

**INSTITUȚIA PUBLICĂ INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETĂRI APLICATIVE ÎN AGRICULTURĂ ȘI
MEDICINĂ VETERINARĂ**

Cu titlu de manuscris

C.Z.U.:635.64; 664.34; 665.347.5; 664.849; 664.665.

IUȘAN LARISA

**ARGUMENTAREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI ELABORAREA
TEHNOLOGIILOR DE FABRICARE
A PRODUSELOR ALIMENTAȚIEI SĂNĂTOASE ÎN
BAZA MATERIEI PRIME AUTOHTONE**

253.01.Tehnologia produselor alimentare de origine vegetală

Rezumatul tezei de doctor habilitat în științe ingineresti

CHIȘINĂU, 2025

Teza a fost elaborată în cadrul laboratorului "Tehnologia și Microbiologia Produselor Alimentare", IP Institutul Național de Cercetări Aplicative în Agricultură și Medicină Veterinară și în cadrul proiectului științific: Proiect postdoctoral 21.00208.5107.08/PD "Argumentarea științifică și elaborarea tehnologiilor de fabricare a produselor alimentației sănătoase în baza materiei prime autohtone".

Comisia de susținere publică a tezei de doctor habilitat:

1. STURZA Rodica, dr. hab., prof.univ., UTM, m.c. AȘM, **președinte**
2. SOLDATENCO Olga, dr. hab., conf. cerc., IP INCAAMV, **secretar științific**
3. TARAN Nicolae, dr. hab., prof.univ., IP INCAAMV, **consultant științific**.

Referenți oficiali, membri

4. ILIEV Petru, dr. hab., conf. cerc., IP INCAAMV
5. STRATAN Alexandru, dr. hab., prof. univ., ASEM, m. c. AȘM
6. SIMINIUC Rodica, dr. hab., conf.univ., UTM
7. VIZIREANU Camelia, dr. ing., prof. univ., abilitat., Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați, România
8. NISTOR Ileana Denisa, dr. ing., prof. univ., abilitat., Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, România

Susținerea va avea loc în data de **19.12.2025, ora 10.00** în ședința Comisiei de Susținere Publică a Tezei de DH din cadrul IP Institutului Național de Cercetări Aplicative în Agricultură și Medicină Veterinară, str. Vieru 59, sala 206, MD 2070, or. Codru, mun. Chișinău, Republica Moldova.

Teza de DH și rezumatul pot fi consultate la biblioteca IP Institutului Național de Cercetări Aplicative în Agricultură și Medicină Veterinară (<https://incaamv.md/ro/biblioteca/>) și la pagina web a ANACEC (www.anacec.md).

Rezumatul a fost expediat în data de **19.11.2025**

Secretar științific al Comisiei de Susținere Publică:
SOLDATENCO Olga, dr. hab., conf. cerc., IP INCAAMV

Consultant științific:
TARAN Nicolae, dr. hab., prof.univ., IP INCAAMV

Autor: IUȘAN Larisa, dr. conf. cerc.

©Iușan Larisa, 2025

CUPRINS

REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII	4
1. ARGUMENTAREA ȘTIINȚIFICĂ A ELABORĂRII PRODUSELOR ALIMENTARE SĂNĂTOASE	9
2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE	11
3. STUDIUL DE PERFECTIONARE A PROCESULUI DE USCARE A MATERIEI PRIME SECUNDARE	13
3.1 Cinetica procesului de uscare a tescovinei de mere, struguri, tomate prin convecție și convecție combinată cu IR în funcție de diferiți parametri	13
3.2 Dependența duratei de uscare de încălzirea și temperatura procesului de uscare a tescovinei de mere	18
3.3 Elaborarea modelului matematic al procesului de uscare a tescovinelor de mere, struguri și tomate	21
3.4 Influența factorului termic asupra calității tescovinei de mere și tescovinei de struguri în procesul de uscare	24
4. ELABORAREA TEHNOLOGIILOR DE FABRICARE A PRODUSELOR ALIMENTAȚIEI SĂNĂTOASE ÎN BAZA MATERIEI PRIME AUTOHTONE	28
4.1 Elaborarea tehnologiilor de fabricare a produselor alimentare extrudate în baza culturilor cerealiere și deșeurilor industriei conservelor	28
4.2 Studiul conținutului de acrilamidă în produsele extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei alimentare	34
4.3 Studiul conținutului de fibre alimentare în produsele extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei alimentare	36
5. MODELAREA MATEMATICĂ ȘI ANALIZA FEZABILITĂȚII TEHNOLOGICE A PROCESULUI DE EXTRUDARE A MATERIELOR PRIME CEREALIERE	38
5.1 Modelarea procesului de extrudare în vederea optimizării parametrilor tehnologici	38
5.2 Studiul de fezabilitate a fabricării produselor extrudate alimentare	41
6. ARGUMENTAREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI ELABORAREA TEHNOLOGIEI DE PRODUCERE A SUPLIMENTELOR ALIMENTARE BIOLOGIC ACTIVE DEZINTOXICANTE ȘI A PRODUSELOR ALIMENTARE FUNCȚIONALE	43
6.1 Studierea mecanismului de fixare a cationilor de plumb și cadmiu cu pectine de diferite tipuri	43
6.2 Studiul influenței componentelor fructelor, legumelor și plantelor medicinale asupra fixării cationilor de plumb și cadmiu cu pectinele de diferite tipuri	46
6.2.1 Studiul influenței componentelor materiei prime vegetale asupra fixării cationilor metalici	47
6.3. Argumentarea principiilor de producere a suplimentelor alimentare biologic active cu proprietăți prestabilite	52
6.4. Elaborarea compozițiilor produselor funcționale și a tehnologiei de producere a acestora	56
6.5 Studiul termenilor de păstrare a produselor funcționale	59
CONCLUZII	60
RECOMANDĂRI	61
IMPACTUL ȘI PERSPECTIVELE DE DEZVOLTARE	62
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ	63
LISTA LUCRĂRILOR ȘTIINȚIFICE	67
ADNOTARE	74

REPERE CONCEPTUALE ALE CERCETĂRII

Actualitatea și importanța temei abordate. Strategia națională în domeniul alimentației sănătoase stabilește o serie de măsuri, în cadrul cărora fortificarea alimentelor cu macronutrienți, inclusiv proteine, fibre alimentare și micronutrienți (vitamine și minerale), ocupă un rol esențial.

În abordarea problemei corectării rației alimentare a populației active social, un rol semnificativ revine dezvoltării unui sortiment de produse alimentare cu valoare nutritivă sporită, caracterizate printr-o concentrație mare de ingrediente alimentare funcționale.

Pentru a suplini necesitatea organismului uman în substanțe vital necesare, este important de a consuma produse alimentare variate, întrucât un sortiment omogen de produse nu poate conține întregul spectrul de substanțe nutritive.

Realizările tehnico-științifice din diverse domenii nu mai sunt privite doar ca simple progrese, ci sunt tot mai mult analizate prin prisma impactului lor asupra sănătății umane și a mediului înconjurător (Fardet, 2014).

Creșterea ritmului de fabricare al produselor alimentare și al materiilor prime pentru acestea, în detrimentul naturalității și siguranței pentru sănătatea umană, a avut un impact negativ semnificativ. Îmbunătățirea rapidă a situației ecologice și creșterea conținutului de aditivi alimentari sintetici (peste 5000 de tipuri) în produsele alimentare au afectat calitatea acestora și au contribuit la apariția unor noi afecțiuni, denumite „boli ale civilizației”. Printre aceste boli se numără: oboseala cronică, hipertensiunea, ateroscleroza, diabetul zaharat, colecistita și altele. În același timp, a crescut semnificativ numărul afecțiunilor specifice vârstei înaintate, ale căror cauze se acumulează pe parcursul întregii vieți (Fira-Mlădinescu, 2019).

Nivelul de consum al produselor alimentare de bază în Republica Moldova este semnificativ sub nivelul recomandat de normele raționale, atât în ceea ce privește valoarea energetică, cât și structura rației alimentare (FAO, 2008).

Astfel, principalul obiectiv al sectorului alimentar național constă în elaborarea și producerea de alimente cu valoare biologică înaltă, capabile să asigure aportul optim de substanțe nutritive vitale, în concordanță cu necesarul zilnic recomandat pentru menținerea sănătății populației.

Un factor determinant în menținerea și îmbunătățirea stării de sănătate a populației îl constituie intensificarea producției de produse alimentare naturale. În acest context, alimentele naturale sunt frecvent asociate cu cele destinate alimentației sănătoase. Din perspectiva științei alimentației, această categorie include: produse cu valoare nutritivă ridicată și densitate crescută de compuși bioactivi; alimente fortificate cu vitamine, minerale, acizi grași polinesaturați și fibre alimentare naturale; produse destinate nutriției specializate și alimentației profilactice-curative; precum și produse caracterizate printr-un grad înalt de siguranță igienico-sanitară. În acest sens, în societatea contemporană se configurează un sector distinct în cadrul industriei

alimentare și agroalimentare – cel al producerii alimentelor destinate alimentației sănătoase (Pérez-Escamilla, 2017).

Obiectivele principale în domeniul fabricării acestor produse constau în: dezvoltarea noilor tipuri de produse utilizând preparate și substanțe biologic active; elaborarea de tehnologii inovative pentru producerea alimentelor de calitate superioară, cu o compoziție chimică modificată în mod direcționat, inclusiv produse destinate consumului larg, pentru toate categoriile de vârstă ale populației, având în vedere nevoile specifice ale copiilor și vârstnicilor; și fabricarea de produse curativ-profilactice diferențiate, destinate prevenirii diverselor afecțiuni și intensificării funcțiilor protectoare ale organismului (Mincu, 1985; Iușan, 2020).

În baza elaborărilor efectuate au fost întreprinse cercetări orientate spre elaborarea unor rețete științific fundamentate și dezvoltarea unor tehnologii alimentare inovative, cu impact semnificativ asupra valorificării materiilor prime autohtone.

Industria alimentară reacționează din ce în ce mai activ la preocupările populației privind menținerea stării de sănătate, acest fenomen fiind alimentat atât de creșterea gradului de conștientizare a consumatorilor cu privire la relația dintre alimentație și sănătate, cât și de deteriorarea indicatorilor statistici referitor la incidența bolilor asociate regimului alimentar (Murray et al., 2006; Iușan et al., 2014).

Abordările actuale în prevenirea și tratarea unui spectru larg de afecțiuni se bazează tot mai mult pe utilizarea produselor cu un conținut redus de carbohidrați cu indice glicemic ridicat. În acest sens, devine importantă nu doar cantitatea și compoziția carbohidraților, ci și prezența fibrelor alimentare, care influențează semnificativ rata de absorbție a acestora.

Cercetările realizate au conferit o atenție deosebită dezvoltării tehnologiilor avansate de fabricație a produselor extrudate fortificate, urmărindu-se îmbunătățirea valorii nutritive și a funcționalității acestora. În paralel, a fost evoluată detaliat compoziția produselor alimentare funcționale, cu accent pe identificarea și integrarea ingredientelor bioactive care pot susține sănătatea organismului uman. Aceste direcții de cercetare vizează optimizarea proceselor tehnologice și formularea unor produse alimentare inovative, capabile să răspundă la cerințele nutriționale actuale ale consumatorilor.

Combinarea echilibrată a diverselor materii prime vegetale în procesul de fabricare a produselor alimentare permite valorificarea integrală a acestora, sporind valoarea biologică și nutrițională a produselor și îmbunătățind totodată caracteristicile senzoriale.

Este cunoscut, că cerealele ocupă aproximativ 73% din suprafața agricolă cultivată la nivel global și furnizează circa 60% din volumul total al alimentelor, fiind surse importante de proteine, fibre alimentare, vitamine și minerale. Cu toate acestea, consumul cerealelor individual oferă o valoare nutritivă și proprietăți senzoriale inferioare în comparație cu produsele obținute prin combinarea acestora cu alte materii prime vegetale. Având în vedere faptul că alimentele pe bază de cereale

constituie un pilon fundamental al alimentației sănătoase, integrarea acestora în dieta zilnică este necesară (în special atunci când sunt asociate cu ingrediente funcționale).

Consumul produselor alimentare obținute din materii prime vegetale și secundare, bogate în substanțe bioactive, contribuie semnificativ la întărirea sistemului imunitar, prevenirea unor afecțiuni cronice, precum și la eliminarea radionuclizilor și metalelor grele din organism. În acest context, fabricarea alimentelor sănătoase, formulate pe baza materiilor prime vegetale ce conțin ingrediente funcționale, reprezintă o direcție importantă și promițătoare în ameliorarea sănătății publice.

Scopul lucrării: Elaborarea principiilor științifice și aplicative pentru implementarea tehnologiilor inovative în fabricarea produselor alimentare sănătoase, bogate în fibre alimentare, prin utilizarea materiilor prime autohtone.

Obiectivele operaționale ale lucrării:

1. Realizarea unui studiu profund privind diversificarea spectrului produselor alimentației sănătoase, prin aplicarea metodelor moderne și inovative de cercetare și dezvoltare, în vederea identificării soluțiilor eficiente pentru îmbunătățirea valorii nutriționale și a siguranței alimentare.
2. Analiza fizico-chimică și argumentarea utilizării materiilor prime autohtone cu potențial funcțional înalt, determinarea aspectelor tehnologice esențiale pentru obținerea unor produse alimentare de calitate, în conformitate cu cerințele actuale de alimentație sănătoasă.
3. Studiul procesului de uscare a tescovinei prin aplicarea tehnologiilor complexe (convecție și radiație infraroșie) și optimizarea parametrilor tehnologici (temperatură, viteză a aerului, încărcătură), în scopul conservării compușilor bioactivi, creșterii eficienței energetice și îmbunătățirii calității produsului final, în baza modelării matematice a fenomenelor de transfer.
4. Elaborarea rețetelor optime pentru fabricarea produselor alimentare funcționale, prin utilizarea tehnicilor de modelare matematică, fundamentate pe principii nutriționale și cerințe dietetice, pentru formularea unor combinații echilibrate de ingrediente, inovative și benefice pentru sănătate.
5. Evaluarea complexă a calității produselor alimentare elaborate, utilizând metode organoleptice, fizico-chimice și microbiologice moderne, pentru determinarea proprietăților senzoriale, a compoziției chimice și a profilului microbiologic
6. Studiul influenței parametrilor tehnologici asupra calității produselor alimentare destinate unei alimentații sănătoase, prin aplicarea tehnologiilor avansate de procesare, în vederea optimizării proceselor de fabricație și a sporirii eficienței și siguranței produselor.
7. Elaborarea schemelor tehnologice moderne pentru producerea alimentelor funcționale, incluzând etapele de prelucrare, selecția materiilor prime, definirea parametrilor tehnologici esențiali și a condițiilor de control al calității, pentru asigurarea unui proces eficient, sustenabil și orientat spre îmbunătățirea calităților nutriționale și senzoriale ale produselor.

