-Hu Cheng, și Da-Wen Sun. 2018. „Effects of electric fields and electromagnetic wave on food protein structure and functionality: A review". Trends in Food Science & Technology 75 (mai):1–9. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.02.017.

164. Gómez, Belen, Paulo E. S. Munekata, Mohsen Gavahian, Francisco J. Barba, Francisco J. Martí-Quijal, Tomás Bolumar, Paulo Cezar Bastianello Campagnol, Igor Tomasevic, și Jose M. Lorenzo. 2019. „Application of pulsed electric fields in meat and fish processing industries: An overview". Food Research International 123 (septembrie):95–105. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.047

165. Redondo, Diego, María E. Venturini, Elisa Luengo, Javier Raso, și Esther Arias. 2018. „Pulsed electric fields as a green technology for the extraction of bioactive compounds from thinned peach by-products". Innovative Food Science & Emerging Technologies 45 (februarie):335–43. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.12.004.

166. Pataro, Gianpiero, Daniele Carullo, și Giovanna Ferrari. 2019. „Effect of Pef Pre-Treatment and Extraction Temperature on the Recovery of Carotenoids from Tomato Wastes". Chemical Engineering Transactions 75 (iunie):139–44. https://doi.org/10.3303/CET1975024.

167. Lemes, A. C., Egea, M. B., Oliveira Filho, J. G. D., Gautério, G. V., Ribeiro, B. D., & Coelho, M. A. Z. (2022). Biological approaches for extraction of bioactive compounds from agro-industrial by-products: a review. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 9, 802543

168. Buenrostro-Figueroa, J. J., Velázquez, M., Flores-Ortega, O., Ascacio-Valdés, J. A., Huerta-Ochoa, S., Aguilar, C. N., & Prado-Barragán, L. A. (2017). Solid state fermentation of fig (Ficus carica L.) by-products using fungi to obtain phenolic compounds with antioxidant activity and qualitative evaluation of phenolics obtained. Process Biochemistry, 62, 16-23

169. Reque, P. M., Pinilla, C. M. B., Gautério, G. V., Kalil, S. J., & Brandelli, A. (2019). Xylooligosaccharides production from wheat middlings bioprocessed with Bacillus subtilis. Food Research International, 126, 108673.

170. Nadar, S. S., Rao, P., & Rathod, V. K. (2018). Enzyme assisted extraction of biomolecules as an approach to novel extraction technology: A review. Food Research International, 108, 309-330.

171. Granato, D., Fidelis, M., Haapakoski, M., dos Santos Lima, A., Viil, J., Hellström, J., Rätsep, R., Kaldmäe, H., Bleive, U., Azevedo, L., Marjomäki, V., Zharkovsky, A. & Pap, N. (2022). Enzyme-assisted extraction of anthocyanins and other phenolic compounds from blackcurrant (Ribes nigrum L.) press cake: From processing to bioactivities. Food Chemistry, 391, 133240.

172. Wang, L., Luo, Y., Wu, Y., Liu, Y., & Wu, Z. (2018). Fermentation and complex enzyme hydrolysis for improving the total soluble phenolic contents, flavonoid aglycones contents and bio-activities of guava leaves tea. Food Chemistry, 264, 189-198.

173. Sadh, P. K., Kumar, S., Chawla, P., & Duhan, J. S. (2018). Fermentation: a boon for production of bioactive compounds by processing of food industries wastes (by-products). Molecules, 23(10), 2560.

174. Radenkovs, V., Juhnevica-Radenkova, K., Górnaś, P., & Seglina, D. (2018). Non-waste technology through the enzymatic hydrolysis of agro-industrial by-products. Trends in Food Science & Technology, 77, 64-76

175. Verma, P. (Ed.). (2022). Enzymes in the valorization of waste: enzymatic hydrolysis of waste for development of value-added products. CRC Press.

176. Barcelos, M. C., Ramos, C. L., Kuddus, M., Rodriguez-Couto, S., Srivastava, N., Ramteke, P. W., & Molina, G. (2020). Enzymatic potential for the valorization of agro-industrial by-products. Biotechnology Letters, 42, 1799-1827.

177. Taddia, A., Boggione, M. J., & Tubio, G. (2019). Screening of different agroindustrial by-products for industrial enzymes production by fermentation processes. International Journal of Food Science and Technology, 54(4), 1027-1035.

178. Díaz, A. B., Alvarado, O., De Ory, I., Caro, I., & Blandino, A. (2013). Valorization of grape pomace and orange peels: Improved production of hydrolytic enzymes for the clarification of orange juice. Food and Bioproducts Processing, 91(4), 580-586.

179. Poggi-Varaldo, H. M., Munoz-Paez, K. M., Escamilla-Alvarado, C., Robledo-Narváez, P. N., Ponce-Noyola, M. T., Calva-Calva, G., & Rinderknecht-Seijas, N. F. (2014). Biohydrogen, biomethane and bioelectricity as crucial components of biorefinery of organic wastes: a review. Waste Management & Research, 32(5), 353-365.

180. Satari, B., & Karimi, K. (2018). Citrus processing wastes: Environmental impacts, recent advances, and future perspectives in total valorization. Resources, Conservation and Recycling, 129, 153-167.

181. Onopiuk A., Półtorak A., Wojtasik-Kalinowska I., Szpicer A., Marcinkowska-Lesiak M., Pogorzelski G., Wierzbicka A. Impact of the Storage Atmosphere Enriched with Ozone on the Quality of Lycopersicon esculentum Tomatoes. J. Food Process. Preserv. 2019; 43:e14252. doi: 10.1111/jfpp.14252.

182. Kucuk O., Sarkar F., Sakr W., Djuric Z., Pollak M., Khachik F., Li Y.W., Banerjee M., Grignon D., Bertram J.S., et al. Phase II Randomized Clinical Trial of Lycopene Supplementation before Radical Prostatectomy. Cancer Epidemiol. Biomark. Prev. 2001;10:861–868.

183. Gates K.W. Food Allergen Testing: Molecular, Immunochemical, and Chromatographic Techniques, by George Siragakis and Dimosthenis Kizis. J. Aquat. Food Prod. Technol. 2015;24:632–635. doi: 10.1080/10498850.2015.1058733.

184. Asero R., Antonicelli L., Arena A., Bommarito L., Colombo G., Crivellaro M., De Carli M., Della-Torre E., Della Torre F., Heffler E., et al. Causes of Food-Induced Anaphylaxis in Italian Adults: A Multi-Centre Study. Int. Arch. Allergy Immunol. 2009;150:271–277. doi: 10.1159/000222679.

185. Bleumink E., Berrens L., Young E. Studies on the Atopic Allergen in Ripe Tomato Fruits. I. Isolation and Identification of the Allergen. Int. Arch. Allergy Appl. Immunol. 1966;302:132–145. doi: 10.1159/000229802.

186. Foetisch K., Son D., Altmann F., Aulepp H., Conti A., Haustein D., Vieths S. Tomato (Lycopersicon esculentum) Allergens in Pollen-Allergic Patients. Eur. Food Res. Technol. 2001;213:259–266. doi: 10.1007/s002170100343.

187. Kondo Y., Urisu A., Tokuda R. Identification and Characterization of the Allergens in the Tomato Fruit by Immunoblotting. Int. Arch. Allergy Immunol. 2001;126:294–299. doi: 10.1159/000049526.

188. Westphal S., Kolarich D., Foetisch K., Lauer I., Altmann F., Conti A., Crespo J., Rodríguez J., Enrique E., Vieths S., et al. Molecular Characterization and Allergenic Activity of Lyc e 2 (β-Fructofuranosidase), a Glycosylated Allergen of Tomato. Eur. J. Biochem. 2003;270:1327–1337. doi: 10.1046/j.1432-1033.2003.03503.x.

189. Asero R., Mistrello G., Roncarolo D., de Vries S.C., Gautier M.-F., Ciurana C.L.F., Verbeek E., Mohammadi T., Knul-Brettlova V., Akkerdaas J.H., et al. Lipid Transfer Protein: A Pan-Allergen

in Plant-Derived Foods That Is Highly Resistant to Pepsin Digestion. Int. Arch. Allergy Immunol. 2000;122:20–32. doi: 10.1159/000024355.

190. Włodarczyk K., Smolińska B., Majak I. omato Allergy: The Characterization of the Selected Allergens and Antioxidants of Tomato (Solanum lycopersicum)—A Review. 022 Mar 28;11(4):644. doi: 10.3390/antiox11040644

191. Dölle-Bierke S., Schwarz D., Lehmann K., Weckwerth W., George E., Worm M., Franken P. Tomato Allergy: Impact of Genotype and Environmental Factors on the Biological Response. J. Sci. Food Agric. 2011;91:2234–2240. doi: 10.1002/jsfa.4443.

192. Słowianek M., Skorupa M., Hallmann E., Rembialkowska E., Leszczynska J. Allergenic Potential of Tomatoes Cultivated in Organic and Conventional Systems. Plant Foods Hum. Nutr. 2016;71:35–41. doi: 10.1007/s11130-015-0520-7

193 Pravettoni V., Primavesi L., Piantanida M., Brenna O.V., Farioli L., Scibilia J., Mascheri A., Pastorello E.A. Tmoato Industrial Derivatives: Mallardo Reaction and Residual Allergenicity. Clin. Transl. Allergy. 2011;1:P19. doi: 10.1186/2045-7022-1-S1-P19.

193. Primavesi L., Pravettoni V., Brenna O.V., Farioli L., Pastorello E.A., Pompei C. Influence of Technological Processing on the Allergenicity of Tomato Products. Eur. Food Res. Technol. 2011;232:631–636. doi: 10.1007/s00217-011-1428-6.

194. Rodríguez, A.; Trujillo, M.J.; Matheu,Y.;Baeza,M.L.; Zapatero, L.; Martinez, M. Allergy to grape: a case report. Pediatric Allerg, Immunology, 200l, 12, 289 -290.

195. Pastorello, E.A.; Farioli, L.; Pravettoni, V.; Ortolani, C.; Fortunato, D.; Giuffrida, M.G.; Garoffo, L.P.; Calamari, A.M.; Brenna, O.; Conti, A. Identification of grape and wine allergens as an endochitinase 4, a lipid-transfer protein, and a thaumatin. j allergy clin immunol. 111(2), 350-359. doi:10.067/mai.2003.35

196. Pastorello, E.A.; Farioli, L.; Pravettoni, V.; Ortolani, C.; Fortunato, D.; Giuffrida, M.G.; Garoffo, L.P.; Calamari, A.M.; Brenna, O'; Conti, A. Identification of grape and wine allergens as an endochitinase 4, a lipidtransfer protein, and a thaumatin. Journql of Allergt and Clinical Immunology, 2003, 7l 1, 350-59.

