



Cofinanțat de
Uniunea Europeană



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



IM3.9 - Raport experimental de obținere a unui produs alimentar convențional

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	Raportul conține o sinteză a rapoartelor tehnice primite de la parteneri referitoare la obținerea unui produs alimentar convențional: (a) studiu documentar referitor la influența tehnologiilor alimentare asupra biodisponibilității nutrienților și identificarea tehnologiilor emergente în industria alimentară, respectiv identificarea și caracterizarea materialelor de ambalaj/ambalajelor pentru produse alimentare care vor fi obținute; (b) obținerea unui produs alimentar convențional din leguminoase; (c) obținerea unui produs alimentar convențional din cereale; (d) concluzii.
Subactivitate	A3.3. Influența tehnologiilor alimentare asupra biodisponibilității nutrienților
Responsabil	Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați (UDJG) - P6
Perioada raportată	Februarie - septembrie 2025
Termen de predare	28.09.2025
Rezultat asociat	R4 - Două ingrediente obținute prin bioeconomie circulară și două produse alimentare
Termen de finalizare	30 septembrie 2025
Criteriu de validare	Aprobare de către Comitetul de conducere
Dovezi care probează îndeplinirea criteriilor	Document publicat pe site-ul web al METROFOOD-RO, la interfața internă a proiectului





Cuprins

Structura parteneriatului pentru realizarea IM3.9	5
1. Introducere	6
2. Studiu documentar privind obținerea unui produs alimentar convențional	9
2.1. Influența tehnologiilor alimentare asupra biodisponibilității nutrienților și identificarea tehnologiilor emergente în industria alimentară (IBA, UDJG, ICIA)	9
2.1.1. Introducere	9
2.1.2. Biodisponibilitatea nutrițională	10
2.1.3. Factori care influențează biodisponibilitatea nutrienților	11
2.1.4. Procesarea minimă	11
2.1.5. Tehnologii emergente de procesare identificate	12
2.1.5.1. Procesarea la presiune înaltă	13
2.1.5.2. Procesarea cu ultrasunete	13
2.1.5.3. Procesarea în câmp electric pulsator	14
2.1.5.4. Tratamente cu lumină ultravioletă	14
2.1.5.5. Tratamente cu pulsuri de lumină	15
2.1.5.6. Extracția cu fluide supercritice	16
2.1.5.7. Încălzirea ohmică	16
2.1.6. Instrumente biotehnologice	16
2.1.7. Matrice vegetale și funcționalitatea acestora	17
2.1.8. Profil fitochimic și proprietăți antioxidante	18
2.1.9. Vitamine și proprietăți funcționale	19
2.1.10. Potențialul antigenic al produselor alimentare	19
2.1.11. Comportamentul reologic al alimentelor	20
2.1.12. Inactivarea microbiotei indigene	20
2.1.13. Profilul izotopic și mineral	21
2.1.14. Dezvoltarea produselor alimentare noi	21
2.1.15. Compararea calităților igienice	22
2.1.16. Analiza nutrițională	23
2.1.17. Evaluarea calităților senzoriale	24
2.1.18. Concluzii parțiale	25



2.2. Identificarea și caracterizarea materialelor de ambalaj/ambalajelor pentru produse alimentare care vor fi obținute (IBA)	26
2.2.1. Introducere - definiții și funcțiile ambalajelor	26
2.2.2. Reglementări și standarde	26
2.2.3. Nivelul de siguranță alimentară pentru ambalaje și materiale destinate contactului cu alimentele	27
2.2.4. Producători de ambalaje și materiale destinate contactului cu alimentele	28
2.2.5. Asigurarea conformității cu legislația specifică și standardele impuse	28
2.2.5.1. Materiale plastice și ambalaje din materiale plastice	29
2.2.5.2. Ambalaje din hârtie cu fereastră din polipropilenă	32
2.2.5.3. Ambalaje metalice	34
2.2.5.4. Ambalaje din sticlă	35
2.2.6. Concluzii materiale de ambalaj/ambalaje și recomandări	36
2.3. Metoda digital PCR - validarea eficienței biologice a compușilor bioactivi din produse alimentare (UB)	36
Bibliografie	37
3. Obținerea unui produs alimentar convențional din leguminoase (UDJG)	46
3.1. Introducere	46
3.2. Investigarea efectului tratamentului termic asupra funcționalității făinii de mazăre	47
3.2.1. Pregătirea făinii de mazăre	47
3.2.2. Impactul pre-tratamentului termic asupra culorii făinii de mazăre ...	48
3.2.3. Proprietățile funcționale ale făinii de mazăre	51
3.2.3.1. Capacitatea de legare și reținere a apei	52
3.2.3.2. Puterea de umflare	52
3.2.3.3. Capacitatea de gelifiere	54
3.2.3.4. Capacitatea de legare a uleiului	54
3.2.3.5. Capacitatea de emulsionare	55
3.2.3.6. Compuși biologic activi și activitatea antioxidantă	56
3.2.4. Analiza microbiologică a probelor de făină de mazăre	58
3.3. Obținerea și caracterizarea unui produs vegetal tartinabil	60
Bibliografie	62
4. Obținerea unui produs alimentar convențional din cereale (IBA)	64
4.1. Introducere	64
4.2. Caracterizarea materiei prime	66
4.2.1. Materiale și metode	66



4.2.1.1. Grâu convențional Arnold	66
4.2.1.2. Obținerea făinii de grâu	66
4.2.1.3. Metode reologice	68
4.2.1.4. Metode fizico-chimice	72
4.2.2. Rezultate și discuții	74
4.2.2.1. Determinarea cu Mixolab-ul	74
4.2.2.2. Indicele de cădere	75
4.2.2.3. Parametrii obținuți prin metoda farinografică	75
4.2.2.4. Parametrii fizico-chimici ai făinii de grâu	77
4.3. Obținerea pastelor făinoase	78
4.3.1. Materiale și metode	78
4.3.1.1. Materiale	78
4.3.1.2. Metode	78
4.4. Caracterizarea produsului finit	80
4.4.1. Materiale și metode	80
4.4.1.1. Materiale	80
4.4.1.2. Metode fizico-chimice	81
4.4.2. Rezultate și discuții	82
4.5. Concluzii	83
Bibliografie	84
 5. Concluzii IM3.9 - Raport experimental de obținere a unui produs alimentar convențional	86
 Echipa de experți care a participat la realizarea Raportului IM3.9	87



Structura parteneriatului pentru realizarea IM3.9

Structura parteneriatului pentru realizarea indicatorului de monitorizare IM3.9 - Raport experimental de obținere a unui produs alimentar convențional asupra activității desfășurate în perioada februarie – septembrie 2025 este următoarea:

Denumire conformă cu Acordul de parteneriat din Cererea de finanțare	Abreviere denumire partener	Participare la realizarea IM3.9
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)	USAMV	√
Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați (Partener 6)	UDJG	√
Universitatea din București (Partener 7)	UB	√



1. Introducere

Activitățile desfășurate în perioada februarie - septembrie 2025 contribuie la realizarea obiectivului specific OS3 - Consolidarea poziționării METROFOOD-RO în comunitatea științifică la nivel național, METROFOOD-RI și european ca facilitate de cercetare orientată către actorii sistemului alimentar, implementat în cadrul activității A3 - Cercetare exploratorie.

Activitatea 3 - Cercetare exploratorie cuprinde patru subactivități prin care partenerii din proiect, parte a infrastructurii naționale METROFOOD-RO, vor face un exercițiu de colaborare și cooperare pe subiecte de cercetare specifice.

Subactivitatea A3.3 - Influența tehnologiilor alimentare asupra biodisponibilității nutrienților este coordonată de Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, partener P6 în cadrul proiectului Metrofood-RO Evolve 309287.

Obiectivul specific al subactivității 3.3 este obținerea a două produse alimentare prin realizarea a trei matrice alimentare similare, utilizând materii prime provenite din agricultura convențională și sustenabilă, cu adaos de ingrediente obținute în subactivitatea A3.2 - Bioeconomie circulară, astfel:

- Matricea 1 obținută din materii prime cultivate convențional
- Matricea 2 obținută din materii prime cultivate convențional cu adaos de ingrediente obținute în subactivitatea A3.2 - Bioeconomie circulară
- Matricea 3 obținută din materii prime cultivate sustenabil cu adaos de ingrediente obținute în subactivitatea A3.2 - Bioeconomie circulară

Indicatorul de monitorizare IM3.9 - Raport experimental de obținere a unui produs alimentar convențional

În conformitate cu planul de lucru stabilit la începutul activităților din A3.3, prezentat în workshop-ul WS10 din 10 martie 2025 și îmbunătățit ca urmare a discuțiilor din cadrul acestuia (fig. 1.1), Indicatorul de monitorizare IM3.9 - Raport experimental de obținere a unui produs alimentar convențional are ca termen de finalizare luna septembrie 2025 (30 septembrie 2025).

Raportul IM3.9 conține o sinteză a rapoartelor tehnice primite de la parteneri la raportările de progres RP1, RP2 și RP3 referitoare la obținerea unui produs alimentar convențional, după cum urmează:



- Studii de documentare referitoare la influența tehnologiilor alimentare asupra biodisponibilității nutrienților și identificarea tehnologiilor emergente în industria alimentară realizate de partenerii IBA, UDJG și ICIA în perioada februarie - mai 2025 și incluse în rapoartele de progres RP1 și RP2;
- Identificarea și caracterizarea materialelor de ambalaj/ambalajelor pentru produse alimentare care vor fi obținute în proiect realizat de IBA București în perioada martie - iulie 2025 și inclus în rapoartele de progres RP1, RP2 și RP3_A3.3_IM3.9-partial-1;
- Dezvoltare experimentală pentru obținerea matricei 1 din leguminoase cultivate convențional realizată de UDJG în perioada iunie-septembrie 2025 și inclusă în raportul de progres RP3 al UDJG (pentru perioada mai - iulie 2025), respectiv în Raportul A3.3_IM3.9-partial-1. Produsul convențional este o pastă vegetală tartinabilă din făină de mazăre cultivată în sistem convențional și furnizată de INMA, partenerul P4 din proiect.
- Dezvoltare experimentală pentru obținerea matricei 1 din cereale cultivate convențional realizată de IBA București în perioada august-septembrie 2025 și inclusă în acest raport. Produsul convențional este reprezentat de paste făinoase din făină de grâu obținută prin măcinare din grâu cultivat și furnizat de USAMV București, partenerul P5 din proiect.

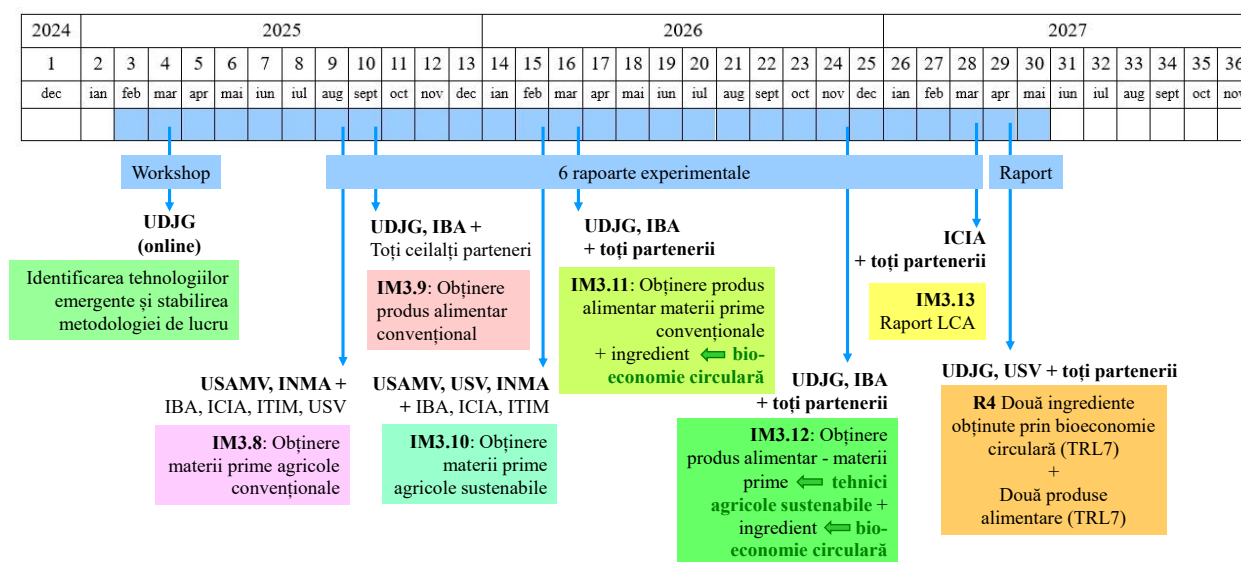


Fig. 1.1. Planul de lucru pentru subactivitatea A3.3

În fig. 1.2 este prezentat schematizat modul de colaborare între partenerii din proiect la realizarea activităților raportate în cadrul indicatorului de monitorizare IM3.9.



Cofinanțat de
Uniunea Europeană



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

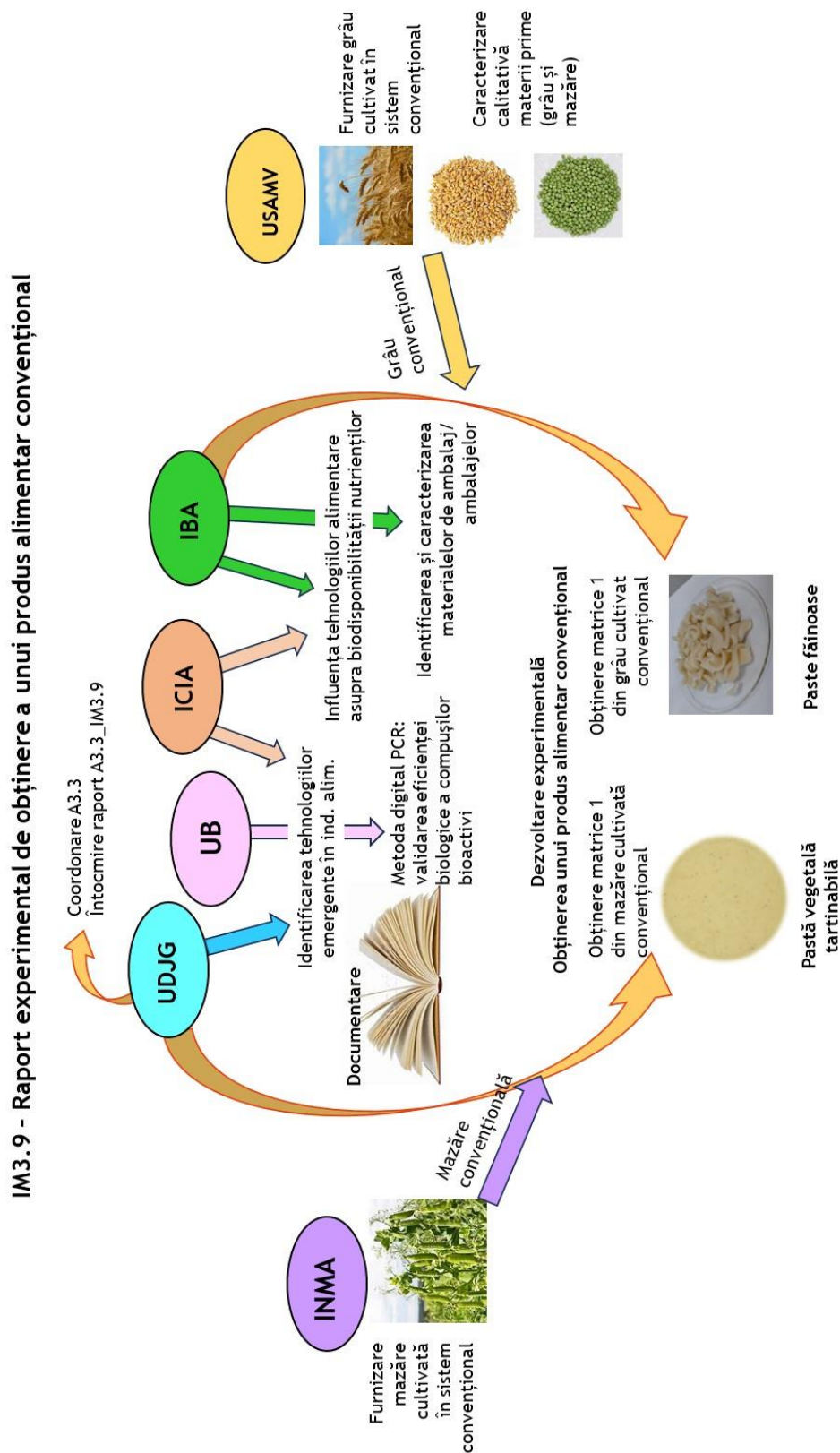


Fig. 1.2. Reprezentare schematizată a colaborării între parteneri, în proiectul Metrofood-RO Evolve, pentru realizarea IM3.9



2. Studiu documentar privind obținerea unui produs alimentar convențional

Acest capitol conține o sinteză a studiilor documentare realizate de partenerii din proiect (IBA, UDJG, ICIA, ITIM și UB) incluse în rapoartele de progres RP1, RP2 și RP3 referitoare la următoarele subiecte:

- Influența tehnologiilor alimentare asupra biodisponibilității nutrienților (IBA), din rapoartele de progres RP1 și RP2;
- Identificarea tehnologiilor relevante pentru studiul influenței procesării asupra biodisponibilității nutrienților (ICIA), din rapoartele de progres RP1 și RP2;
- Identificarea tehnologiilor emergente în industria alimentară (UDJG), din rapoartele de progres RP1 și RP2;
- Identificarea materialelor de ambalaj/ambalajelor pentru produse alimentare care vor fi obținute (IBA), din raportul de progres RP2;
- Caracterizarea ambalajelor alimentare în vederea verificării conformității cu legislația specifică (IBA), din raportul RP3 IM3.9-parțial-1;
- Metoda digital PCR - validarea eficienței biologice a compușilor bioactivi din produse alimentare (UB), din raportul RP3 IM3.9-parțial-1.

2.1. Influența tehnologiilor alimentare asupra biodisponibilității nutrienților și identificarea tehnologiilor emergente în industria alimentară (IBA, UDJG, ICIA)

2.1.1. Introducere

În ultimii ani, domeniul alimentar a trecut printr-o transformare profundă, determinată de presiunea societății pentru un sistem alimentar mai sustenabil, mai nutritiv și mai echitabil. În acest context, procesarea alimentelor nu se mai limitează doar la conservarea și siguranța produselor, ci devine un instrument esențial în optimizarea calității nutriționale și în valorificarea eficientă a resurselor disponibile. Accentul se mută tot mai mult spre tehnologii care nu doar păstrează, ci îmbunătățesc biodisponibilitatea compușilor benefici din ingrediente vegetale, în paralel cu reducerea impactului asupra mediului (Fellows, 2022).





Industrializarea accelerată în domeniul procesării alimentelor și fenomenul de globalizare a comerțului cu bunuri alimentare a impus identificarea unor metode eficiente de conservare a alimentelor, care să nu afecteze valoarea nutrițională și caracteristicile senzoriale ale produselor.

Tehnologiile alimentare au evoluat semnificativ și continuu în ultimele decenii, având un impact profund și multiplu asupra modului în care produsele alimentare sunt procesate, păstrate și consumate de către populație. Aceste inovații îmbunătățesc siguranța alimentelor disponibile pe piață și afectează în mod direct biodisponibilitatea nutrienților, un aspect crucial în asigurarea unei alimentații sănătoase și echilibrate (Parada & Aguilera, 2007).

Tehnicile moderne de procesare aplicate în industria alimentară urmăresc asigurarea unor beneficii de ordin tehnologic, funcțional sau nutrițional, pe lângă avantaje precum scurtarea timpului de procesare, reducerea costurilor de producție prin reducerea consumului de energie și apă și a impactului asupra mediului (Khouryieh, 2021). Limitările curente ale tehnologiilor de procesare care erau considerate noi în urmă cu 20 ani, dar care au început să fie aplicate la obținerea diferitelor tipuri de produse alimentare, se referă în principal la costurile de investiție ridicate, lipsa informațiilor cu privire la impactul diferiților parametri de procesare asupra calității și siguranței produselor, care limitează controlul eficient al procesării și lipsa reglementărilor cu privire la aplicarea la nivel industrial a tehnologiilor emergente de procesare a alimentelor (Jermann *et al.*, 2015).

2.1.2. Biodisponibilitatea nutrițională

Biodisponibilitatea nutrițională se referă la proporția reală de nutrienți din alimente care este absorbită și utilizată de organism după consumarea acestora. Această noțiune este esențială pentru evaluarea reală, efectivă, a valorii nutriționale a unui produs alimentar, nu doar potențialul său teoretic (Rousseau *et al.*, 2020), deoarece nu tot ceea ce este prezent în compoziția chimică a alimentului este și asimilabil de către corpul uman (Jemaa *et al.*, 2021).

Tehnologiile alimentare au un rol esențial în facilitarea acestui proces complex sau, dimpotrivă, în inhibarea eficienței cu care organismul este capabil să absoarbă substanțele nutritive (Hotz & Gibson, 2007). Astfel, înțelegerea acestor tehnologii devine crucială nu doar pentru industria alimentară, ci și pentru consumatori, care doresc să facă alegeri sănătoase și informate în alimentația lor zilnică (Fellows, 2017).

În contextul alimentelor de origine vegetală, care sunt adesea bogate în nutrienți precum fibre, proteine vegetale, minerale (fier, zinc, calciu), vitamine hidrosolubile și compuși fitochimici cu activitate antioxidantă, biodisponibilitatea poate varia semnificativ în funcție de forma chimică a compușilor, de interacțiunile dintre ei și de structura fizică a matricei alimentare (Salazar *et al.*, 2020).



În rapoartele de progres RP1 și RP2 sunt prezentate principalele etape care determină biodisponibilitatea, respectiv impactul procesării alimentelor asupra biodisponibilității nutrienților (efecte benefice, neutre sau negative).

Procesarea adecvată poate transforma un ingredient vegetal cu un potențial nutrițional ridicat, dar slab biodisponibil, într-un aliment funcțional, echilibrat și ușor asimilabil. Acest lucru este deosebit de relevant în cazul leguminoaselor și cerealelor utilizate în subactivitatea A3.3, deoarece acestea conțin o serie de compuși benefici (proteine, minerale, fibre, izoflavone, acizi fenolici), dar și factori antinutriționali naturali. Astfel, identificarea și testarea unor tehnologii sustenabile în cadrul subactivității 3.3 va sta la baza formulării unor produse alimentare noi, optimizate nutrițional și validate atât din punct de vedere științific, cât și ecologic, respectiv va permite obținerea unor alimente cu un conținut ridicat de nutrienți și cu biodisponibilitate crescută, ceea ce contribuie direct la îmbunătățirea stării de sănătate a consumatorilor.

2.1.3. Factori care influențează biodisponibilitatea nutrienților

Principalii factori care influențează biodisponibilitatea nutrienților (Hu *et al.*, 2023), a) forma chimică a nutrientului, b) prezența compușilor antinutriționali, c) structura matricei alimentare, d) interacțiunile dintre nutrienți, e) procesarea termică sau mecanică, f) fermentarea sau germinarea, g) utilizarea tehnologiilor neconvenționale („green”) sunt, de asemenea, prezentați în detaliu în raportul de progres RP1.

2.1.4. Procesarea minimă

Metodele de procesare a alimentelor sunt clasificate în termice și atermice. Alimentele procesate pe cale termică pot fi păstrate pentru perioade mult mai lungi comparativ cu cele neprocesate. Intensitatea tratamentului termic afectează direct activitatea enzimelor și microorganismelor, însă trebuie avut în vedere faptul că pot fi afectate, în același timp, profilul nutrițional și caracteristici senzoriale precum culoarea, gustul, textura și aroma produselor. A apărut, astfel, conceptul de *prelucrare/procesare minimă* a alimentelor care urmărește de fapt reducerea timpului de procesare la minimum necesar, astfel încât să se asigure obținerea efectului dorit din punct de vedere senzorial și al siguranței. O atenție deosebită a fost acordată în ultimele decenii metodelor atermice de procesare, urmărindu-se identificarea unor metode de distrugere a microorganismelor și inactivare a enzimelor fără a afecta valoare nutrițională și calitatea senzorială a alimentelor procesate (Butz & Tauscher, 2002).

Procesarea minimă a fost definită în multe feluri, de la introducerea termenului, în jurul anului 1990, până în prezent. Astfel, Manvell (1996) a considerat că reprezintă „tratamentul cel mai simplu posibil pentru a obține un scop” (*the least possible treatment to achieve a purpose*).



O definiție mai specifică descrie prelucrarea minimă ca fiind aceea care *influențează minim caracteristicile de calitate ale alimentelor dar, în același timp, asigură alimentelor un termen de valabilitate suficient pe parcursul perioadei de depozitare și distribuție* (Huis in't Veld, 1996; Siddiqui & Rahman, 2015).

Prin procesare minimă se realizează produse care arată ca proaspete (*fresh-like*), cu valoare nutritivă, caracteristici senzoriale precum aromă, miros, textură și gust naturale (Huxley *et al.*, 2004) ca urmare a prelucrării simplificate, economice și cu menținerea la cote cât mai ridicate a valorii nutritive.

Alimentele prelucrate minim pot fi menținute sigure prin tratament de conservare parțial sau minim. Suplimentar, aceasta are ca rezultat mai puține alterări posibile ale alimentelor (Ohlsson, 1996; Bansal *et al.*, 2015). Procesarea minimă are o influență redusă asupra atributelor de calitate pe parcursul depozitării sau asupra duratei de durabilitate (Allende *et al.*, 2006; Marechal *et al.*, 1999; Siddiqui *et al.*, 2011).

În procesare minimă sunt/pot fi incluse progresele înregistrate în ultimele decenii în prelucrarea materiilor prime de origine vegetală și animală și în ingineria alimentară (Fellows, 2000; Ohlsson & Bengtsson, 2000; Aganovic *et al.*, 2021; Cacace *et al.*, 2020; Fam *et al.*, 2021): procedee atermice fizice și electromagnetice, procedee termice, tehnologii speciale de ambalare, tehnici biologice și alte tehnologii speciale, de asemenea, descrise în raportul de progres RP1.

Diversificarea tehnologiilor noi s-a realizat diferențiat astfel că, în prezent, se întâlnesc și termenii *tehnologii emergente*, respectiv *tehnologii alternative*, între care nu există întotdeauna o distincție foarte clară, ci depinde de aplicație:

- **Tehnologiile emergente** reprezintă acele tehnologii care sunt în curs de cunoaștere, dezvoltare, cercetare, aplicare la nivel pilot și incipient în industrie (tehnologii de tratare la presiune înaltă, în câmp electric pulsator, încălzire ohmică etc.);
- **Tehnologiile alternative** sunt tehnologii noi, cu suficientă cunoaștere și rezultate obținute din cercetare, aplicate la nivel pilot și industrial pentru a înlocui tehnologiile convenționale, nesigure, consumatoare de resurse (extracția cu fluide supercritice, tratamentele cu microunde sau curenți de frecvență înaltă etc.)

2.1.5. Tehnologii emergente de procesare identificate

Tehnologiile emergente de procesare alimentară au evoluat semnificativ în ultimele decenii, având un impact profund și complex asupra modului în care nutrienții valoroși sunt extrași și devin biodisponibili în produsele alimentare consumate zilnic. Printre cele mai promițătoare și inovatoare tehnici care au fost dezvoltate se numără procesarea la presiune înaltă, cu ultrasunete, în câmp electric pulsator, cu lumină ultravioletă, c pulsuri de lumină, extracția cu fluide supercritice, încălzirea ohmică. Acestea sunt prezentate sintetic în continuare.



2.1.5.1. Procesarea la presiune înaltă

Procesarea la presiune înaltă (*high pressure processing*, HPP), cunoscută și sub denumirea de procesare la presiune hidrostatică ridicată (*high hydrostatic pressure processing*, HHP) sau prelucrarea la presiune ultra-înaltă (*ultra-high pressure processing*, UHP), este o metodă de procesare atermică promițătoare aplicată alimentelor ambalate, ce implică utilizarea unor presiuni de 100-800 MPa, sub forma unui puls de o secundă până la un interval de timp de câteva minute. În vederea procesării cu HPP, produsele sunt de obicei ambalate în ambalaje flexibile. Procesarea HPP poate asigura un efect de pasteurizare și prelungirea duratei de păstrare a alimentelor prin inactivarea microorganismelor și enzimelor, dar, datorită efectului de încălzire limitată, asigură în același timp păstrarea majorității caracteristicilor senzoriale și nutriționale ale produselor procesate (Fellows, 2017). Tratatamentul HPP a fost utilizat cu succes pentru procesare în vederea omogenizării, extracției, congelării și decongelării, albirii, pasteurizării și sterilizării (Khouryieh, 2021).