8. Determinarea valorii nutritive și energetice a produselor alimentare obținute, în funcție de compoziția lor și de tehnologia utilizată, pentru evaluarea impactului asupra sănătății consumatorilor și formularea de recomandări privind integrarea acestora într-o alimentație echilibrată.

9. Elaborarea documentației normativ-tehnice necesare implementării industriale a produselor alimentare dezvoltate, pentru garantarea respectării standardelor de calitate și siguranță alimentară în condiții reale de producție.

Ipoteza de cercetare: Valorificarea materiilor prime vegetale autohtone și a subproduselor agroindustriale prin aplicarea tehnologiilor hibride moderne, precum uscarea prin convecție–radiație infraroșie, poate constitui fundamentul dezvoltării durabile a alimentelor funcționale în Republica Moldova. Implementarea unui sistem național orientat spre utilizarea rațională a acestor resurse și spre modelarea avansată a proceselor tehnologice are potențialul de a spori valoarea biologică a produselor, de a consolida securitatea alimentară și de a promova un regim alimentar echilibrat și sănătos la nivel național.

Noutatea și originalitatea științifică: Au fost elaborate tehnologii inovative de fabricare a produselor alimentare funcționale, destinate alimentației sănătoase, cu un conținut înalt de fibre alimentare, prin valorificarea eficientă a materiilor prime vegetale, cerealiere și a subproduselor agroalimentare. Pentru prima dată a fost aplicată o metodă diferențiată de evaluare a calității, prin compararea cu un model etalon utilizând indicatorii unității de calitate (Pi), pentru caracterizarea completă a acestor produse. A fost stabilită influența componentelor din fructe, legume și plante medicinale asupra fixării cationilor metalici de către pectine, demonstrându-se că acestea pot influența procesul de fixare. A fost propus un mecanism de fixare a cationilor metalici prin pectine în compoziții policomponente și a fost elaborată o metodă de estimare a compatibilității pectinei cu ingredientele vegetale în scopul eliminării metalelor toxice din organismul uman. Pe baza acestor rezultate, au fost formulate principii noi de construire a produselor alimentare funcționale cu proprietăți prestabilite și dezvoltate suplimente alimentare biologic active pe bază de pectină, destinate detoxifierii organismului, inclusiv de radionuclizi.

Rezultate considerabile care contribuie la soluționarea problemei științifice: Au fost aplicate metode inovative de cercetare, care au permis obținerea produselor extrudate cu valoare nutritivă înaltă, bogate în fibre, proteine și compuși bioactivi. Au fost analizate materiile prime autohtone, evidențiindu-se potențialul lor funcțional major, iar adaosurile vegetale au îmbunătățit proprietățile tehnologice ale extrudatelor. Au fost optimizate procesele de uscare a tescovinei prin tehnologii complexe, ceea ce a redus timpul de procesare cu până la 45% și a asigurat conservarea compușilor bioactivi. Au fost elaborate rețete optime, bazate pe modelare matematică, care au asigurat combinații echilibrate de ingrediente și stabilitate tehnologică înaltă. Au fost obținute produse complet sigure din punct de vedere microbiologic, calitate tehnologică ridicată și rentabilitate economică de 19%. Au fost evidențiate etapele

distincte ale procesului de uscare și influența determinantă a temperaturii și radiației infraroșii asupra cineticii de deshidratare. Au fost elaborate scheme tehnologice sustenabile pentru obținerea alimentelor funcționale cu valoare nutrițională și senzorială sporită. Au fost confirmate efecte biologice benefice ale produselor, inclusiv reducerea radioactivității interne și accelerarea eliminării metalelor toxice. Au fost validate fezabilitatea industrială și aplicabilitatea tehnologiilor prin implementarea lor la întreprinderi de profil și elaborarea documentației normativ-tehnice conforme standardelor.

Semnificația teoretică: Lucrarea fundamentează științific parametrii optimi ai procesului de extrudare pentru materii prime vegetale bogate în fibre, corelând compoziția și structura acestora cu condițiile de procesare. Cercetarea a condus la formularea unor principii privind argumentarea materiilor prime și ajustarea variabilelor tehnologice (temperatură, umiditate, timp, viteză), în scopul majorării valorii funcționale și nutriționale a produselor. Rezultatele contribuie la extinderea cunoștințelor în ingineria proceselor alimentare și oferă un cadru teoretic pentru dezvoltarea de produse sănătoase cu profil nutrițional optimizat.

Valoarea aplicativă a lucrării: Tehnologia de fabricare a produselor extrudate pe bază de materii prime cerealiere și subproduse agroalimentare a fost testată și validată cu succes în cadrul întreprinderilor „Policom-Prim” SRL și „BIOCOM” SRL din Chișinău. În urma cercetărilor, au fost elaborate proiecte de acte normative tehnice pentru producerea suplimentelor alimentare biologic active (SABA) – agenți dezintoxicanți, precum și pentru dezvoltarea produselor funcționale aferente. Procesele și rețetele inovative au fost confirmate prin testări experimentale și industriale la „CONSULT LC” SRL. Implementarea acestor rezultate va contribui la extinderea producției de alimente sigure și funcționale, la promovarea sănătății publice și la consolidarea competitivității economice și a potențialului de export al Republicii Moldova.

Aprobarea rezultatelor științifice: Au fost prezentate la 26 de conferințe științifice naționale și internaționale, mese rotunde și expoziții specializate, printre care: Conferința Internațională Modern Technologies in the Food Industry, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău (2018, 2024); Expoziția Internațională Food&Drinks, Chișinău, Republica Moldova (2015, 2016); INTERNATIONAL BROKERAGE EVENT în cadrul rețelei Enterprise Europe Network (EEN), Chișinău, Republica Moldova (2016); International Exhibition of Inventions “INVENTICA”, Iași, România (2018, 2025); European Exhibition of Creativity and Innovation “EUROINVENT”, Iași, România (2016, 2017, 2018, 2024, 2025); Salonul Internațional de Invenții și Inovații “TRAIAN VUIA”, Timișoara, România (2025); Expoziția de Cercetare și Inovare “UGALINVENT”, Galați, România (2021, 2022); International Specialized Exhibition “InfoInvent”, Chișinău, Republica Moldova (2017, 2019, 2023); Forumul Internațional Științifico-Practic „Tehnologii Promițătoare în Complexul Agroindustrial”, Krasnodar, Federația Rusă (2018); The

9th International Scientific and Practical Conference “Scientific Horizon in the Context of Social Crises”, Tokyo, Japonia (2021); III Congres „Știință, Nutriție și Sănătate”, Academia Națională de Științe din Belarus, Minsk, Republica Belarus (2021); International Scientific Conference “Biologization of the Intensification Processes in Horticulture and Viticulture”, Krasnodar, Federația Rusă (2021); Conferința Națională cu participare internațională “Știința în nordul Republicii Moldova: probleme, realizări, perspective”, Bălți, Republica Moldova (2021); The 5th International Scientific and Practical Conference: Current Issues and Prospects for the Development of Scientific Research, Orléans, Franța (2022); The 12th International Scientific and Practical Conference: Scientific Research in XXI Century, Ottawa, Canada (2022); The 1st International Exhibition of Creativity and Innovation “Excellent IDEA”, Chișinău, Republica Moldova (2022); International Salon of Invention and Innovative Entrepreneurship, Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă”, Chișinău, Republica Moldova (2024, 2025).

Publicații la tema tezei. Rezultatele cercetărilor și temele tratate în teză au fost publicate în 41 de lucrări științifice, incluzând o monografie, 21 articole științifice, 3 brevete de invenție și 1 cerere de brevet de invenție, precum și în 19 articole în rezumate ale conferințelor științifice naționale și internaționale.

Sumarul capitolelor tezei. Lucrarea este expusă pe 220 pagini dactilografiate și include următoarele capitole: adnotare în limbile română și engleză, introducere, 6 capitole, concluzii și recomandări, propuneri de utilizare a rezultatelor obținute în domeniile economice, bibliografie cu 285 surse și 19 anexe. Lucrarea este ilustrată cu 64 tabele și 77 figuri.

1. ARGUMENTAREA ȘTIINȚIFICĂ A ELABORĂRII PRODUSELOR ALIMENTARE SĂNĂTOASE

În ultimele decenii, nutriția și securitatea alimentară au devenit teme importante ale cercetării naționale și internaționale, în contextul creșterii incidenței bolilor degenerative, al îmbătrânirii populației și al schimbărilor de mediu, care afectează calitatea hranei. Organizațiile mondiale, inclusiv *FAO* și *OMS*, accentuează necesitatea de reformare a sistemelor alimentare prin promovarea unei alimentații sustenabile, echilibrate și funcționale (FAO, 2008).

Conform acestor rapoarte, o dietă sănătoasă trebuie să asigure un aport echilibrat: 45–65% carbohidrați, 20–35% lipide și 10–35% proteine, precum și un conținut semnificativ de fibre, vitamine, minerale și compuși bioactivi. Tot mai multe studii (Aryal, 2023; Ackman, 2008) subliniază faptul, că alimentația modernă, dominată de produse ultraprocesate și sărace în micronutrienți, contribuie la dezechilibre metabolice, obezitate și boli cardiovasculare.

În acest context, s-a conturat conceptul de aliment funcțional, introdus pentru prima dată în Japonia în anii '80 sub denumirea *FOSHU* (*Foods for Specified Health Use*). Ulterior, termenul a fost extins la nivel european și global, definind produsele

alimentare care, pe lângă funcția nutritivă de bază, exercită efecte fiziologice benefice asupra sănătății, prin conținutul lor în substanțe biologice active (SBA) – antioxidanți, vitamine, polifenoli, acizi grași nesaturați și fibre alimentare (Dahl et al., 2015; Fira-Mlădinescu, 2019).

Literatura de specialitate distinge mai multe direcții în dezvoltarea alimentelor funcționale: fortificarea produselor cu micronutrienți esențiali (vitamine, fier, calciu, iod); substituția parțială a ingredientelor cu alternative bogate în fibre și compuși bioactivi; modificarea proceselor tehnologice în scopul conservării compușilor benefici și reducerii contaminanților (Fardet et al., 2014; Otles et al., 2014).

Studiile recente demonstrează, că matricea alimentară influențează direct biodisponibilitatea substanțelor bioactive. Conform lui Fardet (2014), structura fizică și compoziția alimentului determină modul de eliberare și absorbție a nutrienților, iar prelucrarea tehnologică poate amplifica sau diminua efectul funcțional. Prin urmare, aplicarea unor tehnologii blânde, controlate și adaptate naturii ingredientelor devine o condiție esențială în obținerea produselor cu valoare biologică ridicată.

Una dintre cele mai studiate metode moderne este tehnologia de extrudare, analizată de Alam et al. (2016) și Abramov (2007). Această tehnică permite combinarea proceselor de amestecare, transfer termic și denaturare, conducând la obținerea unor produse cu textură uniformă, stabilitate microbiologică sporită și digestibilitate crescută. Extrudarea este considerată o metodă durabilă și eficientă energetic, recomandabilă pentru valorificarea cerealelor, leguminoaselor și a produselor secundare ale industriei agroalimentare, precum tăratele sau tescovina.

Concomitent, literatura de specialitate acordă o atenție tot mai mare fibrelor alimentare și rolului acestora în menținerea sănătății metabolice. Evert et al. (2006) și Iușan et al. (2014) evidențiază efectele benefice ale fibrelor în reglarea glicemiei, reducerea colesterolului plasmatic și normalizarea tranzitului intestinal. Otles și Ozgoz (2014) completează această perspectivă, demonstrând că fibrele nu doar îmbunătățesc sănătatea, ci și contribuie la proprietățile tehnologice ale produselor alimentare – textură, reținerea apei și stabilitatea emulsiei.

O direcție emergentă în literatura recentă o constituie integrarea principiilor nutriției durabile în elaborarea alimentelor funcționale. Savanții susțin, că utilizarea materiilor prime vegetale locale, a subproduselor agricole și a tehnologiilor de prelucrare cu impact redus asupra mediului poate conduce la obținerea produselor sănătoase, competitive și ecologice (Fira-Mlădinescu, 2019; Aryal, 2023). Această orientare se aliniază obiectivelor globale privind economia circulară și reducerea risipei alimentare, prin valorificarea secundară a resurselor vegetale.

Totodată, studiile internaționale pun accentul pe interacțiunea dintre știința nutriției și inovarea tehnologică. Potrivit lui Dahl et al. (2015), eficiența alimentelor funcționale depinde de echilibrul între compoziția biochimică a ingredientelor și controlul proceselor de transformare, ceea ce impune colaborări interdisciplinare între nutriționiști, tehnologii alimentare și biochimisti.

În concluzie, analiza bibliografică demonstrează că dezvoltarea produselor alimentare funcționale reprezintă un domeniu de conexiune al cercetării moderne, cu impact major asupra sănătății publice, economiei și sustenabilității mediului. Direcțiile contemporane vizează integrarea tehnologiilor inovative – în special extrudarea, uscarea combinată și fortificarea naturală – cu principiile unei alimentații echilibrate și bazate pe resurse locale. Această abordare, fundamentată teoretic și consolidată prin numeroase studii internaționale, conturează premisele pentru o nutriție preventivă și personalizată, adaptată cerințelor societății și contextului global actual.

2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

Cercetările efectuate în cadrul tezei au avut drept scop elaborarea principiilor științifice și tehnologice pentru obținerea produselor alimentației sănătoase, bazate pe valorificarea rațională a materiilor prime vegetale autohtone și a materiilor prime secundare provenite din industria alimentară. Activitățile experimentale s-au desfășurat în condițiile laboratorului de cercetare ”Tehnologia și Microbiologia Producției Alimentare” al Institutul Național de Cercetări Aplicative în Agricultură și Medicină Veterinară și au vizat identificarea compoziției optime de materii prime, evaluarea parametrilor tehnologici și stabilirea corelațiilor dintre structura materialelor, proprietățile funcționale și valoarea biologică a produselor obținute.