197. Guinnepain, M.T.; Rassemont, R.; Claude, M.F.; Laurent, J. Oral allergy syndrome (OAS) to grapes. Allergy, 1998, 53, 1225.

198. Dutau, G.; Rancé, F. Exercice and food-induced anaphylaxis. Revue frangaise d'allergologie et d'immunologie Clinique, 2007, 47, 47-54.

## 9. Subproduse din industria alimentară

În contextul bioeconomiei circulare și al nutriției funcționale, subprodusele agroalimentare – adesea tratate ca deșeuri – reprezintă o sursă valoroasă de compuși bioactivi cu potențial de a influența în mod pozitiv sănătatea umană prin modularea microbiomului intestinal. Microbiomul, compus din trilione de microorganisme ce colonizează intestinul uman, joacă un rol esențial în digestie, imunitate, metabolism și chiar reglarea epigenetică. Utilizarea inteligentă a subproduselor alimentare precum resturi de afine, drojdie de vin, frunze de conopidă, germeni de grâu, resturi de cătină, turte de ulei și coji de morcovi poate transforma deșeurile în ingrediente funcționale cu efect prebiotic.

Afinele, în special pielițele și semințele rămase după procesarea sucurilor sau gemurilor, sunt bogate în antocianine, fibre și polifenoli. Studiile arată că aceste componente stimulează creșterea speciilor benefice de Bifidobacterium și Lactobacillus și reduc patogenii intestinali. În plus, polifenolii pot interacționa cu microbiomul într-o manieră bidirecțională: bacteriile le pot metaboliza în compuși bioactivi, iar aceștia, la rândul lor, modelează compoziția microbiotei. Astfel, resturile de afine pot fi utilizate ca ingrediente prebiotice în alimente funcționale.

Drojdia de vin (Saccharomyces cerevisiae), un reziduu fermentativ bogat în β-glucani, proteine și vitamine din complexul B, susține integritatea barierei intestinale și activează celulele imune prin interacțiuni cu receptorii PRR (pattern recognition receptors). β-glucanii funcționează ca prebiotice, stimulând producerea de acizi grași cu lanț scurt (SCFA), în special butirat, care are efecte antiinflamatorii și regeneratoare asupra epiteliului intestinal.

Frunzele și tulpinile de conopidă și broccoli, de obicei eliminate, conțin fibre insolubile, sulforafan și alți izotiocianați cu rol în reducerea inflamației intestinale. Aceste legume crucifere au fost asociate cu creșterea abundentă a speciilor Akkermansia muciniphila și Faecalibacterium prausnitzii, bacterii corelate cu un status metabolic și imun optim. Sulforafanul are și potențial epigenetic prin inhibarea histon-deacetilazelor (HDAC), ceea ce poate modula expresia genică la nivel intestinal.

Germenii de grâu, o sursă concentrată de tocoferoli, acizi grași și fitosteroli, susțin microbiomul prin furnizarea de fibre și antioxidanți. Suplimentarea cu germeni de grâu a demonstrat efecte benefice asupra diversității microbiotei și asupra markerilor de inflamație sistemică, inclusiv proteina C reactiva și IL-6.

Cătina, bogată în carotenoizi și acizi grași polinesaturați, oferă subproduse cu potențial prebiotic și antiinflamator. Resturile de cătină pot fi utilizate pentru dezvoltarea de produse cu rol în restabilirea eubiozei în sindroame de intestin iritabil sau disbioză metabolică. Uleiul extras din semințele de cătină influențează, de asemenea, integritatea mucoasei și microbiota intestinală.

Turtele de ulei din semințe oleaginoase, deși utilizate în hrana animalelor, sunt bogate în fibre și proteine vegetale. Acestea pot fi introduse în dieta umană sub formă de ingrediente de panificație, crescând aportul de substraturi fermentabile pentru microbiomul intestinal.

Cojile și capetele de morcovi, deseuri comune în industrie, sunt bogate în beta-caroten, fibre solubile și poliacetilene. Aceste componente favorizează dezvoltarea speciilor producătoare de SCFA și au potențial de reglare a răspunsului inflamator intestinal.

Prin urmare, transformarea acestor resurse în ingrediente funcționale nu doar că reduce risipa alimentară, dar contribuie activ la sănătatea umană prin modularea pozitivă a microbiomului. În plus, efectele indirecte asupra expresiei genice

(epigenetice) – prin SCFA, polifenoli sau izotiocianați – susțin rolul acestor produse în prevenția bolilor metabolice, autoimune și chiar neurodegenerative.
Integrarea acestor surse în dezvoltarea de alimente funcționale și suplimente reprezintă o strategie concretă de implementare a bioeconomiei circulare în sectorul alimentar și medical.

Pe lângă efectele prebiotice și benefice asupra microbiomului intestinal, mai multe dintre subprodusele agroalimentare analizate prezintă și activitate antimicrobiană, datorită conținutului ridicat de compuși bioactivi precum polifenoli, flavonoide, acizi fenolici, taninuri și terpene. Acești compuși sunt capabili să inhibe creșterea microorganismelor patogene și să moduleze astfel echilibrul microbiomului în favoarea bacteriilor benefice.

Tescovina de afine și resturile de cătină sunt bogate în antocianine și flavonoide, care s-au dovedit eficiente împotriva tulpinilor patogene de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* sau *Salmonella spp*. Aceste proprietăți antimicrobiene contribuie indirect la menținerea homeostaziei intestinale prin limitarea colonizării bacteriilor oportuniste.

Drojdiile reziduale de vinificație, prin metaboliții secretați (ex. acizi organici, compuși volatili), pot genera un mediu ostil pentru microorganismele patogene și pot avea efecte sinergice cu alte ingrediente antimicrobiene naturale.

Pudrele vegetale din conopidă/broccoli și germeni de grâu conțin glucosinolați și fitosteroli cu potențial antimicrobian demonstrat, inclusiv în inhibarea formării biofilmelor bacteriene.

Aceste capacități antimicrobiene pot fi valorificate atât în produse alimentare funcționale (pentru conservare naturală), cât și în aplicații nutraceutice și farmaceutice, având potențialul de a reduce utilizarea aditivilor sintetici sau a antibioticelor de uz profilactic. Mai mult, ele pot susține dezvoltarea unor noi strategii de prevenție împotriva infecțiilor intestinale, prin menținerea unui microbiom sănătos și echilibrat.

Abordarea One Health, care integrează sănătatea umană, animală și a ecosistemelor, este esențială în evaluarea impactului subproduselor agroalimentare asupra microbiomului și sănătății generale. Valorificarea sustenabilă a resurselor agroalimentare neutilizate – precum pielițele și semințele de afine, drojdia de vin, coaja de morcov, turtele de ulei sau resturile de conopidă – se înscrie într-o paradigmă care susține reducerea risipei alimentare, reutilizarea resurselor naturale și protejarea ecosistemelor. Subprodusele agroalimentare sunt surse valoroase de compuși prebiotici, antioxidanți și antimicrobieni care susțin un microbiom intestinal echilibrat,

contribuind astfel la prevenirea bolilor cronice precum diabetul, obezitatea sau bolile inflamatorii intestinale – patologii în care dereglările microbiomului joacă un rol esențial. Totodată, resturile vegetale, în special cele bogate în fibre și compuși bioactivi (precum tescovina de afine sau germenii de grâu), pot fi incluse în hrana animalelor, unde contribuie la îmbunătățirea digestibilității, la echilibrarea microbiotei intestinale și la reducerea utilizării antibioticelor, o preocupare majoră în contextul rezistenței antimicrobiene. Reutilizarea acestor subproduse are un impact pozitiv și asupra mediului, contribuind la reducerea poluării solului și apei asociate cu eliminarea deșeurilor agroindustriale și susținând cicluri circulare de producție, cu emisii de carbon mai scăzute. De asemenea, anumite reziduuri, cum ar fi drojdia de vin sau tescovina, pot fi utilizate în biotehnologii verzi precum compostarea, biofertilizarea sau producerea de bioenergie, reducând presiunea asupra resurselor naturale. Prin urmare, promovarea utilizării inteligente a acestor resurse într-un cadru One Health contribuie la crearea de lanțuri alimentare durabile, reducerea rezistenței antimicrobiene prin mecanisme naturale, protejarea echilibrului ecologic și susținerea sănătății colective a oamenilor, animalelor și mediului.

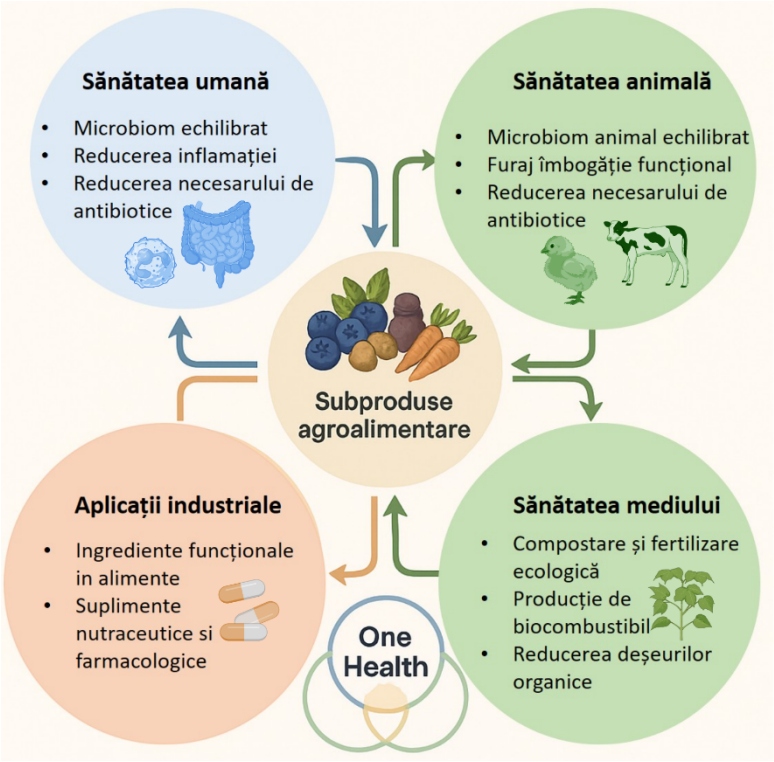



***Figura 9.1.*** Conceptul One health

Pe lângă beneficiile nutriționale directe și efectele prebiotice și antimicrobiene, tot mai multe cercetări explorează și potențialul epigenetic al compușilor bioactivi

extrași din reziduuri agroalimentare precum afinele, tescovina, drojdia de vin sau germenii de grâu. Compuși precum polifenolii, acidul ferulic, antocianinele, resveratrolul sau catechinele pot modula expresia genelor implicate în inflamație, metabolism sau răspunsul imun prin mecanisme epigenetice, precum metilarea ADN-ului, modificări ale histonelor sau reglarea microARN-urilor. De exemplu, s-a demonstrat că resveratrolul și extractele de afine pot inhiba expresia genelor proinflamatorii prin demetilarea promotorilor genici și acetilarea histonelor, îmbunătățind profilul inflamator și insulinorezistența la nivel intestinal. La interfața cu microbiomul, acești compuși influențează și activitatea bacteriilor intestinale, care la rândul lor contribuie la modificări epigenetice prin producția de metaboliți precum butiratul, cu rol în inhibarea histon-deacetilazelor (HDAC). Astfel, valorificarea acestor resurse într-o paradigmă One Health nu doar reduce risipa alimentară și susține sustenabilitatea mediului, ci oferă și intervenții alimentare epigenetice, capabile să moduleze expresia genică într-un mod favorabil pentru prevenția bolilor cronice netransmisibile, precum cancerul colorectal, diabetul de tip 2 sau bolile cardiovasculare.