Astfel, procesarea sub presiune ridicată (HPP) se dovedește a fi extrem de eficientă în conservarea nutrienților, limitând în mod semnificativ efectele adverse ale căldurii asupra alimentelor. Această tehnologie avansată permite păstrarea valorii nutriționale a produselor alimentare, reducând în același timp riscurile microbiologice care pot afecta calitate și siguranța. HPP contribuie astfel la crearea alimentelor cu o durată de viață extinsă, oferind posibilitatea de a menține prospețimea produselor fără necesitatea utilizării aditivilor chimici, care adesea ridică întrebări legate de sănătate. Modernizarea proceselor de fabricație, cu ajutorul tehnologiilor avansate îmbunătățește biodisponibilitatea nutrienților esențiali și oferă alternative sustenabile pentru consumatori, evidențiind intersecția dintre inovație și sănătate publică.

2.1.5.2. Procesarea cu ultrasunete

Procesarea cu ajutorul ultrasunetelor, o metodă care utilizează vibrații sonore pentru a îmbunătăți extragerea compușilor valoroși, tehnologia de microunde, care permite o gătit rapidă și uniformă, și metoda de procesare sub presiune, care contribuie la păstrarea nutrienților. Aceste tehnologii avansate nu doar că optimizează eficiența energetică, reducând astfel consumul de resurse, ci influențează și structura biochimică a alimentelor, facilitând astfel biodisponibilitatea crescută a nutrienților esențiali, ceea ce se traduce printr-o alimentație mai sănătoasă și mai nutritivă pentru consumatori (Barbosa-Cánovas *et al.*, 2018; Rastogi, 2018).

Utilizarea ultrasunetelor în procesarea alimentelor generează un fenomen interesant denumit cavitație, care are un impact considerabil asupra structurii pereților celulari ai plantelor și microorganismelor. Această rupere fizică a pereților celulari creează condiții favorabile pentru eliberarea unui spectru variat de substanțe nutritive esențiale, precum antioxidanții și polifenolii, care se află în interiorul acestor celule. De exemplu, studii recente și concludente au arătat că aplicarea tratamentelor cu



ultrasunete poate îmbunătăți considerabil extragerea compușilor bioactivi din plante, ceea ce sugerează cu tărie că această tehnologie avansată ar putea reprezenta un instrument valoros și eficient în creșterea nivelului de eficiență al procesului de obținere a suplimentelor alimentare, oferind astfel un potențial uriaș pentru industria alimentară și farmaceutică (Feng *et al.*, 2011).

2.1.5.3. Procesarea în câmp electric pulsator

Tratamentele în câmp electric pulsator (*pulsed electric field*, PEF; *high intense pulsed electric field*, HIPEF) se bazează pe capacitatea unui câmp electric puternic de a inactiva și a distruge microorganismele. Acest efect este explicat prin așa numita „teorie a rupturii dielectrice”. Astfel, câmpul electric pulsator de mare intensitate aplicat celulelor sub formă de pulsuri scurte de tensiune înaltă (de obicei între 0,5 și 80 kV.cm) generează fenomenul fizic de electroporare care constă în formarea de pori în membranele celulare. Formarea porilor poate fi reversibilă sau ireversibilă, în funcție de intensitatea câmpului electric aplicat.

PEF este recunoscută pentru capacitatea sa de a îmbunătăți eliberarea compușilor bioactivi prin:

- ruperea pereților celulari ai ingredientelor vegetale fără degradare termică;
- facilitarea extracției de compuși fenolici, flavonoide, carotenoide, vitamine și minerale;
- îmbunătățirea digestibilității proteinelor și a amidonului;
- scăderea concentrației de antinutrienți prin activarea enzimatică sau perturbarea structurilor de legare.

În plus, tehnologia PEF poate crește accesibilitatea nutrienților în timpul digestiei, contribuind astfel la o biodisponibilitate mai bună în matricea alimentară finală.

PEF este ideală pentru ingrediente precum leguminoasele și extractele vegetale care urmează să fie procesate în formă lichidă sau pastă. Poate fi aplicată înainte de fermentare, în etape de extracție sau în tratarea semifabricatelor vegetale, crescând eficiența procesului și valoarea funcțională a produsului.

2.1.5.4. Tratamente cu lumină ultravioletă

Tratamentul cu lumină ultravioletă (UV) este o metodă neselectivă utilizată pentru distrugerea microorganismelor de pe suprafețe (alimente, materiale de ambalaj și ambalaje, utilaje, ustensile, pereți etc.), din aer (laborator, secție de producere, depozite, spitale, cantine etc.) și din apă (potabilă sau reziduală).

Doze mici de lumină UV induc producerea de compuși antifungici (Erkan *et al.*, 2008), întârzie coacerea fructelor și legumelor (Baka *et al.*, 1999; Pan *et al.*, 2004; Stevens *et al.*, 2004, 2005) și reduc efectul de deteriorare prin răcire (González-Aguilar *et al.*, 2004, 2007; Vicente *et al.*, 2005a,b). În ultimul sfert de veac, expunerea culturilor



horticole la lumină UV neionizată artificială (180-280 nm, cu maximul la lungimea de undă de 254 nm) este considerată o alternativă la utilizarea fungicidelor chimice pentru controlul bolilor post-recoltare (Rodov *et al.*, 1992). Mai mult, cercetările au arătat că lumina UV este capabilă să inducă fructelor și legumelor sănătoase rezistență la mucegaiurile postrecoltare (Marquenie *et al.*, 2002a, b) și să întârzie procesul de coacere, prelungind astfel termenul de valabilitate al fructelor și legumelor (Darvishi *et al.*, 2012). De asemenea, atunci când este utilizată la un nivel optim, lumina UV induce acumularea fitoalexinelor care au un rol important în rezistența la boli a multor plante (Mercier *et al.*, 2001) prin activarea genelor care codifică proteinele asociate patogenezei (Green & Fluhr, 1995).

Efectul luminii UV-C (domeniul 200-280 nm) este letal pentru microorganisme, de unde provine termenul „germicid”. Cu toate acestea, acțiunea germicidă a luminii UV depinde mult de rezistența naturală a microorganismelor la lumina UV-C. Shama (2007) a arătat că microorganismele diferă foarte mult, având nevoie de doze UV diferite pentru inactivare. Un alt factor important al supraviețuirii este suprafața pe care sunt atașate microorganismele. Gardner & Shama (2000) au arătat că „topografia” suprafeței are un rol major în determinarea supraviețuirii după expunerea la UV-C. Microorganismele prezente pe o suprafață care poate fi considerată netedă sunt mai sensibile la efectele UV decât microorganismele prezente pe o suprafață care conține crăpături în interiorul cărora ar putea fi protejate de efectele letale ale UV-C. Efectul germicidal apare într-un timp relativ scurt, limitat la timpul de expunere a microorganismului la sursa UV.

2.1.5.5. Tratamente cu pulsuri de lumină

Printre tehnicile emergente de prelucrare atermică dezvoltate în ultimele decenii se numără **tratamentul cu pulsuri de lumină** (PL), utilizat pentru inactivarea și/sau distrugerea microorganismelor pe suprafața alimentelor, a materialelor de ambalaj și a utilajelor. Acest tratament de suprafață are un impact minim asupra proprietăților nutritive și senzoriale ale alimentelor și contribuie la extinderea termenului de valabilitate prin distrugerea microorganismelor (Martín-Belloso *et al.*, 2014).

Tratamentul cu PL este considerat o tehnologie atermică emergentă capabilă să distrugă microorganismele, atât forme vegetative cât și spori (Dunn *et al.*, 1995; Elmnasser *et al.*, 2007; Oms-Oliu *et al.*, 2010a, b). Această tehnologie utilizează pulsuri scurte de lumină albă intensă cu lungimea de undă de la 100 nm (UV) la circa 1.100 nm (infraroșu). PL sunt foarte asemănătoare cu lumina solară și au emisie maximă între 200 și 400 nm. Intensitatea fiecărui puls de lumină este de 20.000 de ori mai mare decât a luminii solare la nivelul mării și conține unele lungimi de undă UV care lipsesc în lumina soarelui deoarece acestea sunt filtrate de atmosfera Pământului (Dunn *et al.*, 1995). De aceea, unii cercetători consideră că PL reprezintă o versiune îmbunătățită a tratamentului cu lumină ultravioletă (Bintsis *et al.*, 2000).



2.1.5.6. Extracția cu fluide supercritice

Metoda de separare cu fluide supercritice este o tehnică de separare nedistructivă, aparținând proceselor care au loc la presiune ridicată (High Pressure Extraction), bazându-se pe puterea de solvatare a fluidelor aflate la temperaturi și presiuni superioare celor corespunzătoare punctului critic (McHugh & Krukonis, 1986, 1994).

Dezvoltarea proceselor de extracție cu fluide supercritice s-a făcut și ca urmare a constatării că acestea sunt extractanți la fel de buni ca lichidele, având caracteristici de transfer de substanță mai bune decât acestea, fapt pus în evidență de proprietățile lor de transport.

Raportul prezintă avantajele dioxidului de carbon supercritic, solubilitatea unor compuși variați în CO₂ supercritic și aplicațiile principale ale fluidelor supercritice la extracția uleiurilor din plante comestibile și medicinale sau din semințe oleaginoase sau sâmburi de fructe cu conținut de lipide (Cui *et al.*, 2025), a compușilor volatili din coaja citricelor (Mora *et al.*, 2025), decofeinizarea ceaiului (Sgarioni *et al.*, 2025) etc.

2.1.5.7. Încălzirea ohmică

Încălzirea ohmică este o metodă emergentă care se produce atunci când curentul electric trece printr-un produs alimentar cu o anumită rezistență electrică. Spre deosebire de încălzirea cu microunde, la încălzire ohmică adâncimea de penetrare este nelimitată și, în majoritatea cazurilor practice, gradientul de temperatură în interiorul produsului nu este mare, iar lichidul și particulele solide se încălzesc aproape simultan.

Încălzirea ohmică are efect letal asupra celulelor microorganismelor prin formarea de pori datorită schimbării polarității și distrugerea celulelor.

Principalele avantaje ale încălzirii ohmice sunt (Knirsch *et al.*, 2010):

- încălzire rapidă și uniformă fără deprecierea calității produsului întrucât căldura este generată în interiorul acestuia;
- utilizare mai eficientă a energiei;
- costuri de capital reduse;
- durată de prelucrare mai mică;
- proces prietenos cu mediul.

Încălzirea ohmică este utilizată pentru pasteurizarea și sterilizarea unor produse alimentare, având ca rezultat alimente cu o calitate excelentă îndeosebi atunci când se realizează curgere de tip piston.

2.1.6. Instrumente biotehnologice

Instrumentele biotehnologice reprezintă o categorie esențială de tehnici și tehnologii sofisticate utilizate pentru a modifica și optimiza microorganisme, plante și animale în



scopul îmbunătățirii caracteristicilor nutriționale ale alimentelor. Aceste instrumente avansate au un impact semnificativ asupra biodisponibilității nutrienților esențiali, facilitând absorbția acestora de către organismul uman. Printre cele mai cunoscute și utilizate instrumente din biotehnologie se numără ingineria genetică, care permite modificarea directă a ADN-ului, cultura de celule, care contribuie la dezvoltarea și proliferarea unor celule specifice în condiții controlate, și tehnologiile de fermentație, care transformă materiile prime în alimente mai profunde și mai bogate în nutrienți. Fiecare dintre aceste tehnici are aplicații specifice în domeniul alimentației și nutriției, contribuind astfel la creșterea calității dietelor moderne.

2.1.7. Matrice vegetale și funcționalitatea acestora

Matricele vegetale reprezintă structuri extrem de complexe și foarte bine organizate, care continuă să adăpostească, din nou și din nou, nutrienți într-o formă biocompatibilă, influențând astfel într-un mod decisiv biodisponibilitatea acestora, atât în organismul uman, cât și în organismul animal. Componentele principale ale acestor matrice sofisticate includ nu doar celuloza, hemiceluloza și lignina, ci și o multitudine de macronutrienți esențiali, dintre care se evidențiază carbohidrații, proteinele și lipidele esențiale pentru funcționarea optimă a organismului (Brett & Waldron, 1996; Cosgrove, 2005). Această arhitectură unică, cu o structură bine definită și coezivă, folosește un design deosebit care permite nu doar conservarea eficace a nutrienților, dar și modularea absorbției lor în funcție de interacțiunile chimice complexe și de structurile intricate dintre ele, beneficiind în mod considerabil de pe urma interacțiunilor sinergice care au loc (Parada & Aguilera, 2007; Ellis *et al.*, 2004).

Leguminoasele exemplifică un tip de matrice vegetală cu un profil nutrițional cu adevărat remarcabil și complex, având o importanță semnificativă în alimentația umană. Aceste plante, de exemplu, sunt extrem de bogate în proteine de înaltă calitate, care constituie o sursă importantă de aminoacizi esențiali necesari organismului uman. Acești aminoacizi sunt fundamentali pentru construirea și repararea țesuturilor corpului, fiind esențiali pentru dezvoltarea corectă și sănătoasă a organismului pe parcursul întregii vieți (Mudryj *et al.*, 2014; Messina, 2014). De asemenea, leguminoasele conțin fibre solubile și insolubile, care sunt extrem de importante nu doar pentru o digestie sănătoasă și eficientă, dar și pentru menținerea unei sănătăți optime a intestinelor și a sistemului digestiv (Dahl & Stewart, 2015; Slavin, 2013). În plus, leguminoasele se dovedesc a fi o sursă excelentă de vitamine din complexul B, minerale esențiale pentru buna funcționare a organismului uman, dar și de compuși bioactivi benefici, cum ar fi flavonoidele și antioxidanții (Tharanathan & Mahadevamma, 2003; Sandberg, 2002). Aceste substanțe nu doar că ajută la protejarea organismului împotriva stresului oxidativ, dar contribuie semnificativ și la menținerea sănătății cardiovasculare pe termen lung, un aspect crucial în prevenirea unor afecțiuni grave. Fibra din leguminoase nu doar că facilitează tranzitul intestinal, asigurând o



digestie mai bună, dar are, de asemenea, un impact semnificativ asupra reducerii riscurilor cardiovasculare, prin menținerea unui nivel sănătos al colesterolului și al zahărului din sânge.

Cerealele și pseudo-cerealele contribuie în mod semnificativ la diversitatea și bogăția semantică în cadrul complexului matricei vegetale, având un rol esențial prin intermediul caracteristicilor lor variate în alimentația umană și oferind o gamă extinsă de beneficii nutriționale și efecte pozitive asupra sănătății pentru întreaga populație globală. Pseudo-cerealele, precum quinoa, hrișcă și amarant, se evidențiază cu mult printr-un conținut notabil mai ridicat de aminoacizi esențiali, esențiali pentru funcționarea optimă a organismului, precum și printr-o concentrație importantă de micronutrienți și vitamine comparativ cu cerealele tradiționale precum grâul, porumbul și orezul, care, deși sunt folosite pe scară largă, nu oferă aceleași beneficii nutriționale (Repo-Carrasco-Valencia *et al.*, 2010; Alvarez-Jubete *et al.*, 2010).

2.1.8. Profil fitochimic și proprietăți antioxidante

Profilul fitochimic al alimentelor se referă la compuși biologici activi care se regăsesc în plante, fiind un aspect fundamental al nutriției sănătoase. Acești compuși, care includ o variată gamă de substanțe esențiale pentru bunăstarea organismului, precum polifenoli, flavonoide, carotenoizi și vitamine, contribuie semnificativ la proprietățile nutritive ale diverselor tipuri de alimente pe care le consumăm în fiecare zi (Liu, 2003). Aceste substanțe nu doar că îmbunătățesc aspectul vizual și aroma produselor alimentare, dar joacă, de asemenea, un rol esențial în menținerea sănătății umane, având efecte antioxidante care sunt extrem de importante pentru organism (Scalbert *et al.*, 2005). Acești antioxidanți, prin natura lor, protejează organismul nostru împotriva stresului oxidativ, operând eficient printr-un proces complex de neutralizare a radicalilor liberi. Radicalii liberi sunt substanțe extrem de reactive care pot provoca deteriorarea celulelor noastre, iar deteriorarea celulară, care poate proveni dintr-o varietate de factori externi și interni, a fost corelată cu o multitudine de afecțiuni cronice severe. Aceste afecțiuni includ, dar nu se limitează la boli cardiovasculare debilitante, diabet care afectează metabolismul și diverse forme de cancer care pot fi periculoase pentru viață (Halliwell, 2007). Astfel, un profil fitochimic bogat nu doar că îmbunătățește calitatea alimentelor consumate, dar contribuie semnificativ la prevenirea unui număr variat de boli, având un impact pozitiv deosebit asupra stării generale de sănătate a indivizilor. Cunoașterea și înțelegerea importanței acestor compuși fitochimici pot aduce beneficii notabile în alegerea alimentelor noastre, să susținem o dietă sănătoasă, echilibrată și variată, favorizând bunăstarea noastră pe termen lung (Valko, *et al.*, 2007). De asemenea, integrarea acestor alimente bogate în fitochimice în rutina zilnică poate ajuta la îmbunătățirea sănătății mentale și fizice, făcându-ne să ne simțim mai energici, mai vitali și mai pregătiți pentru a înfrunta provocările vieții contemporane (Gómez-Pinilla, 2008).



2.1.9. Vitamine și proprietăți funcționale

Vitaminele, recunoscute ca micronutrienți esențiali, îndeplinesc un rol fundamental și crucial în funcționarea optimă a organismului uman, influențând și reglând un număr semnificativ de procese metabolice prin contribuția lor neprețuită la reacții biochimice care sunt absolut indispensabile pentru sănătatea noastră generală (Combs, G. F., 2012). Aceste substanțe nutritive vitale, denumite vitamine, sunt clasificate în două categorii principale, fiecare având un impact specific și distinct asupra diferitelor funcții biologice ale corpului nostru (Ball, 2006). Prima categorie este reprezentată de vitaminele solubile în apă, care include vitaminele din complexul B, precum B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9, B12 și vitamina C. Aceste vitamine sunt esențiale pentru multe procese de care depinde sănătatea și bunăstarea noastră (Gregory, 2008). A doua categorie, pe de altă parte, cuprinde vitaminele solubile în grăsimi, care includ vitaminele A, D, E și K, fiecare având roluri unice în menținerea funcțiilor corpului. Biodisponibilitatea acestor nutrienți esențiali, care determină cât de bine pot fi absorbiți și utilizați de către organismul nostru, poate fi adesea influențată de o varietate de tehnologii alimentare utilizate în procesarea, conservarea și prepararea alimentelor pe care le consumăm zi de zi (Riaz & Asif, 2007; Traber, & Stevens, 2011).

2.1.10. Potențialul antigenic al produselor alimentare

Potențialul antigenic al produselor alimentare se referă la abilitatea complexă și diversificată a anumitor componente alimentare de a provoca diverse reacții imunitare adverse în organismul uman, ceea ce poate avea consecințe semnificative și de amploare asupra sănătății generale a indivizilor. Aceasta poate include o gamă variată și extinsă de substanțe, care variază de la proteine specifice, extrem de reactive, până la aditivi alimentari chimici și contaminanți periculoși, fiecare dintre ele având potențialul de a genera sensibilizări distincte sau reacții alergice, care pot fi de la forme ușoare la forme severe, și chiar în unele cazuri, pot deveni mortale (Sicherer & Sampson, 2014; Boyce *et al.*, 2010).

Proteinele, în special, sunt considerați principalii agenți antigenici, având o capacitate notabilă și impresionantă de a stimula sistemul imunitar prin interacțiunea directă cu anticorpii prezenți în organism, lucru ce poate duce la o sensibilizare crescută și îngrijorătoare în rândul unor indivizi vulnerabili și predispuși. Exemple concrete și evidente de manifestări ale acestui fenomen includ alergiile la alimente precum arahidele, laptele, ouăle și crustaceele, fiecare dintre aceste alimente conținând proteine specifice care pot provoca reacții imunologice severe la persoanele sensibile, iar în unele cazuri excepționale, pot amenința viața prin reacții anafilactice acute și devastatoare. Acest context și situație subliniază importanța crucială a testării și a conștientizării continue, având în vedere riscurile potențiale asociate consumului de astfel de alimente pentru cei predispuși și vulnerabili, care trebuie să fie consultați și



educați cu privire la alegerile alimentare pe care le fac (Mills & Mackie, 2008; Sathe *et al.*, 2005). Pe de altă parte, tehnologiile alimentare moderne dispun de capacitatea de a influența în mod semnificativ potențialul antigenic al produselor alimentare, atât în mod pozitiv cât și în mod negativ, având un impact considerabil asupra sănătății consumatorilor. Procesarea alimentelor, prin intermediul unor tehnici variate, cum ar fi pasteurizarea, fermentarea, sau chiar modificarea genetică, joacă un rol crucial în acest sens, deoarece poate reduce sau chiar elimina capacitatea antigenică a anumitor ingrediente specifice (Verhoeckx *et al.*, 2015; Jiménez-Saiz *et al.*, 2015).

2.1.11. Comportamentul reologic al alimentelor

Comportamentul reologic al alimentelor reprezintă o dimensiune esențială și complexă, care joacă un rol crucial în influențarea nu doar a texturii și palatabilității produselor alimentare, ci și a biodisponibilității nutrienților acestora. Acest aspect are un impact semnificativ asupra sănătății consumatorilor, ceea ce face ca studiul său să fie deosebit de important. Reologia, această știință fascinantă care se ocupă de studiul fluxului și deformării materialelor, prezintă o serie de aplicații esențiale în industria alimentară. Aici, înțelegerea acestor principii fundamentale poate să facă diferența între produse de calitate superioară și cele care nu îndeplinesc așteptările (Steffe, 1996; Rao, 2014).

Proprietățile mecanice și fluiditatea alimentelor afectează în mod direct procesul de preparare, transportare și consumare a acestora. De exemplu, caracteristicile reologice ale alimentelor pot influența modul în care acestea se comportă în diverse condiții de temperatură și umiditate, care reprezintă factori critici în procesul de gătire, conservare și ambalare. Aceste aspecte sunt extrem de importante, întrucât ele contribuie nu doar la calitatea produsului final, ci și la experiența generală a consumatorului (Bourne, 2002; Szczesniak, 2002). Astfel, o cunoaștere aprofundată a comportamentului reologic al alimentelor le oferă specialiștilor în domeniul tehnologiei alimentare instrumentele necesare pentru a optimiza procesarea tuturor tipurilor de produse. Prin urmare, aceștia pot dezvolta produse inovatoare, mai durabile, care să îmbunătățească biodisponibilitatea nutrienților, ținând cont totodată de preferințele și așteptările ridicate de calitate ale consumatorilor. Aceste cunoștințe, acumulate și aplicate corect, contribuie, fără îndoială, la crearea unei industrii alimentare mai eficiente, în care produsele să fie nu doar delicioase, ci și sănătoase, accesibile și adaptate nevoilor fiecărui consumator (McClements, 2005; Norton *et al.*, 2006).

2.1.12. Inactivarea microbiotei indigene

Inactivarea microbiotei indigene se referă la procesele complexe și variate prin care microorganismele care sunt în mod natural prezente în alimentele crude sunt eliminate sau distruse. Aceste procese au un impact semnificativ asupra calității nutriționale și a siguranței alimentelor pe care le consumăm. Prin urmare, inactivarea microbiotei nu



este doar o simplă măsură de siguranță, ci și o practică esențială în ceea ce privește sănătatea publică și bunăstarea colectivă a indivizilor. Această inactivare poate avea loc prin diverse metode fizice, chimice sau biologice, fiecare dintre acestea prezentând avantaje și dezavantaje specifice pe care trebuie să le luăm în considerare în mod atent (Jay *et al.*, 2005; Doyle & Buchanan, 2013).

2.1.13. Profilul izotopic și mineral

Profilul izotopic și mineral al alimentelor joacă un rol crucial și esențial în determinarea biodisponibilității nutrienților dintr-o diversitate vastă și complexă de alimente, permițând astfel o înțelegere mult mai profundă și detaliată a compoziției complexe a acestora, precum și a impactului tehnologiilor alimentare asupra valorii nutritive. Analiza izotopică implică o studiere detaliată și minuțioasă a proporțiilor diferitelor izotopi ale elementelor chimice esențiale, acest proces complex având potențialul de a oferi indicii extrem de relevante și utile despre sursa ingredientelor folosite, precum și despre procesele tehnologice specifice care sunt utilizate în prepararea acestora (Kelly *et al.*, 2005; Camin *et al.*, 2016).

Pe de altă parte, mineralele joacă un rol deosebit de esențial și crucial pentru o serie diversificată, complexă și variată de funcții metabolice, care au loc în organismul uman, iar biodisponibilitatea acestor minerale, ce se dovedește a fi extrem de importantă pentru sănătatea individului, depinde adesea de forma chimică specifică sub care aceste minerale se prezintă în alimentele consumate și ingerate. Înțelegerea profundă a interacțiunii dintre tehnologiile alimentare și mineralele consumate este absolut vitală pentru a asigura o nutriție adecvată, sănătoasă și optimă în alimentația noastră de zi cu zi, având astfel un impact direct asupra sănătății noastre generale (Hotz & Gibson, 2007; Gibson & Ferguson, 2008). Astfel, investigarea atentă și detaliată a profilului izotopic și mineral al alimentelor nu doar că ajută semnificativ la înțelegerea calității nutriționale a produselor alimentare disponibile pe piață, ci contribuie de asemenea la aprecierea esențială a rolului important pe care tehnologiile alimentare avansate îl au în îmbunătățirea sănătății publice în ansamblu. Această interacțiune complexă și dinamică între tehnologie și nutriție subliniază, de asemenea, importanța crucială de a cerceta continuu și în mod sistematic efectele și impactul diverselor metode de procesare asupra valorii alimentelor, având ca scop principal maximizarea aportului nutrițional (Sandberg, 2002; Hurrell & Egli, 2010).

2.1.14. Dezvoltarea produselor alimentare noi

Dezvoltarea produselor alimentare noi este un domeniu de interes major și vital în contextul actual din industria alimentară, influențată într-o măsură semnificativă de diversele inovații tehnologice și de cerințele într-o continuă schimbare ale consumatorilor din întreaga lume. În această eră a globalizării, este esențial ca



producătorii de alimente să țină cont nu doar de preferințele locale, dar și de tendințele globale tot mai evidente. Procesul de inovare în acest sector nu se limitează doar la crearea de produse noi și atractive, ci implică în mod crucial și optimizarea valorii nutriționale a alimentelor. Este important să fie avut în vedere impactul profund al acestor aspecte asupra biodisponibilității nutrienților esențiali pentru sănătatea umană. Importanța acestei abordări este evidentă, în special în contextul creșterii preocupărilor legate de sănătatea alimentară și nevoia stringentă de a combate epidemii grave precum obezitatea și diversele boli asociate (Sloan, 2014; Bigliardi & Galati, 2013).

Prin integrarea tehnologiilor avansate în procesele de producție, cum sunt biotehnologia inovatoare, ingineria alimentară de vârf și analizele predictive sofisticate, companiile au acum capacitatea de a dezvolta produse alimentare care nu doar că satisfac diversele gusturi și preferințe ale consumatorilor, dar care, în același timp, contribuie semnificativ la îmbunătățirea aportului nutrițional al acestora. Aceasta aduce un avantaj competitiv și oferă oportunitatea de a educa consumatorii despre alegerile alimentare sănătoase și echilibrate (Bouis & Saltzman, 2017; White & Broadley, 2009).

Optimizarea nutrițională a produselor alimentare noi este realizată printr-o varietate de strategii inovatoare și complexe, care demonstrează astfel angajamentul solid față de îmbunătățirea sănătății nutritive a populației. Printre aceste strategii se numără biofortificarea, o tehnică avansată care vizează îmbunătățirea semnificativă a conținutului de micronutrienți esențiali în culturi alimentare, ce joacă un rol crucial în combaterea deficiențelor nutriționale care afectează sănătatea multor indivizi din diverse colțuri ale lumii. De asemenea, utilizarea ingredientelor funcționale, precum probioticele și fibrele prebiotice, reprezintă un aspect esențial, deoarece aceste componente nutritive au un impact considerabil asupra sănătății digestive a consumatorilor și asupra bunăstării generale a organismului uman (Marco *et al.*, 2017; Slavin, 2013).

2.1.15. Compararea calităților igienice

Compararea calităților igienice în contextul influenței tehnologiilor alimentare asupra biodisponibilității nutrienților este un subiect de o complexitate remarcabilă, care îmbină o varietate de aspecte esențiale legate de siguranța alimentară, practicile de procesare industrială și impactul acestor tehnici sofisticate asupra valorii nutritive a produselor alimentare care, în cele din urmă, ajung pe mesele consumatorilor din întreaga lume. Într-o societate modernă și în continuă schimbare, în care consumatorii devin din ce în ce mai informați și conștienți de diversitatea amplă a alegerilor lor alimentare, precum și de implicațiile acestor alegeri asupra sănătății lor generale,



analiza riguroasă și detaliată a calităților igienice ale alimentelor devine esențială (Fellows, 2017; Heldman & Hartel, 2018).