Materia primă cerealiară a fost reprezentată de grâu, porumb, hrișcă și soriz – culturi cu valoare nutritivă sporită și proprietăți tehnologice distincte. Grâul și porumbul au fost alese pentru conținutul lor echilibrat în proteine și glucide, pentru capacitatea de a genera produse extrudate cu digestibilitate ridicată, iar hrișca și sorizul, prin conținutul lor bogat în aminoacizi esențiali, vitamine și minerale, au fost valorificate în scopul obținerii unor produse aglutenice, recomandate persoanelor cu intoleranță la gluten.

Materia primă vegetală a inclus fructe și legume autohtone – prune, caise, piersici, vișine, ardei, dovlecei, morcov, dovleac, tomate – precum și pomușoare și plante medicinale, cum sunt coacăza neagră, zmeura, aronia, florile de gălbenele și de sunătoare. Acestea au fost selectate pentru conținutul lor majorat de substanțe fenolice, carotenoide, acizi organici și vitamine antioxidante, contribuind astfel la sporirea valorii funcționale a produselor obținute.

O atenție deosebită a fost acordată valorificării materiilor prime secundare provenite din industria morăritului, a conservelor și a procesării fructelor, considerate până recent deșeuri cu valoare economică redusă. În această categorie intră tărațele, tescovina de struguri și de mere, precum și deșeurile de tomate – surse naturale de fibre alimentare, polifenoli, acizi organici, vitamine și microelemente. Aceste materiale au fost reintroduse în circuitul tehnologic sub formă de pulberi vegetale sau adaosuri funcționale, cu scopul de a crește densitatea nutritivă și de a diminua impactul ecologic al proceselor de producție.

În calitate de agent texturant și stabilizator natural a fost utilizată pectina de mere, cu grad diferit de esterificare. Prin ajustarea gradului de metilare s-a urmărit obținerea unor variante de polimeri cu proprietăți reologice diferențiate, oferind posibilitatea adaptării funcționale la diverse categorii de produse alimentare – de la sisteme gelificate, caracterizate printr-o rețea tridimensională stabilă, până la produse extrudate cu textură crocantă, specifice matricei solide expandate.

Cercetările au inclus un complex de analize fizico-chimice, microbiologice, organoleptice orientate spre caracterizarea integrală a materiilor prime, a semifabricatelor și a produselor finite.

Analizele fizico-chimice au cuprins determinarea conținutului de proteine, lipide, glucide, fibre alimentare, umiditate și aciditate, utilizând metode clasice de laborator. Capacitatea de reținere a apei și a uleiului, porozitatea, indicele de gonflare și conținutul total de polifenoli au fost evaluate pentru a aprecia comportamentul funcțional al componentelor vegetale în timpul procesării. În paralel, s-au determinat macro- și microelementele (Ca, Mg, K, Fe, Zn, Mn, P) prin spectrofotometrie de absorbție atomică, precum și vitaminele din complexul B și vitamina K.

Evaluarea microbiologică a urmărit stabilirea gradului de siguranță al produselor, prin determinarea numărului de microorganisme mezofile, drojdii și mucegaiuri, precum și prin verificarea absenței bacteriilor din genul *Salmonella*. Analizele organoleptice au fost efectuate de un panel de experți, care a apreciat aspectul, culoarea, mirosul, gustul și consistența produselor, utilizând un sistem de evaluare în cinci trepte.

Pentru determinarea parametrilor tehnologici s-au utilizat metode experimentale moderne, cu monitorizarea exactă a factorilor de proces (temperatură, umiditate, flux de aer, timp de expunere), în vederea stabilirii cineticii proceselor de transformare.

Un element de noutate al cercetărilor îl constituie abordarea integrată a procesului de uscare a materiilor prime secundare. Experimentele au fost realizate cu ajutorul instalației de laborator „CIMU-UC07”, proiectată pentru studiul comparativ al proceselor de uscare prin convecție, radiație infraroșie și metode combinate. Instalația permite reglarea fluxului de aer, a temperaturii și a vitezei de rotație, precum și monitorizarea continuă a pierderii în greutate a probelor, asigurând astfel determinarea precisă a cineticii procesului.

Prin utilizarea acestui echipament au fost stabiliți regimurile optime de uscare pentru tescovina de struguri, de mere și tomate, în scopul păstrării compușilor bioactivi și al îmbunătățirii proprietăților funcționale. Procedul de uscare controlată a permis obținerea unor pulberi cu structură stabilă, conținut redus de umiditate și proprietăți antioxidante menținute, demonstrând potențialul ridicat al materiilor prime secundare în formularea produselor alimentare funcționale.

De asemenea, cercetările au vizat determinarea parametrilor optimi de extrudare și formare a produselor, elaborarea modelelor matematice corespunzătoare proceselor termice, precum și analiza efectelor sinergice ale temperaturii și umidității asupra

stabilității compușilor bioactivi. Alegerea materiilor prime și a metodelor aplicate a fost ghidată de principiile sustenabilității, valorificării resurselor locale și protejării substanțelor bioactive în timpul procesării. Prin combinarea materiilor prime convenționale cu surse netradiționale și secundare, cercetările au demonstrat posibilitatea obținerii unor produse cu valoare biologică și funcțională înaltă, destinate prevenirii bolilor netransmisibile.

Metodologia complexă adoptată, care îmbină analize fizico-chimice moderne, evaluări senzoriale și modelări tehnologice, a permis nu doar caracterizarea completă a materialelor studiate, ci și fundamentarea științifică a proceselor de transformare, oferind premise solide pentru transferul rezultatelor în practica industrială. În ansamblu, metodologia cercetării reflectă o abordare integrată axată pe inovația tehnologică și o evaluare rezonabilă a resurselor naturale și secundare, contribuind la dezvoltarea unui concept modern de alimentație sănătoasă, bazat pe știință, sustenabilitate și eficiență agroalimentară.

3. STUDIUL DE PERFECTIONARE A PROCESULUI DE USCARE A MATERIEI PRIME SECUNDARE

Procesul de uscare a tescovinelor vegetale prezintă un interes deosebit datorită potențialului său de valorificare a deșeurilor biologice rezultate din procesarea fructelor, oferind aplicații importante în industria alimentară. Tescovinele, constituite din pulpă, semințe și coji, reprezintă o sursă importantă de nutrienți și compuși bioactivi, în special polifenoli, cu potențial de valorificare în obținerea produselor cu valoare adăugată. Procesul de uscare contribuie la diminuarea volumului de deșeuri, la îmbunătățirea stabilității și durabilității produsului final, facilitând astfel condițiile de depozitare și posibilitățile de utilizare ulterioară. (Li et al., 2017).

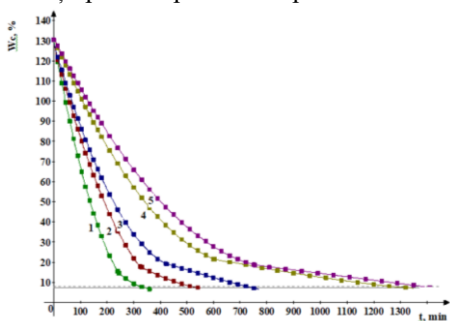
Dintre metodele aplicate, cele mai utilizate sunt uscarea cu aer cald, uscarea prin infraroșu și tehnologiile hibride. Uscarea cu aer cald este cea mai accesibilă economic, dar poate necesita un timp mai lung și poate reduce conținutul de compuși bioactivi. Uscarea prin infraroșu oferă o eficiență energetică superioară și o retenție mai bună a substanțelor active, iar metodele hibride – ce combină aerul cald cu radiația infraroșie – permit reducerea timpului de proces și obținerea unui produs mai uniform, cu proprietăți nutriționale îmbunătățite (Iușan et al., 2020).

Optimizarea acestor tehnici se realizează prin modelarea matematică a cineticii procesului de uscare, utilizând modele empirice sau semi-teoretice (Page, Logaritmice), care permit estimarea parametrilor tehnologici optimi. Cercetările vizează selectarea modelelor adecvate și a condițiilor care asigură obținerea unor produse uscate de calitate superioară, cu proprietăți nutritive și organoleptice valoroase (Șleagun, 2024).

3.1 Cinetica procesului de uscare a tescovinei de mere, struguri, tomate prin convecție și convecție combinată cu IR în funcție de diferiți parametri

Cercetarea a fost axată pe analiza procesului de uscare a tescovinei de mere, struguri și tomate, prin metode convective și tehnici combinate bazate pe radiație

infraroșie. Studiul a stabilit influența temperaturii aerului și a radiației asupra cineticii de uscare, eficienței energetice și calității produsului final. Rezultatele obținute evidențiază relația dintre parametrii termici și caracteristicile produsului uscat, oferind direcții pentru optimizarea procesului în industria alimentară.



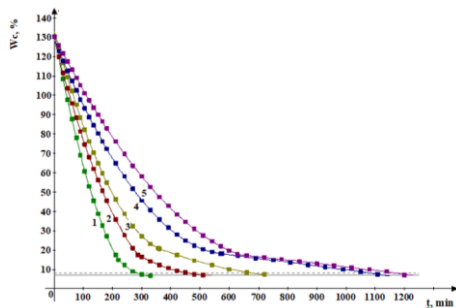
1 – 85 °C, 2 – 75 °C, 3 – 65 °C, 4 – 55 °C, 5 – 45 °C

Fig. 3.1 Curbele de uscare ale tescovinei de struguri prin convecție în flux paralel de aer la diferite temperaturi

În figurile 3.1–3.3 sunt prezentate curbele de uscare ale tescovinei de struguri obținute prin convecție și prin convecție combinată cu radiație infraroșie (1,33 și 2,0 kW/m²) la temperaturi cuprinse între 45 și 85 °C. Creșterea temperaturii aerului de uscare de la 45 °C până la 85 °C a redus durata totală a procesului cu 76% (convecție), 75% (IR 1,33 kW/m²) și 68% (IR 2,0 kW/m²).

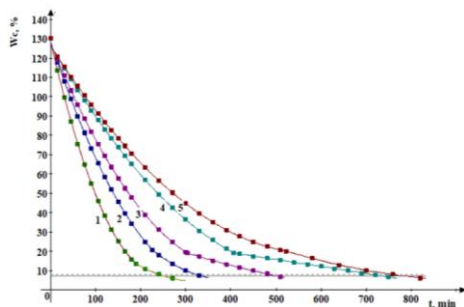
Analiza curbelor indică faptul, că uscarea tescovinei de struguri are loc integral în perioada de viteză descrescătoare, caracterizată prin două zone (II-1 și II-2).

Punctul critic Wcr II, corespunde tranziției între aceste etape, a fost determinat în intervalul 15,0–21,0% de substanțe uscate, reprezentând circa 11,5–16,0% din umiditatea inițială. Zona II-2, asociată uscării suplimentare până la 7,0% SU, deține o pondere mai mare la temperaturi scăzute (44,0–55,0%) și se reduce semnificativ la 85°C (25,0–29,0%). Aplicarea radiației infraroșii de 2,0 kW/m² a diminuat durata totală a uscării până la 45,0% la temperaturi joase și cu 27,0% la 85°C, demonstrând o eficiență superioară a transferului termic. Efectul este atribuit absorbției selective a



1 – 85 °C, 2 – 75 °C, 3 – 65 °C, 4 – 55 °C, 5 – 45 °C

Fig. 3.2 Curbele de uscare ale tescovinei de struguri prin convecție în flux paralel de aer și convecție combinată cu IR 1,33 kW/m² la diferite temperaturi



1 – 85 °C, 2 – 75 °C, 3 – 65 °C, 4 – 55 °C, 5 – 45 °C

Fig. 3.3 Curbele de uscare ale tescovinei de struguri prin convecție în flux paralel de aer și convecție combinată cu IR 2,0 kW/m² la diferite temperaturi

radiației de către apa din produs și penetrării termice îmbunătățite. Rezultatele confirmă eficiența tehnologiei combinate IR–convecție pentru uscarea tescovinei de struguri, permițând reducerea consumului energetic și menținerea calității produsului final.

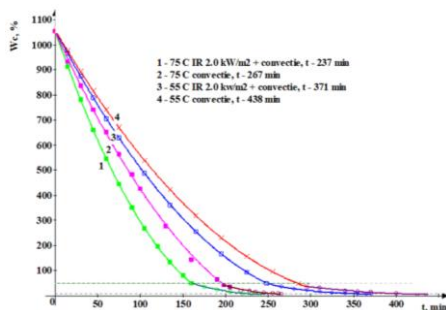


Fig. 3.4 Curbele de uscare ale tescovinei de tomate prin convecție în flux paralel de aer la temperaturi între 55–75°C

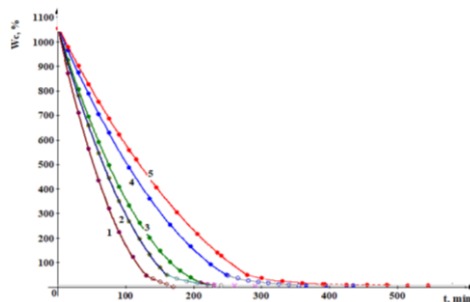


Fig. 3.5 Curbele de uscare ale tescovinei de tomate prin convecție în flux paralel de aer la diferite temperaturi

În fig. 3.4 sunt prezentate curbele de uscare în regim convectiv (55 și 75°C). În fig. 3.5 este prezentată variația conținutului de umiditate al tescovinei de tomate în timpul deshidratării sub acțiunea radiației infraroșii (2 kW/m²) în flux de aer cald (3 m/s), la temperaturi între 45–85 °C (regim combinat).

Durata uscării, de la 1055 min la 7 % umiditate (în SU), a variat între 546–165 min pentru regimul combinat (45–85 °C) și între 284–196 min pentru regimul convectiv (55–75 °C). Creșterea temperaturii aerului a redus semnificativ timpul de uscare în ambele regimuri. La temperaturi egale, uscarea combinată a fost mai rapidă decât cea convectivă cu 11,2 % la 75 °C și cu 15,3 % la 55 °C, confirmând eficiența radiației infraroșii la temperaturi moderate. Curbele de uscare evidențiază doar perioada cu viteză descrescătoare și un punct de inflexiune (al doilea punct critic), situat la 51,35±1,17 % SU pentru regimul combinat și la 38–44 % SU pentru regimul convectiv. Zona I (≈95 % din apa eliminată) și zona II (≈5 %) se disting prin contribuții diferite, durata celei din urmă reducându-se odată cu creșterea temperaturii, fapt ce indică necesitatea ajustării condițiilor de finisare a uscării.