### Bibliografie

1. Abid R, Waseem H, Ali J, Ghazanfar S, Muhammad Ali G, Elasbali AM, Alharethi SH. Probiotic Yeast Saccharomyces: Back to Nature to Improve Human Health. J Fungi (Basel). 2022 Apr 24;8(5):444. doi: 10.3390/jof8050444.
2. Parkar, S. G., Stevenson, D. E., & Skinner, M. A. (2008). The potential influence of fruit polyphenols on colonic microflora and human gut health. International Journal of Food Microbiology, 124(3), 295–298.
3. Syed RU, Moni SS, Break MKB, Khojali WMA, Jafar M, Alshammari MD, Abdelsalam K, Taymour S, Alreshidi KSM, Elhassan Taha MM, Mohan S. Broccoli: A Multi-Faceted Vegetable for Health: An In-Depth Review of Its Nutritional Attributes, Antimicrobial Abilities, and Anti-inflammatory Properties. Antibiotics (Basel). 2023 Jul 7;12(7):1157. doi: 10.3390/antibiotics12071157
4. Mazanko, M., Prazdnova, E., Statsenko, V., Bren, A., Rudoy, D., Maltseva, T., Chistyakov, V., & Chikindas, M. (2023). Oil Cakes of Essential Oil Plants as a Source of Prebiotics for Poultry Production. Agriculture, 13(3), 591. https://doi.org/10.3390/agriculture13030591

## 9.1. Subproduse rezultate la procesarea tomatelor (*Solanum lycopersicum*)

**Alergeni din tomate**

Tomatele (*Solanum lycopersicum*) conțin 7 alergeni majori, fiecare cu structură și importanță clinică diferită, conform bazei de date IUIS și a nomenclatorului oficial al alergenilor vegetali (Tabel 10). Dintre proteine alergenice identificate în tomate, cele mai importante din punct de vedere clinic sunt cele din familia **proteinelor de transfer**

**lipidic nespecific (Sola l 3, Sola l 6 și Sola l 7), profilinelor (Sola l 1) și PR-10 (Sola l 4)** (Dramburg et al, 2023).

***Tabelul 9. 1.*** Alergeni din toamate conform IUIS Allergen Database (www.allergen.org Dec 2021)

| Denumire | Tip de proteină | Greutate moleculară (kDa) | Prevalență sau observații clinice |
|---|---|---|---|
| **Sola l 1** | Profilină | 14 kDa | 32% din pacienții testați |
| **Sola l 2** | Beta-fructofuranosidază | 50 kDa | 4 din 10 pacienți cu sensibilizare la CCD (determinată de carbohidrați) |
| **Sola l 3** | nsLTP tip 1 | 9 kDa | Date nepublicate |
| **Sola l 4** | PR-10 (proteină legată de patogeneză, TSI-1) | 20 kDa | 76%; asociată cu sensibilizarea la Bet v 1 (alergenul principal din mesteacăn) |
| **Sola l 5** | Ciclofilină | 19 kDa | Date nepublicate |
| **Sola l 6** | nsLTP tip 2 | 7 kDa | 71% sensibilizare |
| **Sola l 7** | nsLTP tip 1 | 13 kDa | 71% sensibilizare |

**Sola l 3, Sola l 6 și Sola l 7** sunt proteine de tip nsLTP, stabile termic și rezistente la digestie, care pot fi prezente atât în **semințele de roșii**, cât și **în pielițe (coajă). Sola l 7,** identificată în **semințele de roșii**, are cea mai mare rezistență la denaturare termică și digestie enzimatică. Studiile *in vitro* au evidențiat că această proteină își păstrează capacitatea de legare IgE și de activare a celulelor imune chiar și după expunere la condiții simulate de digestie gastrointestinală (Martín-Pedraza et al., 2021). **Sola l 6**, indentificată în **semințele de roșii**, prezintă o stabilitate digestivă mai redusă comparativ cu Sola l 7 și un risc mai mic de inducere a reacțiilor sistemice severe. **Sola l 3,** identificată în **pielițe** este mai susceptibilă la degradare digestivă. Astfel, subprodusele precum **semințele sau pielițele**, care sunt uneori incluse în alimente funcționale sau produse "upcycled", constituie o **sursă importantă de alergeni alimentari stabili prin conținutul lor de LTP-uri**. Aceste molecule sunt implicate în **reacții alergice severe**, inclusiv anafilaxie, Ele rămân active chiar și în alimente procesate termic, precum sosuri, ketchup sau pastă de tomate. (Dramburg et al., 2023).

**Sola l 1** face parte din familia de pan-alergene a profilinelor care au un potențial ridicat de reacție încrucișată între alimente și polenuri. Fiind termolabilă, se degradează prin prelucrare termică, motiv pentru care pacienții sensibilizați reacționează adesea doar la tomate crude. (Dramburg et al., 2023). Reacțiile alergice induse de Sola l 1 sunt ușoare de tipul sindromului de alergie orală (OAS) (Haidar L, et al, 2025) și se întalnește frecvent la pacienții cu sensibilizare la polenuri cum ar fi mesteacăn sau gramine.

**Sola l 4** este o proteină din familia PR-10, omoloagă cu Bet v 1 din polenul de mesteacăn. Este labilă termic și provoacă reacții ușoare, limitate la nivelul cavității bucale. (Dramburg et al., 2023). Este responsabilă pentru reacții încrucișate între tomate și alte fructe sau legume (măr, morcov, țelină).

**Reactivitatea încrucișată (cross-reactivitate) a alergenilor din tomate**

Pacienții sensibilizați la profilină (**Sola l 1**) pot dezvolta reacții alergice încrucișate la alte fructe și legume care conțin profiline, inclusiv pepene(Cuc m 2), banană (Mus a 1), citrice (Cit s 2 ) și kiwi (Act d 9), precum și la polenuri de graminee și mesteacăn. (Włodarczyk K et al, 2022; Dramburg et al, 2023).

**Sola l 3**, proteina nsLTP din tomate poate induce reacții alergice încrucișate la cu proteine similare din piersică (Pru p 3), viță de vie (Vit v 1), arahide (Ara h 9), nuci (Jug r 3) și telină (Api g 2). Acest tip de coss-reactivitate este asociată cu reacții alergice sistemice și necesită evitarea completă a alimentului implicat.

Componenta moleculară **Sola l 4,** din familia PR-10, este omoloagă cu Bet v 1, având cross-reactivitate cu proteine din măr (Mal d 1), morcov (Dau c 1), țelină (Api g 1) și alun (Cor a 1), fiind frecvent responsabil pentru inducerea sindromului de alergie orală.

**Subproduse cu risc alergenic pe bază de tomate**

Alergenii din tomate pot fi regăsiți în numeroase produse alimentare procesate: sosuri (bolognese, pentru pizza), ketchup, pastă de tomate, supe conservate sau instant, pulberi de condimente și produse vegane semipreparate.

De multe ori, tomatele sunt prezente sub formă de "extracte vegetale", "arome naturale" sau "concentrat de legume", ceea ce poate masca prezența alergenilor pentru consumatorii alergici. În conformitate cu Regulamentul UE 1169/2011, tomatele nu sunt incluse în lista celor 14 alergeni majori și nu beneficiază de etichetare obligatorie în acest moment.

Astfel, alergenii din tomate, în special **nsLTP-urile**, reprezintă un risc alimentar emergent în cadrul produselor procesate și trebuie incluși în analiza de risc efectuată în METROFOOD-RO. Se recomandă monitorizarea produselor alimentare industriale care conțin tomate, utilizarea testării moleculare (CRD – diagnosticul bazat pe componente) în laboratoare de specialitate și dezvoltarea unor ghiduri care să ajute industria alimentară să prevină expunerea involuntară a consumatorilor alergici (EAACI. MAUG 2.0 – Molecular Allergology User's Guide. 2022).

## 9.2. Subproduse rezultate la procesarea strugurilor

Utilizarea subproduselor agroalimentare provenite din **struguri** (coji, semințe, tescovină, must concentrat), a cunoscut o creștere semnificativă în industria

alimentară și cosmetică, fiind promovate pentru valoarea lor nutrițională, conținutul de antioxidanți și fibre. Aceste ingrediente secundare pot reprezenta o sursă de alergeni alimentari, în special în absența unor proceduri standardizate de procesare și purificare. În cazul strugurilor, deși alergia la fructul integral este considerată rară, proteinele implicate în sensibilizare (precum proteinele de transfer lipidic – LTP, exemplu **Vit v 1**) au fost identificate ca fiind termostabile și rezistente la digestie, crescând astfel riscul de reacții sistemice, inclusiv anafilaxie. Subprodusele concentrate (cum ar fi extractele sau pulberile din semințe de struguri) pot conține cantități variabile de proteine bioactive, în funcție de soiul de strugure, condițiile de cultivare, fermentație și tehnologiile de extracție utilizate. Variabilitatea acestor factori complică evaluarea riscului alergenic și impune o atenție sporită în etichetarea produselor finite care conțin derivate din struguri, în special în cazul suplimentelor, snackurilor funcționale și băuturilor vegane. Evaluarea IgE-mediată a sensibilizării la aceste produse rămâne un domeniu emergent, necesitând studii suplimentare privind reactivitatea încrucișată cu alți alergeni alimentari și potențialul lor de declanșare a reacțiilor severe la pacienții atopici (EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed).