Siguranța alimentară reprezintă un domeniu de interes esențial în contextul evoluției continue a tehnologiilor alimentare, influențând în mod direct biodisponibilitatea nutrienților esențiali pentru sănătate și binele social general. Conceptul de siguranță alimentară cuprinde o serie de măsuri complexe și cuprinzătoare care, în mod sistematic, asigură că produsele alimentare sunt consumate fără riscuri acute pentru sănătate și bunăstare (Motarjemi & Lelieveld, 2014). Aceasta implică un întreg și detaliat lanț de activități, pornind de la producția agricolă, continuând cu procesarea, distribuția diversificată și culminând cu consumul final al alimentelor, care trebuie să fie de bună calitate. Inovațiile tehnologice recente, precum metodele avansate de conservare, prelucrare sofisticată și ambalare inovatoare, contribuie semnificativ la îmbunătățirea și asigurarea siguranței alimentare prin prevenirea contaminării microbiologice și chimice. Aceste contaminări pot include reziduurile pesticide care sunt dăunătoare sănătății umane și aditivi alimentari potențial dăunători, care pot reprezenta riscuri majore pentru sănătate, mai ales în cazul consumului pe termen lung (Toldrá, 2017; Prakash et al, 2016). În acest context, este vital ca toate aspectele legate de siguranța alimentară să fie monitorizate și gestionate cu atenție și responsabilitate, pentru a proteja sănătatea publică și a-i asigura fiecărui individ acces la alimente sigure și nutritive.

2.1.16. Analiza nutrițională

Analiza nutrițională reprezintă un domeniu esențial care joacă un rol fundamental în evaluarea calității alimentelor și a impactului acestora asupra sănătății umane. Această activitate complexă implică o serie de tehnici și metode variate care permit determinarea conținutului de nutrienți esențiali și a bioactivității substanțelor prezente în produsele alimentare pe care le consumăm. Aproape de intersecția între științele alimentare și sănătatea publică, analiza nutrițională contribuie semnificativ la dezvoltarea unor strategii eficiente de intervenție nutrițională, promovând astfel o alimentație mai sănătoasă (Gibney et al., 2019; Holst & Williamson, 2008; De la Guardia & Garrigues, 2015).

Progresele tehnologice recente în acest domeniu au posibilitatea de a accelera considerabil procesul de identificare a componentelor esențiale pentru organism, facilitând astfel o mai bună înțelegere a impactului alimentației asupra stării de sănătate a populației. Aceasta nu doar că ajută la prevenirea bolilor, dar și la promovarea unui stil de viață sănătos și durabil.

Tehnicile omice, cum ar fi genomica, proteomica și metabolomica, joacă un rol esențial și crucial în analiza nutrițională modernă și contemporană. Aceste metode avansate oferă o perspectivă detaliată și aprofundată asupra modului complex în care



nutriția afectează nu doar exprimarea genelor, ci și structura, precum și funcția proteinelor, dar și metabolismul organismului în întreaga sa diversitate. De exemplu, genomica permite investigarea variațiilor genetice care pot influența biodisponibilitatea nutrienților din alimentele pe care le consumăm, oferind informații extrem de valoroase despre cum anumite grupuri de populație pot beneficia semnificativ de diete adaptate diferit, în funcție de predispozițiile lor genetice (Scalbert *et al.*, 2014). La rândul său, proteomica facilitează în mod special analiza interacțiunilor complexe și intricate dintre nutrienți și proteinele din organism, evidențiind astfel modul în care diversele alimente consumate contribuie la menținerea homeostaziei, în timp ce ne ajută să înțelegem mai bine echilibrul metabolic necesar pentru sănătate (Kusmann & Van Bladeren, 2011).

În plus, metabolomica aduce la lumină profilurile metabolice generate de diferite regimuri alimentare și permite o înțelegere mai profundă a reacțiilor chimice complexe din organism, ce sunt influențate în mod direct de alegerea alimentelor consumate. Prin utilizarea celor mai avansate tehnologii disponibile, cum ar fi spectrometria de masă, precum și rezonanța magnetică nucleară, cercetătorii au capacitatea de a obține informații detaliate și precise despre modul în care substanțele nutritive esențiale sunt metabolizate, absorbite și utilizate de către organismul uman (Afman & Müller, 2012).

2.1.17. Evaluarea calităților senzoriale

Evaluarea calităților senzoriale se referă la analiza detaliată a caracteristicilor organoleptice esențiale ale alimentelor, care includ aspecte importante precum gustul, mirosul, textura și aspectul vizual al acestora. Aceste calități joacă un rol crucial în determinarea acceptabilității de către consumatori, influențând nu doar alegerile alimentare, ci și percepția generală asupra nutriției alimentelor pe care le consumăm. De altfel, alegerile făcute de consumatori pot fi influențate nu doar de preferințele personale, ci și de modul în care aceste caracteristici se intersectează cu așteptările lor nutriționale (Lawless & Heymann, 2010; Meilgaard *et al.*, 2016).

Tehnologiile alimentare avansate, care se dezvoltă continuu, au un impact considerabil asupra atributelor senzoriale; prin metode inovatoare precum procesarea termică, fermentarea sau utilizarea selectivă a aditivilor alimentari, pot fi optimizate calitățile senzoriale ale alimentelor, fără a compromite valorile nutriționale esențiale pe care acestea le oferă. Aceste progrese permit nu doar crearea de produse mai atrăgătoare din punct de vedere senzorial, ci și îmbunătățirea privind satisfacția consumatorilor și sănătatea publică (Breslin & Spector, 2008; Plutowska & Wardencki, 2008).

Evaluarea calităților senzoriale este un proces complex și riguros, incluzând atât tehnici obiective, cât și subiective care contribuie la o înțelegere mai profundă a percepției consumatorilor. Analiza senzorială standardizată implică utilizarea panelurilor de evaluatori instruiți, care sunt special selectați, pentru a analiza produsele în mod



detaliat cu ajutorul unor criterii predefinite. Aceste paneluri evaluează o gamă largă de atribute senzoriale, cum ar fi aspectul, aroma, textura și gustul. De asemenea, testele de consumator, în care participanții oferă feedback direct, sunt absolut cruciale pentru a înțelege cum percep utilizatorii finali alimentele și cum reacționează la diferitele lor proprietăți. În plus, în era tehnologiilor alimentare moderne, se recurge din ce în ce mai mult la simulări computerizate avansate pentru a anticipa interacțiunile dintre diverse ingrediente și impactul acestora asupra calităților senzoriale, ajutând astfel la dezvoltarea produselor alimentare care să satisfacă în mod eficient preferințele și cerințele consumatorilor. Acest mix de metode tradiționale și tehnologii inovatoare îmbunătățește semnificativ evaluarea calităților senzoriale, contribuind la creșterea calității și acceptabilității produselor alimentare ([Sundararajan et al., 2020](#)).

2.1.18. Concluzii parțiale

Influența tehnologiilor alimentare asupra biodisponibilității nutrienților este o temă complexă și fascinantă, care merită o analiză detaliată și aprofundată. Proliferarea tehnologiilor avansate, precum procesele de ultraprocesare, metodele inovatoare de conservare, biotehnologia avansată și nanotehnologia sofisticată, a revoluționat în mod semnificativ modul în care sunt produse, distribuite și consumate alimentele în societatea contemporană. Aceste inovații îmbunătățesc durata de viață a alimentelor și generează un impact semnificativ asupra disponibilității și absorbției nutrienților esențiali pentru sănătatea umană

Implementarea tehnologiilor emergente este, în contextul actual, o necesitate economică și un pas esențial în abordarea provocărilor contemporane legate de alimentația globală, având un impact pozitiv asupra modului în care sunt percepute și consumate alimente ([Terefe et al., 2014](#)).

Astfel, impactul tehnologiilor emergente asupra nutriției și sănătății este major:

- Tehnologiile emergente de procesare alimentară au potențialul de a îmbunătăți calitatea nutrițională a alimentelor și de a promova o alimentație mai sănătoasă;
- Prin creșterea biodisponibilității nutrienților, aceste tehnologii pot ajuta la prevenirea deficiențelor nutriționale și la promovarea sănătății generale;
- Tehnologiile emergente permit dezvoltarea de alimente funcționale, îmbogățite cu compuși bioactivi cu beneficii pentru sănătate ([Fellows, 2017](#)).



2.2. Identificarea materialelor de ambalaj/ambalajelor pentru produsele alimentare care vor fi obținute (IBA)

2.2.1. Introducere - definiții și funcțiile ambalajelor

Ambalarea este un element esențial în lanțul de aprovizionare cu produse alimentare, având rolul de a proteja produsul împotriva contaminării, deteriorării mecanice, oxidării și pierderii de umiditate, contribuind astfel la menținerea calității și la prelungirea duratei de valabilitate. În plus, ambalajul îndeplinește funcții importante de informare și marketing, având un impact direct asupra percepției consumatorului (Wani et al., 2014, p. 211-214).

Ambalajul este reprezentat de orice obiect, indiferent de materialul din care este confecționat ori de natura acestuia, destinat reținerii, protejării, manipulării, distribuției și prezentării produselor, de la materii prime la produse procesate, de la producător până la utilizator sau consumator.

Ambalajele îndeplinesc o serie de funcții vitale în aprovizionarea produsului de la producător la consumator, astfel că ambalajele nu ar exista fără produsele pe care le conțin și multe produse nu ar exista fără ambalajul care furnizează o modalitate de livrare. Principalele funcții ale ambalajelor sunt: a) funcția de a conține produsului alimentar; b) funcția de protecție și conservare (prăteție mecanică, chimică, microbiologică etc.), c) funcția de confort, d) funcția de comunicare (informare, educare și promovare a produsului și a vânzării).

Pe lângă funcțiile de bază, ambalajele trebuie să răspundă unor ținte în continuă schimbare (familii mai mici, consumatori cu mijloace mai reduse) și unor nevoi sociale care afectează modul de consum. Dezvoltarea durabilă influențează funcțiile ambalajelor. Inițiative precum reducerea greutateii pot produce (și au produs deja pe plan european) rezultate remarcabile fără a afecta condițiile de livrare ale produsului, dar exista limite care nu pot fi depășite fără progres tehnologic în ceea ce privește materialul, tehnologia etc. Din acest motiv este important ca proiectarea ambalajului să fie integrată dintr-o fază incipientă cu modificările aduse procesului din care rezultă produsul și orice modificare a produsului sau a ambalajului trebuie să ia în considerare sistemul integrat (care cuprinde produsul și mai multe niveluri de ambalare).

2.2.2. Reglementări și standarde

Cunoașterea și respectarea standardelor asigură competența și competitivitatea companiilor indiferent de mărimea lor, fiind un factor determinant al succesului în cadrul pieței unice europene și internaționale. Acestea sunt utile pentru creșterea performanței, asigurarea sănătății și siguranței consumatorilor și a angajaților,



protejarea mediului înconjurător și sprijinind companiile în respectarea legilor și a reglementărilor în vigoare.

În raportul tehnic al partenerului IBA sunt prezentate principalele reglementări și standarde în domeniul ambalajelor de uz alimentar și al materialelor destinate contactului cu alimentele:

- Acte normative cu privire la ambalaje alimentare și materiale destinate contactului cu alimentele, în vigoare în România - o listă de 16 acte normative;
- Standarde naționale pentru materiale destinate contactului cu alimentele - un tabel cu standarde pentru hârtie și carton (12 standarde), materiale plastice (16 standarde), acoperiri polimerice (2 standarde) articole metalice (14 standarde) destinate contactului cu alimentele;
- Reglementări și standarde la nivel european
 - Legislație generală: [Regulamentul \(CE\) nr. 1935/2004](#), [Regulamentul \(CE\) nr. 2023/2006](#) pentru bune practici de producție
 - Legislație specifică: Regulamente de punere în aplicare sau modificare a unor regulamente privitoare la materiale și obiecte din plastic destinate contactului cu alimentele.

2.2.3. Nivelul de siguranță alimentară pentru ambalaje și materiale destinate contactului cu alimentele

Din punct de vedere al nivelului de siguranță alimentară, materialele care vin în contact cu alimentele trebuie să îndeplinească anumite funcții precum:

- Izolarea și protecția alimentului față de mediul ambiant
- Prezentarea produselor și utilitatea ambalajului
- Protecția și asigurarea termenului de garanție în timpul stocării

Ambalajul alimentar ideal trebuie să îndeplinească următoarele criterii de proiectare:

- Toxicitate zero
- Marketing puternic și extins
- Vizibilitate înaltă a produsului
- Control al umidității și gazelor
- Performanță stabilă pe un interval de temperatură mare
- Cost redus și disponibilitate
- Rezistență mecanică adecvată
- Manipulare ușoară a utilajului și coeficient adecvat de frecare
- Caracteristici ferme de închidere (ex. deschiderea, etanșarea și reetanșarea)
- Abilitatea de a include etichetarea corespunzătoare
- Rezistența la migrare sau la scurgeri din ambalaj



- Protecție împotriva pierderii de aromă și miros
- Transmisie controlată a gazelor necesare sau nedorite.

Ambalajul trebuie să își îndeplinească funcțiile în trei medii diferite:

- Mediul fizic - mediul în care pot fi provocate daune materiale produsului;
- Mediul ambiant - mediul care înconjoară ambalajul;
- Mediul uman - mediul în care ambalajul este gestionat de oameni.

Aceste trei medii sunt detaliate în raportul tehnic al IBA realizat pentru raportul de progres RP2.

2.2.4. Producători de ambalaje și materiale destinate contactului cu alimentele

Raportul tehnic al partenerului IBA conține tabele cu proprietățile toxicologia și utilizarea materialelor de ambalaj și a ambalajelor din hârtie și carton, materiale plastice (polietilenă - PE, polipropilenă - PP, polistiren - PS, policlorură de vinil - PVC, poliamide - PA, polietilen terftalat - PET), materiale și articole metalice.

De asemenea, raporul conține tabele cu liste de producători de ambalaje și materiale destinate contactului cu alimentele astfel:

- Producători de materiale și articole din hârtie și carton (43 producători)
- Producători de materiale și articole din plastic (144 producători)
- Producători de materiale și articole metalice (8 producători)

2.2.5. Asigurarea conformității cu legislația specifică și standardele impuse

Conform [Regulamentului \(CE\) Nr. 1935/2004](#) al Parlamentului European și al Consiliului din 27 octombrie 2004, privind materialele și obiectele destinate să vină în contact cu produsele alimentare, care stabilește principiile generale pentru eliminarea diferențelor dintre legislațiile statelor membre și de abrogare a Directivelor 80/590/CEE și 89/109/CEE, există posibilitatea de a adopta sau modifica măsurile specifice referitoare la grupuri de materiale și obiecte, inclusiv materiale și obiecte inteligente destinate să vină în contact cu produsele alimentare, denumite generic „materiale și obiecte”, care sunt deja în contact cu produse alimentare, sunt destinate să vină în contact cu produse alimentare, sau despre care se poate preconiza că, în mod rezonabil, vor veni în contact cu produse alimentare, prin care să se prevadă că acestea nu vor transfera alimentelor substanțele lor constitutive, în condiții de utilizare normale sau previzibile.

În raportul tehnic realizat pentru raportul de progres RP2 sunt prezentate măsurile suplimentare abordate de România care trebuie incluse în actele normative naționale



pentru ca doemniul ambalării și ambalajelor să fie reglementat conform regulamentelor Uniunii Europene (15 măsuri).

De asemenea, este discutată legislația specifică subdomeniului de materiale și obiecte din plastic destinate să vină în contact cu produsele alimentare, anume [Regulamentul UE nr. 10/2011](#), aplicabil direct în toate statele membre (25 de măsuri).

În studiul realizat pentru raportul de progres RP3 au fost analizate cinci tipuri de ambalaje: pungă BOPP, pungă PA/PE, pungă din hârtie cu fereastră, ambalaje metalice din tablă cositorită vernisată (cutii de conserve metalice) și ambalaje din sticlă. În cadrul studiului, analiza materialelor de ambalare și a ambalajelor s-a realizat pe baza unei abordări complexe, care a îmbinat metode experimentale de laborator cu informații din literatura de specialitate. Astfel, materialele de ambalare au fost caracterizate din punct de vedere **fizico-mecanic**, prin determinarea unor proprietăți precum rezistența la tracțiune, alungirea la rupere, grosimea, realizate conform standardelor internaționale aplicabile în domeniul ambalajelor din materiale plastice.

De asemenea, s-au efectuat analize **microbiologice**, pentru a verifica dacă materialul prezintă contaminare cu microorganisme patogene sau alterative care ar putea compromite siguranța produselor alimentare ambalate.

Evaluarea **igienico-sanitară** a inclus verificarea conformității materialului cu cerințele privind migrarea globală și specifică, folosind simulanți alimentari, conform reglementărilor europene ([Regulamentul UE nr. 10/2011](#)).

Pentru interpretarea rezultatelor experimentale și pentru susținerea concluziilor, s-au consultat numeroase surse din **literatura de specialitate**, atât naționale, cât și internaționale, privind proprietățile barieră, comportamentul la stocare și influența structurii materialului asupra duratei de valabilitate a produselor ambalate.

Această abordare combinată a permis o evaluare completă a performanțelor materialelor analizate, în contextul utilizării acestora pentru ambalarea produselor alimentare dezvoltate în cadrul proiectului.

2.2.5.1. Materiale plastice și ambalaje din materiale plastice

Dezvoltarea materialelor plastice a dus la apariția unor ambalaje flexibile cu proprietăți funcționale îmbunătățite, precum filmele de polipropilenă biorientată (*biaxially oriented polypropylene*, BOPP), poliamidă/polietilenă (PA/PE), sau materialele compozite cu bariere speciale. Acestea oferă avantaje semnificative față de materialele tradiționale, datorită masei reduse, flexibilității și capacității superioare de barieră împotriva oxigenului și vaporilor de apă ([Robertson, 2013](#)).

În cadrul proiectului s-a studiat o **pungă BOPP transparentă** (exemplu [fig. 2.1](#), stânga).



Fig. 2.1. Ambalaje din BOPP pentru industria alimentară

Pentru caracterizarea proprietăților fizico-mecanice, microbiologice și igienico sanitare s-au aplicat următoarele teste:

- Permeabilitatea la gaze: permeabilitatea la oxigen $150 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot \text{bar}$ și la dioxid de carbon $524 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot \text{bar}$ (SR EN ISO 2556:2001 la 23°C și 0% umezeală relativă);
- Permeabilitatea la vapori de apă: $0,524 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot \text{bar}$ (SR EN ISO 15106-1:2005 la 30°C și 90% umezeală relativă);
- Proprietățile mecanice de tracțiune (SR EN ISO 527-1:2020 și SR EN ISO 527-3:2000): rezistența la tracțiune 132 MPa, alungirea la rupere 100%;
- Densitatea (SR EN ISO 1183-1:2019, metoda A, de imersie): $0,91 \text{ g}/\text{cm}^3$;
- Grosimea foliei BOPP: 25 μm ;
- Migrarea globală (Regulamentul UE nr. 10/2011) folosind diferiți simulanți alimentari: $0,68 \pm 0,11$ pentru alcool etilic 10% (v/v), $1,15 \pm 0,07$ pentru acid acetic 3% (v/v), $1,53 \pm 0,21$ pentru ulei vegetal. Toate valorile au fost sub limita de migrare globală de $10 \text{ mg}/\text{dm}^3$.
- Calitatea senzorială (cedarea de miros) - rezultat 0 (nu s-a perceput nicio aromă atipică datorată contactului substanțelor de încercare cu punga BOPP);
- Conținutul de metale (SR CR 13695-1:2002) mineralizarea probelor în câmp de microunde și detecția metalelor prin spectrometrie de masă cu plasmă cuplată inductiv (ICP-MS): 0,124 mg/kg pentru Pb, 0,004 mg/kg pentru Cd, 0,343 mg/kg pentru Cr. Suma celor trei elemente este mult mai mică decât 100 ppm, limită conformă Legii nr. 249/2015 și Directivei 94/62/CEE pentru suma Pb+Cd+Cr+Hg.
- Migrarea specifică a metalelor - determinarea cantității de metale grele eliberată de materialul de ambalare în mediul de extracție (aliment sau simulant alimentar) în condiții specifice de timp și temperatură prin ICP-MS. Toate rezultatele se situează sub limitele maxime impuse
- Evaluarea microbiologică (SR ISO 4831:2009; SR ISO 21527-2:2009; SR EN ISO 4833-1/2014; PSM 29): număr total de microorganisme $< 1 \text{ ufc}/\text{cm}^2$, bacterii coliforme absent, mușcăiuri $< 1 \text{ ufc}/\text{cm}^2$.



În concluzie, punga BOPP de 25 μm prezintă proprietăți fizico-mecanice și de barieră adecvate pentru ambalarea produselor de panificație. Această grosime oferă un echilibru optim între flexibilitate, rezistență mecanică și protecție la umiditate și oxigen, contribuind la menținerea prospețimii produselor și la extinderea termenului de valabilitate (duratei de durabilitate minimă). Astfel, BOPP 25 μm este o soluție eficientă și economică pentru ambalarea automată sau manuală a pâinii, biscuiților și altor produse de panificație.

Un alt ambalaj din materiale plastice studiat în cadrul proiectului este **punga PA/PE transparentă** (fig. 2.2) cu următoarea structură: PA 20 μm / PE 70 μm .



Fig. 2.2. Ambalaje din PA/PE pentru produse alimentare

Testele aplicate pentru caracterizarea proprietăților fizico-mecanice, microbiologice și igienico sanitare ale pungii PA/PE sunt:

- Permeabilitatea la gaze: permeabilitatea la oxigen 17,85 $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot \text{bar}$ și la dioxid de carbon 90,23 $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot \text{bar}$ (SR EN ISO 2556:2001 la 23°C și 0% umezeală relativă);
- Permeabilitatea la vapori de apă: 0,103 $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot \text{bar}$ (SR EN ISO 15106-1:2005 la 30°C și 90% umezeală relativă);
- Proprietățile mecanice de tracțiune (SR EN ISO 527-1:2020 și SR EN ISO 527-3:2000): rezistența la tracțiune 52 MPa, alungirea la rupere 130%;
- Densitatea (SR EN ISO 1183-1:2019, metoda A, de imersie): 0,97 g/cm^3 ;
- Grosimea foliei BOPP: 90 μm ;
- Migrarea globală (Regulamentul UE nr. 10/2011) folosind diferiți simulanți alimentari: $0,98 \pm 0,11$ pentru alcool etilic 10% (v/v), $1,75 \pm 0,07$ pentru acid acetic 3% (v/v), $1,83 \pm 0,21$ pentru ulei vegetal. Toate valorile au fost sub limita de migrare globală de 10 mg/dm^3 .
- Calitatea senzorială concentrată pe evaluarea impactului acestora asupra mirosului și gustului produselor alimentare ambalate, precum și pe aprecierea acceptabilității



generale în funcție de percepția consumatorilor (Zulewska et al., 2023): cedarea de miros rezultat 0 (nu s-a perceput nicio aromă atipică datorată contactului substanțelor de încercare cu punga PA/PE);

- Conținutul de metale grele (SR CR 13695-1:2002) mineralizarea probelor în câmp de microunde și detecția metalelor prin spectrometrie de masă cu plasmă cuplată inductiv (ICP-MS): 0,238 mg/kg pentru Pb, 0,003 mg/kg pentru Cd, 0,386 mg/kg pentru Cr. Suma celor trei elemente este mult mai mică decât 100 ppm, limită conformă Legii nr. 249/2015 și Directivei 94/62/CEE pentru suma Pb+Cd+Cr+Hg.
- Migrarea specifică a metalelor. Toate rezultatele se situează sub limitele maxime impuse.
- Evaluarea microbiologică (SR ISO 4831:2009; SR ISO 21527-2/2009; SR EN ISO 4833-1/2014; PSM 29): număr total de microorganisme < 1 ufc/cm², bacterii coliforme absent, mucegaiuri < 1 ufc/cm².

Punga din folie PA/PE cu grosimea de 90 μm analizată îndeplinește cerințele privind proprietățile fizico-mecanice și de barieră necesare pentru utilizarea în contact cu produsele alimentare. Valorile obținute pentru rezistența la tracțiune, alungire, rezistența la rupere, precum și permeabilitatea scăzută la oxigen și vapori de apă confirmă faptul că ambalajul poate proteja eficient alimentele împotriva contaminării externe, oxidării și pierderii umidității în condiții normale de depozitare și manipulare.

De asemenea, testele de migrare globală și specifică au demonstrat respectarea limitelor stabilite de Regulamentul (UE) nr. 10/2011 privind materialele plastice destinate contactului cu produsele alimentare, fără depășirea valorilor de migrare, ceea ce asigură siguranța alimentară în utilizarea acestui material. Astfel, folia PA/PE analizată poate fi utilizată în siguranță pentru ambalarea produselor alimentare, contribuind la menținerea calității acestora pe durata termenului de valabilitate.

2.2.5.2. Ambalaje din hârtie cu fereastră din polipropilenă

Pungile de hârtie cu fereastră (Fig. 2.3) reprezintă o soluție modernă și sustenabilă pentru ambalarea produselor alimentare, îmbinând estetica naturală a hârtiei cu funcționalitatea filmelor plastice sau bio-plastice. Sunt utilizate pe scară largă pentru produse precum panificație, cafea, ceai, biscuiți, cereale și produse alimentare uscate, oferind atât protecție, cât și vizibilitate asupra conținutului.

În cadrul proiectului s-a studiat o pungă kraft natur cu fereastră transparentă din BOPP. Pentru caracterizarea proprietăților fizico-mecanice, microbiologice și igienico sanitare s-au utilizat testele următoare:

- Evaluarea migrării globale de componente din pungile de hârtie în izooctan (SR EN 1186-15:2003) cu un raport de extracție între suprafața analizată și volumul de simulant de 1:1. Condițiile de extracție utilizate au fost de 24 ore la 40°C. După finalizarea perioadei de extracție, simulantul a fost transferat în cilindrii de plastic



- și evaporat la sec în capsule de platină. S-a obținut o migrare globală de $1,95 \pm 0,21$ mg/dm², sub limita de 10 mg/dm² impusă de [Regulamentul UE nr. 10/2011](#).
- Dozarea substanțelor solubile din extract apos la rece ([SR EN 645:1996](#)): $1,13 \pm 0,06$ mg/dm², mai mică decât 10 mg/dm² conform Regulamentului UE nr. 10/2011;
 - Greutatea specifică a hârtiei: 38 g/m²;
 - Evaluarea migrării totale pentru fereastră din BOPP ([SR EN 1186-3:2022](#)): $0,45 \pm 0,07$ pentru alcool etilic 10% (v/v), $0,75 \pm 0,07$ pentru acid acetic 3% (v/v), $0,78 \pm 0,13$ pentru ulei de măsline, sub limita de migrare globală de 10 mg/dm³;
 - Evaluarea migrării de metale din hârtie ([SR EN 12498:2006](#); [SR EN 645:1996](#)): toate elementele analizate (Ba, Co, Cu, Zn, Mn, Al, Ni, Li, Fe, Pb, Cd, Cr, Sb) se situează sub limitele maxime impuse;
 - Evaluarea senzorială ([SR EN 1230-2:2010](#)) cu unt, pesmet și apă ca substanțe de încercare, timp de 48 ore la 22°C - rezultat 0, adică nu s-a perceput nicio aromă atipică datorată contactului cu materialul de ambalare analizat;
 - Evaluarea migrării specifice de formaldehidă: $< 0,007$ mg/dm², cu mult sub limita impusă de 2,5 mg/dm² ([Rezoluția CE ResAP versiunea 3/2007](#));
 - Conținutul de metale grele ([SR CR 13695-1:2002](#)): 1,103 mg/kg pentru Pb, 0,015 mg/kg pentru Cd, 2,752 mg/kg pentru Cr. Suma celor trei elemente este mult mai mică decât 100 ppm, limită conformă [Legii nr. 249/2015](#) și [Directivei 94/62/CEE](#) pentru suma Pb+Cd+Cr+Hg.
 - Evaluarea microbiologică ([SR ISO 4831:2009](#); [SR ISO 21527-2:2009](#); [SR EN ISO 4833-1/2014](#); PSM 29): număr total de microorganisme < 1 ufc/cm², bacterii coliforme absent, mucegaiuri < 1 ufc/cm².



Fig. 2.3. Pungi din hârtie kraft natur cu fereastră

În concluzie, pungile din hârtie kraft cu fereastră din BOPP pot fi folosite pentru contactul cu produsele alimentare întrucât rezultatele obținute la toate testele se situează sub limitele reglementate de [Regulamentul \(CE\) nr. 1935/2004](#), standarde și [Directiva 94/62/CE](#).



2.2.5.3. Ambalaje metalice

Ambalajele metalice (Fig. 2.4) sunt utilizate pe scară largă în industria alimentară datorită rezistenței lor mecanice, proprietăților excelente de barieră și durabilității în timpul manipulării și transportului. Cele mai frecvent utilizate materiale sunt oțelul acoperit cu staniu (tabla cositorită) și aluminiul, ambalajele variind de la cutii pentru băuturi, conserve alimentare, la recipiente aerosol și folii de aluminiu pentru ambalaje flexibile. Ambalajele metalice permit păstrarea îndelungată a alimentelor fără adaos suplimentar de conservanți, contribuind la siguranța alimentară (Ahmad et al., 2023).