Aceste observații sunt în concordanță cu rezultatele obținute de Bhatkar et al. (2021) și Conte et al. (2024), care au confirmat relevanța modelelor cinetice în două trepte pentru descrierea procesului de uscare. Concluzii similare privind efectul pozitiv al radiației infraroșii asupra cineticii uscării au fost obținute și de Huang et al. (2021).

Pentru analiza procesului de uscare a tescovinei de mere, au fost obținute grafic curbele $W-\tau$ (fig. 3.6–3.8), curbele vitezei de uscare $dW/d\tau-W$ (fig. 3.9–3.11) și variația temperaturii ponderate $\theta-W$ (fig. 3.12–3.14), evidențiind dinamica pierderii de umiditate și evoluția termică a produsului.

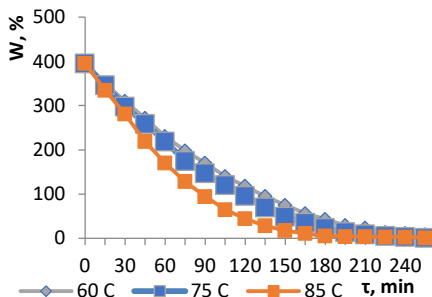


Fig. 3.6 Curbele de uscare a tescovinei de mere la viteza constantă ($v=2\text{m/s}$) și temperaturi variate de aer, $^{\circ}\text{C}$: 60, 75, 85.

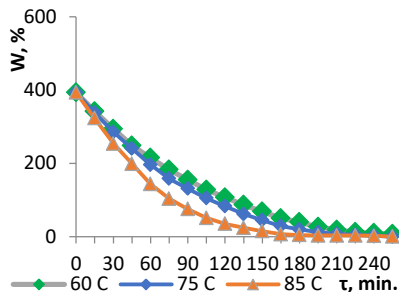


Fig. 3.7 Curbele de uscare a tescovinei de mere la viteza constantă ($v=3\text{m/s}$) și temperaturi variate de aer, $^{\circ}\text{C}$: 60, 75, 85.

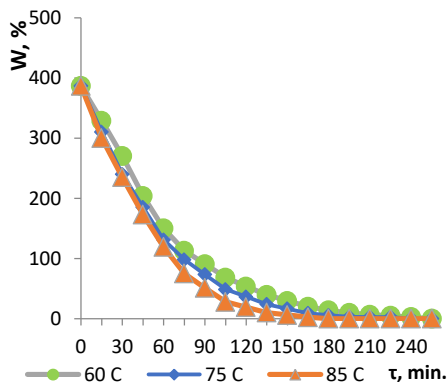


Fig. 3.8 Curbele de uscare a tescovinei de mere la viteza constantă ($v=4\text{m/s}$) și temperaturi variate de aer, $^{\circ}\text{C}$: 60, 75, 85

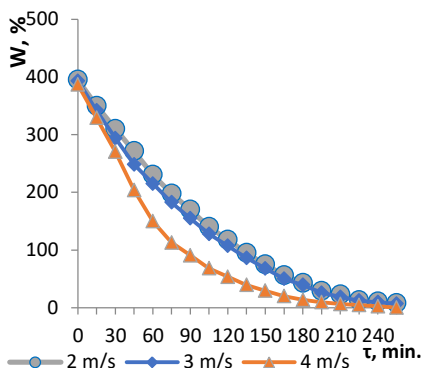


Fig. 3.9 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura 60°C

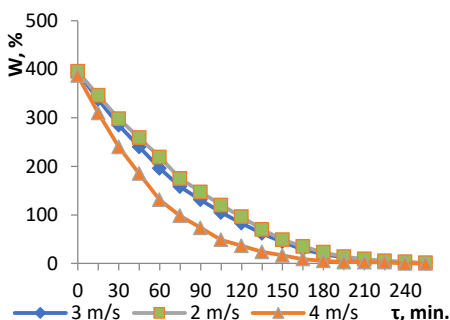


Fig. 3.10 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura 75°C

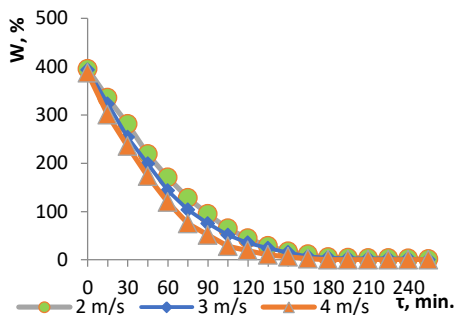


Fig. 3.11 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura 85°C

Analiza curbelor de uscare (fig. 3.6–3.11) obținute pentru tescovina de mere deshidratată la viteze ale aerului de 2–4 m/s și temperaturile de 60–85°C evidențiază influența semnificativă a parametrilor tehnologici asupra cineticii procesului. Creșterea temperaturii și a vitezei aerului accelerează uscarea, efectul fiind mai pronunțat între temperaturi 75–85°C, unde transferul de căldură și evaporarea apei sunt mai intensificate. Majorarea vitezei aerului de la 2 pînă la 4 m/s a redus durata procesului cu 20 minute per treaptă, însă la 85 °C impactul suplimentar a fost limitat (≈ 15 minute), ceea ce indică la o restricționare a procesului prin difuzia internă a umidității. Influența acestor parametri este mai evidentă în faza inițială, când umiditatea este ridicată, diminuându-se ulterior odată cu creșterea gradului de legare a apei. Rezultatele obținute indică, că regimul optim este la temperatura de 75 °C și viteza aerului de 3m/s, care oferă un compromis favorabil între eficiența energetică și durata procesului, evitând suprasolicitarea sistemului la condiții extreme.

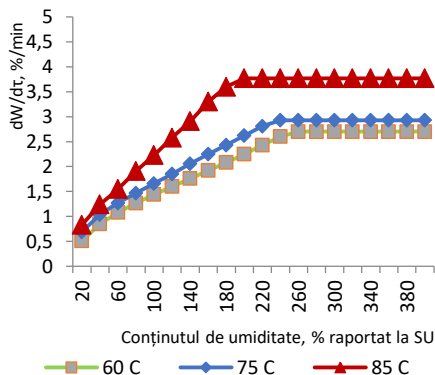


Fig. 3.12 Dinamica de uscare a tescovinei de mere la viteza constantă a aerului ($v=2\text{m/s}$) și diferite temperaturi, °C: 60, 75, 85

Analiza procesului de uscare a tescovinei de mere (fig. 3.12–3.14) evidențiază influența combinată a temperaturii și vitezei aerului asupra cineticii de deshidratare. Creșterea temperaturii de la 60 °C pînă la 85 °C determină o intensificare semnificativă a procesului, atingându-se viteza maximă de uscare la 85 °C. Totodată, la viteze ale aerului mai mari (3–4 m/s), diferențele dintre regimurile termice de 75°C și 85°C devin minore, indicând reducerea eficienței creșterii temperaturii.

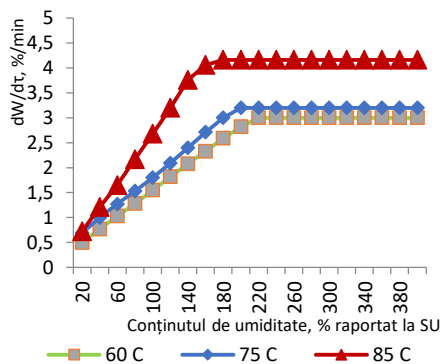


Fig. 3.13 Dinamica de uscare a tescovinei de mere la viteza constantă a aerului ($v=3\text{m/s}$) și diferite temperaturi, °C: 60, 75, 85

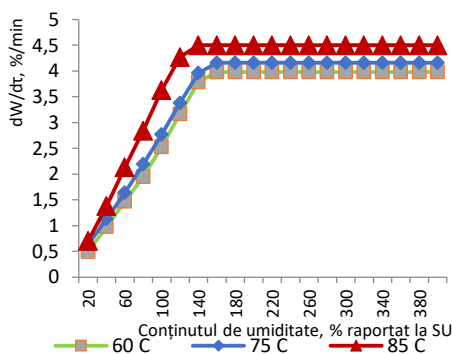


Fig. 3.14 Dinamica de uscare a tescovinei de mere la viteza constantă a aerului ($v=4\text{m/s}$) și diferite temperaturi, °C: 60, 75, 85

La viteza aerului 4 m/s, curbele de uscare sunt linii convergente, iar la 85°C nu se mai observă o accelerare notabilă a procesului, ceea ce semnaleză atingerea unui prag critic de intensificare. În aceste condiții, creșterea vitezei aerului peste 3 m/s nu aduce beneficii semnificative, conducând doar la un consum energetic suplimentar. Rezultatele confirmă, că regimul optim pentru uscarea tescovinei de mere este temperatura 75 °C și viteza aerului 3 m/s, parametri, care asigură un echilibru între durata procesului și eficiența energetică. Efectul temperaturii și al vitezei aerului este predominant în fazele inițiale ale uscării, când apă liberă se evaporă rapid, reducându-se în etapele finale, când apa este legată capilar sau molecular.

În așa fel, se recomandă aplicarea unui regim dinamic, în etape, cu temperatură și viteză ridicată în faza inițială, urmată de o etapă de finisare cu parametri moderați, pentru a optimiza consumul energetic și a conserva compoziții valoroși a produsului.

3.2 Dependența duratei de uscare de încărcătura și temperatura procesului de uscare a tescovinei de mere

Numeroase studii descriu procesul de uscare convectivă a merelor și evaluează calitatea produsului deshidratat; doar un număr redus de cercetări abordează uscarea tescovinei de mere. Modelarea acestui proces este complexă din cauza compoziției eterogene a tescovinei, care conține pulpă, semințe, coji și pețiole în proporții variabile (Aidigie et al., 2007). În figurile 3.6–3.11 sunt prezentate curbele de uscare $W^u=f(\tau)$, iar în figurile 3.12–3.14 — curbele vitezei de uscare $\frac{dW^u}{d\tau} = f(W^u)$ pentru viteze ale aerului de 2, 3 și 4 m/s și temperaturile 60, 75 și 85 °C. Analiza datelor evidențiază existența a două perioade distincte: perioada cu viteză constantă de uscare și cea cu viteză descrescătoare, confirmând observațiile obținute de Ceško et al. (2022). Limita dintre acestea este definită de conținutul critic de umiditate W_{cr}^u .

Creșterea temperaturii aerului de la 60 până la 85 °C a determinat scăderea valorilor W_{cr}^u de la 230 până la 170 % s.u. (2 m/s), de la 215 până la 143 % s.u. (3 m/s) și de la 150 până la 119 % s.u. (4 m/s), concomitent cu majorarea vitezei de uscare maxime (N) în prima perioadă de până la 1,4 ori (2–3 m/s) și 1,1 ori (4 m/s). Intensificarea efectului temperaturii este mai pronunțată în intervalul 75–85°C.

De asemenea, creșterea vitezei aerului de la 2 la 4 m/s a redus W_{cr}^u de la 230 până la 150 % s.u. până la 60 °C, de la 219 la 131 % s.u. până la 75 °C și de la 170 până la 119 % s.u. la 85 °C. Viteza maximă de uscare a crescut de 1,5 ori între 60–75 °C și de 1,2 ori la 85 °C. La temperatura de 85 °C s-a observat o dependență aproape liniară între viteza de uscare (N) și viteza aerului (V) în intervalul 2–4 m/s, indicând o intensificare constantă a procesului la regimurile termice înalte.

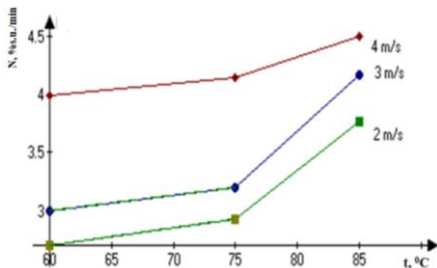


Fig. 3.15 Dependența vitezei de uscare maxime de temperatura aerului pentru diferite viteze de aer: 2, 3 și 4 m/s

Analiza relațiilor grafice a demonstrat, că atât temperatura, cât și viteza aerului exercită o influență semnificativă asupra vitezei și duratei procesului de uscare, amplitudinea efectului variind în funcție de condițiile tehnologice.

Creșterea temperaturii aerului de la 60°C pînă la 75 și 85°C a determinat o reducere progresivă a timpului total de uscare (de la $W_0^u = 393 \pm 3 \%$ pînă la $W_f^u = 8\%$) cu rapoarte de 1:1,2:1,4 la 2 m/s; 1:1,3:1,5 la 3 m/s și 1:1,2:1,45 la 4 m/s. Durata primei perioade a reprezentat 24–37% din timpul total la viteze de 2–3 m/s și 29–42% la 4 m/s, în această etapă evaporându-se 42–58%, 46–65% și 63–71% din umiditatea totală, respectiv. Creșterea vitezei aerului de la 2 la 4 m/s a redus durata totală a uscării cu rapoarte de 1:1,02:1,23 la 60°C; 1:1,04:1,29 la 75°C și 1:1,10:1,27 la 85°C. Reducerea cea mai pronunțată a fost obținută la 75–85 °C și viteze de 2–4 m/s. Raportul duratei primei perioade față de timpul total de uscare a variat între 24–31% la 60 °C, 28–35% la 75 °C și 33–42% la 85 °C, corespunzător unei pierderi de umiditate de 42–63%, 45–68% și 58–71%, respectiv.