Procesarea strugurilor generează tescovină - amestecul de **pielițe, semințe și pulpă reziduală** rezultat după extragerea sucului sau vinificație. Aceste produse bogate în fibre, proteine (circa 8–12% din masa uscată) și compuși polifenolici sunt din ce în ce mai des valorificate în alimentație pentru beneficiile nutriționale (Kurćubić et al., 2024). Prezența proteinelor din tescovină ridică problema potențialului alergenic, întrucât strugurii conțin alergeni proteici ce pot persista în aceste reziduuri.

În cele ce urmează sunt analizați principalii alergeni ai strugurilor prezenți în pielițe și semințe, mecanismele reacțiilor alergice pe care le pot declanșa, precum și riscurile de reacții încrucișate asociate consumului de ingrediente derivate din tescovină.

**Alergenii majori din struguri și tescovină**

Studiile imunologice au identificat în struguri mai multe clase principale de alergeni.

***Tabelul 9.2.*** Alergenii din struguri conform Thermo Fisher Scientific Allergen Database

| **Denumire** | **Tipul de proteină și greutate moleculară kDA** |
|---|---|
| Vit v 1 | proteină de transfer lipidic de 15 kDa |
| Vit v 4 | profilină de 14 kDa |
| Vit v 5 | proteină asemănătoare chitinazei de 30 kDa |
| Vit v Thaumatin | proteină asemănătoare thaumatinului de 24 kDa |
| Vit v Glucanase | proteină beta-1,3-glucanază de 39 kDa |

**Vit v 1 - proteină de transfer lipidic (nsLTP)** reprezintă un alergen major din struguri. Această proteină relativ mică (~15 kDa) este foarte stabilă (are 4 punți disulfurice) și rezistentă la tratamente termice și digestie, proprietăți care o fac un alergen alimentar capabil să declanșeze reacții alergice severe. LTP-urile sunt abundente mai ales în **pielițele și semințele fructelor** - fapt relevant deoarece tescovina conține exact aceste componente. Într-un studiu clinic, LTP-urile din strugure au fost recunoscute de IgE la ~71% dintre pacienții cu alergie la struguri/vin (Pastorello EA et al., 2003).

**Vit v 5 - endochitinaza 4A** , o enzimă de tip chitinază (~30 kDa), constituie al doilea alergen major identificat în struguri. Chitinazele vegetale (proteine de apărare de tip PR) sunt prezente în cantitate semnificativă în struguri – până la 50% din proteinele solubile din pulpă – și se regăsesc în vinurile tinere (recent îmbuteliate), dovadă că aceste proteine persistă pe parcursul proceselor de vinificație. În mod similar, este de așteptat ca tescovina (care reține partea solidă a strugurilor) să conțină cantități importante de chitinaze alergenice (Hassan AK et al.,2016).

**Vit v Thaumatin - proteină de tip thaumatin-like** (~24 kDa, PR-5) a fost identificată ca alergen minor în struguri, fiind prezentă atât în boabele de strugure cât și în vin. Aceste alergene sunt stabile termic și la digestie enzimatică, astfel că pot provoca reacții sistemice severe, mergând până la anafilaxie la pacienții sensibilizați.

**Vit v 4 - profilina**, o proteină pan-alergenică (~14 kDa) implicată în structura citoscheletului vegetal, este probabil prezentă și în struguri (ca în majoritatea plantelor). Deși profilinele din fructe nu au fost raportate ca alergeni majori ai strugurelui, ele pot contribui la declanșarea reacțiilor încrucișate la persoanele sensibilizate la polenuri. Ca și în cazul profilinelor din tomate, Vit v 4 este labilă termic, cauzând de obicei simptome ușoare de tip sindrom de alergie orală la consumul de struguri neprocesați termic (Hassan AK et al.,2016).

Având în vedere compoziția de mai sus, ingredientele alimentare derivate din **tescovină** (**pulberi din semințe/pielițe, extracte brute** etc.) pot conține toți alergenii menționați. Stabilitatea acestor proteine este, în general, ridicată: de exemplu, s-a observat că LTP-urile și endochitinaza strugurelui rămân intacte chiar și după tratamentele de fermentație și stabilizare a vinului. Există cazuri raportate de pacienți alergici la struguri care au tolerat pulpa de fruct, dar au dezvoltat anafilaxie după consumul de suc nepasteurizat care conținea urme de semințe, indicând faptul că reacția alergică severă a fost indusă de alergenii concentrați în semințe/pielițe (precum LTP) (Murad et al., 2016). Astfel, **utilizarea produselor derivate din struguri în alimentație sau sub formă de suplimente** (ex. **făină din semințe de struguri adăugată în produse de panificație**) trebuie evaluată atent din perspectiva alergenicității.

## Bibliografie

1. Alcoceba Borràs E, Botey Faraudo E, Gaig Jané P, Bartolomé Zavala B. Alcohol-induced anaphylaxis to grapes. Allergol Immunopathol (Madr). 2007 Jul-Aug;35(4):159-61. doi: 10.1157/13108228. PMID: 17663926.
2. Asero R, Mistrello G, Roncarolo D, Amato S. Detection of some safe plant-derived foods for LTP-allergic patients. Int Arch Allergy Immunol. 2007;144(1):57-63. doi: 10.1159/000102615. Epub 2007 May 14. PMID: 17505138.
3. Cuadrado, C., Rodríguez, J., Sánchez-Monge, R., & Salcedo, G. (2021). Nut Allergenicity: Effect of Food Processing. Allergies, 1(3), 1–17. https://doi.org/10.3390/allergies1030014
4. Dramburg S, Hilger C, Santos AF, et al. EAACI Molecular Allergology User's Guide 2.0. Pediatr Allergy Immunol. 2023 Mar;34 Suppl 28:e13854. doi: 10.1111/pai.13854. PMID: 37186333
5. EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP). Safety and efficacy of dry grape extract when used as a feed flavouring for all animal species and categories. EFSA Journal. 2016;14(6):4476. doi:10.2903/j.efsa.2016.4476
6. EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA). Safety of a yellow/orange tomato extract. EFSA Journal. 2023;21(4):e07994)
7. European Commission. Farm to Fork Strategy. European Union, https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en. Accessed 24 May 2025.
8. Hassan AK, Venkatesh YP. An overview of fruit allergy and the causative allergens. Eur Ann Allergy Clin Immunol. 2015 Nov;47(6):180-7. Erratum in: Eur Ann Allergy Clin Immunol. 2016 Jan;48(1):31. PMID: 26549334.
9. Haidar L, et al. Pollen-Food Allergy Syndrome: Allergens, Clinical Insights, Diagnostic and Therapeutic Challenges. Appl. Sci. 2025, 15, 66. https://doi.org/10.3390/app15010066
10. https://efsa.onlinelibrary.wiley.com
11. IUIS Allergen Nomenclature. www.allergen.org Dec 2021
12. Kurćubić, V.S.; Stanišić, N.; Stajić, S.B.; Dmitrić, M.; Živković, S.; Kurćubić, L.V.; Živković, V.; Jakovljević, V.; Mašković, P.Z.; Mašković, J. Valorizing Grape Pomace: A Review of Applications, Nutritional Benefits, and Potential in Functional Food Development. *Foods* **2024**, *13*, 4169. https://doi.org/10.3390/foods13244169
13. Leonard, SA., et al. Manufacturing processes of peanut (Arachis hypogaea) allergen powder-dnfp. *Front Allergy*. 2022;3:1004056. doi:10.3389/falgy.2022.1004056
14. Linglin Fu et al, Detection and Quantification Methods for Food Allergens 2019
15. Martín-Pedraza, L., et al. (2021). IgE-Reactivity Pattern of Tomato Seed and Peel Nonspecific Lipid-Transfer Proteins after in Vitro Gastrointestinal Digestion. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 69(3), 875–885. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c06241
16. Murad, Ari1; Katelaris, Constance H2; Baumgart, Karl3. A case study of apple seed and grape allergy with sensitisation to nonspecific lipid transfer protein. Asia Pacific Allergy 6(2):p 129-132, April 2016. | DOI: 10.5415/apallergy.2016.6.2.129
17. Mendes C, Costa J, Vicente AA, Oliveira MBPP, Mafra I. Cashew Nut Allergy: Clinical Relevance and Allergen Characterisation. Clin Rev Allergy Immunol. 2019 Aug;57(1):1-22. doi: 10.1007/s12016-016-8580-5. PMID: 27585580.
18. Monaci et al, Mass Spectrometry in Food Allergen Research, 2015 in Comprehensive Analytical Chemistry Volume 68, Pages 359-393
19. Remington B, Broekman HCH, Blom WM, Capt A, Crevel RWR, Dimitrov I, Faeste CK, Fernandez-Canton R, Giavi S, Houben GF, Glenn KC, Madsen CB, Kruizinga AK, Constable A. Approaches to assess IgE mediated allergy risks (sensitization and cross-reactivity) from new or modified dietary proteins. Food Chem Toxicol. 2018 Feb;112:97-107. doi: 10.1016/j.fct.2017.12.025. Epub 2017 Dec 16. PMID: 29258956.
20. Panaitescu C, et al. Precision medicine in the allergy clinic: the application of component resolved diagnosis. Expert Rev Clin Immunol. 2022;18(2):145-162. doi: 10.1080/1744666X.2022.2034501

21. Pastorello EA, Farioli L, Pravettoni V, Ortolani C, Fortunato D, Giuffrida MG, Perono Garoffo L, Calamari AM, Brenna O, Conti A. Identification of grape and wine allergens as an endochitinase 4, a lipid-transfer protein, and a thaumatin. J Allergy Clin Immunol. 2003 Feb;111(2):350-9. doi: 10.1067/mai.2003.35. PMID: 12589356.
22. Pi, X., et al. Recent advances in alleviating food allergenicity through fermentation. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 62(5), 1143–1156. https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1913093
23. Scheurer, S., et al. The Role of Lipid Transfer Proteins as Food and Pollen Allergens Outside the Mediterranean Area. Current Allergy and Asthma Reports, 21(2), 7. https://doi.org/10.1007/s11882-021-00982-1
24. Swaraj, A., et al. Sustainable food upcycling: perspectives on manufacturing challenges and certification requirements for large-scale commercialization. Sustainable Food Technology, https://doi.org/10.1039/D4FB00254G
25. Thermo Fisher Scientific Allergen Database: *Grape (Vitis vinifera) - Allergen f259*. (accessed 2025).
26. Treudler R. Emerging and Novel Elicitors of Anaphylaxis: Collegium Internationale Allergologicum Update 2024. Int Arch Allergy Immunol. 2024;185(8):794-802. doi: 10.1159/000537958. Epub 2024 Mar 25. PMID: 38527454.
27. Verhoeckx K, Broekman H, Knulst A, Houben G. Allergenicity assessment strategy for novel food proteins and protein sources. Regul Toxicol Pharmacol. 2016 Aug;79:118-124. doi: 10.1016/j.yrtph.2016.03.016. Epub 2016 Mar 21. PMID: 27012375.
28. Włodarczyk K, Smolińska B, Majak I. Tomato Allergy: The Characterization of the Selected Allergens and Antioxidants of Tomato (Solanum lycopersicum)-A Review. Antioxidants (Basel). 2022 Mar 28;11(4):644. doi: 10.3390/antiox11040644. PMID: 35453329; PMCID: PMC9031248

# 10. Identificare tehnologii de extracție alternative și biotehnologii alimentare pentru procesarea subproduselor stabilite

## 10.1. Extracție asistată de microunde

### Introducere

Extracția cu solvenți a probelor solide este o metodă nedistructivă de preparare a probelor pentru separarea amestecurilor prin exploatarea diferențelor de solubilitate a componentelor (Dmitrienko *et al.*, 2024). Prin alegerea solvenților potriviți, ajutați de încălzire, analiții de interes – compuși biologic activi, coloranți organici, arome etc. – sunt transferați în solvent și pot fi analizați direct după separarea fazelor.