Fig. 2.4. Ambalaje metalice destinate industriei alimentare

În cadrul proiectului s-a studiat o cutie metalică lacuită pentru a cărei evaluare igienico-sanitară și microbiologică s-au utilizat testele următoare:

- Evaluarea migrării totale (SR EN 1186-3:2022) prin umplere cu simulant alimentar sau imersie totală în izooctan și analiză după menținere 10 zile la 40°C: 2,33±0,17 pentru alcool etilic 10% (v/v), 3,42±0,48 pentru acid acetic 3% (v/v), 2,95±0,27 pentru izooctan, rezultatele fiind sub limita de migrare globală de 10 mg/dm³;
- Evaluarea migrării de metale (SR EN 12498:2006; SR EN 645:1996): toate elementele analizate (Ba, Co, Cu, Zn, Mn, Al, Ni, Li, Fe, Pb, Cd, Cr, Sb) se situează sub limitele maxime impuse (Ghidul EDQM);
- Evaluarea microbiologică (SR ISO 4831:2009; SR ISO 21527-2/2009; SR EN ISO 4833-1/2014; PSM 29): număr total de microorganisme < 1 ufc/cm², bacterii coliforme absent, mucegaiuri < 1 ufc/cm².

În concluzie, conservele metalice reprezintă un ambalaj sigur și eficient pentru contactul cu produsele alimentare, asigurând protecția împotriva contaminării microbiologice, luminii și oxigenului, contribuind astfel la extinderea duratei de valabilitate a alimentelor fără necesitatea adăugării de conservanți artificiali.

Testele efectuate au confirmat că straturile de acoperire internă (lacuri, emailuri) respectă cerințele privind migrarea specifică și globală conform Regulamentului (CE)



nr. 1935/2004 și legislației UE privind materialele și obiectele destinate contactului cu alimentele, garantând lipsa contaminării cu metale grele sau compuși toxici la niveluri care ar putea pune în pericol sănătatea consumatorului.

2.2.5.4. Ambalaje din sticlă

Ambalajele din sticlă (Fig. 2.5) sunt utilizate pe scară largă în industria alimentară datorită stabilității chimice, inerției, impermeabilității și capacității de a proteja conținutul fără a interacționa cu acesta (Almeida & Dantas, 2019). Sticla este complet reciclabilă fără pierderea calităților, contribuind la tranziția către economia circulară (Farrell & Nelson, 2022).

Ambalajele din sticlă au proprietăți excelente de barieră, păstrând gustul, prospețimea și valoarea nutritivă a conținutului și sunt ușor de sterilizat și reciclat (<https://www.wiegand-glas.de/en/glass/about-glass>).

În cadrul proiectului s-a studiat un borcan transparent din sticlă pentru a cărei evaluare microbiologică și igienico-sanitară s-au utilizat testele următoare:

- Evaluarea migrării de metale (SR EN 7086-1:1996): < 0,001 mg/L pentru Pb și < 0,001 mg/L pentru Cd sub limitele impuse de 5,0 mg/L pentru Pb și 0,5 mg/L pentru Cd;
- Evaluarea microbiologică (SR ISO 4831:2009; SR ISO 21527-2/2009; SR EN ISO 4833-1/2014; PSM 29): număr total de microorganisme < 1 ufc/cm², bacterii coliforme absent, mucegaiuri < 1 ufc/cm².

Ambalajele din sticlă rămân esențiale pentru produse care necesită protecție ridicată, stabilitate chimică și prezentare estetică premium, în ciuda masei și costurilor mai mari comparativ cu ambalajele plastice. Ele sprijină economia circulară prin reciclabilitate completă și contribuie la reducerea impactului asupra mediului dacă sunt colectate și reciclate corespunzător.



Fig. 2.5. Borcane din sticlă destinate industriei alimentare



2.2.6. Concluzii materiale de ambalaj/ambalaje și recomandări

Alegerea materialului de ambalare pentru produse alimentare trebuie să răspundă atât cerințelor de protecție și siguranță alimentară, cât și celor de eficiență economică, sustenabilitate și atractivitate vizuală.

Soluții precum folia BOPP și PA/PE oferă performanțe ridicate în ceea ce privește conservarea prospețimii și prelungirea duratei de valabilitate, în timp ce ambalajele din hârtie cu fereastră din PP combină funcționalitatea cu aspectul ecologic, fiind potrivite pentru produse cu umiditate redusă.

Conservelor metalice și ambalajele din sticlă asigură un nivel superior de protecție și stabilitate, fiind preferate pentru produsele sensibile sau premium, și contribuie la reducerea impactului asupra mediului atunci când sunt gestionate responsabil.

Diversitatea acestor opțiuni reflectă nevoia de a adapta ambalajele la specificul fiecărui produs și la așteptările consumatorilor în ceea ce privește siguranța, sustenabilitatea și prezentarea.

2.3. Metoda digital PCR - validarea eficienței biologice a compușilor bioactivi din produse alimentare (UB)

În cadrul activității A3.3 din proiectul METROFOOD-RO Evolve, Universitatea din București contribuie cu un demers aplicat de evaluare moleculară a impactului tehnologiilor alimentare asupra biodisponibilității nutrienților, utilizând metoda de digital PCR (dPCR) ca instrument analitic central. Această abordare avansată răspunde nevoii de a valida științific eficiența biologică a compușilor bioactivi și nutrienților prezenți în produse alimentare procesate prin tehnologii precum extracția asistată, fermentarea, prelucrarea minimă sau încapsularea.

Digital PCR este aplicată pentru cuantificarea absolută și precisă a expresiei genice în celule intestinale umane expuse la extracte alimentare obținute în activitatea A2.3. Comparativ cu metodele clasice de qPCR, tehnologia dPCR permite detecția sensibilă a modificărilor subtile în expresia genelor, fără a fi influențată de eficiența reacției de amplificare sau de variabilitatea standardelor externe. Acest avantaj este esențial în contextul studiilor nutrigenomice, în care modificările transcripționale pot fi fine, dar biologic semnificative.

Modelele celulare utilizate (ex. Caco-2 și HT-29) sunt cultivate în condiții controlate și tratate cu extractele alimentare testate, iar analiza moleculară se concentrează pe gene implicate în reglarea inflamației, stresului oxidativ, absorbției nutrienților și funcției barierei intestinale. Astfel, digital PCR devine un instrument de înaltă rezoluție pentru determinarea efectului direct al tehnologiilor de procesare asupra activității biologice a produselor alimentare funcționale.



Activitatea include, de asemenea, corelarea datelor obținute prin dPCR cu modele complementare in vitro (precum digestia gastrointestinală simulată - INFOGEST) și cu date privind efectele prebiotice, evaluate prin cultivarea anaerobă a bacteriilor intestinale și măsurarea producției de SCFA (acizi grași cu lanț scurt). Această integrare multidimensională permite validarea funcțională a produselor alimentare nu doar în termeni de compoziție chimică, ci și prin mecanismele moleculare prin care influențează sănătatea intestinală.

În paralel, echipa Universității din București a desfășurat în luna aprilie 2025 un proces sistematic de documentare științifică cu scopul de a integra rezultatele dPCR într-un cadru mai larg de analiză epigenetică, explorând sinergiile dintre expresia genică și modificările epigenetice. Această etapă a vizat analiza comparativă a tehnologiilor de secvențiere de nouă generație (NGS), cu accent pe aplicabilitatea în studii de tip EWAS (epigenome-wide association studies) în domeniul alimentației.

Prin utilizarea digital PCR, Universitatea din București contribuie direct la validarea mecanistică a funcționalității produselor alimentare inovatoare testate în proiect, asigurând o legătură directă între procesarea tehnologică și răspunsul molecular la nivelul organismului uman. Această strategie susține dezvoltarea de produse alimentare eficiente, personalizate și validate științific, în acord cu obiectivele One Health, ale bioeconomiei circulare și ale nutriției bazate pe date experimentale.

În cadrul subactivității 3.3, Universitatea din București contribuie prin caracterizarea moleculară și funcțională a grâului obținut în sistem convențional, utilizând metode avansate de biologie moleculară pentru validarea calității acestuia ca materie primă. Aplicarea tehnologiei digital PCR permite cuantificarea expresiei unor gene marker asociate cu stresul abiotic, profilul antioxidant și potențialul nutrițional al grâului, oferind o evaluare obiectivă a impactului condițiilor agrotehnice asupra valorii biologice a cerealelor. În plus, pot fi investigate componente funcționale precum polifenolii, flavonoidele și fibrele dietetice, iar extractele din grâu pot fi testate in vitro pe modele celulare intestinale pentru a evalua efectele lor asupra expresiei genelor implicate în inflamație, absorbția nutrienților și funcția barierei epiteliale. Astfel, Universitatea din București contribuie la atestarea științifică a grâului convențional drept sursă valoroasă de compuși bioactivi, cu potențial de utilizare în dezvoltarea de produse alimentare funcționale validate molecular.

Bibliografie

- Afman L. & Müller M. 2012. Human Nutrigenomics of Gene Regulation by Dietary Fatty Acids. *Progress in Lipid Research*, 51(1), 63-70.
- Aganovic K., Hertel C., Vogel R.F., Johne R., Schlüter O., Schwarzenbolz U., Jäger H., Holzhauser T., Bergmair J., Roth A. & Sevenich R. 2021. Aspects of high hydrostatic pressure





- food processing: Perspectives on technology and food safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4), pp.3225-3266.
- Ahmad M., Sohail M., Ayub M. & Khan M. **2023**. Metal Packaging in Food Industry: A Review of Materials, Safety, and Sustainability. *Journal of Food Packaging and Preservation*, 47(2), 145-162. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16200>
- Allende A., Tomás-Barberán F.A. & Gil M.I. **2006**. Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends in Food Science and Technology* 17(9), 513-519.
- Almeida D. & Dantas T. **2019**. Glass Packaging in the Food Industry: A Review. *Journal of Packaging Technology*, 45(3), 123-134.
- Alvarez-Jubete L., Arendt E.K. & Gallagher E. **2010**. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, 21(2), 106-113.
- Baka M., Mercier J., Corcuff R., Castaigne F. & Arul J. **1999**. Photochemical treatment to improve storability of fresh strawberries. *Journal of Food Science*, 64(6), 1068-1072.
- Ball G.F.M. **2006**. *Vitamins in Foods: Analysis, Bioavailability, and Stability*. CRC Press.
- Bansal V., Siddiqui M.W. & Rahman M.S. **2015**. Minimally processed foods: Overview. In Siddiqui M.W. & Rahman M.S. (Eds.) *Minimally Processed Foods. Technologies for Safety, Quality, and Convenience*. Food Engineering Series. Springer, Cham, Switzerland, pp. 1-15, https://doi.org/10.1007/978-3-319-10677-9_1
- Barbosa-Cánovas G.V. & Bermúdez-Aguirre J.L. **2018**. *Nontraditional food processing technologies: Principles and applications*. CRC press.
- Bigliardi B. & Galati F. **2013**. Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 31(2), 118-129.
- Bintsis T., Litopoulou-Tzanetaki E. & Robinson R.K. **2000**. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry - a critical review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 637-645.
- Bouis H.E. & Saltzman A. **2017**. Improving nutrition through biofortification: A review of evidence from HarvestPlus, 2003 through 2016. *Global Food Security*, 12, 49-58.
- Bourne M.C. **2002**. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Academic Press.
- Boyce J.A., Assa'ad A., Burks A.W., Jones S.M., Sampson H.A., Wood R.A., ... & Schwaninger J.M. **2010**. Guidelines for the diagnosis and management of food allergy in the United States: Report of the NIAID-sponsored expert panel. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 126(6), S1-S58.
- Breslin P.A.S. & Spector A.C. **2008**. Mammalian taste perception. *Current Biology*, 18(4), R148-R155.
- Brett C. & Waldron K. **1996**. *Physiology and Biochemistry of Plant Cell Walls*. Springer.
- Butz P. & Tauscher B. **2002**. Emerging technologies: chemical aspects. *Food Research International*, 35(2-3), 279-284.
- Cacace F., Bottani E., Rizzi A. & Vignali G. **2020**. Evaluation of the economic and environmental sustainability of high pressure processing of foods. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 60, p.102281.



- Camin F., Bontempo L., Perini M. & Piasentier E. **2016**. Stable isotope ratio analysis for assessing the authenticity of food of animal origin. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(5), 868-877.
- Cosgrove D.J. **2005**. Growth of the plant cell wall. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 6(11), 850-861.
- Cui H., Wei W., Liu W., Meng X., Liu C., Sun H., Ogaji O.D., Jin H. & Chang Y. **2025**. Optimization and characterization of peach kernel oil extraction using supercritical fluid extraction. *Industrial Crops and Products*, 227, 120853. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120853>
- Dahl W.J. & Stewart M.L. **2015**. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Health implications of dietary fiber. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(11), 1861-1870.
- Darvishi S., Fatemi A. & Davari K. **2012**. Keeping quality of use of fresh 'Kurdistan' strawberry by UV-C radiation. *World Applied Science Journal*, 17(7), 826-831.
- De la Guardia M. & Garrigues S. (Eds.). **2015**. *Handbook of Mineral Elements in Food*. Wiley.
- Directiva 94/62/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 20 decembrie 1994 privind ambalajele și deșeurile de ambalaje.
- Doyle M.P. & Buchanan R.L. **2013**. *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*. ASM Press.
- Dunn J., Ott Th. & Clark W. **1995**. Pulsed-light treatment of food and packaging. *Food Technology*, 49(9), 95-98.
- Ellis P.R., Kendall C.W., Ren Y., Parker C., Pacy J.F., Waldron K.W., & Jenkins D.J. **2004**. Role of cell walls in the bioaccessibility of lipids in almond seeds. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80(3), 604-613.
- Elmnasser N., Guillou S., Leroi F., Orange N., Bakhrouf A. & Federighi M. **2007**. Pulsed-light system as a novel food decontamination technology: A review. *Canadian Journal of Microbiology*, 53(7), 813-821.
- Erkan M., Wang S.Y., Wang C.Y. **2008**. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 48(2), 163-171.
- European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare (EDQM), METALS AND ALLOYS used in food contact materials and articles A technical guide for manufacturers and regulators 2nd Edition, 2024.
- Fam S.N., Khosravi-Darani K., Massoud R. & Massoud A. **2021**. High-pressure processing in food. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(4), pp.11553-11561.
- Farrell J. & Nelson P. **2022**. The Circular Economy and Glass Recycling: Opportunities and Challenges. *Sustainable Packaging Journal*, 12(2), 56-72.
- Fellows P. **2000**. *Food processing technology: principles and practice*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- Fellows P. J. **2017**. *Food processing technologies: Principles and practices* (4th ed.). Cambridge, MA: Woodhead Publishing, Elsevier.
- Fellows P.J. **2022**. *Food processing technology: principles and practice*. Woodhead Publishing.
- Feng H., Barbosa-Cánovas G.V. & Weiss J. **2011**. *Ultrasound technologies for food and bioprocessing*. Springer Science & Business Media.



- Gardner D.W.M. & Shama G. **2000**. Modeling UV-induced inactivation of microorganisms on surfaces. *Journal of Food Protection*, 63(1), 63-70.
- Gibney M.J., Lanham-New S.A., Cassidy A. & Vorster H.H. (Eds.). **2019**. *Introduction to Human Nutrition* (3rd ed.). Wiley-Blackwell.
- Gibson R.S., & Ferguson E.L. **2008**. An interactive 24-hour recall for assessing the adequacy of iron and zinc intakes in developing countries. *Food and Nutrition Bulletin*, 29(2), S177-S189.
- Gómez-Pinilla F. **2008**. Brain foods: The effects of nutrients on brain function. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(7), 568-578.
- González-Aguilar G., Wang C.Y. & Buta G.J. **2004**. UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 415-422.
- González-Aguilar G.A., Zavaleta-Gatica R. & Tiznado-Hernández M.E. **2007**. Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C treatment, *Postharvest Biology & Technology*, 45(1), 108-116.
- Green R. & Fluhr R. **1995**. UV-B-induced PR-1 accumulation is mediated by active oxygen species. *Plant Cell*, 7(2), 203-212.
- Gregory J.F. **2008**. Vitamins. In *Fennema's Food Chemistry* (4th ed., pp. 439-521). CRC Press.
- Halliwell B. **2007**. Oxidative stress and cancer: Have we moved forward? *Biochemical Journal*, 401(1), 1-11.
- Heldman D.R. & Hartel R.W. **2018**. *Principles of Food Processing* (2nd ed.). Springer.
- Holst B. & Williamson G. **2008**. *Nutrients, Dietary Supplements, and Nutraceuticals: Cost Analysis Versus Clinical Benefits*. Humana Press.
- Hotz C. & Gibson R.S. **2007**. Traditional food-processing and preparation practices to enhance the bioavailability of micronutrients in plant-based diets. *The Journal of Nutrition*, 137(4), 1097-1100.
- Hotz C. & Gibson R.S. **2007**. Traditional food-processing and preparation practices to enhance the bioavailability of micronutrients in plant-based diets. *The Journal of Nutrition*, 137(4), 1097-1100.
- Hu Y., Lin Q., Zhao H., Li X., Sang S., McClements D.J., Long J., Jin Z., Wang J. & Qiu C. **2023**. Bioaccessibility and bioavailability of phytochemicals: Influencing factors, improvements, and evaluations. *Food Hydrocolloids*, 135, p. 108165.
- Huis in't Veld J.H.J. **1996**. Minimal processing of foods: potential, challenges and problems. *EFFoST Conference on the Minimal Processing of Food*, Cologne, 6-9 November.
- Hurrell R. & Egli I. **2010**. Iron bioavailability and dietary reference values. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91(5), 1461S-1467S.
- Huxley R.R., Lean M., Crozier A., John J.H. & Neil H.A.W. **2004**. Effect of dietary advice to increase fruit and vegetable consumption on plasma flavonol concentrations: results from a randomised controlled intervention trial. *Journal of Epidemiological Community Health* 58(4), 288-289.
- Jay J.M., Loessner M.J. & Golden D.A. **2005**. *Modern Food Microbiology*. Springer.
- Jemaa M.B., Gamra R., Falleh H., Ksouri R. and Beji R.S. **2021**. Plant-based milk alternative: nutritional profiling, physical characterization and sensorial assessment. *Current Perspectives on Medicinal and Aromatic Plants*, 4(2), pp.108-120.



- Jermann C., Koutchma T., Margas E., Leadley C. & Ros-Polski V. **2015**. Mapping trends in novel and emerging food processing technologies around the world. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 31, 14-27.
- Jiménez-Saiz R., Benedé S., Molina E. & López-Expósito I. **2015**. Effect of processing technologies on the allergenicity of food products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(13), 1902-1917.
- Kelly S., Heaton K. & Hoogewerff J. **2005**. Tracing the geographical origin of food: The application of multi-element and multi-isotope analysis. *Trends in Food Science & Technology*, 16(12), 555-567.
- Khouryieh H.A. **2021**. Novel and emerging technologies used by the US food processing industry. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 67, 102559.
- Knirsch M.C., dos Santos C.A., de Oliveira Soares Vicente A.A.M. & Penna T.C.V. **2010**. Ohmic heating-a review. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 436-441.
- Kusmann M. & Van Bladeren P.J. **2011**. The Extended Nutrigenomics - Understanding the Interplay between the Genomes of Food, Gut Microbes, and Human Host. *Frontiers in Genetics*, 2, 21.
- Lawless H.T., & Heymann H. **2010**. *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices* (2nd ed.). Springer.
- Legea nr. 249 din 28 octombrie 2015 privind modalitatea de gestionare a ambalajelor și a deșeurilor de ambalaje. *Monitorul Oficial* nr. 809 din 30 octombrie 2015.
- Liu R.H. **2003**. Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78(3), 517S-520S.
- Manvell C. **1996**. Opportunities and problems of minimal processing and minimally-processed food. *EFFoST Conference on the Minimal Processing of Food*, Cologne, 6-9 November.
- Marco M.L., Heeney D., Binda S., Cifelli C.J., Cotter P.D., Foligné B., ... & Hutkins R. **2017**. Health benefits of fermented foods: Microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology*, 44, 94-102.
- Marechal P.A., Martínez de Marnañón I., Poirier I. & Gervais P. **1999**. The importance of the kinetics of application of physical stresses on the viability of microorganisms: significance for minimal food processing. *Trends in Food Science & Technology* 10(1), 15-20.
- Marquenie D., Lammertyn J., Geeraerd A.H., Soontjens C., Van Impe J.F., Nicolai B.M. & Michiels C.W. **2002a**. Inactivation of conidia of *Botrytis cinerea* and *Monilinia fructigena* using UV-C and heat treatment. *International Journal of Food Microbiology*, 74(1-2), 27-35.
- Marquenie D., Michiels C., Geeraerd A., Schenk A., Soontjens C., Van Impe J. & Nicolai B. **2002b**. Using survival analysis to investigate the effect of UV-C and heat treatment on storage rot of strawberry and sweet cherry. *International Journal of Food Microbiology*, 73(2-3), 187-196.
- Martín-Belloso O., Soliva-Fortuny R., Elez-Martínez P., Marsellés-Fontanet A.R. & Vega-Mercado H. **2014**. Non-thermal Processing Technologies. In: *Food Safety Management: A Practical Guide for the Food Industry*. Motarjemi, Y. and Lelieveld, H. (Eds.), Elsevier, London, pp. 443-465.
- McClements D.J. **2005**. *Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques*. CRC Press.



- McHugh M. & Krukonis V. **1986**. *Supercritical Fluid Extraction. Principles and Practice*. Butterworths.
- McHugh M. & Krukonis V. **1994**. *Supercritical Fluid Extraction. Principles and Practice*. Second Edition, Butterworths-Heinemann / Reed Elsevier, Newton, MA, USA.
- Meilgaard M.C., Civille G.V. & Carr B.T. **2016**. *Sensory Evaluation Techniques* (5th ed.). CRC Press.
- Mercier J., Baka M., Reddy B., Corcuff E. & Arul J. **2001**. Shortwave ultraviolet irradiation for control of decay caused by *Botrytis cinerea* in bell pepper: Induced resistance and germicidal effects. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 126(1), 128-133.
- Messina V. **2014**. Nutritional and health benefits of dried beans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100(Supplement 1), 437S-442S.
- Mills E.N. & Mackie A.R. **2008**. The impact of processing on allergenicity of food. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*, 8(3), 249-253.
- Mora J.J., Tavares H.M., Curbelo R., Dellacassa E., Cassel E., Apel M.A., von Poser G.L. & Vargas R.M.F. **2025**. Supercritical fluid extraction of coumarins and flavonoids from citrus peel. *The Journal of Supercritical Fluids*, 215, 106396. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2024.106396>
- Motarjemi Y. & Lelieveld H. **2014**. *Food Safety Management: A Practical Guide for the Food Industry*. Academic Press.
- Mudryj A.N., Yu N., & Aukema H.M. **2014**. Nutritional and health benefits of pulses. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(11), 1197-1204.
- Norton I.T., Fryer P.J. & Moore S. **2006**. Product/process integration in food manufacture: Engineering sustained health. *AIChE Journal*, 52(5), 1632-1640.
- Ohlsson T. & Bengtsson N. **2000**. Introduction. Ch. 1 in Ohlsson T. & Bengtsson N. (Eds.) *Minimal processing technologies in the food industry*. CRC Press, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, England.
- Ohlsson T. **1996**. New thermal processing methods. Paper presented to the *EFFoST Conference on the Minimal Processing of Food*, Cologne, 6-9 November.
- Oms-Oliu G., Aguiló-Aguayo I., Martín-Belloso O. & Soliva-Fortuny R. **2010a**. Effects of pulsed light treatments on quality and antioxidant properties of fresh-cut mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Postharvest Biology and Technology*, 56(3), 216-222.
- Oms-Oliu G., Martín-Belloso O. & Soliva-Fortuny R. **2010b**. Pulsed light treatments for food preservation. A review. *Food and Bioprocess Technology*, 3(1), 13-23.
- Parada J. & Aguilera J.M. **2007**. Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients. *Journal of Food Science*, 72(2), R21-R32.
- Parada J. & Aguilera J.M. **2007**. Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients. *Journal of Food Science*, 72(2), R21-R32.
- Plutowska B. & Wardencki W. **2008**. Application of gas chromatography-olfactometry (GC-O) in analysis and quality assessment of alcoholic beverages. *Food Chemistry*, 107(1), 449-463.
- Prakash V., Martín-Belloso O., Keener L., Astley S., Braun S. & McMahon H. **2016**. *Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods*. Academic Press.
- PSM 29 Controlul bacteriologic al suprafetelor de lucru, utilaje, echipament de protecție, ambalaje.



- Rao M.A. 2014. *Rheology of Fluid, Semisolid, and Solid Foods: Principles and Applications*. Springer.
- Rastogi N.K. 2018. *Advanced food processing technologies: Improving quality and safety*. John Wiley & Sons.
- Regulamentul (CE) nr. 1935/2004 al Parlamentului European și al Consiliului din 27 octombrie 2004 privind materialele și obiectele destinate să vină în contact cu produsele alimentare și de abrogare a Directivelor 80/590/CEE și 89/109/CEE.
- Regulamentul (CE) nr. 2023/2006 al Comisiei din 22 decembrie 2006 privind buna practică de fabricație a materialelor și a obiectelor destinate să vină în contact cu produsele alimentare.
- Regulamentul UE nr. 10/2011 privind materialele și obiectele din plastic destinate să vină în contact cu produsele alimentare.
- Repo-Carrasco-Valencia R., Hellström J.K., Pihlava J.M. & Mattila P.H. 2010. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*), and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(11), 6857-6864.
- Rezoluția CE ResAP versiunea 3/2007 <https://www.edqm.eu/en/council-of-europe-resolutions-policy-statements>
- Riaz M.N. & Asif M. 2007. Stability of vitamins during extrusion. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(4), 361-368.
- Robertson G.L. 2013. *Food Packaging: Principles and Practice* (3rd ed.). CRC Press
- Rodov V., Ben-Yehoshua S., Kim J.J., Shapiro B. & Ittah Y. 1992. Ultraviolet illumination induces scoparone production in kumquat and orange fruit and improves decay resistance. *Journal of the American Society of Horticulture and Science* 117(5), 788-792.
- Rousseau S., Kyomugasho C., Celus M., Hendrickx M.E. & Grauwet T. 2020. Barriers impairing mineral bioaccessibility and bioavailability in plant-based foods and the perspectives for food processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(5), pp.826-843.
- Salazar M.D.C.R., Puc L.E.C., Morales H.A., Valdez J.E.V., Rivera C.A.S., Andrade J.J.G. & Belmares S.Y.S. 2020. Security and Biodisponibility of Derivatives from Medicinal Plants in Food Consumption. In *Food Product Optimization for Quality and Safety Control* (pp. 331-359). Apple Academic Press.
- Sandberg A.S. 2002. Bioavailability of minerals in legumes. *British Journal of Nutrition*, 88(S3), S281-S285.
- Sathe S.K., Teuber S.S. & Rou K.H. 2005. Effects of food processing on the stability of food allergens. *Biotechnology Advances*, 23(6), 423-429.
- Scalbert A., Brennan L., Manach C., Andres-Lacueva C., Dragsted L.O., Draper J., ... & Wishart D S. 2014. The Food Metabolome: A Window Over Dietary Exposure. *American Journal of Clinical Nutrition*, 99(6), 1286-1308.
- Scalbert A., Johnson I.T. & Saltmarsh M. 2005. Polyphenols: Antioxidants and beyond. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 215S-217S.
- Sgarioni B., Angeli L.C., Andrade M.R., Vargas R.M.F. & Cassel E. 2025. Supercritical fluid extraction of yerba mate: Decaffeination, purification, encapsulation, and controlled release. *The Journal of Supercritical Fluids*, 217, 106456. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2024.106456>



- Shama G. 2007. UV disinfection in the food industry. *Contr. Env.* 10(4), 10-15.
- Sicherer S.H. & Sampson H.A. 2014. Food allergy: Epidemiology, pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 133(2), 291-307.
- Siddiqui M.W. & Rahman M.S. (Eds.) 2015. *Minimally Processed Foods. Technologies for Safety, Quality, and Convenience*. Springer Cham, Switzerland, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-10677-9>
- Siddiqui M.W., Chakraborty I., Ayala-Zavala J.F. & Dhua R.S. 2011. Advances in minimal processing of fruits and vegetables: a review. *Journal of Scientific & Industrial Research* 70:823-834.
- Slavin J.L. 2013. Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. *Nutrients*, 5(4), 1417-1435.
- Sloan A.E. 2014. The top 10 functional food trends. *Food Technology*, 68(4), 24-45.
- SR CR 13695-1:2002 Ambalaje. Cerințe pentru măsurarea și verificarea a patru metale grele și a altor substanțe periculoase prezente în ambalaje și trecerea acestora în mediu. Partea 1: Cerințe pentru măsurarea și verificarea a patru metale grele prezente în ambalaje
- SR EN 1186-15:2003 - Materiale și articole în contact cu produsele alimentare. Materiale plastice. Partea 15: Metode de încercare alternative pentru migrarea în simulanți grași prin extracție rapidă în izooctan și/sau etanol 95%.
- SR EN 12498:2019 - Hârtie și carton. Hârtie și carton destinate să intre în contact cu produsele alimentare. Determinarea cadmiului, cromului și plumbului într-un extract apos.
- SR EN 645:1996 - Hârtie și carton destinate să intre în contact cu produsele alimentare. Prepararea unui extract apos la rece.
- SR EN 647:1996 - Hârtie și carton destinate să intre în contact cu produsele alimentare. Prepararea unui extract apos la cald.
- SR EN ISO 1183-1:2019 Plastics - Methods for determining the density of non-cellular plastics - Part 1: Immersion method, liquid pycnometer method and titration method (ISO 1183-1:2019, Corrected version 2019-05).
- SR EN ISO 15106-1:2005 Materiale plastice. Filme și folii. Determinarea vitezei de transmisie a vaporilor de apă. Partea 1: Metoda cu detector de umiditate.
- SR EN ISO 2556:2001 Materiale plastice. Determinarea vitezei de transmisie a gazelor prin filme și foi subțiri sub presiune atmosferică. Metoda manometrică.
- SR EN ISO 4833-1/2014 - Microbiologia produselor alimentare și nutrețurilor. Metoda orizontală pentru enumerarea microorganismelor. Tehnica de numărare a coloniilor la 300C.
- SR EN ISO 527-1:2020 Materiale plastice. Determinarea proprietăților de tracțiune. Partea 1: Principii generale.
- SR EN ISO 527-3:2000 Materiale plastice. Determinarea proprietăților de tracțiune. Partea 3: Condiții de testare pentru pelicule și foi.
- SR EN ISO 536:2020 - Hârtie și carton. Determinarea gramajului.
- SR ISO 21527-2/2009 - Microbiologia alimentelor și furajelor. Metoda orizontală pentru enumerarea drojdiilor și mușcăiurilor. Partea 2: Tehnica de numărare a coloniilor din produse cu activitatea apei mai mică sau egală cu 0,95.
- SR ISO 4831:2009 - Microbiologia alimentelor și furajelor. Metodă orizontală pentru detectarea și enumerarea bacteriilor coliforme. Tehnica numărului cel mai probabil.