Eficiența primei perioade de uscare este determinată de structura stratului de produs (grosime, porozitate, distribuția particulelor) și de intensitatea contactului dintre produs și agentul de uscare, asociată cu reducerea grosimii stratului limită și intensificarea transferului de căldură. Creșterea simultană a temperaturii și vitezei aerului conduce la extinderea primei perioade și la intensificarea evaporării inițiale, în

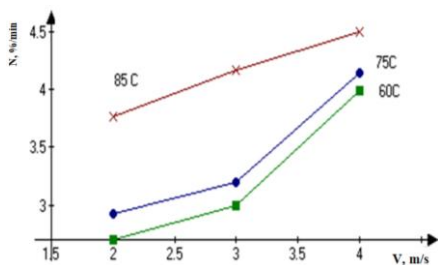


Fig. 3.16 Dependența vitezei de uscare maxime de viteza aerului pentru diferite temperaturi de aer: 60, 75 și 85 °C

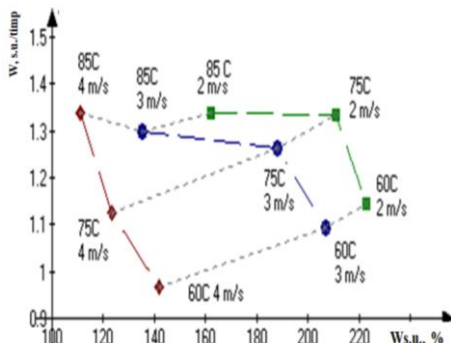
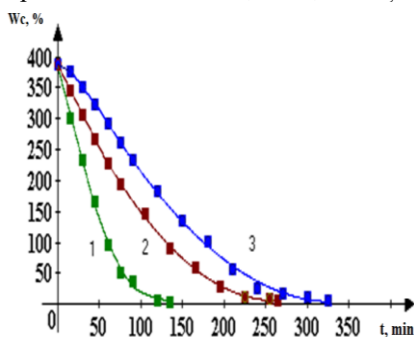


Fig. 3.17 Viteza medie de uscare a tescovinei de mere în perioada descrescătoare a vitezei de uscare în funcție de cantitatea de umiditate care trebuie îndepărtată în această perioadă, W, % SU

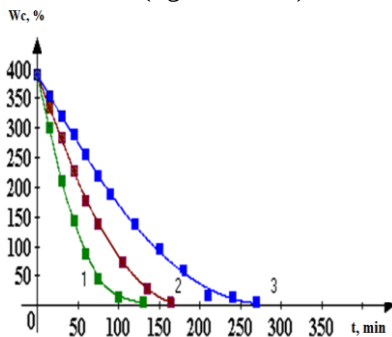
care se elimină 42–71% din umiditatea totală, confirmând rolul decisiv al parametrilor fluxului de aer asupra cineticii de uscare a tescovinei de mere.

În a doua perioadă, caracterizată prin scăderea vitezei de uscare, reducerea umidității este limitată de procesele interne de difuzie. Pe măsură ce conținutul de apă scade, energia de legare a umidității cu matricea solidă crește, iar transferul are loc predominant prin difuzia vaporilor prin stratul uscat, a cărui grosime sporește progresiv (Acevedo et al., 2006).

Analiza cineticii de uscare a evidențiat, că a doua perioadă corespunde unor intervale diferite de conținut de umiditate, influențate de parametrii fluxului de aer. Pentru caracterizarea acestei etape s-a utilizat viteza medie de uscare $((\Delta W/\Delta \tau) = (W_{cr}/u - 8)/(\tau_f - \tau_{cr}))$, ale cărei valori, în funcție de condițiile experimentale, sunt prezentate în figura 3.17. Din fig. 3.17 rezultă, că evaporarea umidității în a doua perioadă de uscare a tescovinei de mere este determinată de temperatura aerului și este practic independentă de viteza aerului. O temperatură mai înaltă are ca rezultat o forță motrice mai mare pentru schimbul de căldură și promovează redistribuirea umidității interne, acesta fiind factorul care determină viteza de uscare în această fază. Studiul influenței încărcăturii de produs asupra cineticii procesului de uscare a tescovinei de mere a fost efectuat în trei serii de experimente, modificând încărcătura inițială de produs pe suprafața de uscare cu 6 kg/m²; 10 kg/m²; 15 kg/m² la parametri constanți: temperatura aerului 60°C, 75°C, 85°C și viteza aerului 4 m/s (fig. 3.18-3.20).



1- 6 kg/m²; 2- 10 kg/m²; 3 - 15 kg/m²
Fig. 3.18 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura de 60°C și diferite încărcături.



1- 6 kg/m²; 2- 10 kg/m²; 3 - 15 kg/m²
Fig. 3.19 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura de 75°C și diferite încărcături.

Din fig. 3.18–3.20 rezultă, că atât temperatura aerului, cât și încărcătura de produs influențează semnificativ durata uscării tescovinei de mere. Temperaturile mai înalte accelerează atingerea umidității țintă, însă la temperatură peste 75 °C apar reacții ireversibile și interacțiuni ale microelementelor cu oxigenul, afectând viteza de uscare. În același timp, o încărcătură mai mare prelungește semnificativ timpul total de uscare, independent de temperatura aerului. Durata procesului de uscare, în funcție de parametrii tehnologici aplicați, este prezentată în tab. 3.1

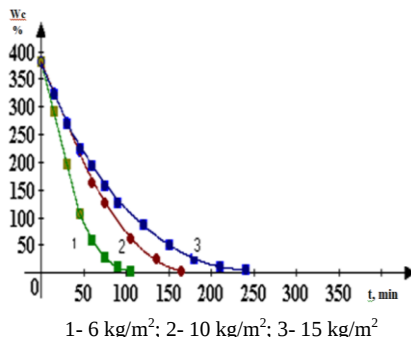


Fig. 3.20 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura de 85°C și diferite încărcături.

Tabelul 3.1 Durata procesului de uscare cu încărcătură și temperaturi variabile

Durata procesu- lui de uscare, min.	Încărcătura								
	6 kg/m ²			10 kg/m ²			15 kg/m ²		
	60°C	75°C	85°C	60°C	75°C	85°C	60°C	75°C	85°C
	120,0	126,0	100,0	255,0	163,0	161,0	325,0	268,0	238,0

Din tab. 3.1 se poate observa o tendință importantă a procesului de uscare, conform căreia durata uscării scade proporțional cu creșterea temperaturii agentului de uscare. Totodată, la o temperatură constantă, creșterea cantității de material încărcat conduce la o prelungire directă a timpului de uscare. Cesco et al. (2023) menționează, că modificarea temperaturii aerului pe parcursul uscării convective de la 60 pînă la 80°C reduce durata de uscare de 1,6 ori, și a obținut o creștere a vitezei de uscare de 1,4 ori. Uscarea optimă la 61°C cu o densitate de încărcare de 0,8 g/cm³ permite o modificare minimă a culorii, studiu realizat în baza programului „Visual Basic” (Kaur, 2018).

3.3 Elaborarea modelului matematic al procesului de uscare a tescovinelor de mere, struguri și tomate

Un obiectiv al cercetării a fost stabilirea dependenței umidității tescovinei de mere (W) de durata procesului de uscare (τ), temperatura aerului (t) și viteza fluxului de aer (v). Analiza datelor experimentale a demonstrat, că în intervalul 0–60 min, reducerea umidității are un profil aproximativ liniar, corespunzător unei viteze de uscare constante pentru fiecare regim. După 60 min, profilul devine încovoiat, iar viteza de uscare încetinește progresiv. Ecuațiile de regresie, atât liniare, cât și de ordinul II, au fost determinate folosind programele *Advanced Grapher 2.0* și *Microsoft Excel*; excepție fac regimurile cu viteza fluxului de 4 m/s pe segmentul 60–255 min, pentru care, modelele propuse de software nu s-au potrivit suficient cu datele experimentale.

Ecuatiile obținute au fost implementate în *Microsoft Excel*, iar pe baza valorilor calculate au fost generate reprezentări grafice tridimensionale (3D), care ilustrează evoluția uscării la viteze de aer de 2 m/s și 3 m/s, prezentate în fig. 3.21 și 3.22. Astfel, modelele matematice permit vizualizarea și evaluarea influenței parametrilor tehnologici asupra cineticii uscării.

Reprezentarea din fig. 3.21 evidențiază modelul matematic al uscării la viteza aerului de 2 m/s, demonstrând scăderea progresivă a umidității în timp. Temperatura aerului influențează semnificativ procesul: la valori mai ridicate, uscarea se accelerează, confirmând tendințele caracteristice uscării convective.

Fig. 3.22 ilustrează evoluția uscării la viteza aerului de 3 m/s, evidențiind o accelerare mai pronunțată a procesului comparativ cu viteza 2 m/s, ceea ce subliniază influența crescută a vitezei aerului asupra transferului de masă. Creșterea temperaturii continuă să accelereze uscarea, efectul combinat al temperaturii și vitezei fiind mai vizibil în fazele inițiale, când umiditatea produsului este mai înaltă.

Analiza comparativă a fig. 3.21 și 3.22 demonstrează, că majorarea vitezei aerului reduce mai rapid umiditatea în faza liniară a procesului, iar în faza neliniară uscarea se apropie mai rapid de valoarea finală, mai ales la

combinații favorabile de temperatură și viteză. Efectul temperaturii asupra duratei totale de uscare este mai pronunțat la viteze mai mici, iar la viteze înalte impactul adițional al temperaturii scade, indicând un prag de eficiență. Aceste observații subliniază necesitatea ajustării vitezei aerului în funcție de temperatura selectată și de faza procesului, pentru optimizarea consumului energetic și menținerea calității produsului final.

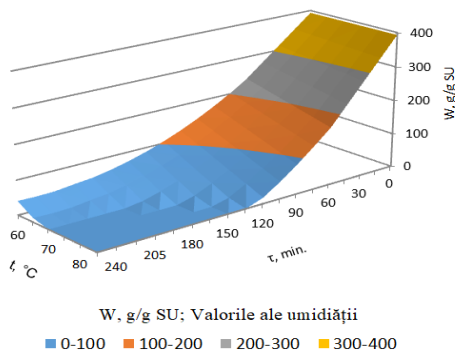


Fig. 3.21 Reprezentarea grafică a modelului matematic a uscării la viteza fluxului de 2 m/s

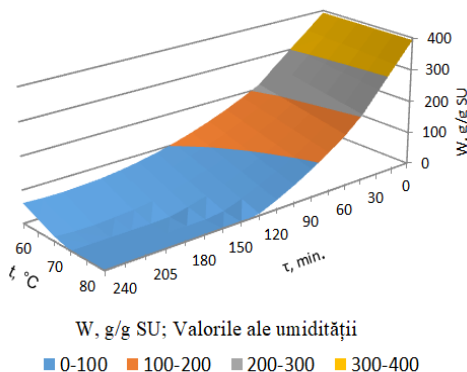


Fig. 3.22 Reprezentarea grafică a modelului matematic a uscării la viteza fluxului de 3 m/s

A fost constatat, că valorile umidității diminuează intens în prima fază a procesului și fiecărei valori de temperatură îi corespunde un segment de timp, unde fenomenul deshidratării derulează conform unei ecuații de regresie de ordinul II. De asemenea, a fost demonstrat, că ecuațiile de regresie au puncte de inversie, după care procesul devine lent și valorile umidității diminuează conform altor ecuații de regresie.

Paralel, au fost efectuate calculele pentru modelul matematic al procesului de uscare, reprezentat preponderent prin ecuații polinomiale, în care valorile umidității scad odată cu creșterea duratei și a temperaturii. În mod deosebit a fost stabilit, că la uscarea tescovinei de tomate cu radiație infraroșie au fost identificate ecuații exponențiale, iar pentru uscarea prin convecție a tescovinei de struguri a fost utilizată o ecuație de ordin superior. Toate ecuațiile obținute au fost obținute în *Microsoft Excel*, iar pe baza valorilor calculate au fost generate trei reprezentări grafice tridimensionale (fig. 3.23–3.25), ilustrând evoluția procesului de uscare.

Fig. 3.23 ilustrează modelul matematic al uscării tescovinei de struguri prin convecție, evidențiind scăderea umidității în funcție de durata procesului și temperatura aerului. Se observă, că pe măsură ce temperatura crește, procesul de uscare se accelerează, confirmând corelația directă între temperatura fluxului de aer și intensitatea deshidratării.

În fig. 3.24 este prezentat modelul matematic al uscării tescovinei de struguri prin convecție combinată cu radiație infraroșie ($1,33 \text{ kW/m}^2$). A fost stabilit, că scăderea constantă a umidității odată cu durata procesului, temperatura aerului are un impact direct asupra ratei de uscare. Aplicarea undelor infraroșii accelerează semnificativ

deshidratarea, confirmând tendințele generale ale uscării combinate.

Prezentarea grafică din fig. 3.25, evidențiază modelul matematic al uscării tescovinei de struguri utilizând exclusiv radiație infraroșie (100%). Huang (2021) confirmă, că utilizarea radiației infraroșii în procesul de uscare îmbunătățește semnificativ cinetica uscării, reducând timpul și consumul de energie, datorită pătrunderii eficiente în masa produsului. Delfiya et al. (2022) deasemenea evidențiază avantajele acestei metode privind uniformitatea încălzirii și calitatea finală a produsului, inclusiv păstrarea compușilor bioactivi și a culorii naturale.

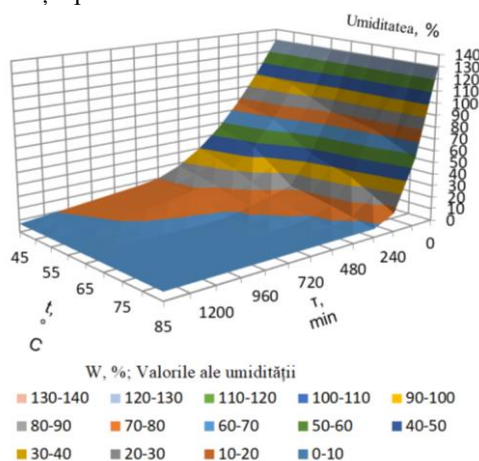


Fig. 3.23 Reprezentarea grafică a modelului matematic privind procesul de uscare a tescovinei de struguri prin convecție

Din fig 3.25 se observă o reducere semnificativă a umidității materialului pe măsură ce durata procesului de uscare crește. În regimul combinat de uscare, temperatura fluxului de aer contribuie la intensificarea procesului prin facilitarea transportului umidității de la suprafața materialului, însă efectul predominant îl are radiația infraroșie, care pătrunde mai eficient în masa produsului și accelerează procesul de uscare în comparație cu metodele convenționale. Sinergia dintre convecția aerului cald și transferul de energie prin radiație infraroșie determină o reducere semnificativă a duratei procesului de uscare și o creștere a eficienței energetice. La temperaturi mai înalte, rata de scădere a umidității este accelerată, confirmând eficiența superioară a radiației infraroșii în procesele de deshidratare. Metoda de uscare influențează semnificativ dinamica reducerii umidității tescovinei de struguri. În așa fel a fost stabilit, că utilizarea exclusivă a convecției duce la un proces de uscare mai lent, în timp ce combinarea convecției cu radiația infraroșie accelerează semnificativ scăderea umidității. Cea mai eficientă metodă s-a dovedit a fi uscarea utilizând 100% radiație infraroșie, care permite o reducere rapidă și uniformă a umidității materialului. Astfel, radiația infraroșie reprezintă o tehnologie de perspectivă pentru optimizarea procesului de uscare a tescovinei de struguri, reducând timpul necesar și îmbunătățind eficiența energetică.