Metodele clasice de extracție solid-lichid, de exemplu Soxhlet, au mai multe dezavantaje: durată mare, timpii de extracție variind de la ore la zile, necesită cantități mari de solvenți, iar posibilitățile de automatizare sunt limitate.

Pentru reducerea sau eliminarea dezavantajelor extracției clasice, aau fost dezvoltate tehnici diverse, cele mai populare fiind extracția accelerată cu solvent (*accelerated solvent extraction*¸ ASE) și extracția asistată de microunde (*Microwave-assisted extraction*, MAE).

MAE este o tehnică dezvoltată la sfârșitul anilor 1980 ca urmare a studiilor de digestie în câmp de microunde efectuate de Gedye *et al.* (1986) care au observat că utilizarea microundelor pentru a încălzi solvenți sau acizi în vase închise a dus la temperaturi mult mai mari decât punctele de fierbere atmosferice ale lichidelor datorită modului special în care microundele induc căldură.

Pe o placă de încălzire standard sau un sistem de încălzire cu manta de încălzire, căldura este transferată de la placă, prin pereții vasului, apoi în lichidul conținut în acesta. Acesta este un proces relativ lent, care are ca rezultat un gradient de temperatură astfel că lichidul este cel mai fierbinte în apropiere de pereții vasului și cel mai rece în centru. În schimb, în câmp de microunde, moleculele din lichid sunt excitate, provocând încălzire fie prin rotația dipolilor, fie prin încărcături în moleculele lichidului. Microundele au o lungime de undă specifică de 12,2 cm sau o frecvență de 2,45 GHz setată astfel încât să nu interfereze cu rețelele radar și de telecomunicații. Prezența unui câmp electric generat de microunde determină alinierea moleculelor polare cu câmpul. Întrucât câmpurile cu microunde oscilează, moleculele se aliniază și se relaxează concomitent cu oscilațiile câmpului electromagnetic, iar energia disipată în timpul acestor mișcări are ca efect încălzirea (Dean & Cresswell, 2002).

Parametrul fizic care descrie capacitatea unui material de a se încălzi atunci când este plasat în câmpul cu microunde, este denumit coeficient de pierdere dielectrică. Cu cât valoarea acestui coeficient este mai mare, cu atât solventul este mai polar și cu atât este mai mare capacitatea sa de a transforma energia electromagnetică în căldură prin mișcare mecanică. Pentru ca încălzirea cu microunde să aibă loc, trebuie utilizată una dintre următoarele trei condiții: (1) un singur solvent sau amestec de solvenți care au coeficienți de pierderi dielectrice mari; (2) un amestec de solvenți cu coeficienți de pierdere dielectrică mari și mici; (3) o probă sensibilă la microunde care are o pierdere dielectrică mare într-un solvent cu pierderi dielectrice scăzute.

Prin utilizarea energiei microundelor în combinație cu agitarea magnetică eficientă, MAE încălzește solvenții și probele rapid, reducând timpul de extracție la 15 - 30 min și reducând la minimum consumul de solvenți în comparație cu metodele tradiționale. În special reducerea consumului de solvenți la minimum duce la economii substanțiale ale costurilor de funcționare în comparație cu alte sisteme de extracție.

De asemenea, această tehnică modernă îmbunătățește randamentele de extracție și selectivitatea, păstrând compușii sensibili, ceea ce o face ideală în aplicații pentru produse farmaceutice, alimente și analize de mediu.

MAE este o metodă rapidă, eficientă și prietenoasă cu mediul utilizată pentru extragerea compușilor organici din diverse materii, precum ierburi, flori, fructe, semințe, organisme marine, materiale plastice, soluri și nămol.

## Utilizarea MAE pentru extracția compușilor bioactivi din matrice vegetale

Extracția asistată de microunde (*microwave-assisted extraction*, MAE) este o tehnică utilizată pentru extracția unei mari varietăți de compuși bioactivi datorită reducerii semnificative a duratei extracției (Esquivel-Hernández *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2008).

Nayak *et al.* (2015) au arătat că MAE utilizată pentru extracția polifenolilor din coaja de portocale dulci (*Citrus sinensis*) a fost mai eficientă din punct de vedere al conținutului total de compuși fenolici și al activității antioxidante în comparație cu extracția convențională, extracția asistată de ultrasunete și extracția accelerată cu solvenți.

În ultimele decenii, preocupările privind dezvoltarea durabilă și reducerea deșeurilor agroindustriale au condus la o reevaluare a subproduselor rezultate din procesarea alimentelor, în special a celor provenite din industria vinicolă. Tescovina, un reziduu solid obținut în urma presării strugurilor pentru vinificație, este adesea considerată o sursă valoroasă de compuși bioactivi, în special polifenoli, antocianine, flavonoide și taninuri (Rockenbach et al., 2011). Aceste substanțe au fost asociate cu o gamă largă de efecte benefice asupra sănătății, precum activitate antioxidantă, antiinflamatoare, cardioprotectoare și antitumorală (Daglia, 2012).

Se estimează că industria vinicolă generează anual milioane de tone de tescovină la nivel global, dintre care o parte considerabilă rămâne nevalorificată sau este utilizată în scopuri de joasă valoare, precum fertilizanți, furaje sau compost (Dwyer *et al.*, 2014). Această situație creează premise favorabile pentru integrarea tescovinei în lanțuri de valoare superioare, prin extragerea și utilizarea compușilor săi bioactivi în domenii precum industria alimentară funcțională, cosmetica naturală sau formulările farmaceutice.

În acest context, tehnologiile inovatoare de extracție, precum extracția asistată cu microunde (MAE), au câștigat interes științific și industrial. Spre deosebire de metodele convenționale (macerare, Soxhlet), care presupun timpi îndelungați și consum mare de solvent, MAE permite extragerea rapidă și eficientă a compușilor țintă, utilizând energie electromagnetică pentru a genera căldură internă în solvent și în matricea vegetală (Eskilsson & Björklund, 2000). Astfel, se obțin randamente crescute și se reduc semnificativ pierderile de compuși termo-sensibili (Barba et al., 2015).

Extracția polifenolilor din tescovină prin MAE a fost studiată cu succes în diverse lucrări, obținându-se randamente mari în condiții de timp și temperatură controlate. De exemplu, utilizarea unui solvent hidroalcoolic (etanol/apă) în proporții variabile s-a dovedit eficientă pentru extragerea antocianinelor și a resveratrolului (Spigno et al., 2007).

De exemplu, MAE a fost folosită pentru extracția polifenolilor din deșeurile de la vinificație. Astfel, Álvarez et al. (2017) au folosit MAE ca pretratare, îmbunătățind cu 57 % eficiența extracției polifenolilor din tescovina de struguri; Moreira et al. (2018) au explorat această tehnică de extragere a antioxidanților naturali din lăstarii de viță de vie, obținând randamente mai mari decât cele obținute prin extracția convențională.

## 10.2. Extracție asistată de ultrasunete

Tratamentul cu ultrasunete (US) este o tehnologie ecologică, care a fost încorporată în procesele de extracție pentru a le îmbunătăți eficiența. Extracția asistată de US este relativ ușoar de aplicat, este flexibilă și necesită costuri mai mici în comparație cu alte tehnici de extracție.

US generează forțe de cavitație datorită dezvoltării bulelor instabile în apropierea suprafeței materialului. Procesul de cavitație implică mecanisme independente sau combinate de sonoporație, capilaritate, eroziune, fragmentare și detexturare. Toate aceste procese conduc la ruperea conținutului celular, reducerea dimensiunii particulelor, pătrunderea solventului in masa solidă, reducerea timpului de extracție și creșterea randamentului (Pena-Pereira și Tobiszewski, 2017).

Atunci când bulele colapsează eliberând cantități mari de energie, de 5 GPa în câteva nanosecunde, de exemplu în cazul ultrasunetelor de intensitate mare (10-1000 W/cm$^2$) și frecvență joasă (20-100 Hz), ele produc perturbații majore în pereții celulari și facilitează eliberarea materialelor intracelulare în solvent. Practic se consideră că modificările fizice sunt cele dominante în cazul US produse de frecvențele joase (20-100 kHz), iar cele chimice apar ca urmare a frecvențelor înalte (200-500 kHz) (Tiwari, 2015). În plus, extracția asistată de ultrasunelte (UAE) a demonstrat că îmbunătățește substanțial randamentele de extracție față de procedeele convenționale, în ceea ce privește conținutul total de polifenoli, conținutul total de antociani monomerici și capacitatea totală de antioxidantă.

Parametri precum vâscozitatea, presiunea de vapori a solventului, tensiunea superficială și solubilitatea metaboliților țintă joacă un rol esențial în alegerea solventului. Fenomenul de cavitație acustică poate fi influențat de acești parametri,

de aceea, un solvent cu presiune de vapori scăzută este preferat în extracția asistată cu ultrasunete (Chemat et al., 2017).

Diferiți compuși au fost extrași cu succes folosind această tehnică (Al-Dhabi et al., 2017; Luo et al., 2018; Pudziuvelyte et al., 2018).

Într-un studiu realizat de Vergara și echipa sa, a fost optimizată o metodă de extracție folosind apă caldă sub presiune pentru recuperarea antioxidantilor din tescovină de struguri. Extracția totală de compuși antioxidanți și activitatea antioxidantă au fost îmbunătățite de tehnica de extracție asistată de US. Rezultatele au arătat o creștere a extracției compușilor cu rol antioxidant prin creștere temperatura de extracție. Randamentul maxim în antociani a fost atins la 100°C pentru taninuri și 150°C pentru combinația tanin-antociani, în timp ce scăderea randamentului de extracție în polifenoli a fost observată la timpi de extracție mai lungi și temperaturi mai mari (Vergara-Salinas et al., 2013).