- Steffe J.F. **1996**. *Rheological Methods in Food Process Engineering*. Freeman Press.
- Stevens C., Khan V.A., Wilson C.L., Lu J.Y., Chalutz E. & Droby S. **2005**. The effect of fruit orientation of postharvest commodities following low dose ultraviolet light-C treatment on host induce resistance to decay. *Crop Prot.* **2005**, 24(8), 756-759.
- Stevens C., Liu J., Khan V.A., Lu J.Y., Kabwe M.K., Wilson C.L., Igwegbe E.C.K., Chalutz E. & Droby S. **2004**. The effects of low-dose ultraviolet light-C treatment on polygalacturonase activity, delay ripening and Rhizopus soft rot development of tomatoes. *Crop Prot.*, 23(6), 551-554.
- Sundararajan A. et al. **2020**. Machine learning approaches for sensory prediction in food science. *Trends in Food Science & Technology*, 95, 35-46.
- Szczesniak A.S. 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13(4), 215-225.
- Terefe N.S., Buckow R. & Versteeg C. **2014**. Shelf life extension of foods by high pressure processing: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(3), 513-534.
- Tharanathan R.N. & Mahadevamma S. 2003. Grain legumes—a boon to human nutrition. *Trends in Food Science & Technology*, 14(12), 507-518.
- Toldrá F. **2017**. *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 82). Academic Press.
- Traber M.G. & Stevens J.F. **2011**. Vitamins C and E: Beneficial effects from a mechanistic perspective. *Free Radical Biology and Medicine*, 51(5), 1000-1013.
- Valko M., Leibfritz D., Moncol J., Cronin M.T., Mazur M. & Telser J. **2007**. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 39(1), 44-84.
- Verhoeckx K.C., Vissers Y.M., Baumert J.L., Faludi R., Feys M., Flanagan S., ... & Epstein M.M. **2015**. Food processing and allergenicity. *Food and Chemical Toxicology*, 80, 223-240.
- Vicente A.R., Costa M.L., Martinez G.A., Chaves A.R. & Civello P.M. **2005a**. Effect of heat treatment on cell wall degradation and softening in strawberry fruit. *Postharvest Biology & Technology*, 38, 213-222.
- Vicente A.R., Pineda C., Lemoine L., Civello P.M., Martinez G.A. & Chaves A.R. **2005b**. UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biology & Technology*, 35(1), 69-78.
- Wani A.A., Singh P. & Langowski H.C. **2014**. Food Technologies: Packaging. In: *Encyclopedia of Food Safety*, vol. 3.
- White P.J. & Broadley M.R. 2009. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets—iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium, and iodine. *New Phytologist*, 182(1), 49-84.
- Zulewska J., Lobacz A., Bialobrzewski I., Grochowina A. & Kaminska A. **2023**. Influence of sustainable packaging material and packaging conditions on physicochemical, microbiological, and sensorial properties of cheeses. *Journal of Dairy Science*, 106(12), 8504-8522.

<https://www.wiegand-glas.de/en/glass/about-glass>



3. Obținerea unui produs alimentar conventional din leguminoase (UDJG)

3.1. Introducere

Leguminoasele uscate precum mazărea, fasolea, soia, linte, bobul și năutul, constituie produse agroalimentare valoroase pentru alimentația umană, datorită conținutului bogat de proteine și glucide, dar și lipide, vitamine sau microelemente ([Margier et al., 2018](#)).

În ultimele decenii, s-a observat o tendință crescută de integrare în diferite produse alimentare a unor ingrediente cu conținut ridicat de proteine obținute prin procesarea leguminoaselor uscate. Astfel de surse oferă o serie de avantaje din punct de vedere economic, sunt mai versatile, și posedă valoare nutrițională excelentă ([Rajpurohit & Li, 2023](#)).

Derivatele proteice (făinuri, concentrate și izolate proteice) din surse de origine vegetală constituie ingrediente funcționale valoroase, utilizate în diferite sisteme alimentare, îndeosebi în produsele destinate vegetarienilor. Pe lângă ameliorarea valorii nutriționale a produselor finite, integrarea derivatelor proteice vegetale în diferite tipuri de alimente urmărește modularea comportamentului tehnologic al produselor pe parcursul procesării, în mod particular în acele etape ce implică tratament termic, îmbunătățirea proprietăților mecanice și texturale și reducerea costurilor asociate obținerii unor produse.

Produsele vegetale disponibile pe piață includ, în general, soia și derivații ei ca surse principale de proteine, în detrimentul altor leguminoase, precum bobul (*Vicia faba*), linte (*Lens culinaris*) sau năutul (*Cicer arietinum*) ([Patrașcu et al., 2016](#)). În ultimii ani s-a observat o tendință accentuată de înlocuire a derivatelor proteice din soia (*Glycine max*), care sunt cele mai utilizate proteine de origine vegetală în industria alimentară, cu cele din mazăre (*Pisum sativum* L.).

Derivatele proteice din mazăre conțin niveluri reduse de factori anti-nutriționali, nu sunt produse modificate genetic, posedă o solubilitate bună, prezintă proprietăți funcționale care contribuie la calitatea produselor alimentare, precum proprietăți importante de emulsionare, de absorbție și reținere a apei și proprietăți acceptabile



de formare a gelurilor. Funcționalitatea unor astfel de ingrediente este condiționată de proteinele din produs, ale căror proprietăți sunt determinate de factori intrinseci, extrinseci și de condițiile de procesare. Astfel, proprietățile funcționale depind în general de concentrația diferitelor componente, de masa moleculară a proteinelor ce predomină în amestec și de eventuale pre-tratamente care pot afecta masa moleculară și conformația proteinelor.

Prezentul studiu a urmărit efectul tratamentului termic asupra proprietăților funcționale ale făinii din mazăre, și identificarea condițiilor optime de procesare pentru obținerea de produse vegetale tartinabile. Cunoașterea efectului tratamentului termic asupra proprietăților funcționale furnizează informații privind performanța acestor ingrediente în diferite tipuri de alimente, a căror pregătire industrială sau casnică implică o etapă de tratament termic, oferind premisele exploatării optime a funcționalității făinii de mazăre. În a doua etapă a studiului au fost efectuate teste de laborator privind obținerea și caracterizarea unor produse vegetale tartinabile, utilizând drept ingredient principal făina de mazăre.

3.2 Investigarea efectului tratamentului termic asupra funcționalității făinii de mazăre

3.2.1. Pregătirea făinii de mazăre

În experiment s-a utilizat făină de mazăre obținută din mazărea cultivată în sistem convențional la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mașini și Instalații destinate Agriculturii și Industriei Alimentare - INMA, București, Partener 4 în proiectul Metrofood-RO Evolve.

Făina de mazăre este un produs cu un conținut ridicat de proteină (24,6%). Făina de mazăre a fost supusă tratamentului termic uscat (Dlab LDO-030E, DlabTech, Daihan Labtech Co., LTD, Korea), la trei temperaturi diferite (100°C, 120 °C și 140 °C) pentru diferite perioade de timp cuprinse între 20 și 60 min (Tabelul 3.1; Fig. 3.1).

Așa cum era de așteptat, tratamentul aplicat făinii de mazăre a condus la reducerea semnificativă ($p < 0,05$) a umidității probelor, de la ~12% până la ~2,2%, în cazul probelor încălzite la 100°C (Tabelul 3.1). Umiditatea făinii a scăzut odată cu creșterea timpului de expunere termică. Cele mai scăzute valori ale umidității (2,07-2,09%) au fost obținute pentru probele supuse încălzirii la 140°C, independent de timpul tratamentului, valorile fiind comparabile cu cele înregistrate pentru probele FM120-40, FM-120-60 și FM-100-60 (Tabelul 3.1).



Tabelul 3.1. Codificarea probelor de făină de mazăre în funcție de parametrii tratamentului aplicat și impactul asupra umidității

Cod probă	Condiții tratament termic		Umiditate, %
	Temperatură, °C	Timp, min	
FM	-	-	12,01±0,3 ^a
FM-100-20	100	20	5,46±0,08 ^b
FM-100-40	100	40	3,95 ±0,06 ^c
FM-100-60	100	60	2,21±0,07 ^d
FM-120-20	120	20	3,71±0,09 ^c
FM-120-40	120	40	2,08±0,08 ^d
FM-120-60	120	60	2,07±0,07 ^d
FM-140-20	140	20	2,09±0,06 ^d
FM-140-40	140	40	2,07±0,02 ^d
FM-140-60	140	60	2,07±0,05 ^d

Valorile medii însoțite de litere mici diferite sunt semnificativ diferite ($p < 0,05$), conform analizei One-way ANOVA și a testului post-hoc Tukey.



Fig. 3.1. Etape ale pregătirii probelor de făină de mazăre galbenă supuse tratamentului termic

3.2.2. Impactul pre-tratamentului termic asupra culorii făinii de mazăre

Culoarea este o caracteristică importantă a ingredientelor și produselor alimentare, care în majoritatea cazurilor influențează decisiv decizia de cumpărare sau consum a diferitelor produse alimentare. Pentru a evalua măsura în care pre-tratamentul termic afectează calitatea făinii de mazăre, s-a efectuat analiza Hunter L, a, b a imaginilor digitale ale probelor. Rezultatele sunt prezentate în [Tabelul 3.2](#). Analizând valorile L, a și b ale probelor de făină de mazăre se poate observa că tratamentul termic mai avansat a condus, în general, la modificarea luminozității probelor și intensificarea nuanțelor



de galben. Luminozitatea (L) și nuanțele de galben (b) prezintă un interes particular, deoarece influențează semnificativ intensitatea culorii făinii și calitatea acesteia.

Pentru a urmări impactul pre-tratamentului termic asupra calității făinii de mazăre s-a determinat indicele de culoare al făinii $ICF = L \times b$. Este cunoscut faptul că făinurile de culoare deschisă sunt preferate de consumatori. Luminozitatea făinurilor de cereale este influențată de conținutul de cenușă, în timp de intensitatea nuanțelor de galben depinde de prezența pigmentilor.

În cazul făinii de leguminoase folosite pentru obținerea de produse cremoase, prezintă o importanță deosebită nuanța de galben (Kovačević et al., 2025). Intensitatea tonurilor de galben a făinurilor de leguminoase variază în funcție de conținutul de flavonoide, formarea de complexe între ionii de fier și compușii fenolici, oxidarea lipidelor și a compușilor lipofili, precum clorofilele și carotenoizii, și de condițiile de procesare și depozitare, în special de operațiile de decojire, măcinare și tratamentele termice aplicate (Kovačević et al., 2025).

Detalii cu privire la aspectul și principalii parametri de culoare specifici făinii de mazăre galbenă tratată termic, sunt prezentate în Tabelul 3.2.

Tabelul 3.2. Impactul tratamentului aplicat făinii de mazăre asupra caracteristicilor de culoare

Cod probă	Aspect probă	Parametri culoare	Histogramă RGB ■ r ■ g ■ b
FM		L = 82 - 83 a = 6 - 7 b = 29 - 32 ICF = 52	
FM-100-20		L = 81 - 82 a = 5 - 6 b = 27 - 31 ICF = 53	



Tabelul 3.2. Impactul tratamentului aplicat făinii de mazăre asupra caracteristicilor de culoare (*continuare*)

Cod probă	Aspect probă	Parametri culoare	Histogramă RGB ■ r ■ g ■ b
FM-100-40		L = 81 - 82 a = 6 - 7 b = 29 - 30 ICF = 52	
FM-100-60		L = 83 - 84 a = 7 - 8 b = 30 - 36 ICF = 51	
FM-120-20		L = 83 - 84 a = 7 - 8 b = 30 - 35 ICF = 52	
FM-120-40		L = 82 - 83 a = 6 - 7 b = 30 - 33 ICF = 52	
FM-120-60		L = 82 - 83 a = 5 - 6 b = 29 - 32 ICF = 51	



Tabelul 3.2. Impactul tratamentului aplicat făinii de mazăre asupra caracteristicilor de culoare (*continuare*)

Cod probă	Aspect probă	Parametri culoare	Histogramă RGB ■ r ■ g ■ b
FM-140-20		L = 83 - 84 a = 6 - 7 b = 27 - 32 ICF = 53	
FM-140-40		L = 80 - 81 a = 5 - 7 b = 31 - 35 ICF = 48	
FM-140-60		L = 80 - 82 a = 5 - 6 b = 32 - 35 ICF = 48	

3.2.3. Proprietățile funcționale ale făinii de mazăre

Impactul tratamentului termic uscat asupra proprietăților principalelor componente macromoleculare și asupra comportamentului funcțional-tehnologic general al făinii de mazăre a fost apreciat după răcirea lentă a probelor până la temperatura camerei ($22 \pm 3^\circ\text{C}$), prin determinarea proprietăților legate de:

- interacțiunea principalelor componente ale făinii, precum proteinele, amidonul și fibrele, cu apa (retenție de apă, umflare, solubilizare),
- interacțiunile proteină-proteină și proteină-amidon (gelifiere, precipitare, coagulare),
- interacțiunile de suprafață (emulsionare).



Metodele utilizate pentru determinarea proprietăților funcționale ale făinii de mazăre galbenă au fost descrise anterior de [Ogunwolu et al. \(2009\)](#). Analiza statistică a rezultatelor a fost efectuată cu Minitab 19 software (Minitab Inc., State College, PA, USA).

3.2.3.1. Capacitatea de legare și reținere a apei

Numeroase proprietăți funcționale și decizia de utilizare a diferitelor ingrediente proteice la obținerea de produse alimentare sunt direct condiționate de capacitatea de hidratare, deoarece conferă matricei complexe proprietăți de îngroșare, vâscozitate și corpolență. Independent de tratamentul termic aplicat, capacitatea făinii de mazăre galbenă de a absorbi și reține apa în condiții de centrifugare a fost determinată la pH-ul natural al suspensiilor pregătite în duplicat. Făina de mazăre galbenă nativă prezintă o bună capacitate de reținere a apei în condiții de centrifugare (25 min la 3000 rpm) de ~76%. Capacitatea de legare a apei la temperatura camerei influențează decisiv calitatea făinurilor bogate în amidon și comportamentul în timpul procesării ([Jia et al., 2023](#)). În ceea ce privește amidonul, capacitatea de absorbție de apei este influențată de compoziția amidonului, structura suprafeței granulelor de amidon, preponderența zonelor cristaline și dispunerea grupărilor hidrofile ([Zhang et al., 2024](#)). Amidonurile bogate în amiloză prezintă proprietăți bune de legare a apei.

Tratamentul termic aplicat făinii de mazăre a condus la îmbunătățirea semnificativă ($p < 0,05$) a capacității de reținere a apei. Astfel, prelungirea perioadei de menținere la 100°C, de la 20 la 60 min, a determinat denaturarea termică din ce în ce mai avansată a proteinelor și modificarea proprietăților amidonului, capacitatea de reținere a apei în condiții de centrifugare crescând până la ~98%. Creșterea temperaturii tratamentului aplicat făinii de mazăre a condus la îmbunătățirea semnificativă a proprietăților de interacțiune cu apa. În cazul probelor de făină de mazăre tratate la 120°C timp de 20-60 min, capacitatea de reținere a apei a variat în intervalul 97-101%, iar în cazul probelor tratate la 140°C, capacitatea de reținere a apei a fost de 101-172%. Aceste observații sunt în acord cu rezultatele raportate de [Lufti et al. \(2021\)](#), care au studiat efectual aplicării tratamentului termic uscat asupra proprietăților amidonului din diferite surse. Ei au arătat că tratamentul termic la 130°C, aplicat amidonurilor din orez, porumb și castane de apă, conduce la îmbunătățirea capacității de absorbție de apei, ca o consecință a creșterii gradului de expunere a zonelor hidrofile.

3.2.3.2. Puterea de umflare

Protocolul descris de [Aprodu et al. \(2019\)](#) a fost utilizat pentru a determina puterea de umflare și solubilitatea compușilor din probele de făina de mazăre supuse tratamentului termic. Determinările au fost efectuate folosind apa drept solvent, atât la temperatura camerei ($22 \pm 2^\circ\text{C}$), cât și la diferite valori ale temperaturii în intervalul 60...90°C, la care a fost menținut amestecul timp de 60 min. Valorile de temperatură considerate în



studiu sunt superioare temperaturii de denaturare a proteinelor și temperaturii de gelatinizare a amidonului (Fig. 2).

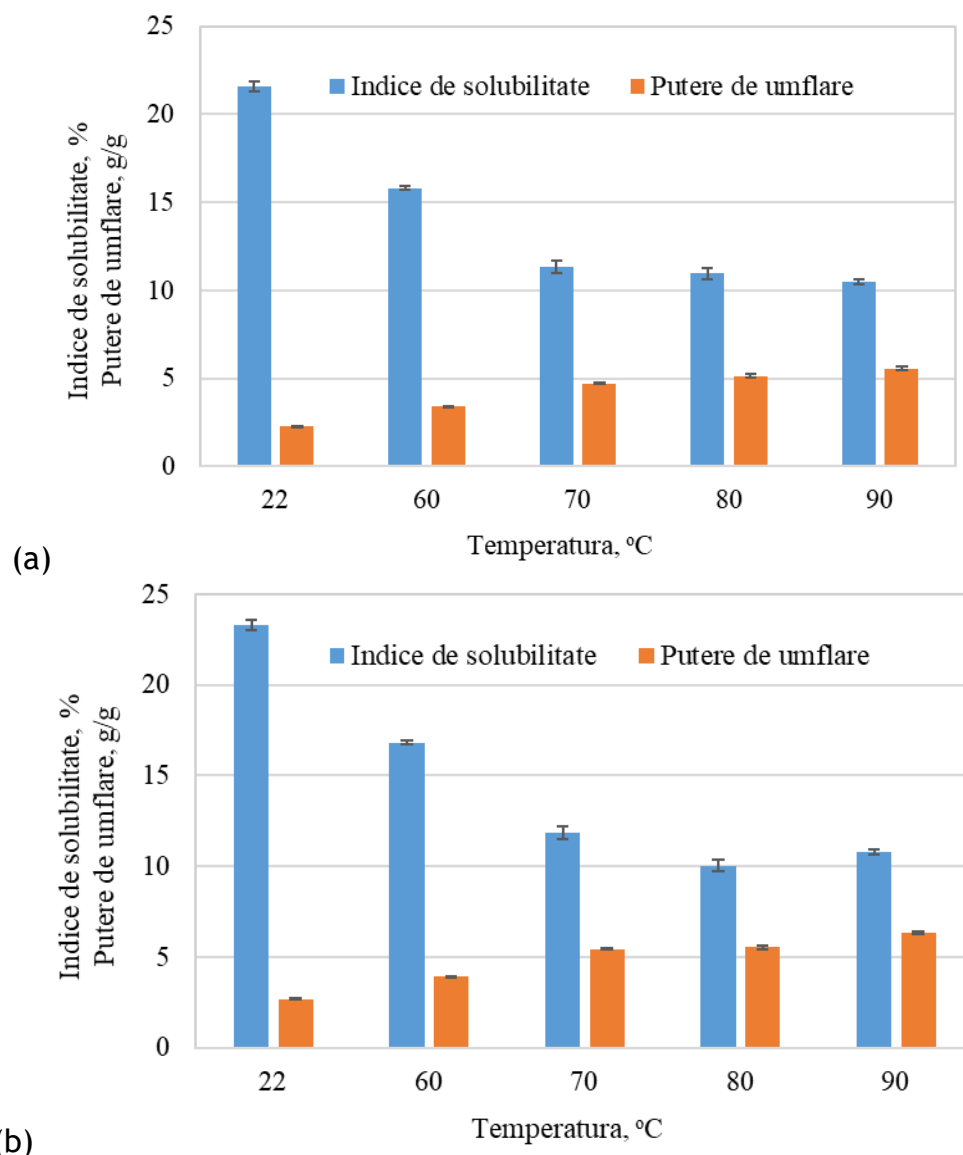


Fig. 3.2. Efectul temperaturii asupra indicelui de solubilitate în apă și a puterii de umflare a făinii de mazăre nativă (a) și supusă pretratamentului termic la 100°C timp de 60 min (b).

Tratamentul termic aplicat făinii de mazăre a condus la îmbunătățirea semnificativă ($p < 0,05$) a puterii de umflare la temperatura camerei, de la 2,3 g/g până la 3,3 g/g. Pe de altă parte, solubilitatea în apă a compușilor din făina de mazăre a variat în funcție de parametrii pre-tratamentului termic aplicat făinii. Astfel, indicele de solubilitate în apă în cazul făinurilor tratate la temperaturile 100 și 120°C a fost superior probei native, variind în intervalul 22,0-23,3%, indicând faptul că conformația proteinelor



solubile nu a fost afectată în sensul modificării proprietăților de suprafață implicate în interacțiunile cu apa. Este cunoscut faptul că solubilitatea proteinelor din făina de mazăre este minimă la valori de pH = 4-6 apropiate de punctul izoelectric, și maximă la valori mari de pH alcalin (8-11). Aciditatea suspensiilor de făină este redusă, asigurând o solubilizare moderată a proteinelor. Pre-tratamentul termic mai avansat al făinii de mazăre a condus la reducerea indicelui de solubilitate în apă la temperatura camerei până la 9,7%, ca o consecință a expunerii zonelor hidrofobe la suprafața moleculelor proteice.

Creșterea valorii temperaturii la care a fost menținut amestecul timp de 60 min a determinat reducerea graduală a indicelui de solubilitate și creșterea simultană a puterii de umflare. Pentru comparație, în Fig. 3.2 sunt prezentate valorile indicelui de solubilitate în apă și ale puterii de umflare pentru făina de mazăre nativă și proba supusă pretratamentului termic la 100°C timp de 60 min.

3.2.3.3. Capacitatea de gelifiere

Capacitatea ingredientelor bogate în proteine de a forma geluri, în diferite condiții de mediu sau de pre-tratament aplicat, reprezintă o altă proprietate funcțională importantă ce stă la baza asigurării consistenței și texturii specifice diferitelor tipuri de produse alimentare. Proprietatea de a forma geluri a făinii de mazăre galbenă a fost apreciată prin aplicarea unui tratament termic, timp de 30 min la 90°C, suspensiilor de concentrații diferite, urmat de răcire timpul de 12 ore la temperatura de 4°C. Independent de temperatură și timpul de expunere la tratament termic uscat, la concentrația suspensiei de făină de 12%, proteinele globulare din mazăre au manifestat proprietăți slabe de gelificare, probele prezentând aspect de gel slab, nelegat, cu vâscozitate, elasticitate și adezivitate reduse. Independent de tratamentul termic aplicat, făina de mazăre galbenă a permis obținerea de geluri tari, care se autosusțin, la valori ale concentrației mai mari de 14%. Denaturarea parțială a lanțurilor polipeptidice însoțită de expunerea la suprafața proteinelor a grupările nepolare și sulfhidrice ale aminoacizilor și gelanizarea amidonului din făina de mazăre în condițiile aplicării tratamentului hidrotermic au permis, prin asocierea lor graduală, formarea de geluri tari. Moleculele de apă, aromele, glucidele simple și alte molecule cu masă moleculară redusă sunt sechestrate în astfel de rețele tridimensionale de tip gel. La formarea rețelelor tridimensionale participă diferite tipuri de forțe și legături chimice, dar în special fizice, stabilite între diferite proteine și respectiv proteine-apă.

3.2.3.4. Capacitatea de legare a uleiului

Capacitatea ingredientelor bogate în proteine de a lega uleiul este deosebit de importantă în cazul procesării la nivel industrial. Făina de mazăre galbenă prezintă o bună capacitate de legare a uleiului și de retenție a acestuia în condiții de centrifugarea (3000 rpm, 15 min) de $1,56 \pm 0,09$ g/g, iar tratamentul termic la 100°C nu a condus la modificarea semnificativă a acestei proprietăți ($1,58 \pm 0,07$ - $1,74 \pm 0,06$ g/g).



Tratamentul termic mai avansat a determinat însă creșterea semnificativă a capacității de legare a uleiului (Fig. 3.3). Cele mai ridicate valori ale capacității de legare a uleiului (1,93 - 2,01 g/g) au fost obținute în cazul probelor tratate termic la 120 și 140°C (Fig. 3.3).

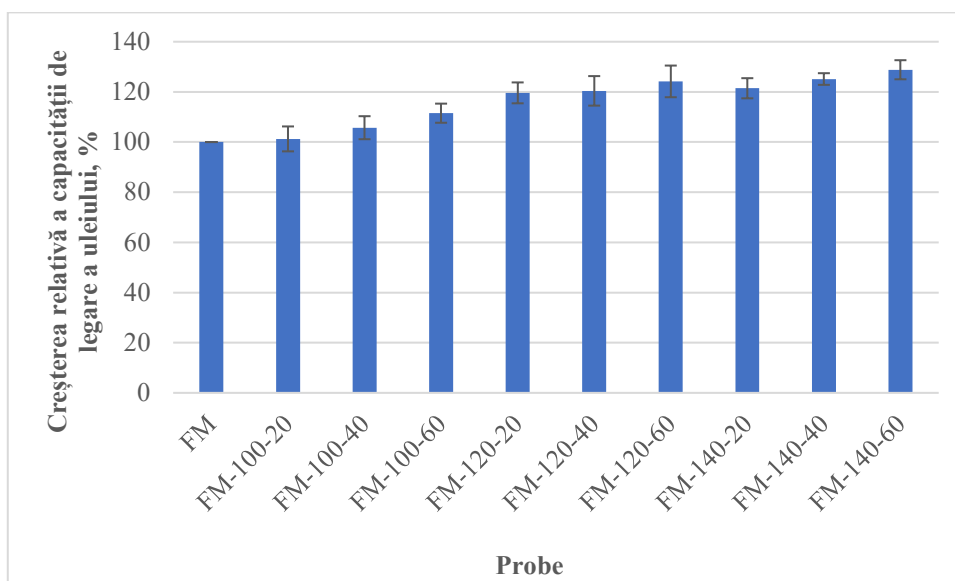


Fig. 3.3. Influența tratamentului termic asupra proprietăților de legare a uleiului. Rezultatele sunt exprimate sub formă de creștere procentuală raportat la valoarea înregistrată pentru proba martor.

O bună capacitate de legare a uleiului de către proteine reprezintă o indicație cu privire la posibilitatea utilizării ingredientului proteic pentru obținerea de maioneze, sau în scop de emulsionare și stabilizare emulsii în diferite matrici alimentare complexe. În plus, o bună capacitate de adsorbție a uleiului poate fi asociată cu retenția mai eficientă a compușilor de aromă hidrofobi, și contribuie la îmbunătățirea atributelor senzoriale ce țin de senzația percepută la nivelul cavității bucale (mouthfeel). Pe lângă conținutul de proteină, care influențează semnificativ abilitatea făinii studiate de a lega uleiul, un rol important îl joacă și numărul grupărilor nepolare implicate în interacțiunile proteine-lipide. În cazul făinii de mazăre galbenă, un rol secundar în legarea uleiului îl are amidonul, care predomină în produs.