3.4 Influența factorului termic asupra calității tescovinei de mere și tescovinei de struguri în procesul de uscare

În timpul procesării fructelor au loc reacții chimice complexe, care determină apariția fenomenului de brunificare, manifestat prin formarea compușilor colorați, cu

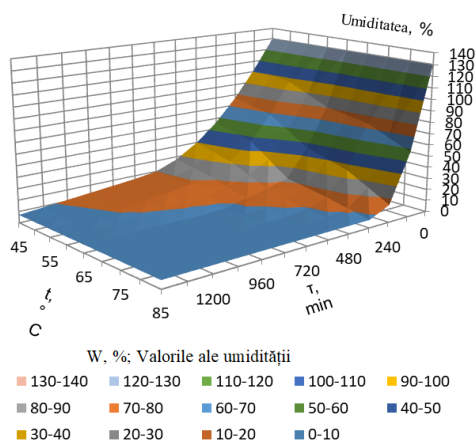


Fig. 3.24 Reprezentarea grafică a modelului matematic privind procesul de uscarea tescovinei de struguri prin convecție + unde infraroșii ($1,33\text{kWt/m}^2$)

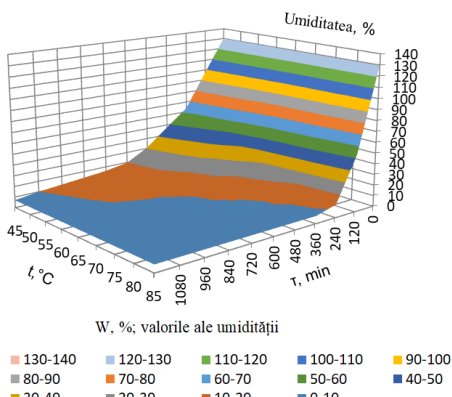


Fig. 3.25 Reprezentarea grafică a modelului matematic privind procesul de uscare a tescovinei de struguri prin convecție + unde infraroșii ($2,0\text{kWt/m}^2$)

nuanțe de la galben-maro până la negru. Aceste modificări se datorează reacțiilor Maillard, proceselor de caramelizare, precum și reacțiilor oxidative de natură enzimatică sau neenzimatică. (Mi Moon et al., 2020; Bykova et al., 2015). Acești compuși influențează negativ culoarea, gustul și aroma produsului, motiv pentru care indicele de brunificare este utilizat ca indicator al calității tescovinei uscate. Intensitatea brunificării depinde de temperatură, durata uscării, conținutul de umiditate, oxigen, activitatea enzimatică și disponibilitatea substratului. Temperatura maximă admisibilă a produsului reprezintă criteriul principal în alegerea regimului de uscare, influențând eficiența procesului și calitatea finală (Petrescu et al., 2019). Evaluarea acțiunii termice și a temperaturii ponderate permite compararea eficienței diferitelor regimuri și analiza modificărilor substanțelor din produs.

Pentru determinarea sarcinii termice și a temperaturii ponderate au fost utilizate relațiile grafice dintre temperatura tescovinei de mere și durata procesului de uscare convectivă, prezentate în fig.3.26–3.28.

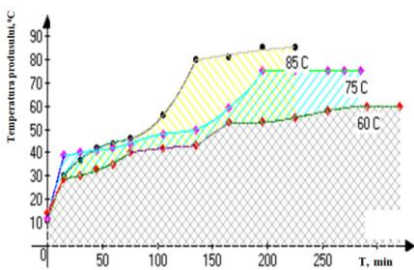


Fig. 3.26 Dependenta temperaturii tescovinei de mere în funcție de durata uscării la viteza constantă $V=2\text{m/s}$ și temperaturi variate de aer, $^{\circ}\text{C}$: 60, 75, 85

Analiza fig. 3.26–3.28 demonstrează, că temperatura produsului crește rapid în primele minute ale uscării, apoi ritmul de încălzire scade treptat, iar spre final temperatura produsului se apropie de cea a aerului de uscare.

Rezultatele obținute indică faptul, că temperaturile ponderate reflectă influența combinată a temperaturii și duratei asupra

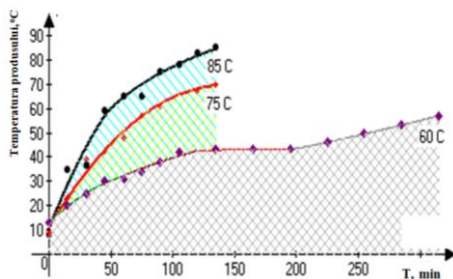


Fig. 3.27 Dependenta temperaturii tescovinei de mere în funcție de durata uscării la viteza constantă $V=3\text{ m/s}$ și temperaturi variate de aer, $^{\circ}\text{C}$: 60, 75, 85

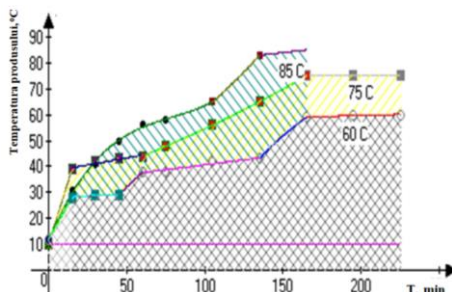


Fig. 3.28 Dependenta temperaturii tescovinei de mere în funcție de durata uscării la viteza constantă $V=4\text{m/s}$ și temperaturi variate de aer, $^{\circ}\text{C}$: 60, 75, 85

indicelui de brunificare al tescovinei de mere, care crește liniar odată cu temperatura. Această corelație permite evaluarea și optimizarea brunificării, asigurând menținerea calității produsului final (Li et al., 2023).

Analiza fig. 3.29 arată, că pe măsură ce crește viteza și temperatura aerului de uscare, indicele de brunificare al tescovinei de mere scade, iar rata acestei scăderi devine mai accentuată la viteze mai mici ale agentului de uscare. Această tendință indică faptul, că pe parcursul procesului de uscare pot apărea reacții enzimatice de brunificare, determinate de condițiile favorabile de temperatură și umiditate.

Analiza indicelui de brunificare demonstrează, că odată cu creșterea vitezei și temperaturii aerului de uscare, valoarea acestuia scade, iar scăderea devine mai accentuată la viteze mai mici. Această evoluție reflectă reacțiile enzimatice de brunificare, favorizate de condițiile optime de temperatură și umiditate, în care enzima polifenoloxidază oxidează polifenolii din mere prin interacțiunea cu oxigenul atmosferic, fenomen confirmat de Petrescu et al. (2019).

În fig. 3.30 este prezentată variația temperaturii tescovinei de struguri în timpul uscării la diferite temperaturi ale aerului, comparând trei metode: a) uscarea convectivă; b) uscarea combinată convectivă + radiație IR 2,0 kW/m²; c) uscarea combinată convectivă + radiație IR 1,33 kW/m².

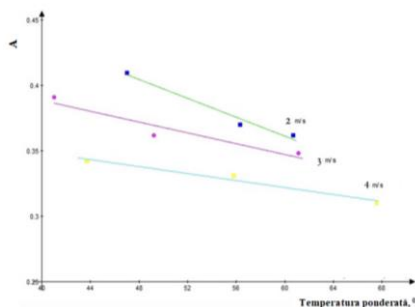
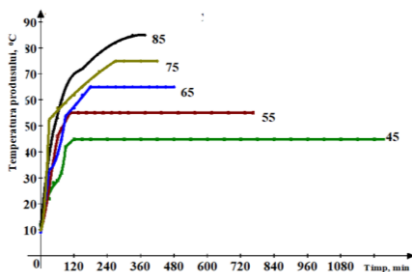
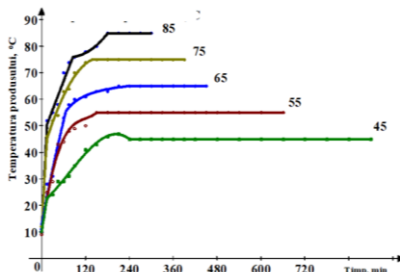


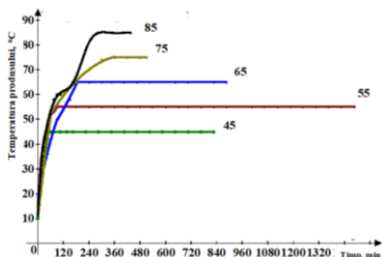
Fig. 3.29 Variația indicelui de brunificare în funcție de temperatura ponderată



a)



b)



c)

Fig. 3.30 Evoluția temperaturii tescovinei de struguri în timpul procesului de uscare pentru trei metode de uscare: a) convectivă; b) combinată (convecție + IR 2,0 kW/m²); c) combinată (convecție + IR 1,33 kW/m²) la diferite temperaturi ale aerului

Dependențele grafice obținute au fost utilizate pentru a calcula sarcina termică asupra produsului și temperatura medie ponderată a produsului pentru întreaga perioadă a procesului de uscare.

Analiza comparativă a metodelor de uscare (fig. 3.31) denotă, că metodele combinate reduc semnificativ indicele de brunificare în comparație cu uscarea convectivă tradițională, valorile maxime ale brunificării fiind înregistrate la 45°C și aproximativ 70°C. Aceste rezultate sunt obținute de Heras-Ramírez et al. (2011), care au evidențiat, că temperaturile ridicate reduc polifenolii și flavonoidele, intensificând brunificarea, în timp ce metodele combinate, precum blanchingul urmat de uscarea la temperaturi moderate, păstrează calitatea produsului și conservă compușii bioactivi.

Uscarea combinată reprezintă o strategie eficientă pentru optimizarea procesului, reducerea brunificării și menținerea proprietăților nutriționale ale tescovinei de mere. Brunificarea la temperaturi scăzute rezultă în principal din activitatea enzimelor

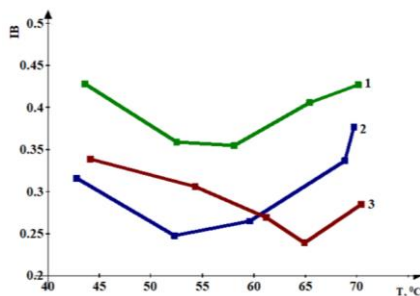


Fig. 3.31 Modificarea valorilor indicelui de brunificare în funcție de temperatura medie ponderată a produsului la deshidratarea tescovinei de struguri prin diferite metode de uscare: 1) convectivă; 2) combinată: convecție + IR 2,0 kW/m²; 3) combinată: convecție + IR 1,33 kW/m².

oxidative, favorizată de o eliminare lentă a umidității, temperaturi insuficiente pentru inactivarea enzimelor și efectele radiației infraroșii.

Pe măsură ce temperatura de uscare și temperatura produsului cresc, se observă accelerarea reducerii umidității, scurtarea perioadei favorabile reacțiilor enzimactice oxidative și inhibarea activității enzimactice. La temperaturi mai înalte și umiditate scăzută, se declanșează reacțiile amino-carbonilice, oxidarea neenzimatică și caramelizarea. O intensitate mai mare a radiației IR poate conduce la supraîncălzirea locală a produsului, mai ales când conținutul de umiditate este redus, accelerând astfel procesul de uscare.

4. ELABORAREA TEHNOLOGIILOR DE FABRICARE A PRODUSELOR ALIMENTAȚIEI SĂNĂTOASE ÎN BAZA MATERIEI PRIME AUTOHTONE

4.1 Elaborarea tehnologiilor de fabricare a produselor alimentare extrudate în baza culturilor cerealiere și deșeurilor industriei conservelor

Cercetările în domeniul produselor alimentare extrudate au un rol esențial în dezvoltarea unei alimentații sănătoase și diversificate. Acestea urmăresc extinderea sortimentului de produse obținute din materii prime autohtone, în special cereale, valorificând totodată deșeurile agroalimentare. Procesul de extrudare permite obținerea unor produse cu durabilitate sporită, ușor de consumat și cu valoare nutrițională înaltă.

Un obiectiv major îl constituie diversificarea produselor cerealiere extrudate, prin fortificarea acestora cu ingrediente funcționale: fibre alimentare, vitamine, acizi grași nesaturați, minerale, probiotice și prebiotice pentru îmbunătățirea valorii nutriționale (Iușan, 2023). În acest context este necesar de a stabili unele standarde clare privind conținutul de fibre, având în vedere că produsele cu minimum 3 g/100 g sunt considerate surse bune, iar cele cu peste 6 g/100 g sunt bogate în fibre. Respectarea acestor cerințe este reglementată de legislația Republicii Moldova privind etichetarea produselor alimentare (Mihu, 2012; Iușan și al., 2022).

Elaborarea rețetelor pentru produsele extrudate se realizează conform documentației normative și standardelor de siguranță alimentară, vizând echilibrul compozițional și inovația tehnologică. În general, cercetările în acest domeniu contribuie la obținerea unor produse nutritive și accesibile, care susțin sănătatea și bunăstarea consumatorilor pe termen lung.

În Republica Moldova, cercetările din domeniul alimentației vizează utilizarea completă a materiilor prime agricole și reducerea pierderilor tehnologice, în scopul creșterii eficienței economice și al promovării unui consum sustenabil (Nicolaeva et al., 2004). O direcție inovativă de cercetare o constituie elaborarea produselor alimentare extrudate din materii prime cerealiere și din deșeuri provenite din industria conservelor de fructe și legume. Procesul de extrudare permite transformarea acestor resurse secundare în produse funcționale cu valoare nutritivă și biologică ridicată, contribuind concomitent la protecția mediului și la diversificarea sortimentului alimentar. În scopul utilizării eficiente a deșeurilor vegetale în procesul de extrudare, a

fost optimizat procesul de uscare a materiilor prime secundare: tescovina de mere, struguri și tomate în funcție de regimul de temperatură și viteza fluxului de aer.

Pe baza pulberilor obținute din tescovinele de mere, tomate și struguri, au fost elaborate rețete pentru produse extrudate utilizând materii prime autohtone: porumbul soiul nr. 394 – în combinații variabile, după schemele:

1. porumb 100 % (martor);
2. porumb 90 % + 10 % pulbere de tescovină de mere;
3. porumb 80 % + 20 % pulbere de tescovină de mere;
4. porumb 95 % + 5 % pulbere de tescovină de tomate;
5. porumb 85 % + 15 % pulbere de tescovină de tomate;
6. porumb 90 % + 10 % pulbere de tescovină de struguri (Sauvignon);
7. porumb 80 % + 20 % pulbere de tescovină de struguri (Codrinschii).