Cordova et al. (2025) au evaluat sustenabilitatea tratamentelor asistate de ultrasunete (UAE) pentru extracția antocianilor cu ajutorul bio-solventilor (alcool etilic, izopropanol, propilen-glicol, și etilen-glicol) în diferite concentrații (50 și 100 % v/v) și la anumite temperaturi selecționate (25 și 50°C) folosind tescovină din struguri. Intensități mai mari de ultrasonare (UI 3.9 and 13.9 W/cm$^2$ ) au fost obținute la 50°C și 50% v/v prin descreșterea vâscozității solvenților și aplicând următoarele rapoarte solvent: lichid 1:10 și 1:50 g/mL. Amestecul propilen-glicol a demonstrat proprietăți excelente, având cel mai mare scor eco (~ 80) și a rezultat într-o mare capacitate antioxidantă (2758,34 ± 6,26 µmol TE/g DM) a extractului, indiferent de tensiunea aplicată, cu consumuri mici de energie atunci când extracția a fost făcută la 3,9 W/cm$^2$ și la un SLR de 1:10 g/mL.

Proteinele din semințe din struguri au fost extrase prin hidroliză enzimatică (alcalază 0.5–50 g) și frecvențe de 20- 50 kHz la temperatura de 30°C și timp de 20 min. Ding et al. (2018) au reușit în acest fel să îmbunătățească solubilitatea proteinelor. UAE a fost aplicată pentru optimizarea extracției antocianilor, fenolilor și a compușilor antioxidanți din semințe de struguri folosind un model compozit central și trei variabile: timpul de extracție, temperatura și concentrația de alcool etilic (Ghafoor et al., 2011). O reducere considerabilă a timpului de extracție de la 6 la 3 h s-a observat la extrația UAE uleiului din semnițe de struguri (Da Porto et al., 2013). Proteinele din samburi de struguri

Mellinas et al. (2022) au folosit pieția de roșii, o putere de 98,6 W și amplitudinea 100 %, cu o intensitate de 6,48 W/cm$^2$ timp de 6 min pentru extracția proteinelor iar rezultatul a fost o creștere a randamentului de extracție de 59%.

## 10.3. Extracție asistată de presiuni înalte

### Introducere

Tratamentul la presiune înaltă (HPP) este o tehnologie relativ tânără pentru industria alimentară și, așa cum a demonstrat în ultimii ani, prezintă cele mai multe aplicații ca alternativă la tratamentul termic convențional (Borda, 2019), dar are și alte numeroase utilizări. De exemplu, HPP este utilizată pentru tratamentul asistat de extracție a unor compuși bioactivi din matrice vegetale.

Principiile care guvernează tratamentul HPP sunt: I) principiul Le Chatelier, conform căruia dacă se aplică o constrângere asupra un unui sistem, acesta va reacționa în sensul diminuării contrângerii și II) principiul izostatic al lui Pascal conform căruia presiunea se transmite instantaneu și uniform printr-un lichid, în toate direcțiile, indiferent de geometria produsului.

Factorii care influențează tratamentul HPP sunt: a) presiunea de lucru care poate lua valori între 100 și 1000 MPa, durata tratamentului de la câteva milisecunde până la maxim 1 h. Pe toată durata creșterii de presiune are loc și fenomenul de compresie adiabatică, care determină creșterea temperaturii produsului cu aproximativ 3°C/100 MPa, în funcție de compoziția alimentului și viteza procesului. Tratamentul HPP poate fi aplicat continuu sau ciclic pentru etape succesive și scurte de timp. Tratamentul HPP are un efect moderat asupra principalilor constituenți ai alimentelor (proteine, lipide, enzime), un efect minim asupra aromei, influențează proprietățile senzoriale (textura, culoarea), dar importantă este contribuția la siguranța alimentară prin inactivarea unor microorganismelor patogene. HPP inactivează unele microorganisme, in special a celor G (-) care prezinta o susceptibilitate mai mare la efectul presiunii comparativ cu cele G (+), în timp ce sporii sunt rezistenți la presiuni de pană la 1000 MPa. În general, moleculele mici nu sunt afectate de presiune de exemplu vitaminele, mineralele și aromele. Prin tratament HPP legăturile covalente nu sunt desfăcute, dar este modificată conformația moleculelor de mari dimensiuni, iar în cazul proteinelor structura terțiară și cuaternară este cea care prezintă modificări după tratament, dintre care unele pot fi reversibile.

Comparativ cu tratamentul termic convențional la tratamentul HPP se consumă mai puțină energie și din această perspectivă este considerată o tehnologie verde, prietenoasă cu mediul. Pe lângă aspectele legate de siguranța și calitatea alimentelor care au fost bine documentate de literatura științifică de profil din ultimii ani, HPP a demonstrat un potențial mare de aplicare, pentru obținerea unot produse cu valoare

adăugată, asigurând creșterea biodisponibilității unor micronutrienți și a unor compuși biologic activi și/sau reducerea alergenității unor compuși.

## Extracție asistată de presiune înaltă din matrice vegetale

Extracția la presiune înaltă presupune aplicarea unor presiuni între 100 și 800 MPa alimentelor în formă solid-lichidă (Farkas & Hoover, 2011), ce produce deteriorarea sau deformarea membranei celulare, și contribuie la creșterea permeabilității fazei solide și a transferului compușilor din faza solidă în faza lichidă, oferind avantajul unei reduceri a timpului de extracție și îmbunătățirii randamentului procesului de extracție (Mendez-Carmona et al., 2022). Aplicarea unei presiuni constante în timpul tratamentului HPP crește viteza de extracție reducând timpul la 1-2 min. Metoda se aplică in special pentru extracția compușilor termosensibili (Ilyas et al., 2021). Creșterea de temperatură alături de presiune poate aduce o serie de avantaje și determina modificări în structura celulară, în special prin perturbarea echilibrului sărurilor și deprotonări ale grupărilor încărcate cu sarcini electrice.

De exemplu s-a demonstrat că randamentul de extracție al **antocianilor** a crescut de trei ori prin aplicarea HPP (Corrales et al., 2008). Studiul unor parametri de extracție ai antocianilor din **tescovina de struguri roșii** au avut cel mai bun randament la o concentrație de alcool etilic de 50% la 600MPa și la temperatura de 60°C (Corrales et al., 2008). Sessa et al. (2013) au studiat încapsularea compușilor fenolici extrași din tescovină de struguri cu ajutorul HPP iar activitatea polifenolilor a fost evaluată în funcție de capacitatea de blocare a radicalilor liberi și fluorescență. Putinik et al. (2018) a stabilit condițiile optime de extracție a antocianilor (malvidina) din pielița de struguri cu ajutorul HPP (0,96mg/g su x min): 3,4 min; 29,5°C; 268,4 MPa și 70% concentrația solventului (amestec metanol alcool etilic).

Tratamentul de extracție enzimatică asistat de HPP (200 MPa de la 5 la 10 min) a oferit cea mai mare recuperare a polifenolilor din tescovina de struguri (Cascaes Teles et al., 2020) obținându-se 906.34 mg GAE/100 g polifenoli.

În aplicarea HPP pentru extracția **licopenului** din pielițele rezultate la obținerea pastei de tomate, Xi (2006) a stabilit că presiunea și durata sunt factorii critici. Astfel, o presiune mai mare a determinat o mai mare concentrație mai mare de licopen, dar peste 500 MPa nu s-au mai observat schimbări semnificative în timp ce durata optim de tratament a fost 1 min. Cel mai bun randament de extracție asistată de HPP a licopenului, de 0,4173 mg/g, a fost obținut la 500 MPa, 75% alcool etilic, pentru un raport solid/lichid 1:5 (g/ml), la temperatura mediului ambiant în timp ce pentru o extracție convențională timp de 30 min cu solvent a avut un randament de 0,3561 mg/g.

Strati et al. (2015) au comparat o serie de tehnologii de extracție a carotenoizilor și licopenului, recuperați din fluxurile secundare rezultate din prelucrarea tomatelor. S-au aplicat aceleași condiții ca cele stabilite de Xi (2006), respectiv 500 MPa, 75% etanol, (raport 1:5 g/ml solid/lichid la temperatura camerei), timp de extracție 1 min. În comparație cu extracția asistată de ultrasunete, extracția asistată de HPP a avut un randament cu 17% mai mare față de US. Briones-Labarca et al. (2019) au optimizat procesul de extracție asistată de HPP pentru polifenolii, flavonoidele și licopenul din pulpa de rosii. S-au utilizat o combinație de solvenți polari (etanol și acetonă) și nepolari (hexan). Condiții optime au stabilit că la 450 MPa cu 60% hexan într-un amestec de solvenți, timp de 10 minute s-au extras 8,71% din compușii de interes comparativ cu altele combinații în care randamentul de extracție a fost mai mic.

Tratamentul HPP pentru recuperarea pectinei și a polifenolilor din pielița de roșii (Nincevic Grassino et al., 2020) a demonstrat o capacitate îmbunătățită de recuperare a pectinei de 14-15% după 30-45 min de min de extracție față de extracția convențională și un randament de 9,2% în pectină. Extracția polifenolilor asistată de HPP și ultrasunete (UAE) a fost influențată de polaritatea solventului, cel cu 70% alcool etilic dovedindu-se cel mai eficace solvent de extracție, rezultând o concentrație de polifenoli de 1625,65 mg/100 g, după extracția la 300 MPa, timp de 45 min și temperatura 80°C.

## *Bibliografie*

Al-Dhabi, N.A., Ponmurugan, K., Jeganathan, P.M. (2017). Development and validation of ultrasound-assisted solid–liquid extraction of phenolic compounds from waste spent coffee grounds. Ultrason. Sonochem.,34, 206–213.

Barba F.J., Zhu Z., Koubaa M., Sant'Ana A.S. & Orlien V. 2015. Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review. Trends in Food Science & Technology, 49, 96–109. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.01.006

Borda D. 2019. Progrese ale tehnologiilor asistate de presiunea înaltă, destinate îmbunătățirii calității și siguranței alimentelor, Teza de abilitare, Universitatea Dunărea de Jos din Galați.