3.2.3.5. Capacitatea de emulsionare

Influența tratamentului termic asupra capacității de emulsionare a făinii de mazăre a fost apreciată prin înregistrarea necesarului de ulei pentru a obține punctul de inversie al emulsiilor pregătite la temperatura camerei ($22 \pm 1^\circ\text{C}$). Nu au fost înregistrate diferențe semnificative între probele supuse tratamentului termic la 100°C sau 120°C și făina de mazăre galbelă nativă, capacitatea de emulsionare variind între 250 și 261 mL ulei de floarea soarelui/100 mL suspensie. Tratamentul termic mai avansat a determinat



însă reducerea semnificativă ($p < 0,05$) a capacității de emulsionare. Astfel, probele de făină de mazăre tratate termic la 140°C timp de 40 și 60 min au prezenta capacități de emulsionare cuprinse în intervalul 136-204 mL ulei de floarea soarelui/100 mL suspensie. Toate probele au permis obținerea unor emulsii ferme, înainte de apariția fenomenului de ecremare. Dintre toate componentele făinii de mazăre, proteinele prezintă cele mai bune proprietăți de suprafață implicate în emulsionarea lipidelor. Astfel, rezultatele obținute în prezentul studiu indică faptul că tratamentul termic uscat la $100\text{-}120^{\circ}\text{C}$ aplicat făinii de mazăre galbenă pentru o perioadă de 20-60 min nu a afectat semnificativ proprietăți precum sarcina și hidrofobicitatea suprafeței proteinelor sau flexibilitatea moleculelor.

3.2.3.6. Compuși biologic activi și activitatea antioxidantă

Impactul tratamentului termic asupra funcționalității fiziologice a făinii de mazăre galbenă a fost apreciat prin determinarea conținutului total de fenoli și a activității antioxidante. Extracția compușilor biologic activi s-a efectuat folosind soluție de etanol 70%, în condiții de omogenizare permanentă, cu ajutorul unui agitator magnetic, timp de 60 min la temperatura camerei ($22 \pm 1^{\circ}\text{C}$).

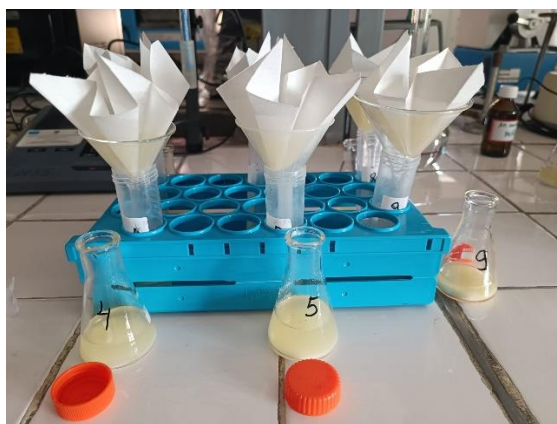


Fig. 3.4. Etapa de extracție a compușilor biologic activi din făina de mazăre galbenă

Este cunoscut faptul că leguminoasele sunt bogate în compuși fenolici, în special în flavonoide, izoflavonoide, antociani și acizi fenolici, ce asigură efecte benefice pentru sănătatea consumatorilor (Fahim et al., 2019). Literatura indică prezența în *P. sativum* a peste 100 compuși fenolici ce diferă din punct de vedere structural, predominând flavonolii liberi și glicozilați, flavonele, flavanolii, flavanonele, antocianinele, izoflavonoidele și pterocarpanoidele (Fahim et al., 2019). Independent de timpul de procesare, tratamentul termic aplicat făinii a condus la o îmbunătățire semnificativă a extracției compușilor fenolici din mazăre. Conținutul total de fenoli extrași din probele de făină de mazăre tratate termic la temperaturi cuprinse în intervalul $100\text{-}140^{\circ}\text{C}$ a fost semnificativ mai ridicat ($p < 0,05$) raportat la proba martor ($0,81$ mg acid ferulic/g) (Fig. 5). Spre exemplu, în cazul probelor de făină de mazăre supuse tratamentului la



100°C, conținutul de fenoli a variat în limitele 0,92-1,03 mg acid ferulic/g, fără să existe diferențe în funcție de timpul tratamentului termic. Conform literaturii de specialitate, tratamentul termic poate influența diferit nivelul compușilor fenolici cu activitate antioxidantă din materialele vegetale procesate. Astfel, diferite studii indică îmbunătățirea randamentului de extracție a compușilor fenolici din cerealele supuse diferitelor tipuri de tratamente termice, în timp ce altele raportează un efect de degradare a acestor compuși (Kadiri, 2017). Creșterea conținutului de fenoli totali poate fi atribuită efectului de eliberare a moleculelor de fenoli legați în urma distrugerii peretelui celular, ca o consecință a tratamentului termic aplicat.

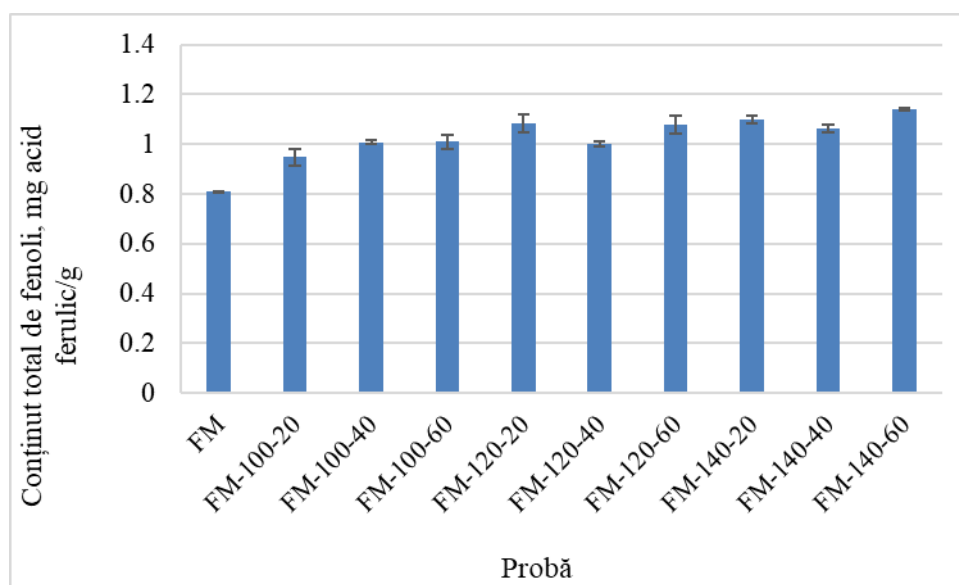


Fig. 3.5. Influența tratamentului termic aplicat făinii de mazăre asupra conținutului total de fenoli solubili în soluție de etanol 70%

În acord cu rezultatele conținutului total de fenoli, activitatea antioxidantă a făinii supusă tratamentului termic a fost superioară făinii native. Capacitatea antioxidantă a extractelor din făină de mazăre galbenă a fost determinată ca putere de decolorare a soluției DPPH (DPPH-RSA, %), apărută ca urmare a captării radicalilor liberi DPPH. Valoarea DPPH-RSA a probelor tratate la 100°C a variat în limitele 23,7-25,1%, fără să existe diferențe în funcție de timpul tratamentului termic, fiind semnificativ mai ridicată ($p < 0,05$) raportat la proba martor (22,3%). Martens et al. (2017) au indicat faptul că învelișul exterior al boabelor de mazăre galbenă are un conținut de cel puțin două ori mai ridicat de compuși fenolici și de cel puțin șase ori mai ridicat de antociani raportat la boabele întregi. În acord cu Dueñas et al. (2006), proantocianidinele, flavonii și flavonolii sunt principalii compuși responsabili de activitatea antioxidantă în coaja de mazăre, în timp ce proprietățile antioxidante ale cotiledoanelor sunt în principal atribuite catechinei.



3.2.4. Analiza microbiologică a probelor de făină de mazăre

Determinarea bacteriilor aerobe mezofile s-a efectuat conform ISO 4833-1:2014. Analiza microbiologică a produselor alimentare. Metoda culturală pentru numărarea microorganismelor. Numărarea coloniilor formate prin termostatare la temperatura de 30 °C prin tehnica de înglobare a suspensiei în masa mediului cu agar). Metoda presupune inocularea unei cantități cunoscute din eșantionul inițial sau din suspensia inițială prin înglobare în suprafața mediului PCA (Plate Count Agar). Plăcile au fost termostatate în condiții aerobe la temperatura de 30 °C, timp de 72 h. Au fost calculate unitățile formatoare de colonii pe gram de produs, pe baza numărului de colonii obținute din plăcile care conțin mai puțin de 300 de colonii, din două diluții succesive.

Determinarea drojdiilor și mucegaiurilor s-a efectuat conform ISO 21527-1:2008. Analiza microbiologică a produselor alimentare și a nutrețurilor. Metoda culturală pentru numărarea drojdiilor și mucegaiurilor. Partea 2: Tehnica de numărare a coloniilor în produse cu activitate a apei mai mică sau egală cu 0,95). Metoda presupune inocularea unei cantități cunoscute din eșantionul inițial sau din suspensia inițială prin răspândire pe suprafața mediului cu agar DG18. Plăcile au fost termostatate în condiții aerobe la temperatura de 25 ± 1 °C, timp de 5 - 7 zile. Au fost calculate unitățile formatoare de colonii pe gram de produs, pe baza numărului de colonii obținute din plăcile care conțin mai puțin de 150 de colonii.

Determinarea enterobacteriilor s-a efectuat conform ISO 21528-2:2007. Analiza microbiologică a alimentelor și a nutrețurilor. Metoda pentru evidențierea și numărarea enterobacteriilor. Partea 2: Metoda de numărare a coloniilor). Metoda presupune inocularea unei cantități cunoscute din eșantionul inițial sau din suspensia inițială pe suprafața unui mediu de cultura nutritiv cu agar (VRBG agar). Plăcile au fost termostatate în condiții aerobe, la temperatura de 37 °C, timp de 24±2h. Se izolează și se selectează coloniile de enterobacterii pentru confirmare prin aplicarea de teste biochimice. Se calculează numărul de unități formatoare de colonii pe gram sau mililitru de produs.

Leguminoasele, precum mazărea (*P. sativum* L.), reprezintă o sursă importantă de proteine vegetale și compuși bioactivi, fiind tot mai des utilizate în formularea produselor alimentare funcționale și a alternativelor vegetale la produsele de origine animală. Sub formă de făină, mazărea este folosită ca ingredient în produse de panificație, băuturi instant sau amestecuri proteice. Calitatea microbiologică a acestor produse reprezintă un criteriu esențial pentru siguranța alimentară și stabilitatea la depozitare. În literatura de specialitate, făinurile de cereale prezintă de regulă încărcături microbiene totale ridicate (10^4 - 10^5 ufc/g), iar contaminanții microbieni pot proveni din materii prime, din procesare sau din mediu.

În prezentul studiu a fost evaluat profilul microbiologic al făinii de mazăre, prin aplicarea metodelor standardizate ISO pentru numărul total de bacterii aerobe



mezofile, *Enterobacteriaceae* și drojdii/mucegaiuri. Rezultatele (Tabelul 3.3) evidențiază o încărcare microbiană scăzută a făinii de mazăre. Astfel, în cazul numărului total de bacterii aerobe mezofile valorile au variat între <10 ufc/g și $3,25 \log$ ufc/g ($\sim 1,8 \times 10^3$ ufc/g). Comparativ, literatura de specialitate raportează pentru făina de grâu valori medii de 10^4 - 10^5 ufc/g pentru bacteriile aerobe mezofile, mult mai ridicate decât cele determinate în acest studiu. Pentru făina de mazăre destinată consumului general, literatura de specialitate raportează valori ale numărului total de bacterii aerobe mezofile situate, de regulă, între 10^3 și 10^5 ufc/g, considerate normale pentru produse vegetale uscate (Ndovie et al., 2025; Roberts et al., 2005). În studiul Ndovie et al. (2012), probele de făină pe bază de leguminoase procesate în Malawi și Zambia au prezentat valori de TVCC cuprinse între aproximativ $2,2 \times 10^3$ și $5,6 \times 10^4$ ufc/g, ceea ce se încadrează în intervalul menționat. În comparație, rezultatele obținute pentru făina de mazăre analizată în cadrul prezentului studiu ($2,5 \times 10^1$ - $1,8 \times 10^3$ ufc/g) sunt semnificativ mai scăzute, sugerând o încărcătură microbiană totală redusă și indicând atât condiții de procesare și depozitare corespunzătoare, cât și o bună calitate igienico-sanitară a produsului. Astfel, făina de mazăre prezintă avantaje microbiologice superioare comparativ cu făinurile din cereale.

Tabelul 3.3. Rezultatele determinărilor microbiologice

Probă	Bacterii aerobe mezofile (log ufc/g)	Enterobacterii (log ufc/g)	Drojdii si mucegaiuri (log ufc/g)
FM	3,25	3,08	2,95
FM-100-20	2,95	2,34	2,00
FM-100-40	3,17	2,43	1,3
FM-100-60	2,34	2,41	< 10
FM-120-20	2,27	2,39	< 10
FM-120-40	2,32	2,04	< 10
FM-120-60	2,38	< 10	< 10
FM-140-20	2,15	< 10	< 10
FM-140-40	2	< 10	< 10
FM-140-60	1,39	< 10	< 10

Enterobacteriile utilizate ca indicatori de igienă, au fost prezente la niveluri scăzute sau nedetectabile în majoritatea probelor de făină de mazăre. În produsele vegetale uscate de tip făinuri, nivelurile de *Enterobacteriaceae* sunt în mod obișnuit sub 10^2 ufc/g, iar valori peste 10^3 ufc/g sunt considerate repere de igienă deficitară sau depozitare improprie (Food Research Institute, 2020).

În cazul drojdiilor și mucegaiurilor, majoritatea probelor au fost sub limita de detecție (<10 ufc/g), cu valori maxime de $2,95 \log$ ufc/g ($\sim 9 \times 10^2$ ufc/g), ceea ce sugerează o



bună stabilitate la depozitare și risc redus de alterare fungică. Date similare sunt raportate în literatura de specialitate pentru produse vegetale uscate, unde niveluri de până la 10^3 - 10^4 ufc/g sunt considerate acceptabile (Fasoyiro et al., 2016; Novotni et al., 2021).

3.3. Obținerea și caracterizarea unui produs vegetal tartinabil

Făina de mazăre galbenă a fost în continuare utilizată drept ingredient principal pentru obținerea de produse vegetale tartinabile. În acord cu procedeul brevetat de Patrascu et al. (2016), probele de făină de mazăre, alături de uleiul de floarea soarelui, au fost utilizate pentru pregătirea unor emulsii la cald (Fig. 6).

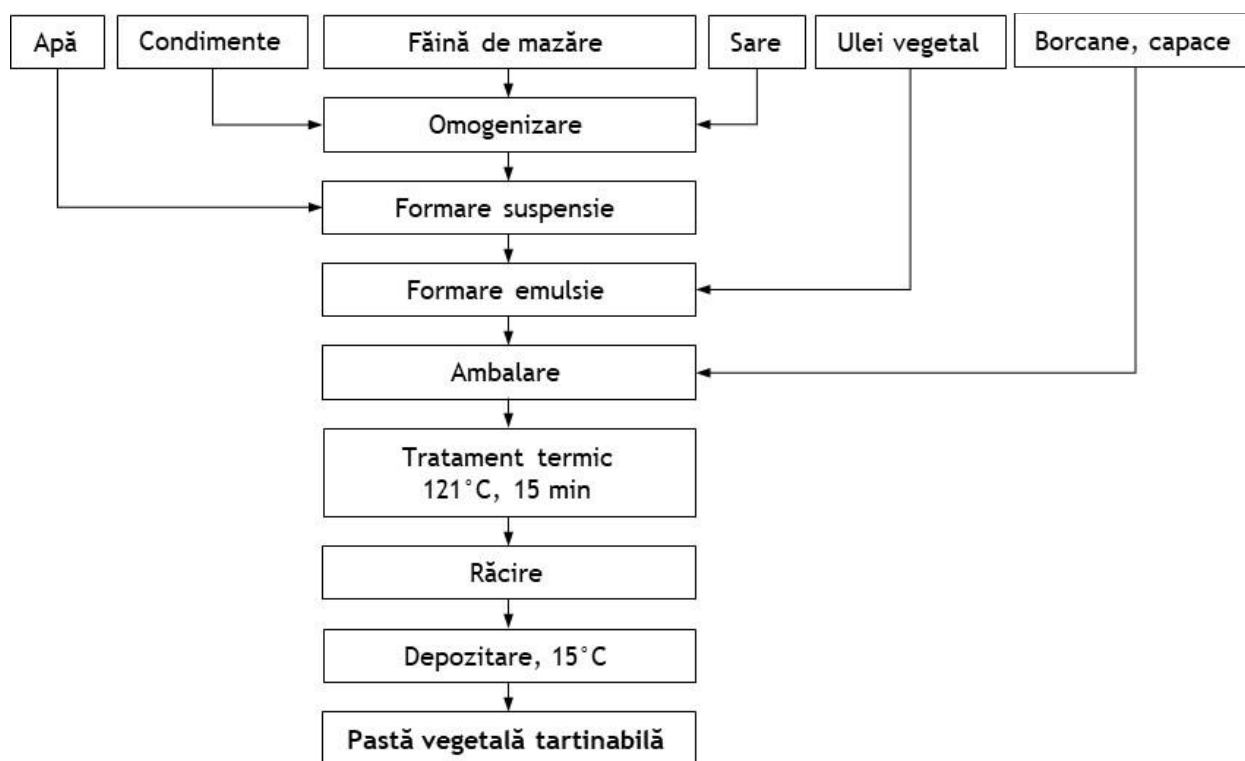


Fig. 3.6. Reprezentarea schematică a procesului de obținere, la nivel de laborator, a pastelor vegetale tartinabile

Toate ingredientele sub formă de pulbere au fost amestecate cu apă fierbinte, care s-a adăugat progresiv, pe parcursul omogenizării continue cu ajutorul unui blender, la o viteză mică. Raportul ingrediente solide : apă s-a ajustat în funcție de proprietățile funcționale stabilite anterior pentru fiecare probă de făină de mazăre. După omogenizare pentru hidratarea corespunzătoare a tuturor ingredientelor solide și formarea unei suspensii, s-a adăugat progresiv uleiul, omogenizându-se în continuare amestecul la viteza ridicată, până la obținerea unei emulsii stabile. După ambalarea



ermetică a emulsiilor obținute în borcane din sticlă, toate produsele au fost sterilizate prin autoclavare timp de 15 min la 121°C (Fig. 7).



Fig. 3.7. Aspectul pastelor vegetale tartinabile

Toate probele stabilizate pe cale termică (Fig. 7) au fost ulterior caracterizate, rezultatele fiind prezentate în Tabelul 3.4. Analiza compozițională a indicat faptul că probele prezintă următoare compoziție chimică: proteine 3-4%, glucide 6-7%, lipide 15-18% și fibre 1%. Probele prezintă un conținut foarte redus de zaharuri simple (0,2%) și acizi grași saturați (1,6-1,7%). Raportat la probele pregătite cu făină nativă, valoarea energetică a probelor de paste vegetale tartinabile din făină tratată termic a scăzut de la 212 kcal/100 g până la 175 kcal/100 g.

Toate probele de pastă vegetală tartinabilă au prezentat caracteristici senzoriale plăcute. Pastele au prezentat culoarea uniformă, specifică făinii de mazăre din care au fost obținute (Tabelul 3.4). Raportat la probele de făină utilizate în procesul de obținere (Tabelul 3.2), pastele tartinabile se caracterizează prin valori mai mici ale parametrilor de culoare L și a, indicând luminozitate mai scăzută, și reducerea intensității nuanțelor de roșu, probele prezentând nuanțe mai intense de verde. Pe de altă parte, valorile parametrului b au crescut ușor, ca o consecință a intensificării nuanțelor de galben. Aceste diferențe pot fi atribuite, atât celorlalte ingrediente și condimentelor folosite la obținerea pastelor vegetale, cât și transformărilor suferite de produs în timpul procesării, în cursul etapei de emulsionare a fazelor din amestec și pe parcursul tratamentului termic. Nu au fost identificate mirosuri străine, pastele tartinabile prezentând miros plăcut, intens, caracteristic ingredientelor și condimentelor utilizate pentru obținere.

Consistența probelor a fost relativ densă, probele obținute din făină de mazăre tratată termic la temperaturi ridicate prezentând tartinabilitate mai redusă. Nici o probă nu a prezentat separări de apă sau ulei. Cele mai apreciate din punct de vedere al caracteristicilor texturale, aspectului și mirosului au fost pastele vegetale obținute din probele de făină de mazăre FM-100-60 și FM-120-20, urmate de FM-120-40. Cel mai puțin apreciate, în special din cauza proprietăților texturale, au fost pastele vegetale obținute din probele de făină de mazăre FM-140-20, FM-140-40 și FM-140-60.



Tabelul 3.4. Caracteristici ale pastelor vegetale tartinabile

Cod probă	M / FM	1 / FM-100-20	2 / FM-100-40	3 / FM-100-60	4 / FM-120-20
Aspect proba					
Parametri culoare	L = 73 - 78 a = 1 - 3 b = 34 - 39	L = 74 - 78 a = 2 - 3 b = 30 - 36	L = 74 - 78 a = 2 - 5 b = 32 - 39	L = 74 - 80 a = 3 - 4 b = 33 - 34	L = 75 - 79 a = 2 - 4 b = 29 - 37
Cod probă	5 / FM-120-40	6 / FM-120-60	7 / FM-140-20	8 / FM-140-40	9 / FM-140-60
Aspect probă					
Parametri culoare	L = 75 - 79 a = 3 - 5 b = 32 - 39	L = 73 - 79 a = 1 - 3 b = 32 - 37	L = 74 - 78 a = 3 - 4 b = 32 - 39	L = 75 - 78 a = 4 - 5 b = 29 - 36	L = 73 - 78 a = 1 - 4 b = 29 - 35

Bibliografie

- Aprodu, I., Vasilean, I., Muntenită, C. & Patrascu, L. **2019**. Impact of broad beans addition on rheological and thermal properties of wheat flour based sourdoughs. *Food chemistry*, 293, 520-528.
- Duenas, M., Hernandez, T. & Estrella, I. **2006**. Assessment of in vitro antioxidant capacity of the seed coat and the cotyledon of legumes in relation to their phenolic contents. *Food Chemistry*, 98(1), 95-103.
- Fahim, J. R., Attia, E. Z. & Kamel, M. S. **2019**. The phenolic profile of pea (*Pisum sativum*): a phytochemical and pharmacological overview. *Phytochemistry Reviews*, 18(1), 173-198.
- Fasoyiro, S., Hovingh, R., Gourama, H. & Cutter, C. **2016**. Change in water activity and fungal counts of maize-pigeon pea flour during storage utilizing various packaging materials. *Procedia engineering*, 159, 72-76.
- Food Research Institute. **2020**. *Microbiology of Grains and Flours*. University of Wisconsin-Madison. https://fri.wisc.edu/files/Briefs_File/Microbiology%20of%20Grains%20and%20Flours%20May%202020.pdf
- ISO 21527-1. **2008**. *Microbiology of food and animal feeding stuffs—Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds—Part 2: Colony count technique in products with water activity less than or equal to 0,95*. Preluat din <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21527:-2:ed-1:v1:en>



- ISO 21528-2. 2017. *Microbiology of the food chain—Horizontal method for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae—Part 2: Colony-count technique*. Preluat din <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21528:-2:ed-2:v2:en>
- ISO 4833-2. 2014. *Microbiology of the food chain—Horizontal method for the enumeration of microorganisms—Part 2: Colony count at 30 degrees C by the surface plating technique*. Preluat din <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:4833:-2:ed-1:v1:en>
- Jia, R., Cui, C., Gao, L., Qin, Y., Ji, N., Dai, L., Wang, Y., Xiong, L., Shi, R. & Sun, Q. 2023. A review of starch swelling behavior: Its mechanism, determination methods, influencing factors, and influence on food quality. *Carbohydrate Polymers*, 321, p.121260.
- Kadiri, O. 2017. A review on the status of the phenolic compounds and antioxidant capacity of the flour: Effects of cereal processing. *International Journal of Food Properties*, 20(sup1), pp.5798-5809.
- Kovačević, J., Pham, T. & Bechtold, T. 2025. Yellowness of Selected Legume Flours as Function of Nutritional Composition, Mineral Content and Total Free Phenolic Content. *Legume Science*, 7(2), e70028.
- Lutfi, Z., Kalim, Q., Shahid, A. & Nawab, A. 2021. Water chestnut, rice, corn starches and sodium alginate. A comparative study on the physicochemical, thermal and morphological characteristics of starches after dry heating. *International Journal of Biological Macromolecules*, 184, pp.476-482.
- Margier M., Georgé S., Hafnaoui N., Remond D., Nowicki M., Du Chaffaut L., Amiot M.-J. & Reboul E. 2018. Nutritional composition and bioactive content of legumes: characterization of pulses frequently consumed in France and effect of the cooking method. *Nutrients*, 10(11), 1668; <https://doi.org/10.3390/nu10111668>
- Martens, L.G., Nilsen, M.M. & Provan, F. 2017. Pea hull fibre: Novel and sustainable fibre with important health and functional properties. *EC Nutrition*, 10(4), 139-148.
- Ndovie, P., Nkhata, S. G., Geresomo, N., Fungo, R., Nyau, V., Banda, R., ... & Manda, N. 2025. Nutritional, functional, and microbial qualities of legume-based flour blends processed by SMEs in Zambia and Malawi compared to standard Corn-Soy Blend Plus (CSB+): a cross-sectional study. *BMC nutrition*, 11(1), 49.
- Novotni, D., Gänzle, M. & Rocha, J.M. 2021. Chapter 5—Composition and activity of microbiota in sourdough and their effect on bread quality and safety. În C.M. Galanakis (Ed.), *Trends in Wheat and Bread Making* (pp. 129-172). Academic Press.
- Ogunwolu, S.O., Henshaw, F.O., Mock, H.P., Santros, A. & Awonorin, S.O. 2009. Functional properties of protein concentrates and isolates produced from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut. *Food chemistry*, 115(3), 852-858.
- Patrascu L., Aprodu I., Vasilean I. & Neculau M. 2016. *Produs vegetal tartinabil și procedeul de obținere a acestuia*, Patent Number: RO131180-A0. Derwent Primary Accession Number: 2016-393347 [43].
- Roberts, T.A., Cordier, J.-L., Gram, L., Tompkin, R.B., Pitt, J.I., Gorris, L.G. M. & Swanson, K.M.J. (Ed.). 2005. *Micro-organisms in Foods 6*. Boston, MA: Springer US. <https://doi.org/10.1007/0-387-28801-5>
- Zhang, J., Tao, L., Yang, S., Li, Y., Wu, Q., Song, S. & Yu, L. 2024. Water absorption behavior of starch: A review of its determination methods, influencing factors, directional modification, and food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 144, p.104321.



4. Obținerea unui produs alimentar convențional din cereale (IBA)

4.1. Introducere

Alimentația reprezintă unul dintre factorii esențiali pentru menținerea sănătății și a unei vieți echilibrate. În acest context, pastele făinoase ocupă un loc important, fiind apreciate în întreaga lume datorită valorii nutritive, a versatilității culinare și a accesibilității lor. Consumul de paste este răspândit pe toate continentele, iar industria alimentară le produce în cantități mari, adaptându-le cerințelor moderne de nutriție și gust. Acest referat își propune să evidențieze rolul pastelor făinoase atât pentru o alimentație sănătoasă, cât și pentru dezvoltarea industriei alimentare.

Importanța pastelor făinoase pentru o alimentație sănătoasă

Pastele făinoase sunt o sursă excelentă de **carbohidrați complecși**, oferind energie de lungă durată și menținând un nivel constant al glicemiei. Ele conțin o cantitate moderată de proteine și fibre, mai ales în varianta integrală, ceea ce favorizează o bună digestie și contribuie la prevenirea bolilor cardiovasculare.

Un alt avantaj este conținutul redus de grăsimi și colesterol, care face ca pastele să fie potrivite pentru diete echilibrate. De asemenea, pastele pot fi combinate cu o gamă variată de ingrediente sănătoase, precum legume, brânzeturi, carne slabă, pește sau uleiuri vegetale, rezultând mese complete și nutritive.

Pastele integrale au un **indice glicemic moderat**, ceea ce înseamnă că eliberează energia treptat, fiind benefice pentru persoanele care își monitorizează nivelul de zahăr din sânge.

Importanța pastelor făinoase pentru industria alimentară

Din punct de vedere industrial, pastele reprezintă un produs strategic datorită **costurilor reduse de producție** și a procesului de fabricație simplu, bazat pe ingrediente accesibile precum făina de grâu dur și apa. Pastele uscate au o **durată mare de păstrare**, ceea ce permite transportul și depozitarea lor pe scară largă, fiind ideale pentru comerț intern și internațional.