În procesul de elaborare, au fost efectuate calcule pentru conținutul de fibre alimentare și optimizate parametrii de extrudare, identificându-se condițiile tehnologice, care maximizează eficiența procesului. Umiditatea materiei prime s-a dovedit critică pentru formarea structurii produsului extrudat, influențând gradul de expansiune și textura finală. Umiditatea optimă a amestecurilor a fost stabilită între 15 și 16 %, ce permite obținerea unei structuri poroase, crocante și omogene.

Extruderul a fost preîncălzit la 140–150°C, iar temperatura de procesare efectivă a variat între 90 și 120°C, în funcție de proporția deșeurilor vegetale, care influențează conductivitatea termică și eficiența transferului de căldură. Timpul de procesare a fost cuprins între 13 și 20 s, iar presiunea de lucru a variat între 24 și 30 atm. După extrudare, produsele au fost răcite treptat la 18–20 °C pentru stabilizarea proprietăților fizico-chimice și prevenirea modificărilor structurale, fiind ulterior ambalate în saci de polietilenă cu închidere ermetică pentru menținerea calității și prospețimii.

Aplicarea metodei diferențiate de evaluare a calității a permis optimizarea compoziției, obținându-se produse extrudate echilibrate din punct de vedere nutrițional și organoleptic. Rezultatele confirmă eficiența tehnologiei elaborate în valorificarea deșeurilor vegetale și relevanța acesteia pentru dezvoltarea durabilă a industriei alimentare din Republica Moldova. Studiul indicilor fizico-chimici ai produselor obținute a evidențiat parametri optimi, care influențează proprietățile tehnologice, valoarea nutrițională, stabilitatea structurală și capacitatea de reținere a apei și a uleiului, facilitând obținerea unor produse cu caracter funcțional și senzorial obține.

Tabelul 4.1 Indicii fizico-mecanici a produselor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor

Nr.	Denumirea produsului extrudat	Umiditatea, %	Coeficientul				Nota organoleptică*
			de gonflare	de reținere a apei	de reținere a uleiului	de dilatare	
1	Porumb soiul nr. 394 (control)	6,3	4,60	4,30	1,00	3,80	4,90
2	Porumb soiul nr. 394 + 10% pulbere de tescovină de mere	6,35	4,10	3,80	0,95	3,50	4,80
3	Porumb soiul nr. 394 + 20% pulbere de tescovină de mere	6,20	4,40	3,95	1,00	3,30	4,90
4	Porumb soiul nr. 394 + 5% pulbere de tescovină de tomate	5,95	3,95	4,05	0,85	3,70	4,50
5	Porumb soiul nr. 394 + 15% pulbere de tescovină de tomate	6,00	4,30	4,95	0,95	3,60	4,30
6	Porumb soiul nr. 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri Sauvignon	6,60	4,25	3,90	1,00	3,50	4,40
7	Porumb soiul nr. 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri Sauvignon	6,75	4,60	4,00	1,05	3,20	4,35
8	Porumb soiul nr. 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri Codrinschii	6,40	4,05	4,00	0,95	3,40	4,40
9	Porumb soiul nr. 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri Codrinschii	6,50	4,45	4,10	1,00	3,20	4,30
* - LEGENDĂ – Notă organoleptică max 5,0 puncte.							

Analiza datelor prezentate în tab. 4.1 evidențiază variațiile coeficienților fizico-mecanici ai produselor extrudate în funcție de compoziția amestecurilor. Coeficientul de dilatare a variat între 3,20 și 3,70, atingând valori maxime la adaosul de 10 % pulbere de tescovină, ceea ce indică o porozitate înaltă. La concentrații mai mari de pulbere (20%) expansiunea a scăzut, reflectând influența fibrelor vegetale asupra structurii produsului. Coeficientul de gonflare s-a situat între 3,95 și 4,60, înregistrând o ușoară creștere în amestecurile cu 20 % tescovină, datorată capacității diferite a fibrelor de a reține umiditatea și interacțiunii cu matricea amidonului în timpul extrudării.

Capacitatea de reținere a apei a fost cuprinsă între 3,80 și 4,30, crescând cu 3–5 % odată cu sporirea proporției de tescovină, ceea ce evidențiază o interacțiune mai intensă între componentele hidrofile și hidrofobe. Coeficientul de reținere a uleiului (0,85–1,05) a crescut cu aproximativ 5 % la adaosul de 20 % tescovină, corelat cu structura fibrelor și gradul lor de porozitate.

Rezultatele confirmă, că adaosul de tescovină influențează semnificativ proprietățile fizico-mecanice, îmbunătățind capacitatea de reținere a apei și a lipidelor

și sporind valoarea funcțională a produselor extrudate. Determinarea valorii nutritive (tab. 4.2–4.4) a relevat un conținut înalt de fibre alimentare și o îmbogățire în macronutrienți și compuși bioactivi, demonstrând eficiența valorificării deșeurilor vegetale în obținerea unor produse cu profil nutritional sporit.

Tabelul 4.2 Valoarea biologică a produselor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor din tescovină de tomate la 100g.

Nr.	Denumirea indicilor	Produs extrudat din 95% porumb soiul nr. 394+ 5% pulbere de tescovină de tomate	Produs extrudat din 85% porumb soiul nr. 394+ 15% pulbere de tescovină de tomate
1	Proteine, %	11,10±0,02	12,30±0,01
2	Grăsimi, %	5,03±0,08	6,60±0,01
3	Carbohidrați, %, inclusiv: fibre alimentare	70,41±0,01 10,84±0,02	67,60±0,01 14,10±0,01
Vitamine, mg			
4	Vitamina B ₁	0,38±0,03	0,37±0,1
5	Vitamina B ₂	0,10±0,02	0,13±0,01
6	Tocoferoli, inclusiv	8,02±0,11	24,03±0,08
7	α-tocoferoli	6,30±0,02	18,91±0,01
8	Caratenoizi, inclusiv	5,63±0,02	16,96±0,02
9	β-carotin	0,37±0,02	1,13±0,01
10	licopen	0,60±0,02	1,80±0,01
Macroelemente, mg			
11	K	350,07±1,18	419,75±0,73
12	Ca	60,72±0,05	114,80±0,01
13	Si	47,60±0,02	53,20±0,02
14	P	246,51±0,03	276,00±0,09
15	Mg	11,74±0,01	87,20±0,01
Microelemente, mg			
16	Fe	3,27±0,02	3,47±0,01
17	Zn	0,23±0,03	0,69±0,01
18	Mn	0,93±0,01	1,12±0,02
19	Se	8,31±0,02	24,69±0,02

Analiza produselor extrudate obținute din amestecuri de porumb (85%) și pulbere de tescovină de tomate (15%) a evidențiat o creștere semnificativă a valorii biologice a produsului (tab. 4.2). Această îmbunătățire se datorează conținutului ridicat de compuși bioactivi din tescovina de tomate, în special fibre alimentare și carotenoizi, care conferă produsului proprietăți funcționale și efecte benefice asupra sănătății. Rezultatele obținute sunt în corespundere cu cele raportate de Brighina et al. (2024), care au identificat concentrații mari de licopen, β-caroten și fibre dietetice în tescovina de tomate, precum și cu studiile lui Yagci et al. (2022), ce au demonstrat că adaosul acestora în produse extrudate sporește conținutul de compuși fenolici și licopen. Astfel, utilizarea tescovinei de tomate ca ingredient funcțional reprezintă o soluție

eficientă pentru îmbogățirea valorii nutriționale și bioactive a produselor extrudate, menținând totodată proprietățile lor tehnologice optime.

Pentru a evidenția efectul tescovinei de struguri asupra valorii biologice a produselor extrudate, au fost analizate amestecuri cerealiere îmbogățite cu acest subprodus, rezultatele fiind prezentate în tab. 4.3.

Tabelul 4.3 Valoarea biologică a produselor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor din tescovină de struguri la 100 g.

Nr.	Denumirea indicilor	Produs extrudat din 90% porumb soiul nr. 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri Sauvignon	Produs extrudat din 80% porumb soiul nr. 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri albi Sauvignon	Produs extrudat din 90% porumb soiul nr. 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri roșii Codrinschii	Produs extrudat din 80% porumb soiul nr. 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri roșii Codrinschii
1	Proteine, %	14,43±0,09	9,93±0,01	10,30±0,01	9,37±0,01
2	Grăsimi, %	5,40±0,02	6,64±0,01	5,50±0,01	7,03±0,08
3	Carbohidrați, %, inclusiv: fibre alimentare	68,50±0,02 11,00±0,16	65,90±0,01 13,81±0,01	68,40±0,01 11,20±0,01	65,81±0,01 14,21±0,01
Vitamine, mg					
4	Vitamina B ₁	0,30±0,02	0,26±0,08	0,30±0,01	0,28±0,04
5	Vitamina B ₂	0,09±0,01	0,08±0,01	0,07±0,01	0,08±0,02
6	Vitamina B ₄	63,91±0,04	56,58±0,52	58,21±0,01	65,02±0,09
7	Vitamina B ₅	0,55±0,01	0,49±0,10	0,51±0,01	0,51±0,01
8	Vitamina B ₆	0,36±0,02	0,33±0,04	0,39±0,02	0,41±0,03
9	Vitamina H	19,81±0,09	17,61±0,01	21,10±0,13	20,10±0,01
10	Vitamina K	0,27±0,13	0,25±0,02	0,25±0,02	0,24±0,03
11	Vitamina PP	2,78±0,01	2,50±0,01	2,41±0,01	2,50±0,02
Macroelemente, mg					
12	K	314,52±0,04	309,04±0,05	323,03±0,08	326,06±0,08
13	Ca	13,51±0,02	27,00±0,12	18,51±0,01	37,10±0,13
14	Mg	100,51±0,04	101,12±0,04	104,35±0,05	108,53±0,09
15	P	285,21±0,04	270,48±0,04	288,03±0,08	276,0±0,14
16	Si	45,93±0,03	41,02±0,1	45,91±0,01	40,81±0,01
Microelemente, mg					
17	Fe	4,42±0,02	5,13±0,01	4,36±0,01	5,64±0,02
18	Co	4,43±0,02	3,93±0,01	4,40±0,01	3,91±0,01
19	Cu	252,08±0,09	224,05±0,07	252,08±0,09	230,03±0,08
20	Se	24,30±0,01	21,60±0,03	24,30±0,01	21,81±0,01

Analiza datelor din tab. 4.3 indică la faptul, că adaosul de pulbere de tescovină provenită din struguri roșii și albi nu contribuie la creșterea semnificativă a valorii biologice a produselor extrudate, însă permite de a îmbunătăți profilului lor nutrițional prin aportul de compuși bioactivi valoroși.

Încorporarea a 20% tescovină de struguri în amestecurile de extrudare a condus la obținerea unor produse cu un conținut mai ridicat de fibre alimentare și compuși fenolici, confirmând observațiile lui Fontana et al. (2013) privind creșterea conținutului de fibre și antioxidanți și ale lui Altan et al. (2008) referitoare la îmbunătățirea valorii nutriționale și stabilității oxidative. Prin urmare, utilizarea tescovinei de struguri în extrudate reprezintă o soluție sustenabilă pentru valorificarea tescovinei de struguri și dezvoltarea alimentelor cu proprietăți funcționale sporite.

În continuare, pentru a evalua influența altor tipuri de materii vegetale asupra valorii biologice a produselor extrudate, a fost analizat impactul adaosului de tescovină de mere, rezultatele fiind prezentate în tab. 4.4.

Tabelul 4.4 Valoarea biologică a produselor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor din tescovină de mere la 100 g.

Nr.	Denumirea indicilor	Produs extrudat din 90% porumb soiul nr. 394+10% tescovină de mere	Produs extrudat din 80% porumb soiul nr. 394+ 20% tescovină de mere
1	Proteine, %	9,54±0,02	8,56±0,01
2	Grăsimi, %	3,82±0,01	3,55±0,01
3	Carbohidrații, % inclusiv: -fibre alimentare	67,12±0,03 9,48±0,01	62,58±0,03 8,56±0,01
Vitamine, mg			
4	Vitamina B ₁	0,36±0,01	0,32±0,01
5	Vitamina B ₂	0,12±0,01	0,10±0,01
6	Vitamina B ₄	63,91±0,01	56,83±0,08
7	Vitamina B ₅	0,51±0,01	0,44±0,01
8	Vitamina B ₆	0,29±0,01	0,26±0,01
9	Vitamina E	1,08±0,91	0,11±0,01
10	Vitamina PP	2,71±3,87	1,41±0,01
Macroelemente, mg			
11	K	308,41±0,01	376,80±0,13
12	Mg	85,21±0,01	78,31±0,01
13	P	263,13±0,08	236,20±0,01
14	Si	50,41±0,01	44,81±0,01
Microelemente, mg			
15	Fe	2,94±0,01	2,67±0,01
16	Co	4,60±0,01	4,09±0,01
17	Cu	261,93±0,08	363,71±0,02
18	Se	26,12±0,04	23,21±0,02
19	Mn	0,88±0,01	0,78±0,00

Analiza datelor din tab. 4.4 evidențiază, că produsele extrudate obținute din materie primă cerealiară și pulbere de tescovină de mere prezintă un conținut înalt de fibre alimentare, încadrați astfel în categoria produselor bogate în fibre, cu efecte benefice asupra sănătății consumatorilor. Pentru valorificarea eficientă a materiilor prime și a deșeurilor din industria conservelor de fructe și legume, a fost elaborată o

schemă tehnologică completă, care include următoarele etapele: pregătirea și obținerea amestecurilor, extrudarea, răcirea și ambalarea, asigurând un proces sustenabil și controlat din punct de vedere calitativ. Schema tehnologică elaborată oferă o soluție eficientă pentru obținerea produselor extrudate inovatoare, cu valoare nutritivă sporită și impact ecologic redus, în conformitate cu observațiile lui Altan și Maskan (2011) și Foschia et al. (2013), care evidențiază potențialul extrudării în dezvoltarea alimentelor funcționale sustenabile. Implementarea acestei tehnologii la întreprinderile „Policom-Prim” SRL, „Biocom” SRL, „Triodor” SRL și „Randuel” SRL a permis fabricarea produselor extrudate cu conținut ridicat de fibre și compuși bioactivi, menținând calitatea nutrițională și tehnologică optimă. Mostrele experimentale obținute în condiții industriale sunt prezentate în fig. 4.1.