Briones-Labarca, V., Giovagnoli-Vicuna, C., & Canas-Sarazua, R. (2019). Optimization of extraction yield, flavonoids and lycopene from tomato pulp by high hydrostatic pressure-assisted extraction. Food Chemistry, 278, 751–759. https://doi.org/ 10.1016/j.foodchem.2018.11.106

Cascaes Teles,A.S., Hidalgo Chavez, D.W., Zarur Coelho, M.A., Rosenthal,A., Fortes Gottschalk, L.M., Tonon, R.V. (2020). Combination of enzyme-assisted extraction and high hydrostatic pressure for phenolic compounds recovery from grape pomace, J. Food Eng. 288, https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110128.

Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A.G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A.S., Abert-Vian, M. (2017). Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations,

protocols and applications. A review, Ultrasonics Sonochemistry,34, 540-560, https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.03

Córdova, A., Catalán, S., Carrasco, Farias, F.O., Trentin, J., López, J., Salazar, F., Mussagy, C.U. (2025). Sustainable assessment of ultrasound-assisted extraction of anthocyanins with bio-based solvents for upgrading grape pomace Cabernet Sauvignon derived from a winemaking process, Ultrasonics Sonochemistry, 112, 107201, https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2024.107201.

Corrales, M., Toepfl, S., Butz, P., Knorr, D., Tauscher, B., (2008). Extraction of anthocyanins from grape by-products assisted by ultrasonics, high hydrostatic pressure or pulsed electric fields: A comparison. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 9, 85–91.

Da Porto, C., Porretto, E., Decorti, D. (2013). Comparison of ultrasound-assisted extraction with conventional extraction methods of oil and polyphenols from grape (Vitis vinifera L.) seeds, Ultrason. Sonochem., 20 (4), 1076–1080.

Daglia M. 2012. Polyphenols as antimicrobial agents. Current Opinion in Biotechnology, 23(2), 174–181. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.08.007

Dean J.R. & Cresswell S.L. 2002. Extraction techniques for solid samples. Chapter 17 in Pawliszyn L. (Ed.) Sampling and Sample Preparation for Field and Laboratory, Volume 37 in Comprehensive Analytical Chemistry, 559–586. https://doi.org/10.1016/S0166-526X(02)80054-X

Ding, Q., Zhang, T., Niu, S., Cao, F., Wu-Chen, R.A., Luo, L., Ma, H. (2018). Impact of ultrasound pretreatment on hydrolysate and digestion products of grape seed protein, Ultrason. Sonochem., 42, 704–713.

Dmitrienko S.G., Apyari V.V., Tolmachev V.V., Gorbunova M.V., Furletov A.A. & Zolotov Yu.A. 2024. Methods for the extraction of organic compounds from solid samples: 1. solvent extraction. review of reviews. Journal of Analytical Chemistry, 79, 999–1010. https://doi.org/10.1134/S1061934824700382

Dwyer, K., Hosseinian, F., & Rod, M. (2014). The market potential of grape waste alternatives. Journal of Food Research, 3(2), 91–106. https://doi.org/10.5539/jfr.v3n2p91

Eskilsson, C. S., & Björklund, E. (2000). Analytical-scale microwave-assisted extraction. Journal of Chromatography A, 902(1), 227–250. https://doi.org/10.1016/S0021-9673(00)00824-0

Farkas, D. F., & Hoover, D. G. (2011). High pressure processing. Journal of Food Science, 65, 47–64. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2000.tb00618.x

Gedye R., Smith F., Westaway K., Ali H., Baldisera L., Laberge L. & Roussel J. 1986. The use of microwave ovens for rapid organic synthesis. Tetrahedron Letters, 27(3), 279–282. https://doi.org/10.1016/S0040-4039(00)83996-9

Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F., Choi, Y. (2011). Effects of grape (Vitis labrusca B.) peel and seed extracts on phenolics, antioxidants and anthocyanins in grape juice, Pak. J. Bot., 43 (3), 1581–1586.

Ilyas,T., Chowdhary, P., Chaurasia, D., Gnansounou, E., Pandey, A., Chaturvedi,P. (2021). Sustainable green processing of grape pomace for the production of value-added products: An overview, Environmental Technology & Innovation, 23, 101592, https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101592

Ilyas,T., Chowdhary, P., Chaurasia, D., Gnansounou, E., Pandey, A., Chaturvedi,P. (2021). Sustainable green processing of grape pomace for the production of value-added products: An overview, Environmental Technology & Innovation, 23, 101592, https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101592

Luo, X., Cui, J., Zhang, H., Duan, Y., Zhang, D., Cai, M., Chen, G. (2018). Ultrasound assisted extraction of polyphenolic compounds from red sorghum (Sorghum bicolor L.) bran and their biological activities and polyphenolic compositions, Ind. Crop. Prod., 112, 296–304

Mellinas, C., Solaberrieta, I., Pelegrín, C.J., Jiménez, A., Garrigós, M.C. ( 2022). Valorization of Agro-Industrial wastes by Ultrasound-Assisted extraction as a source of proteins, antioxidants and cutin: a cascade approach., Antioxidants,11 (9), 1739

Méndez-Carmona, J.Y. , Ascacio-Valdes, J.A., Alvarez-Perez, O.B., Hernández-Almanza, A.Y., Ramírez-Guzman, N., Sepúlveda,L., Aguilar-González, M.A., Ventura-Sobrevilla, J.M., Aguilar, C.N. (2022). Tomato waste as a bioresource for lycopene extraction using emerging technologies, Food Bioscience, 49, 101966, https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101966

Nincevic Grassino, A., Ostojic, J., Miletic, V., Djakovic, S., Bosiljkov, T., Zoric, Z., Jezek, D., Rimac Brncic, S., Brncic, M. (2020). Application of high hydrostatic pressure and ultrasound-assisted extractions as a novel approach for pectin and polyphenols recovery from tomato peel waste, Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 64 , https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102424.

Pena-Pereira, F., Tobiszewski M. (2017). The application of green solvents in separation processes, Elsevier.

Pudziuvelyte, L., Jakštas, V., Ivanauskas, L., Laukevičiene, A., Ibe, C.F.D., Kursvietiene, L., Bernatoniene, J. (2018.) Different extraction methods for phenolic and volatile compounds recovery from elsholtziaciliata fresh and dried herbal materials, Ind. Crop. Prod., 120, 286–294.

Putnik, P., Bursac Kovacevic, D., Jezek, D., Sustic, I., Zoric,Z., Dragovic-Uzelac,V. (2018). High-pressure recovery of anthocyanins from grape skin pomace (Vitis vinifera cv. Teran) at moderate temperature, J. Food Process. Preserv. 42, https://doi. org/10.1111/jfpp.13342.

Rockenbach, I. I., Gonzaga, L. V., Rizelio, V. M., Gonçalves, A. E. S. S., Genovese, M. I., & Fett, R. (2011). Phenolic compounds and antioxidant activity of seed and skin extracts of red grape (Vitis vinifera and Vitis labrusca) pomace from Brazilian winemaking. Food Research International, 44(4), 897–901. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.039

Sessa, M., Casazza, A.A., Perego, P. et al. (2013). Exploitation of Polyphenolic Extracts from Grape Marc as Natural Antioxidants by Encapsulation in Lipid-Based Nanodelivery Systems. Food Bioprocess Technol 6, 2609–2620 https://doi.org/10.1007/s11947-012-0911-9

Spigno, G., Tramelli, L., & De Faveri, D. M. (2007). Effects of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics. Journal of Food Engineering, 81(1), 200–208. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.10.021

Strati, I. F., & Oreopoulou, V. (2014). Recovery of carotenoids from tomato processing by-products - a review. Food Research International, 65, 311–321. https://doi.org/ 10.1016/j.foodres.2014.09.032

Tiwari, B.K. (2015). Ultrasound: a clean, green extraction technology. TrAC Trends Anal. Chem. 71,100-109

Vergara-Salinas, J.R., Bulnes, P., Zúñiga, M.C., Pérez-Jiménez, J., Torres, J.L., Mateos-Martín, M.L., Agosin, E., Pérez-Correa, J.R. (2013). Effect of pressurized hot water extraction on antioxidants from grape pomace before and after enological fermentation, J. Agric. Food Chem., 61, 6929–6936.

Xi, J. (2006). Effect of high-pressure processing on the extraction of lycopene in tomato paste waste. Chemical Engineering & Technology: Industrial Chemistry-Plant Equipment- Process Engineering-Biotechnology., 29(6), 736–739. https://doi.org/10.1002/ ceat.200600024

## 11. 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) al materialelor organice eșantionate. Conversia biomasei în biogaz și calculul potențialului metanogen sunt efectuate în conformitate cu standardul german VDI 4630 [4], acceptat pe scară largă în laboratoarele din lume în care se fac astfel de analize.

## 11.1. 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 1.

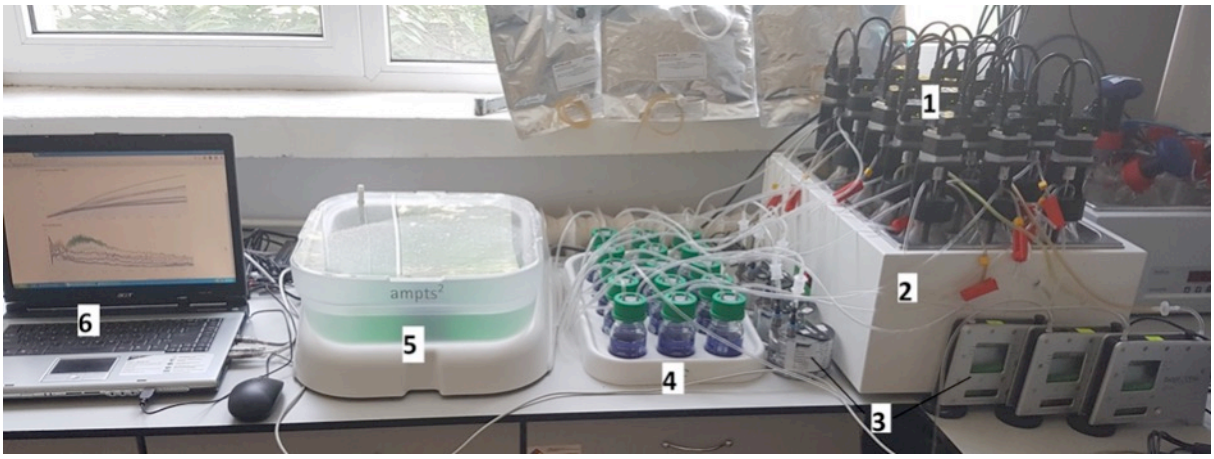



**Figura 11.1**: Vedere general a sistemului AMPTS: 1- bioreactoare/digestoare, 2- incubator, 3- contoare de gaz, 4- unitate de absorbție CO2, 5- unit de măsură a metanului, 6- laptop cu soft procesare date.