Industria alimentară oferă o gamă foarte variată de paste - spaghetti, penne, fusilli, ravioli, paste integrale sau fără gluten - răspunzând astfel diferitelor preferințe și cerințe dietetice. În plus, există tendința de a îmbogăți pastele cu **vitamine, minerale, proteine vegetale, leguminoase sau superalimente**, ceea ce le crește valoarea nutritivă și le adaptează cerințelor moderne de alimentație sănătoasă. Datorită popularității lor globale, pastele făinoase reprezintă un produs de bază în comerțul internațional, susținând economia și exporturile multor țări.

Pastele făinoase sunt mai mult decât un aliment de bază: ele reprezintă o **resursă esențială pentru o dietă sănătoasă și echilibrată**, oferind energie, fibre și nutrienți valoroși, mai ales atunci când sunt combinate cu ingrediente proaspete. Totodată, ele constituie un **produs strategic pentru industria alimentară**, datorită producției eficiente, a termenului mare de valabilitate și a capacității de adaptare la noile tendințe nutriționale. Alegerea pastelor integrale și consumul lor responsabil pot contribui atât la menținerea sănătății, cât și la dezvoltarea unei industrii alimentare sustenabile.

Pastele făinoase au fost selectate ca prim produs alimentar convențional studiat în cadrul acestui proiect, alegerea fiind justificată prin consumul lor larg la nivel național și internațional, valoarea nutrițională și importanța pentru industria alimentară. Pastele reprezintă un aliment de bază, apreciat pentru aportul energetic, versatilitatea culinară și stabilitatea la depozitare.

La nivel mondial, producția de paste depășește 14 milioane de tone anual, Italia fiind principalul producător și consumator, urmată de Statele Unite, Brazilia și Turcia. În Europa și în zona mediteraneeană, pastele au și o puternică dimensiune culturală, fiind incluse în 2010 pe lista patrimoniului cultural imaterial UNESCO, datorită rolului lor în dieta mediteraneeană ([Bresciani et al., 2022](#)).

Din punct de vedere tehnologic, pastele convenționale au la bază două ingrediente: făina grișată de grâu dur și apa. Grâul dur (*Triticum durum*) este preferat datorită conținutului ridicat de proteine și calității glutenului, care conferă produsului textura fermă și rezistența caracteristică în timpul gătitului. Apa, la rândul ei, are rolul de a hidrata proteinele și amidonul, permițând formarea unui aluat omogen. Procesul de obținere include amestecarea și frământarea ingredientelor, modelarea și uscarea finală, etapă critică pentru stabilitatea și calitatea produsului finit ([Bresciani et al., 2022](#)).

De-a lungul timpului, pastele au evoluat dincolo de formula clasică. Începând cu anii 2000, au fost introduse pe piață pastele fără gluten, adaptate persoanelor cu boală celiacă sau intoleranță la gluten. Un deceniu mai târziu, interesul pentru o alimentație mai bogată în fibre a favorizat apariția pastelor integrale, iar în prezent se remarcă pastele obținute din leguminoase precum năut, linte, mazăre sau fasole, care aduc un



plus de proteine vegetale și se aliniază tendințelor actuale de consum responsabil și sustenabil (Bresciani et al., 2022).

Versatilitatea tehnologică a pastelor face ca acestea să fie ideale pentru integrarea ingredientelor funcționale sau a subproduselor rezultate din industria agroalimentară, fără a compromite acceptabilitatea din punct de vedere senzorial din partea consumatorilor. Astfel, pastele pot juca un rol esențial în tranziția către o economie circulară, unde resursele sunt valorificate integral și pierderile reduse. Interesul actual pentru soluții alimentare sustenabile plasează pastele printre produsele cu cel mai mare potențial de optimizare nutrițională prin adăos de fibre, proteine sau compuși bioactivi din subproduse alimentare, motiv pentru care acestea au fost alese în cadrul proiectului.

4.2. Caracterizarea materiei prime

4.2.1. Materiale și metode

4.2.1.1. Grâu convențional Arnold

Pentru obținerea produsului de panificație s-a folosit proba de grâu Arnold Conventional TR 02.07.2025. Această probă de grâu provine din județul Constanța și a fost cultivat în sistemul convențional (Fig. 4.1).



Fig. 4.1. Proba de grâu Arnold conventional TR 02.07.2025

4.2.1.2. Obținerea făinii de grâu

Anterior utilizării, proba de grâu a fost măcinată folosind o moară de laborator Bühler MLU 202 (Fig. 4.2), (Bühler Group, Uzwil, Elveția). Mai întâi, proba de grâu a fost supusă operației de îndepărtare a oricăror impurități așa cum sunt definite în SR EN 15587:2019. În probă au fost găsite impurități precum: palee, boabe șiștave, ploșnița de cereale (specii ale genului *Eurygaster*), buburuză (*Coccinella septempunctata*).

La măcinare, debitul de grâu a fost stabilit la 5 kg grâu/h. De asemenea, moara a fost ajustată pentru a se obține o cantitate mai mare de făină albă. Grâul a fost introdus



prin gura de alimentare prevăzută cu scală, indicator, mâner în formă de stea pentru acționarea arcului de comprimare, poartă cu glisare, ghidaj al porții cu glisare.



Fig. 4.2. Moară de laborator Bühler MLU 202, Bühler Group, Uzwil, Elveția.
Vedere generală

Pentru măcinare s-a introdus o cantitate de **55 kg**, (**5 și 10 kg** probă grâu/șarjă de măcinare), după curățarea de impurități. Cantitatea necesară de grâu a fost măcinată timp de **28 de minute la 5 kg de grâu introduse**. După măcinare cele două tipuri de făină obținute în cuvele 1+2+3 și 4+5+6 au fost amestecate, între ele, dar separat pe tipuri: cuvele 1-3 între ele și 4-6 între ele. În afară de făinuri, s-au obținut și alte produse, două tipuri de tărațe, una brută și una fină (**Fig. 4.3, 4.4**) tărațe brute (cuvă mică T1). tărațe fine (cuvă mare T2).



Fig. 4.3. Tărațe brute (cuvă mică T1). Tărațe fine (cuvă mare T2)



Fig. 4.4. Făină intermediară (cuve față stânga 1+2+3);
Făină albă (cuve față dreapta 4+5+6)

În urma măcinării s-au obținut următoarele cantități de produse:

- Tărâțe brute (cuvă mică T1): **5,908 kg**
- Tărâțe fine (cuvă mare T2): **9,036 kg**
- Făină intermediară (cuve față stânga 1+2+3) = **8,170 kg**
- Făină albă (cuve față dreapta 4+5+6) = **30,261 kg**

Cantitatea de făină obținută (Fig. 4.5) a fost analizată fizico-chimic urmând ca după utilizarea sa ca materie primă în producția de paste, produsul finit reprezentat de paste să fie și el analizat fizico-chimic .

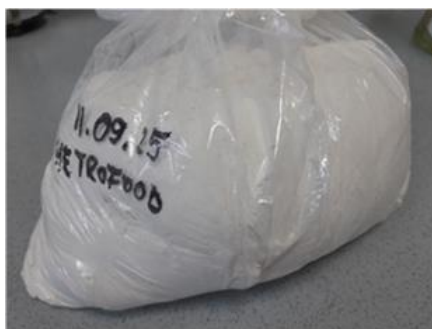


Fig. 4.5. Proba de făină utilizată pentru producerea pastelor
în stația pilot de panificație

4.2.1.3. Metode reologice

Determinarea proprietăților reologice ale făinii de grâu utilizate în obținerea pastelor este esențială pentru a evalua comportamentul acesteia în procesul tehnologic. Analizele reologice oferă informații asupra capacității de hidratare, a dezvoltării și stabilității aluatului, a calității glutenului, precum și asupra comportamentului amidonului în timpul încălzirii și răcirii. Rezultatele obținute permit anticiparea



performanței făinii în etapele de frământare, extrudare, uscare și fierbere, având un impact direct asupra calității produsului finit. În cadrul acestui studiu au fost aplicate metode consacrate de caracterizare reologică: Mixolab, Farinogramă și Falling Number ([Tabelul 4.1](#)), fiecare aducând informații complementare privind interacțiunea dintre proteine, amidon și enzime în structura aluatului.

Tabelul 4.1. Metode de analiză reologică pentru făina de grâu

Denumirea metodei	Standard
Metoda Mixolab	Protocolul „Chopin +”
Metoda Farinografică	SR EN ISO 5530-1:2025
Falling number	SR EN ISO 3093:2010

Determinarea cu Mixolabul

Analiza reologică a făinii de grâu a fost realizată utilizând sistemul **Mixolab** un echipament care permite caracterizarea simultană a comportamentului proteinelor și amidonului din aluat în timpul frământării, încălzirii și răcirii. Mixolab este un echipament de testare a aluatului utilizat pentru evaluarea calității și performanței de coacere a făinurilor de cereale hidratate. Este folosit pentru a caracteriza comportamentul reologic și proprietățile de lipire a aluatului de făină / apă și a amestecurilor de amidon / apă atunci când sunt supuse acțiunii simultane de amestecare și transfer de căldură (schimbări de temperatură). Astfel, este un echipament folosit pentru caracterizarea reologică a făinii care măsoară în mod fiabil caracteristicile aluatului în timpul amestecării, precum și calitatea amidonului și a proteinelor.

Analizele standard ale protocolului „Chopin +”

- Comportament în timpul amestecării (hidratare, timp de dezvoltare, stabilitate etc.)
- Calitatea proteinelor
- Gelatinizarea amidonului
- Activitatea amilazei
- Retrogradarea amidonului

Software-ul integrat măsoară fiecare parametru al curbei standard și le transformă în șase indici calitativi: absorbție, amestecare, Gluten+, vâscozitate, amilază, retrogradare.

Astfel, Mixolab este un mixer pentru înregistrarea aluatului cu capacități de încălzire și răcire. Utilizează două lame de amestecare care se rotesc în direcții opuse. Instrumentul poate măsura consistența aluatului în intervalul de temperatură de 30...90°C (86...194°F) în timpul încălzirii la o viteză de 7,2°F/min (4°C/min).

Determinarea proprietăților termo-mecanice cu ajutorul sistemului Mixolab



Sistemul Mixolab măsoară comportarea reologică a aluatului, permițând analiza calității proteinelor, analiza comportării amidonului și analiza activității enzimatice. Prin folosirea sistemului Mixolab se poate evalua efectul adaosului de extracte asupra comportamentului reologic al făinii de grâu. Principiul metodei constă în trecerea aluatului printre cele două brațe de malaxare ale cuvei Mixolabului, în timpul unui ciclu de încălzire și răcire. Aparatul măsoară cuplul (exprimat în Nm, denumit torque) produs de trecerea aluatului printre cele două brațe de malaxare, permițând astfel studiul parametrilor reologici și enzimatici ai acestuia.

Curba Mixolab are 5 zone, iar semnificația acestora este următoarea:

C1 - Dezvoltarea (formarea) aluatului - Curba reprezintă variația momentului opus de aluat la temperatura constantă. Începutul testului coincide cu absorbția apei de către probă, urmată de formarea aluatului. Se determină timpul de formare, stabilitatea și înmuierea aluatului, precum și capacitatea de hidratare.

C2 - Înmuiera proteinelor - corespunde primei etape de încălzire a aluatului. Odată cu creșterea temperaturii aluatului peste 30°C, consistența acestuia va scădea. Intensitatea acestei scăderi depinde de calitatea proteinelor. Începând cu temperatura de 45 - 50°C, începe coagularea termică a proteinelor însoțită de punerea în libertate a celei mai mari părți din apa legată de proteine la frământare, ceea ce accentuează înmuierea aluatului, care la un moment dat atinge un minim.

C3 - Gelatinizarea amidonului - această zonă a curbei corespunde celei de a doua etape de încălzire a aluatului, când temperatura acestuia depășește 50 - 55°C. Încălzirea aluatului și creșterea cantității de apă liberă în aluat, pe seama apei eliberate de proteinele care coagulează, determină umflarea și gelatinizarea amidonului, ceea ce conduce la creșterea consistenței aluatului. Pe curbă se pot citi: temperatura începerii gelatinizării amidonului și consistența aluatului, respectiv momentul opus de acesta (Nm). Cu cât capacitatea de gelatinizare a amidonului va fi mai mare și activitatea α -amilazică mai mică, cu atât consistența maximă a aluatului în această etapă va fi mai mare.

C4 - Activitatea enzimatică - această zonă are loc la temperatură înaltă a aluatului și încălzire constantă a malaxorului. Temperatura aluatului se situează în limitele temperaturii de activitate a α -amilazei, iar durata ei de acțiune asupra amidonului gelatinizat este destul de mare. Prin urmare, consistența aluatului va scădea cu atât mai mult cu cât activitatea α -amilazei din probă este mai mare. Cu cât este mai mare rata de scădere a consistenței cu atât activitatea amilazică este mai mare.

C5 - Retrogradarea amidonului - etapa are loc în condițiile de răcire ale aluatului. Începe retrogradarea amidonului, fenomen care produce creșterea consistenței.

Determinarea indicelui de cădere (Falling Number)

Activitatea enzimatică a α -amilazei din făina de grâu a fost evaluată prin metoda **Falling Number**, conform standardului SR EN ISO 3093:2010. Determinarea se bazează



pe capacitatea unei suspensii apoase de făină, griș sau șrot integral de cereale de a gelatiniza rapid într-o baie de apă în fierbere și măsurarea lichefierii amidonului de către α -amilaza prezentă în eșantion. Cu cât activitatea α -amilazei este mai mare, cu atât lichefierea cleiului obținut este mai puternică și timpul de cădere al agitatorului vâscozimetric este mai mic. Acest timp reprezintă cifra sau indicele de cădere și se exprimă în secunde. Timpul exprimat în secunde este calculat din momentul cufundării tubului vâscozimetric în baia de apă până când agitatorul vâscozimetric cade pe o distanță dată în cleiul de făină sau șrot încălzit.

Timpul de cădere este invers proporțional cu activitatea α -amilazică: valori mici ale indicelui (sub 250 s) indică o activitate enzimatică intensă, asociată de obicei cu încolțirea cerealelor, în timp ce valori mari (peste 400-500 s) semnifică o activitate enzimatică redusă sau absentă.

Determinarea capacității de hidratare. Metoda farinografică

Determinarea proprietăților de frământare ale făinii și a capacității de hidratare a fost realizată cu ajutorul **Farinografului Brabender**, aparat utilizat pentru studiul proprietăților de frământare ale făinii. Acesta oferă informații asupra modificării proprietăților reologice ale aluatului în timpul frământării și permite evaluarea factorilor critici care influențează aceste proprietăți cum sunt calitatea făinii și cantitatea de apă.

Puterea făinii este o noțiune complexă care include o serie de indici calitativi ai făinii ce caracterizează comportarea ei tehnologică. Puterea făinii influențează cantitatea de apă necesară pentru obținerea aluatului de consistență normală, modificarea proprietăților reologice ale aluatului în timpul procesului tehnologic, menținerea formei și reținerea gazelor în aluat, forma și volumul pâinii.

Principiul metodei: se determină cantitatea de apă necesară pentru ca aluatul să ajungă la consistența standard de 500 U.F. (480-520 U.F.). Cantitatea de apă folosită se citește pe biuretă și reprezintă capacitatea de hidratare, în procente.

Aparatură și ustensile necesare:

- Farinograf Brabender
- Balanță, cu precizie de 0,1 g
- Spatulă din material plastic.

Mod de lucru: Se cântăresc, cu exactitate de 0,1 g, ~300 g făină în funcție de umiditatea probei. Se introduce făina în malaxor. Se acoperă malaxorul și se ține acoperit până la sfârșitul frământării, cu excepția timpului de adăugare a apei și de răzuire a aluatului, care trebuie să fie cât mai scurt posibil.

Se amestecă făina timp de 1 minut, apoi din biureta aparatului se adaugă apă în malaxor în 25 secunde în colțul din față, dreapta, sau în orificiul central al părții inferioare a



capacului. Se adaugă un volum de apă apropiat de cel necesar pentru a se obține o consistență maximă de 500 U.F. Când se formează aluatul, se curăță cu spatula pereții malaxorului, încorporând totul în aluat, fără a se opri malaxorul. În cazul în care nu se obține o consistență optimă se oprește frământarea și se curăță malaxorul. Se repetă analiza până când se obține o consistență maximă între 480-520 U.F.

4.2.1.4. Metode fizico-chimice

Au fost realizate analize fizico-chimice ale făinii de grâu ca materie primă, pentru caracterizarea calității acesteia. Metodele de analiză și echipamentele folosite sunt prezentate în Tabelul 4.2.

Tabelul 4.2. Metode de analiză și echipamente pentru făina de grâu

Determinare	Standard	Echipament
Gluten umed	SR EN ISO 21415-2:2016	Glutomat Perten
Indice glutenic	SR EN ISO 21415-2:2016	
Cenușă totală	SR EN ISO 2171:2023	Cuptor de calcinare
Proteine	SR EN ISO 20483:2014	Sistem de digestie InKjel cuplat cu sistem pentru proces de extracție compact Behrosog 3 în vederea extracției și neutralizării vaporilor agresivi de acid din etapa digestiei probelor Unitate automată de distilare și titrare Büchi KjelMaster K-375 pentru analiza conținutului de azot și proteină
Umiditate	SR EN ISO 712-1:2024	Etuvă

Determinarea conținutului de proteine

Se calculează procentul de proteină brută obținută din conținutul de azot determinat. Din punct de vedere al principiului analizei proba de lucru este mineralizată cu acid sulfuric în prezența unui catalizator. Producții de reacție sunt alcalinizați și apoi distilați. Amoniu eliberat este colectat într-o soluție de acid boric, care se titrează cu o soluție de acid clorhidric, pentru a determina conținutul de azot și a se calcula conținutul de proteină brută.

Conținutul de azot, W_N , exprimat ca fracțiune de masă din substanța uscată, în procente, se obține pe baza următoarei ecuații:

$$W_N = \frac{(V_1 - V_0) \times T \times 0,014 \times 100}{m} \times \frac{100}{100 - WH} = \frac{140T(V_1 - V_0)}{m(100 - WH)} \quad (4.1)$$

în care:

V_0 este volumul de soluție de acid clorhidric 0,1 N necesară pentru proba oarbă, în mL;

V_1 - volumul de soluție de acid clorhidric 0,1 N necesară pentru proba de lucru, în mL;



0,014 - cantitatea de azot echivalentă la utilizarea a 1 mL de soluție de acid clorhidric 0,1 N, în g;

T - concentrația normală a soluției de acid clorhidric folosită la titrare;

m - masa probei de lucru, în g;

W_H - umiditatea determinată, în %.

Determinarea glutenului umed prin mijloace mecanice

Determinarea conținutului de gluten umed s-a realizat folosind metoda indicată în [SR EN ISO 21415-2:2016](#). Principiul metodei presupune prepararea unei paste dintr-o probă de făină, sau dintr-o probă de grâu măcinat și o soluție de clorură de sodiu (NaCl) în camera echipamentului (**Fig. 4.10**), separarea glutenului umed prin spălarea acestei paste cu soluția de NaCl, urmată de îndepărtarea excesului soluției de spălare prin centrifugarea și cântărirea reziduului.

Conținutul de gluten umed (G_{hum}) se exprimă ca procent de masă și se calculează cu formula:

$$G_{hum} = m_1 \times 10 \quad (4.2)$$

în care m_1 este masa glutenului umed exprimată în grame.

Determinarea indicelui glutenic prin mijloace mecanice

Determinarea indicelui glutenic prin mijloace mecanice s-a realizat prin centrifugare, folosind metoda indicată în [SR EN ISO 21415-2:2016](#). Indicele de gluten se calculează cu formula

$$I_{gluten} = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \times 100 \quad (4.3)$$

în care:

m_1 este masa totală a glutenului umed, în g;

m_2 - masa glutenului care trece prin site, în g.

Determinarea conținutului de cenușă prin calcinare

Determinarea conținutului de cenușă s-a realizat folosind metoda indicată în [SR EN ISO 2171:2023](#). O probă de analizat este calcinată până când combustia materiei organice este completă, apoi reziduul obținut este cântărit. Reziduul obținut este sub formă de fulgi după incinerare la temperatura de $550^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ și vitrificat după incinerare la temperatura de $900^\circ\text{C} \pm 25^\circ\text{C}$.

Cantitatea de cenușă, ca fracție masică raportată la substanța uscată exprimată ca procent $w_{a,w}$ este dată de formula:

$$w_{a,w} = (m_2 - m_1) \times \frac{100}{m_0} \times \frac{100}{100 - w_m} \quad (4.4)$$

în care:

m_0 este masa probei, în g;

m_1 - masa creuzetului, în g;

m_2 - masa creuzetului cu reziduu incinerat, în g;

w_m - conținutul de apă al probei, în %.



Cantitatea de cenușă, incluzând apa, se exprimă ca procent $w_{a,w}$ și este dată de formula:

$$W_{a,w} = (m_2 - m_1) \times \frac{100}{m_0} \quad (4.5)$$

Determinarea conținutului de apă

Determinarea conținutului de apă s-a realizat folosind metoda indicată în [SR EN ISO 712-1:2024](#). O probă de lucru este uscată la o temperatură între 130°C și 133°C, în condiții care permit obținerea unui rezultat corespunzător celui obținut prin metoda absolută descrisă în Anexa B a [SR EN ISO 712-1:2024](#).

Conținutul de apă, w_{H_2O} , exprimat în grame per 100 g produs ca la recepție este dat de formula:

$$w_{H_2O} = \left(1 - \frac{m_1}{m_0}\right) \times 100 \quad (4.6)$$

în care:

$m_0 = m'_0 - m_d$ este masa probei, în g;

$m_1 = m'_1 - m_d$ este masa probei după uscare, în g.

4.2.2. Rezultate și discuții

4.2.1.1. Determinarea cu Mixolab-ul

Pentru proba analizată, parametrii de lucru sunt: viteza de mixare 80 rpm; masa aluatului 75 g; temperatura în cuva de malaxare 30°C; temperatura primului palier 30°C; durata primului palier 8 minute; primul gradient de temperatură 4°C/minut; temperatura celui de al doilea palier 90°C; durata celui de al doilea palier 7 minute; al doilea gradient de temperatură -4°C/minut; temperatura celui de al treilea palier 50°C; durata celui de al treilea palier 5 minute; durata totală a analizei 45 minute.

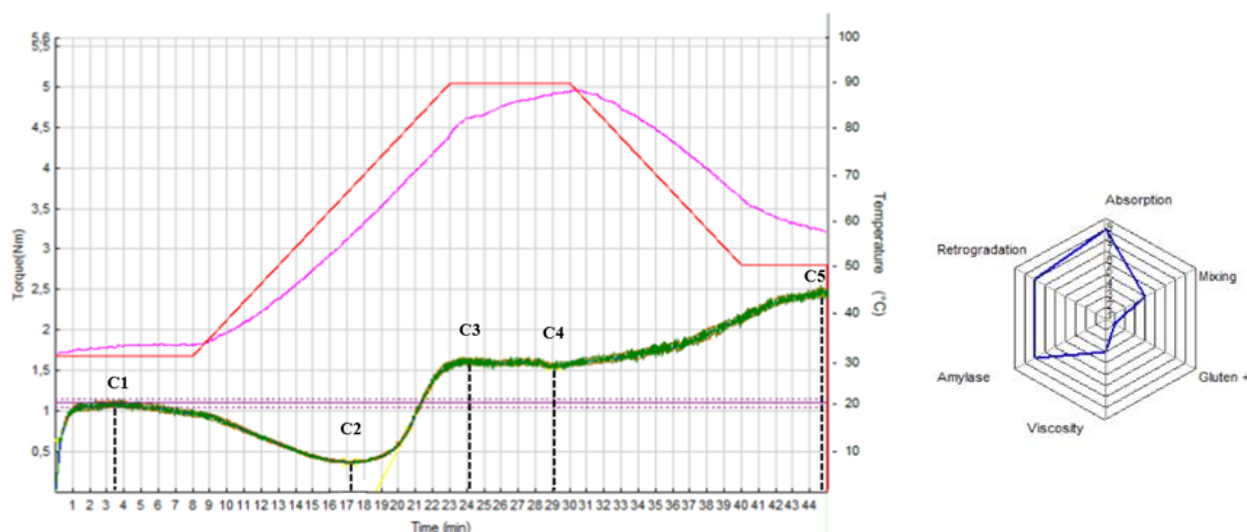


Fig. 4.6. Curba Mixolab pentru proba de făină de grâu



La probele de făinuri analizate cu ajutorul echipamentului Mixolab se adaugă apă astfel încât să se atingă consistența maximă $C1 = 1,1$ Nm. Astfel, pentru $C1 = 1,1$ Nm și o umiditate de 11,8%, capacitatea de hidratare a probei de făină de grâu a fost 65,2 %. Rezultatele obținute cu ajutorul Mixola-ului sunt prezentate în [tabelul 4.3](#).

Tabelul 4.3. Rezultate obținute cu ajutorul Mixolabului

	Timp (min)	Torca (Nm)	Temperatura aluat (°C)	Amplitudine (Nm)	Stabilitate (Nm)
C1	3,53	1,088	32,0	0,078	8,23
C5	8,00	0,977	32,5		6,42
C2	17,17	0,371	56,1		
C3	24,08	1,614	82,4		
C4	29,08	1,552	87,8		
C5	44,98	2,465	57,3		

Curba Mixolab confirmă calitatea proteinelor și capacitatea de gelatinizare a amidonului, în timp ce valoarea ridicată a retrogradării (C5) sugerează o bună stabilitate a rețelei amidonului după răcire.

4.2.2.2. Indicele de cădere

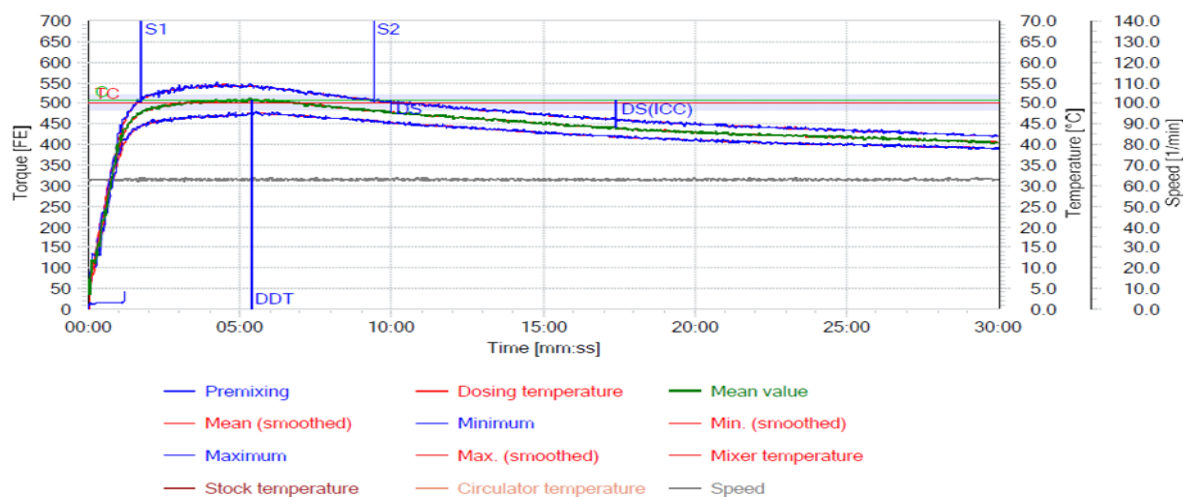
Pentru proba analizată, făina a avut o umiditate de 11,78%, iar rezultatul obținut a fost de 447 s. Această valoare confirmă faptul că proba nu prezintă activitate α -amilazică, fiind necesară adăugarea de enzime pentru a îmbunătăți calitatea tehnologică a făinii utilizate.

4.2.2.3. Parametrii obținuți prin metoda farinografică

În urma realizării analizei pentru determinarea proprietăților reologice de frământare a aluatului și a puterii făinii cu ajutorul echipamentului Farinograf Brabender s-au obținut mai mulți parametri.

Determinarea puterii făinii se face cu ajutorul curbei farinografice, iar principalele caracteristici ale curbei farinografice care influențează puterea făinii sunt: timpul de dezvoltare și gradul de înmuiere. Timpul de dezvoltare este direct proporțional iar gradul de înmuiere este invers proporțional cu puterea făinii. Puterea sau Farinograph quality number (FQN) a înregistrat o valoare de 100 mm. Cu cât FQN este mai mare, cu atât este mai puternică făina.

Capacitatea de hidratare a făinii a înregistrat o valoare de 66.4 % obținându-se o consistență de 508 (unități farinografice) UF. Cu cât o făină poate absorbi mai multă apă la o consistență certă de aluat, cu atât este mai mare randamentul aluatului.



Evaluation:			
Point	Unit	Value	Description
T	mm:ss	29:59	Measuring time
DT	°C	-/-	Dosing temperature
DDT	mm:ss	05:22	Development time
C	FE	508	Consistency
WZ	%	66.4	Water added
WAC	%	66.6	Water absorption corr. for default consistency
WAM	%	64.3	Water absorption corr. for default moisture content
S	mm:ss	07:42	Stability
DS	FE	30	Degree of softening (10 min after beginning)
DS(ICC)	FE	68	Degree of softening (ICC / 12 min after max.)
FQN	mm	100	Farinograph quality number

Fig. 4.7. Farinograma obținută pentru proba de făina de grâu

Timpul de dezvoltare (formare) a aluatului (min) reprezintă intervalul de timp cuprins între începutul adăugării apei și punctul de pe curbă situat imediat înainte de primul semn de scădere a consistenței. Dacă curba prezintă 2 maxime, se folosește cel de al doilea maxim pentru măsurarea timpului de dezvoltare. Pentru această probă, timpul de dezvoltare al aluatului a fost de 05:22 min.

Gradul de înmuiere (UF) este diferența de consistență măsurată între centrul curbei la sfârșitul dezvoltării aluatului și centrul curbei la 12 min după acest punct și a înregistrat o valoare de 68 UF. Cu cât înmuierea aluatului apare mai devreme, cu atât fermentația este mai scurtă.

Stabilitatea aluatului (min) reprezintă intervalul de timp cuprins între punctul în care vârful curbei intersectează prima dată linia de consistență de 500 UF și punctul în care vârful curbei părăsește linia de consistență de 500 UF. Acest parametru se exprimă în minute, pentru această probă stabilitatea a fost de 07:42 min. Cu cât stabilitatea este mai lungă, cu atât este mai mare toleranța la fermentație și cu atât sunt mai mari forțele necesare pentru amestecare.

Interpretarea parametrilor arată că făina analizată are o capacitate bună de absorbție a apei, o stabilitate medie a aluatului și o toleranță corespunzătoare la procesare. Timpul de dezvoltare confirmă o rețea de gluten bine formată, iar valoarea gradului de înmuiere indică o fermentație de durată medie.



4.2.2.4. Parametrii fizico-chimici ai făinii de grâu

Rezultatele obținute în urma analizei probei de făină de grâu sunt prezentate în [Tabelul 4.4](#).

Tabelul 4.4. Parametrii fizico-chimici ai făinii de grâu

Proba	Umiditate, %	Proteină rap. s.u., %	Cenușă rap. s.u., (%)	Gluten umed, %	Indice glutenic, %
Arnold conventional TR 02.07.2025	11,81±0,00	15,20±0,70	0,49±0,03	32,0	94

Pe baza rezultatelor din [Tabelul 4.3](#). și Conform precizărilor din Colecția de Standarde Profesionale Morărit - Panificație Vol. I. Standard Profesional S.P. 3127-95 pentru făină de grâu albă; rezultatele pentru făina albă obținută din proba de grâu Arnold convențional TR 02.07.2025 se interpretează astfel:

- Valoarea umidității se încadrează în limita valorii de umiditate, valoarea maximă a umidității fiind de **14,5 % pentru toate tipurile de făină albă**;
- Făina are o valoare ridicată a conținutului de proteină raportat la substanța uscată, valoarea minimă a acestui parametru fiind de **10,5 %**, sau **13 %**, în funcție de tipul de făină albă. În cazul de față, conținutul de proteină raportat la substanța uscată depășește valoarea minimă cea mai mare a acestui parametru care este de **13 %** și aparține **tipului de făină superioară 000**. Conform literaturii, procedeul de însămânțare cu irigare și administrarea îngrășămintelor chimice, precum și timpul secetos în perioada dezvoltării boabelor, favorizează creșterea conținutului de proteină în bob ([Belc & Ghencea, 2006, p. 8](#));
- Făina are o valoare ușor ridicată a conținutului de cenușă raportat la substanță uscată, comparativ cu **tipurile de făină tip 480, sau făină superioară 000** unde valoarea maximă a acestui parametru este de **0,48 %**, fiind astfel puțin peste limită;
- Făina se încadrează în limita valorii conținutului de cenușă raportat la substanță uscată, comparativ cu **tipul de făină tip 550** a cărei valoare maximă a acestui parametru este de **0,55 %**, sau comparativ cu **tipul de făină tip 650** a cărei valoare maximă a acestui parametru este de **0,65 %**;
- Făina depășește limita minimă a conținutului de gluten umed pentru toate tipurile de făină albă, iar valoarea minimă este: **26 % pentru făină tip 480**, **30 % pentru făină superioară 000**, **27 % pentru făină tip 550**, **26 % pentru făină tip 650**.

Separat de precizările din [Standardul profesional S.P. 3127-95](#) pentru făină de grâu albă, făina obținută din proba de grâu Arnold prezintă un indice glutenic de 94%, valoare care, conform [Oikonomou et al. \(2015\)](#), este superioară pragului de 80% corespunzător glutenului de calitate puternică. Conform indicilor de calitate ai grâului pentru panificație, o valoare a indicelui glutenic mai mare de 60 se asociază cu făina destinată obținerii produselor de panificație de calitate superioară ([Plenovici, 2022](#)).



4.3. Obținerea pastelor făinoase

Acest capitol oferă cea mai bună imagine asupra calității materiilor prime și a aluaturilor rezultate. Cercetările efectuate conduc la informații și date esențiale care vor ajuta la optimizarea procesului de producție și la dezvoltarea unor produse nutritive, sănătoase și atractive pentru consumatori. Această fază permite testarea și ajustarea rețetelor și a proceselor tehnologice înainte de a trece la producția la scară industrială. Scopul principal este asigurarea că produsele finale îndeplinesc criteriile de calitate, siguranță și gust, respectând în același timp cerințele consumatorilor și standardele industriei. Acest capitol abordează metodologiile și etapele implicate în producția variantelor experimentale de paste la nivel pilot.

4.3.1. Materiale și metode

4.3.1.1. Materiale

Obținerea pastelor făinoase convenționale a fost realizată utilizând două ingrediente: făină din grâu convențional Arnold și apă. Formula utilizată a fost 1300 g făină : 500 mL apă, raport care a permis formarea unui aluat cu consistență corespunzătoare pentru extrudare și uscare. În procesul de obținere a fost folosită mașina de paste P3 La Monferrina, iar pentru etapa de uscare, a fost folosită camera de uscare EC50 La Monferrina.

4.3.1.2. Metode

Schema tehnologică de operații ce reprezintă procesul de obținere a pastelor este prezentată în [fig. 4.8](#).

Etape tehnologice

a) Dozarea și amestecarea ingredientelor

Făina a fost cântărită cu precizie pe o balanță analitică, iar apa potabilă a fost măsurată volumetric. Apa a fost adăugată treptat peste făină, în timpul amestecării, pentru a asigura o hidratare uniformă a particulelor de amidon și activarea rețelei proteice. Procesul de amestecare a continuat până la formarea unui aluat omogen, fără aglomerări de făină nehidratată.

b) Frământarea și modelarea pastelor

Aluatul obținut a fost frământat mecanic, cu rol esențial în dezvoltarea rețelei de gluten. Pentru formarea pastelor, a fost utilizată mașina de paste P3 La Monferrina, echipament care a permis atât frământarea finală, cât și extrudarea aluatului prin matrița specifică. Au fost obținute forme scurte, cu suprafețe uniforme și fără fisuri conform matriței folosite.

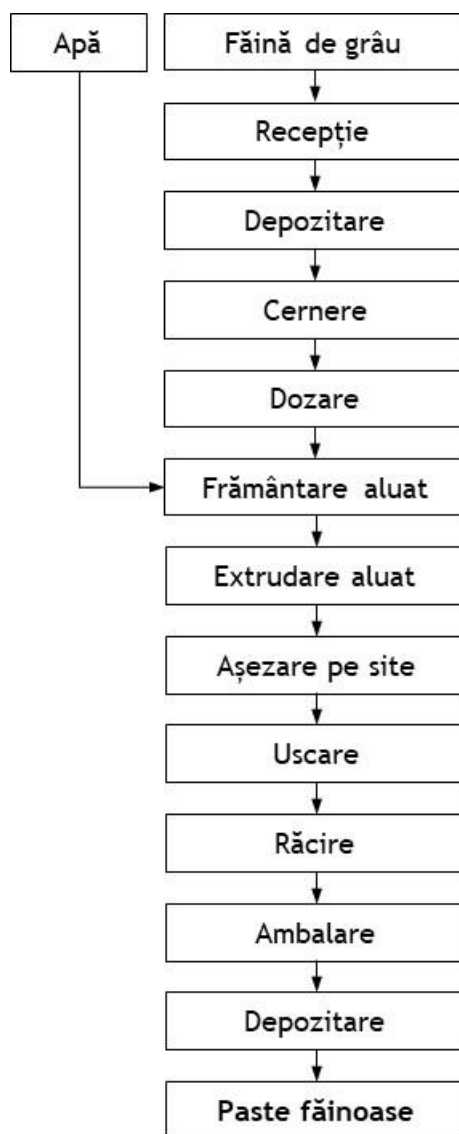


Fig. 4.8. Schema tehnologică de operații (bloc) pentru obținerea pastelor

c) Preuscarea și uscarea

Pastele crude au fost dispuse uniform pe tăvi perforate, într-un singur strat, pentru a permite circulația aerului. Procesul a inclus etapa de preuscare, destinată reducerii umidității de suprafață și stabilizării formei și uscarea finală, realizată în camera de uscare EC50 La Monferrina, la temperatură de 50° C, timp de 6h și umiditate controlată, până la atingerea unui conținut final de apă de aproximativ 12%. Această etapă a fost critică pentru stabilitatea microbiologică și mecanică a produsului finit.

d) Răcirea, ambalarea și depozitarea

După uscarea completă, pastele au fost lăsate să se răcească la temperatura camerei, pentru a preveni formarea condensului în ambalaje. Ulterior, acestea au



fost ambalate în pungi de polietilenă alimentară și depozitate în condiții de temperatură și umiditate controlată, pentru a asigura menținerea calității pe durata de valabilitate.

Pe parcursul procesului s-a urmărit formarea uniformă a aluatului și menținerea unei texturi ferme după uscare. Au fost realizate fotografii ilustrative cu toate etapele procesului amestecare, frământare, extrudare, uscare (figurile 4.9 și 4.10).



Fig. 4.9. Imagini de la frământare și extrudarea pastelor



Fig. 4.10. Imagini de la uscarea pastelor

4.4. Caracterizarea produsului finit

4.4.1. Materiale și metode

4.4.1.1. Materiale

Proba de paste a fost utilizată pentru analize fizico-chimice atât sub formă măcinată pentru parametri: aciditate, umiditate; cât și ca atare pentru parametri: timpul de fierbere, opalescența apei după fierbere, creștere în volum.



Mai întâi au fost realizate analize fizico-chimice ale făinii de grâu ca materie primă, pentru caracterizarea calității acesteia. Metodele de analiză și echipamentele folosite sunt prezentate în **Capitolul 2.1.4.**

4.4.1.2. Metode fizico-chimice

Ulterior au fost realizate analize fizico-chimice ale pastelor ca produs finit, pentru caracterizarea calității acesteia. Metodele de analiză și echipamentele folosite sunt prezentate în **Tabelul 4.5.**

Tabelul 4.5. Metode de analiză ale pastelor și echipamente

Determinare	Standard	Echipament
Creștere volum și comportare fierbere	STAS 756/3-85	Vas emailat și cilindru gradat de 500cm ³
Aciditate	STAS 756/3-85	Biuretă
Umiditate	STAS 756/3-85	Etuvă

Determinarea conținutului de apă

Determinarea conținutului de apă s-a realizat folosind metoda indicată în STAS 756/3-85. Principiul metodei presupune determinarea pierderii de masă prin încălzire la 130°C, timp de 60 de minute.

Conținutul de apă, exprimat în procente, se calculează cu formula:

$$\text{Apă} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \times 100 \quad (\%) \quad (4.7)$$

în care:

m este masa fiolei, în g;

m_1 - masa fiolei cu probă înainte de uscare, în g;

m_2 - masa fiolei cu probă după uscare, în g.

Determinarea acidității

Determinarea acidității s-a realizat folosind metoda indicată în STAS 756/3-85. Se titrează cu soluție de hidroxid de sodiu 0,1 N în prezența fenolftaleinei, ca indicator, aciditatea din paste făinoase.

$$\text{Aciditate} = \frac{V \times 0,1}{m} \times 100 \quad (4.8)$$

în care:

V este volumul de NaOH, soluție 0,1 N, folosit la titrare, în mL (cm³);

m - masa probei de paste făinoase luate pentru determinare, în g.

Determinarea creșterii volumului și a comportării la fierbere

Determinarea creșterii volumului și a comportării la fierbere s-a realizat folosind metoda indicată în **STAS 756/3-85**. Principiul metodei se bazează pe măsurarea cu cilindrul gradat a volumului pastelor făinoase, înainte și după fierbere în apă și



examinarea apei de fierbere. În cilindru gradat se introduce apă la temperatura ambiantă, până la un anumit nivel (aproximativ 300 cm³) și se notează nivelul apei. Se introduc apoi 50 g paste făinoase, se agită cilindrul pentru îndepărtarea bulelor de aer și se notează din nou nivelul apei. Diferența dintre a doua și prima citire reprezintă volumul ocupat de pastele făinoase. Se scurge apa din cilindru prin sită, iar pastele făinoase se trec în vasul emailat în care în prealabil s-au introdus 1000 cm³ de apă și 7 g NaCl și s-a adus la fierbere. În funcție de sortiment, fierberea se menține 10-30 minute. După terminarea fierberii se scoate sita, se clătesc pastele făinoase cu circa 250 cm³ apă rece și se determină din nou volumul ca mai sus. În timpul fierberii se verifică mirosul, iar după terminarea fierberii se examinează și se notează comportarea produsului și aspectul apei în care s-a făcut fierberea. Se apreciază gustul, mirosul și opalescența apei, apoi se toarnă într-un pahar Berzelius de 250 cm³, se lasă în repaus aproximativ 15 minute și se măsoară înălțimea sedimentului cu o linie gradată.

Creșterea volumului pastelor făinoase exprimată în procente se calculează cu formula:

$$\text{Creșterea volumului} = \frac{V_1}{V} \times 100 \quad (\%) \quad (4.9)$$

în care:

V este volumul probei luat pentru determinare, înainte de fierbere, în cm³;

V₁ - volumul probei după fierbere, în cm³.

4.4.2. Rezultate și discuții

Rezultatele obținute în urma analizei probei de paste sunt prezentate în [Tabelul 4.6](#).

Tabelul 4.6. Parametrii fizico-chimici ai pastelor obținute din făină de grâu

Proba	Umiditate, %	Proteine rap. s.u., %	Aciditate, grade	Timp de fierbere, min	Creștere în volum (ori)
Arnold convențional TR 02.07.2025	7,95 ± 0,03	14,48 ± 0,14	3,1 ± 0,00	16	3,5

Pe baza rezultatelor din [tabelul 4.6](#) și Conform precizărilor din [STAS 756/1-85](#); rezultatele pentru paste făinoase obținute din proba de grâu Arnold convențional TR 02.07.2025 se interpretează astfel:

- Valoarea umidității se încadrează în limita valorii de umiditate, valoarea maximă a umidității fiind de 13 % pentru toate tipurile de paste făinoase simple, sau cu adaosuri nutritive;
- Pastele făinoase au o valoare ridicată a conținutului de proteină brută raportat la substanță uscată, în cazul de față conținutul de proteină raportat la substanță uscată depășește valoarea minimă a acestui parametru care este de 13,5 %. În STAS 756/1-



85 se precizează valoarea minimă a conținutului de proteină brută raportat la substanță uscată doar pentru pastele făinoase super simple, sau cu adaosuri nutritive și care este de 13,5 %. Pentru toate celelalte tipuri de paste STAS 756/1-85 nu precizează valoarea minimă a conținutului de proteină brută raportat la substanță uscată;

- Valoarea acidității se încadrează în limita valorii acidității pentru toate tipurile de paste făinoase. Valoarea maximă a acidității fiind: 3,5 grade pentru paste făinoase obișnuite simple, 4 grade pentru paste făinoase obișnuite cu adaosuri nutritive, 3,2 grade pentru paste făinoase extra simple, 3,5 grade pentru paste făinoase extra cu adaosuri nutritive, 3,2 grade pentru paste făinoase super simple, 3,5 grade pentru paste făinoase super cu adaosuri nutritive;
- Rezultatele pentru proba de paste făinoase cu privire la comportarea la fierbere arată că acestea își mențin forma parțial. Culoarea este alb-cenușiu. Pastele făinoase sunt ușor lipicioase și sunt prea groase. Sedimentul este de 0,5 cm. Lichidul este translucid. În STAS 756/1-85 se precizează că pastele făinoase obișnuite prezintă culoare albă-uniformă, pastele făinoase extra prezintă culoare alb gălbuie, uniformă, pastele făinoase super prezintă culoare galben-aurie, uniformă, la pastele cu adaosuri, nuanța este specifică adaosului. De asemenea STAS 756/1-85 precizează că după fierbere pastele trebuie să nu se lipească între ele, să-și păstreze forma, iar apa în care s-au fiert pastele făinoase poate fi: opalescentă și cu sediment de maxim 2 cm pentru paste obișnuite. Proba de paste făinoase obținută se încadrează în ceea ce privește mărimea sedimentului.

În [fig. 4.11](#) se pot observa aspectul apei în care s-au fiert pastele făinoase și proba de paste făinoase.



Fig. 4.11. Aspectul apei în care s-au fiert pastele făinoase

4.5. Concluzii

Făina de grâu (proba Arnold convențional TR 02.07.2025):

- Valoarea umidității se încadrează în limitele prevăzute de standardele specifice.



- Conținutul de cenușă raportat la substanță uscată prezintă o valoare ușor superioară pragului maxim admis pentru făina tip 480 (0,48 %) și pentru făina superioară tip 000, depășind astfel limitele acestora. Totuși, valoarea se situează în intervalele corespunzătoare făinii tip 550 (max. 0,55 %) și tip 650 (max. 0,65 %).
- Conținutul de proteină raportat la substanță uscată este ridicat, ceea ce indică un potențial tehnologic favorabil.
- Conținutul de gluten umed depășește limitele minime stabilite pentru toate tipurile de făină albă, confirmând calitatea proteică superioară a probei.

Paste făinoase (obținute din aceeași probă de grâu):

- Valoarea umidității se încadrează în limitele admise de standardele pentru acest tip de produs.
- Conținutul de proteină brută raportat la substanță uscată este ridicat, depășind valoarea minimă de referință de 13,5 %.
- Aciditatea se încadrează în limitele standardizate pentru toate tipurile de paste făinoase.
- Testele de comportare la fierbere au evidențiat menținerea parțială a formei, culoare alb-cenușie, consistență ușor lipicioasă și grosime excesivă; sedimentul înregistrat a fost de 0,5 cm, iar lichidul de fierbere a fost translucid.

Experimentări viitoare:

- Experimentări pentru determinarea Extensogramei;
- Experimentări pentru stabilirea granulozității optime pentru făina de paste și influența acesteia în calitatea produsului finit
- Influența adaosurilor de făină de roșii în calitatea tehnologică și nutrițională a pastelor făinoase.

Bibliografie

Belc, N. & Ghencea S. **2006**. Catalogul anual cu date privind calitatea grâului, pe zone de cultură pentru soiurile de grâu cultivate în România. Calitatea grânelor din recolta 2006. Nr. 11. Ministerul Agriculturii, Pădurilor și Dezvoltării Rurale. Institutul de Bioresurse Alimentare, Editura Printech.

Bresciani, A., Pagani, M.A. & Marti, A. **2022**. *Pasta-Making Process: A Narrative Review on the Relation between Process Variables and Pasta Quality*. *Foods*, 11(3), 256. <https://doi.org/10.3390/foods11030256>

BÜHLER Spare parts catalog Automatic laboratory mill MLU 202.

Ministerul Agriculturii și Alimentației **1997**. Colecție de Standarde Profesionale Morărit - Panificație Vol.I, București .

Oikonomou, N.A., Bakalis, S., Rahman, M. . & Krokida, M. . **2014**. *Gluten Index for Wheat Products: Main Variables in Affecting the Value and Nonlinear Regression*



Model. *International Journal of Food Properties*, 18(1), 1-11.
<https://doi.org/10.1080/10942912.2013.772198>

Plenovici C.P. 2022. *Model informațional de standardizare a calității grâului în contractele internaționale*. Teză de doctorat.

SR EN 15587:2019 Cereale și produse cerealiere. Determinarea conținutului de impurități în grâu (*Triticum aestivum* L.), grâu durum (*Triticum durum* Desf.), secară (*Secale cereale* L.), triticales (*Triticosecale Wittmack* spp) și orz pentru hrana animalelor (*Hordeum vulgare* L.).

SR EN ISO 20483:2014 Cereale și leguminoase. Determinarea conținutului de azot și calculul conținutului de proteină brută. Metoda Kjeldhal.

SR EN ISO 21415-2:2016 Grâu și făină de grâu. Conținut de gluten. Partea 2: Determinarea glutenului umed și a indicelui glutenic prin mijloace mecanice.

SR EN ISO 2171:2023 Cereale, leguminoase și produse derivate. Determinarea conținutului de cenușă prin calcinare.

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

STAS 756/3-1985 Paste făinoase. Metode de analiză.



5. Concluzii IM3.9 - Raport experimental de obținere a unui produs alimentar convențional

Tehnologiile alimentare sustenabile oferă oportunități reale pentru îmbunătățirea biodisponibilității nutrienților din ingrediente vegetale, fără a compromite echilibrul ecologic al procesului de producție. În cadrul activității A3.3, tehnologii precum presiunea înaltă (HPP), ultrasunetele (US) și pulsurile electrice (PEF) demonstrează un potențial ridicat de aplicare în procesarea leguminoaselor, cerealelor și pseudocerealelor provenite din sisteme convenționale, sustenabile și circulare.

Aceste metode contribuie la creșterea valorii nutritive a produselor, reducerea compușilor antinutritivi și optimizarea accesibilității compușilor bioactivi fiind, în același timp, compatibile cu principiile sustenabilității evaluate prin analiza LCA.

Pentru etapele următoare se propune:

- selectarea tehnologiilor cu cel mai bun raport eficiență nutrițională / impact de mediu;
- testarea aplicată pe loturi experimentale din cele trei tipuri de materii prime;
- integrarea rezultatelor analitice (nutriționale, senzoriale, funcționale) cu evaluările LCA realizate de ICIA;
- dezvoltarea unor ghiduri de bune practici privind procesarea „green” a produselor alimentare vegetale.

De asemenea, în etapa următoare vor fi dezvoltate produsele care vor reprezenta matricea 2 - produse obținute din materii prime cultivate convențional cu adaos de ingrediente obținute în subactivitatea A3.2 - Bioeconomie circulară.

Astfel, UDJG va dezvolta experimental o pastă vegetală tartinabilă din făină de mazăre convențională cu adaos de făină de tescovină de la prelucrarea strugurilor (făină de pielețe de struguri, posibil și făină de semințe de struguri) obținută prin bioeconomie circulară în cadrul subactivității A3.2 de partenerii USV și USAMV. Simultan, IBA va dezvolta experimental paste făinoase cu adaos de făină din pielețe de roșii obținută în condiții similare, prin bioeconomie circulară în cadrul subactivității A3.2.



**Echipa de experți care a participat la realizarea activităților
raportate și elaborarea raportului
pentru IM3.9 - Raport experimental de obținere
a unui produs alimentar convențional**

Nume și prenume	Funcția în proiect	Contribuția la activitate
P6 UDJG - partener coordonator al subactivității A3.3		
TURTOI Maria	Responsabil A3.3 / Cercetător - expert	Identificare tehnologii emergente în industria alimentară Întocmire raport de progres RP3_A3.3_IM3.9-partial-1_UDJG Întocmire Raport_A3.3_IM3.9_UDJG
APRODU Iuliana	Cercetător - expert	Identificare tehnologii emergente în industria alimentară Obținerea unui produs alimentar convențional din leguminoase
BORDA Daniela	Cercetător - expert	Identificare tehnologii emergente în industria alimentară
CONSTANTIN Oana Emilia	Cercetător - expert	Identificare tehnologii emergente în industria alimentară Analiza microbiologică a probelor de făină de mazăre în cadrul activității „Obținerea unui produs alimentar convențional din leguminoase”
FILIMON Veronica	Cercetător - expert	Identificare tehnologii emergente în industria alimentară
PATRAȘCU Livia	Cercetător - expert	Identificare tehnologii emergente în industria alimentară Obținerea unui produs alimentar convențional din leguminoase
VASILEAN Ina	Cercetător - expert	Identificare tehnologii emergente în industria alimentară Obținerea unui produs alimentar convențional din leguminoase



Nume și prenume	Funcția în proiect	Contribuția la activitate
IBA - Lider proiect		
CUCU Șerban	Cercetător - expert	Caracterizarea ambalajelor alimentare în vederea verificării conformității cu legislația specifică Obținerea unui produs alimentar convențional din cereale
CRIVEANU-STAMATIE Gabriela	Cercetător - expert	Matrici vegetale și funcționalitatea acestora Profil fitochimic și proprietăți antioxidante Vitamine și proprietăți funcționale Identificare materiale de ambalaj/ ambalaje pentru produsele alimentare care vor fi obținute Caracterizarea ambalajelor alimentare în vederea verificării conformității cu legislația specifică Obținerea unui produs alimentar convențional din cereale
ADASCĂLULUI Marian	Cercetător - expert	Potențial antigenic al produselor alimentare Comportament reologic Inactivare microbiotă indigenă Profil izotopic și mineral Identificare materiale de ambalaj/ ambalaje pentru produsele alimentare care vor fi obținute
UNGUREANU Elena	Cercetător - expert	Dezvoltarea produselor alimentare noi/ Optimizare nutrițională Compararea calităților igienice/ Siguranța alimentară Analiza nutrițională/ Tehnici omice Evaluarea calităților senzoriale Identificare materiale de ambalaj/ ambalaje pentru produsele alimentare care vor fi obținute
MANOLACHE Fulvia	Cercetător - expert	Identificare materiale de ambalaj/ ambalaje pentru produsele alimentare care vor fi obținute Caracterizarea ambalajelor alimentare în vederea verificării conformității cu legislația specifică



Nume și prenume	Funcția în proiect	Contribuția la activitate
IBA - Lider proiect (continuare)		
NICOLCIOIU Bogdan	Cercetător - expert	Caracterizarea ambalajelor alimentare în vederea verificării conformității cu legislația specifică Obținerea unui produs alimentar convențional din cereale
PANAITESCU Carmen	Cercetător - expert	Caracterizarea ambalajelor alimentare în vederea verificării conformității cu legislația specifică
SUSMAN Iulia	Cercetător - expert	Caracterizarea ambalajelor alimentare în vederea verificării conformității cu legislația specifică Obținerea unui produs alimentar convențional din cereale
FLOREA Cristian	Cercetător - expert	Caracterizarea ambalajelor alimentare în vederea verificării conformității cu legislația specifică Obținerea unui produs alimentar convențional din cereale
DOBRE Alina	Cercetător - expert	Dezvoltarea produselor alimentare noi/ Optimizare nutrițională Compararea calităților igienice/ Siguranța alimentară
P1 ICIA		
BECZE Anca	Cercetător - expert	Identificarea tehnologiilor relevante pentru studiul influenței procesării asupra biodisponibilității nutrienților Identificare tehnologii emergente în industria alimentară
SENILA Lacrimioara	Cercetător - expert	Identificarea tehnologiilor relevante pentru studiul influenței procesării asupra biodisponibilității nutrienților
SOCACIU Bianca	Cercetător - expert	Identificarea tehnologiilor relevante pentru studiul influenței procesării asupra biodisponibilității nutrienților



Nume și prenume	Funcția în proiect	Contribuția la activitate
P4 INMA		
MIRCEA Costin	Cercetător - expert	Furnizare materii prime cultivate convențional (mazăre)
PRUTEANU Augustina	Cercetător - expert	Furnizare materii prime cultivate convențional (mazăre)
SORICA Cristian	Cercetător - expert	Furnizare materii prime cultivate convențional (mazăre)
VANGHELE Nicoleta	Cercetător - expert	Furnizare materii prime cultivate convențional (mazăre)
IONESCU Alexandru	Cercetător - expert	Furnizare materii prime cultivate convențional (mazăre)
P5 USAMV București		
ISRAEL-ROMING Florentina	Cercetător - expert	Furnizare materii prime cultivate convențional (grâu) Caracterizarea fizico-chimică a grâului convențional
POPA Aglaia	Cercetător - expert	Caracterizarea fizico-chimică a mazării cultivate în sistem convențional
P7 UB		
BARBU Ilda	Cercetător - expert	Metoda digital PCR - validarea eficienței biologice a compușilor bioactivi din produse alimentare
BARBU GHEORGHE Irina	Cercetător - expert	Metoda digital PCR - validarea eficienței biologice a compușilor bioactivi din produse alimentare
TEGA Iulian	Cercetător - expert	Achiziția unui echipament digital PCR pentru aplicarea metodei dPCR

Responsabil întocmire document RP3_A3.3_IM3.9_UDJG

Maria TURTOI

Responsabil Subactivitate A3.3