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.

## Bibliografie

1. FAOStat. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2022. [Accessed: August 20, 2023]
2. http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table
3. Ioannidou SP, Margellou AG, Petala MD, Triantafyllidis KS. Pretreatment/fractionation and characterization of winery waste streams within an integrated biorefinery concept. Sustainable Chemistry and Pharmacy. 2022;27:100670. DOI: 10.1016/j.scp.2022.100670
4. VDI 4630-Fermentation of Organic Materials: Characterization of the Substrate, Sampling, Collection of Material Data, Fermentation Test, The Association of German Engineers, (2006).

# 12. Concluzii

IM3.4 – Raport de identificare a subproduselor din industria alimentară, prezinta caracterizarea cele două subproduse selectate: ***tescovina și pielița de roșii***, precum și direcții de valorificare ca sursă de compuși bioactivi.

Subprodusele din industria alimentară, inclusiv pielițele de tomate, au o importanță semnificativă datorită valorii lor nutriționale și beneficiilor pentru sănătate. Aceste subproduse sunt surse excelente de nutraceutice și compuși bioactivi funcționali, cum ar fi proteine, minerale, acizi grași, polizaharide, vitamine, flavonoide și carotenoizi. Utilizarea lor în industria alimentară contribuie la dezvoltarea alimentelor funcționale, care sunt din ce în ce mai căutate pentru proprietățile lor benefice.

Roșiile sunt valoroase pentru conținutul lor de vitamina C, carotenoizi și clorofilă, cu variații între diferitele secțiuni ale fructului. De asemenea, conțin acid oxalic, a cărui concentrație poate crește odată cu maturarea fructului, dar care poate fi redus prin gătire. Beneficiile pentru sănătate ale roșiilor sunt multiple, incluzând proprietăți anticancerigene, cardioprotectoare, antiinflamatoare și antioxidante. Acestea pot influența pozitiv sănătatea pielii, fertilitatea și recuperarea după efort, contribuind la prevenirea bolilor asociate înaintării în vârstă, cum ar fi bolile cardiovasculare, diabetul și Alzheimer.

Pielițele de tomate, de exemplu, sunt bogate în licopen, polifenoli și fibre alimentare, în timp ce semințele conțin grăsimi nesaturate și proteine valoroase. Aceste subproduse pot fi transformate în ingrediente alimentare funcționale, contribuind la reducerea deșeurilor și la protecția mediului. În plus, ele posedă proprietăți antioxidante, antiinflamatoare, anti-îmbătrânire și anticancer, având un impact pozitiv asupra sănătății umane și demonstrând sustenabilitatea industriei alimentare

Tescovina, subprodus al vinificației, are o valoare nutrițională semnificativă și multiple beneficii pentru industria panificației:

- Reducerea colesterolului și peroxidării lipidelor: Pâinea îmbogățită cu făină din pielițe de struguri poate reduce colesterolul total și peroxidarea lipidelor datorită activității sale antioxidante crescute;

- Controlul răspunsului glicemic: Extractul din semințe de struguri poate reduce răspunsul glicemic postprandial în pâinea albă, iar încorporarea tescovinei în gustări extrudate contribuie la același efect;

- Îmbunătățirea conținutului de polifenoli și a activității antioxidante: Înlocuirea apei din rețeta de pâine cu extract apos din tescovină crește conținutul de compuși polifenolici și activitatea antioxidantă a produselor;

- Proprietăți fizice și senzoriale îmbunătățite: Adaosul de pudră de tescovină în fursecuri și biscuiți îmbunătățește proprietățile fizice, antioxidante și senzoriale ale acestora;

- Fortificarea produselor de patiserie: Pudra de tescovină este folosită pentru fortificarea produselor de patiserie, aducând beneficii nutriționale suplimentare.

Aceste utilizări demonstrează potențialul pieliței de roșii și al tescovinei de a îmbunătăți valoarea nutrițională și calitatea ingredientelor alimentare funcționale.

**Raportul IM3.4 a fost validat de catre Comitetul de conducere in cadrul workshopului din 28.05.2025, PV validare nr. 325/29.05.2025 https://bioresurse.ro/blogs/media/metrofood-ro-evolve-workshop-raport-privind-alegerea-industriei-alimentare-%c8%99i-a-subproduselor-pentru-valorificare-in-exerci%c8%9biul-de-bioeconomie-circulara-28-mai-2025 ).**

## Echipa de experți care a participat la elaborarea raportului

| Nume și prenume | Funcția în proiect | Contribuția la activitate |
|---|---|---|
| **Coordonator Proiect - IBA** | | |
| Dobre Alina | Cercetător – expert | Contribuție capitol Subprodusele de tomate. Potențiale utilizări în industria alimentară și compoziția fizico-chimică |
| Cucu Șerban | Cercetător – expert | Contribuție capitol Subprodusele de tomate. Potențiale utilizări în industria alimentară și compoziția fizico-chimică |
| Nicolcioiu Bogdan | Cercetător – expert | Contribuție capitol Subprodusele de tomate. Potențiale utilizări în industria alimentară și compoziția fizico-chimică |
| Anghel Mihaela | Cercetător – expert | Contribuție capitol Subprodusele de tomate. Potențiale utilizări în industria alimentară și compoziția fizico-chimică |
| **Panaitescu Carmen** | Cercetător – expert | Contributie Capitol Cercetări recente privind alergenii din roșii și implicațiile asupra sănătății consumatorilor |
| **P1 ICIA** | | |
| **Bencze Anca** | Cercetător – expert | Efectele benefice ale compușilor bioactivi din tescovina de struguri asupra sănătății umane |
| **Dordai Lucian** | Cercetător – expert | Efectele benefice ale compușilor bioactivi din tescovina de struguri asupra sănătății umane |
| **Senila Lacramioara** | Cercetător – expert | Efectele benefice ale compușilor bioactivi din tescovina de struguri asupra sănătății umane |
| **P2 ITIM** | | |

| | | |
|---|---|---|
| **Magdas Anca** | Responsabil activitate | Motivarea alegerii industriei alimentare și subproduselor aferente pentru valorificarea lor |
| **David Maria** | Cercetător – expert | Motivarea alegerii industriei alimentare și subproduselor aferente pentru valorificarea lor |
| **P3- USVT** | | |
| Tulcan Camelia | Cercetător – expert | Coordonare activitate A3.2. pregătirea livrabilului<br>Contribuție capitol Alegerea tipului de tescovina |
| Radulov Isidora | Cercetător – expert | Pregătire livrabil parțial din partea USVT (corectură, integrare documente, verificare)<br>Contribuție capitol Alegerea tipului de tescovina |
| Dobrei Alin | Cercetător – expert | Contribuție capitol Alegerea tipului de tescovina |
| Berbecea Adina | Cercetător – expert | Pregătire livrabil parțial din partea USVT (corectură, integrare documente, verificare)<br>Contributie la capitolul Alegerea tipului de tescovina |
| Tripon Roberta Maria | Cercetător – expert | Contributie la capitolul Alegerea tipului de tescovina |
| Vintilă Teodor | Cercetător – expert | Contributie capitolul 5Biotehnologii alimentare pentru procesarea produselor |
| **P4 – INMA** | | |
| **Nae Gheorghe** | Cercetător – expert | Pregătire livrabil parțial din partea INMA (corectură, integrare documente, verificare)<br>contribuție la Studiul bibliografic privind evaluarea impactului fertilizantilor |

| | | |
|---|---|---|
| **Oprescu Remus** | Cercetător – expert | Studiul bibliografic privind evaluarea impactului fertilizantilor, |
| **Persu Catalin** | Cercetător – expert | Studiul bibliografic privind evaluarea impactului fertilizantilor, |
| **Stroescu Gheorghe** | Cercetător – expert | Studiul bibliografic privind evaluarea impactului fertilizantilor |
| **Vanghele Nicoleta** | Cercetător – expert | Studiul bibliografic privind evaluarea impactului fertilizantilor |
| **P5 – USAMVB** | | |
| Israel-Roming Florentina | Cercetător – expert | Contributie capitol,<br>Alegerea tipului de tescovina si capitol Identificare tehnologii de extractie alternative si biotehnologii alimentare |
| Bălan Daniel | Cercetător – expert | Contributie capitol<br>Alegerea tipului de tescovina si capitol Identificare tehnologii de extractie alternative si biotehnologii alimentare |
| Gherghina Evelina | Cercetător – expert | Contributie capitol<br>Alegerea tipului de tescovina si capitol Identificare tehnologii de extractie alternative si biotehnologii alimentare |
| Pascariu Oana | Cercetător – expert | Contributie capitol<br>Alegerea tipului de tescovina si capitol Identificare tehnologii de extractie alternative si biotehnologii alimentare |
| **P6 – UDJG** | | |
| **Turtoi** Maria | Cercetător – expert | Pregătire livrabil parțial din partea P6-UDJG (corectură, integrare documente, verificare)<br>Identificare tehnologii de extracție alternative și |

| | | |
|---|---|---|
| | | biotehnologii alimentare pentru procesarea subproduselor stabilite |
| **Aprodu** Iuliana | Cercetător - expert | Identificare tehnologii de extracție alternative și biotehnologii alimentare pentru procesarea subproduselor stabilite |
| **Borda** Daniela | Cercetător - expert | Identificare tehnologii de extracție alternative și biotehnologii alimentare pentru procesarea subproduselor stabilite |
| **Constantin** Oana Emilia | Cercetător - expert | Identificare tehnologii de extracție alternative și biotehnologii alimentare pentru procesarea subproduselor stabilite |
| **Filimon** Veronica | Cercetător - expert | Identificare tehnologii de extracție alternative și biotehnologii alimentare pentru procesarea subproduselor stabilite |
| **Patrașcu** Livia | Cercetător - expert | Identificare tehnologii de extracție alternative și biotehnologii alimentare pentru procesarea subproduselor stabilite |
| **Vasilean** Ina | Cercetător - expert | Identificare tehnologii de extracție alternative și biotehnologii alimentare pentru procesarea subproduselor stabilite |
| **P7 - UB** | | |
| **Gratiela Gradisteanu** | Cercetător - expert | Compuși cu valoare biologică din subproduse alimentare |
| **Ispas Bogdan** | Cercetător - expert | Compuși cu valoare biologică din subproduse alimentare |
| **Curutiu Carmen** | Cercetător - expert | Compuși cu valoare biologică din subproduse alimentare |

Responsabil întocmire document IM 3.4.

*Camelia TULCAN*

Responsabil Subactivitate A3.2

28.05.2025

Camelia TULCAN

Semnat digital de Camelia TULCAN
Data: 2025.05.29 14:28:23 +03'00'