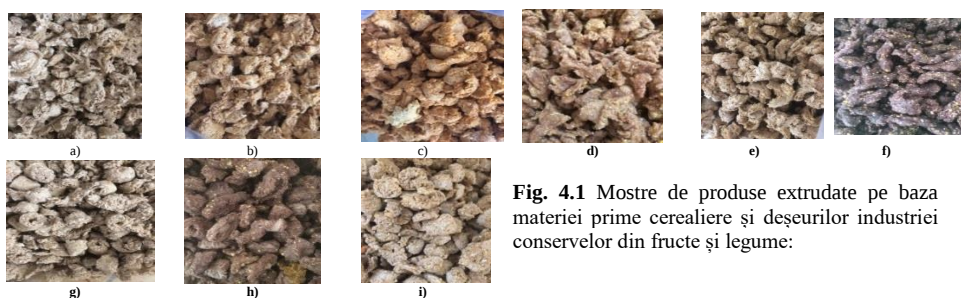


Fig. 4.1 Mostre de produse extrudate pe baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor din fructe și legume:

LEGENDĂ: a) Produs extrudat din porumb soiul nr. 394 + 10% pulbere de tescovină de mere; b) Produs extrudat din porumb soiul nr. 394 + 20% pulbere de tescovină de mere; c) Produs extrudat din porumb soiul nr. 394 + 5% pulbere de tescovină de tomate; d) Produs extrudat din porumb soiul nr. 394 + 15% pulbere de tescovină de tomate; e) Produs extrudat din porumb soiul nr. 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri Sauvignon; f) Produs extrudat din porumb soiul nr. 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri Sauvignon; g) Produs extrudat din porumb soiul nr. 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri Codrinschii; h) Produs extrudat din porumb soiul nr. 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri Codrinschii; i) Produs extrudat din porumb soiul nr. 394.

4.2 Studiul conținutului de acrilamidă în produsele extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei alimentare

Acest studiu este necesar pentru a descrie mecanismul formării acrilamidei în produsele extrudate și pentru a elabora metode eficiente de reducere a acestei substanțe nocive în alimente. Prin stabilitatea influenței factorilor, precum indicile pH, temperatura, presiunea și compoziția materiilor prime, se pot identifica strategii optime pentru minimizarea formării acrilamidei în timpul procesării alimentelor. Importanța acestui studiu derivă din efectele dăunătoare ale acrilamidei asupra sănătății umane, fiind considerată un posibil agent cancerigen și mutagen. Prin cercetarea diferitelor combinații de ingrediente și condiții tehnologice, se pot elabora soluții practice pentru industria alimentară, contribuind astfel la producerea unor alimente mai sigure pentru consumatori.

Deasemenea, rezultatele studiului pot avea soluții economice și legislative, oferind suport științific pentru reglementări mai stricte privind siguranța alimentară și pentru dezvoltarea unor tehnologii inovatoare în domeniul procesării alimentelor.

În tab. 4.5 sunt prezentate conținutul de acrilamidă în diverse mostre de produse extrudate obținute din materii prime cerealiere cu și fără adaos de soluție de acid citric.

În cadrul fiecărei categorii au fost analizate produse extrudate fabricate prin diferite rețete și condițiile tehnologice de extrudare, inclusiv temperatura procesului. Concentrația acrilamidei a fost determinată atât în probele de bază, cât și în cele tratate cu soluție de acid citric 3%, cu scopul de a evalua efectul acestui tratament asupra reducerii conținutului de acrilamidă.

Acidul citric de 3% a fost utilizat deoarece această concentrație a fost dovedită eficientă în scăderea indicelui pH până la nivel, care inhibă reacția Maillard fără a afecta negativ gustul, textura sau stabilitatea produsului. Concentrații mai mari pot conferi un gust excesiv de acid și pot altera structura extrudatelor, iar cele mai reduse nu asigură o reducere semnificativă a acrilamidei.

Parametrii de bază analizați în studii includ:

1. conținutul de proteine (g/100 g), care variază în funcție de tipul materiei prime utilizate;
2. temperatura de extrudare ($^{\circ}\text{C}$), care este un factor esențial în formarea acrilamidei;
3. concentrația acrilamidei ($\mu\text{g/kg}$) determinată prin mai multe replici experimentale, cu prezentarea valorii medii;
4. reducerea concentrației de acrilamidă (%) în cazul utilizării soluției de acid citric (3%).

Tabelul 4.5 Conținutul de acrilamidă în probe de extrudate pe bază de cereale cu și fără adaos de soluție de acid citric

Nr	Denumirea produselor	Concentrația proteinei, g/100g	Temperatura la extrudare, $^{\circ}\text{C}$	Concentrația acrilamidei, $\mu\text{g/kg}$	Concentrația acrilamidei în produse cu adaos soluție 3% acid citric, $\mu\text{g/kg}$	Diminuarea concentrației în %
1	2	3	4	5	6	7
1	Porumb soiul nr. 394 + 10% pulbere de tescovină de mere	7,56 $\pm$ 0,15	139	119,33 $\pm$ 0,75	98,33 $\pm$ 0,75	-17,6
2	Porumb soiul nr. 394 + 20% pulbere de tescovină de mere	7,80 $\pm$ 0,07	139	135,33 $\pm$ 0,75	114,33 $\pm$ 0,75	-15,5
3	Porumb soiul nr. 394 + 5% pulbere de tescovină de tomate	7,40 $\pm$ 0,04	140	117,33 $\pm$ 0,75	94,33 $\pm$ 0,75	-19,6

Tabelul 4.5 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7
4	Porumb soiul nr. 394 + 15% pulbere de tescovină de tomate	7,75±0,03	140	106,00±1,31	105,00±1,31	-19,2
5	Porumb soiul nr. 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri Sauvignon	7,78±0,04	140	128,00±1,31	101,33±0,75	-21,0
6	Porumb soiul nr. 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri Sauvignon	7,92±0,07	140	137,00±1,31	113,00±1,31	-17,5
7	Porumb soiul nr. 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri Codrinschii	7,64±0,06	140	133,33±1,31	110,33±0,75	-17,3
8	Porumb soiul nr. 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri Codrinschii	7,80±0,04	140	142,00±1,31	118,33±0,75	-16,9
9	Porumb soiul nr. 394	7,43±0,04	139	91,00±1,31	75,67±0,75	-17,6

Analiza rezultatelor obținute indică faptul, că formarea acrilamidei în produsele extrudate depinde semnificativ de tipul materiei prime, compoziția chimică și parametrii procesului de extrudare. Produsele cu adaosuri de deșeuri vegetale au prezentat concentrații mai mari de acrilamidă comparativ cu cele din porumb, datorită conținutului mai ridicat de asparagină și zaharuri reducătoare, care favorizează reacțiile de formare a acrilamidei (Gökmen, 2012). Aplicarea unei soluții de 3% acid citric a condus la reduceri semnificative ale acrilamidei, între 15,5% și 21,0%, datorită scăderii indicelui pH și interferenței cu reacțiile de Maillard (Low et al., 2006). Aceste constatări sugerează, că selecția materiilor prime, ajustarea parametrilor tehnologici și utilizarea tratamentelor sigure, precum acidul citric, pot contribui la obținerea extrudatelor cu conținut redus de acrilamidă, respectând cerințele de siguranță alimentară și calitate nutrițională.

4.3 Studiul conținutului de fibre alimentare în produsele extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei alimentare

Aceste cercetări au fost efectuate pentru a perfecționa metoda enzimatică de determinare a conținutului de fibre alimentare în produsele extrudate obținute din materii prime cerealiere și deșeurilor industriei alimentare.

Metoda propusă se bazează pe tratamente enzimatice specifice, adaptate în funcție de compoziția materiilor prime, cum ar fi cerealele bogate în amidon și proteine sau

fructele cu un conținut înalt de pectină. Această metodă permite o separare clară a componentelor și o analiză detaliată a structurii fibrelor, oferind date pentru caracterizarea nutrițională a produselor alimentare.

Rezultatele experimentale obținute în urma analizelor efectuate sunt prezentate în tab. 4.6 și oferă o imagine clară asupra variației conținutului de fibre alimentare în funcție de tipul materiei prime și de tratamentele aplicate. Aceste rezultate reflectă impactul diferitelor etape de procesare asupra compoziției fibrelor și permit o evaluare detaliată a eficienței metodei utilizate.

Rezultatele obținute pot contribui la optimizarea proceselor tehnologice de producție a alimentelor funcționale, susținând dezvoltarea unor produse cu un conținut echilibrat de fibre, benefice pentru sănătatea digestivă și metabolism.

Tabelul 4.6 Conținutul de fibre alimentare în produsele extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei alimentare

Nr.	Denumirea mostrelor	Frația masică de fibre, %		Conținut total de fibre, %
		solubile	insolubile	
		pectină+ inulină+ fracții de hemiceluloză	lignină+celuloză+ hemiceluloză	
1.	Porumb soiul nr. 394 + 10% pulbere de tescovină de mere	3,05±0,01	12,06±0,02	15,11±0,02
2.	Porumb soiul nr. 394 + 20% pulbere de tescovină de mere	4,85±0,04	13,74±0,06	18,59±0,05
3.	Porumb soiul nr. 394 + 5% pulbere de tescovină de tomate	1,58±0,05	11,59±0,05	13,17±0,05
4.	Porumb soiul nr. 394 + 15% pulbere de tescovină de tomate	2,14±0,01	14,13±0,01	16,27±0,01
5.	Porumb soiul nr. 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri Sauvignon	1,64±0,03	13,13±0,16	14,77±0,02
6.	Porumb soiul nr. 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri Sauvignon	2,15±0,06	16,28±0,03	18,43±0,05
7.	Porumb soiul nr. 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri Codrinschii	1,75±0,01	13,54±0,03	15,29±0,02
8.	Porumb soiul nr. 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri Codrinschii	2,25±0,01	13,82±0,08	16,07±0,05
9.	Porumb soiul nr. 394.	1,23±0,01	10,30±0,02	11,53±0,02

Analiza compoziției fibrelor alimentare în produsele extrudate evidențiază influența tipului materiei prime și a adaosului subproduselor industriei alimentare asupra conținutului și structurii fibrelor. Produsele extrudate din porumb soiul nr. 394 au prezentat un conținut de fibre între 11,53% și 18,59%, valorile mai înalte fiind asociate cu adaosul de tescovină de mere sau struguri, care îmbogățesc profilul fibros, în special fibrele insolubile (Kausar et al., 2021). Procesul de extrudare poate modifica

structura fibrelor, crescându-le solubilitatea și influențând astfel caracteristicile nutriționale ale produsului final (Li et al., 2020). Aceste rezultate evidențiază potențialul valorificării subproduselor alimentare în dezvoltarea produselor extrudate cu profil nutrițional îmbunătățit, contribuind la obținerea de alimente funcționale adaptate cerințelor consumatorilor

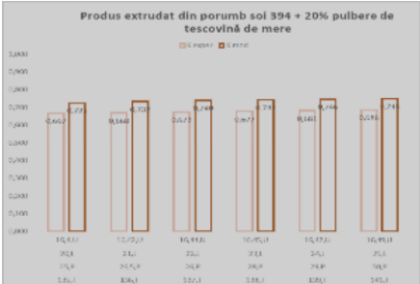
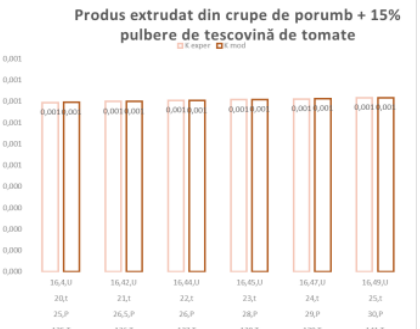
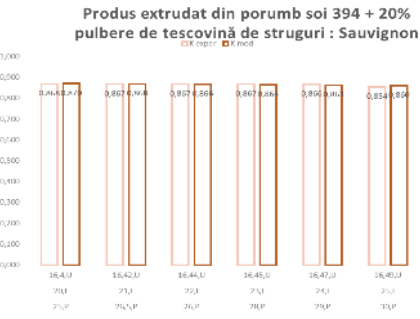
5. MODELAREA MATEMATICĂ ȘI ANALIZA FEZABILITĂȚII TEHNOLOGICE A PROCESULUI DE EXTRUDARE A MATERIILOR PRIME CEREALIERE

Modelul matematic aplicat în cadrul acestei cercetări are un rol esențial în evaluarea complexă a calității produselor, oferind posibilitatea unei analize detaliate și obiective a principalilor indicatori de calitate. Metoda diferențiată de evaluare presupune compararea produselor analizate cu un model etalon, în vederea determinării gradului de conformitate cu standardele stabilite și a abaterilor individuale ale indicatorilor față de valorile de referință.

5.1 Modelarea procesului de extrudare în vederea optimizării parametrilor tehnologici

Metoda integrată de evaluare ia în considerare coeficienții de ponderare, ceea ce permite o standardizare a rezultatelor și o comparabilitate între produse cu caracteristici diferite. Astfel, calitatea unui produs este exprimată printr-un indicator generalizat, situat într-un interval de la 0 la 1, unde valoarea maximă indică un produs de calitate înaltă. Pentru optimizarea procesului de determinare a calității, a fost utilizată metoda Brandon, care permite formularea unei relații matematice între calitatea produsului și factorii esențiali, care influențează: temperatura, presiunea, timpul și umiditatea amestecului. Această relație nelineară este validată prin criterii statistici, precum criteriul Fisher, pentru a asigura compatibilitatea modelului matematic cu datele experimentale. Dacă modelul respectă condițiile statistice stabilite, acesta poate fi utilizat cu încredere în analiza și optimizarea calității produselor. În baza acestei metode au fost calculate modele matematice pentru diferite tipuri de materii prime, care sunt prezentate în tab. 5.1.

Tabelul 5.1 Produse extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor din legume și fructe

Nr.	Denumirea produsului	Modelul matematic	Similitudinea modelului matematic coeficientului de calitate																					
1	2	3	4																					
1	Produs extrudat din porumb soiul nr. 394 / pulbere de tescovină de mere, 80/20	$K_{extrudat\ porumb\ 394 / tes.mere,8} = 0,675 \cdot (0,0018 \cdot T + 0,8014) \cdot (0,0006 \cdot P + 0,9857) \cdot (0,0006 \cdot t + 0,9905) \cdot (-0,0069 \cdot U + 1,1051)$	 <table><caption>Data for Figure 1: Produs extrudat din porumb soi 394 + 20% pulbere de tescovină de mere</caption><tr><th>Parametri</th><th>K.exper</th><th>K.mod</th></tr><tr><td>16,4,0,1 20,1 25,P 135,T</td><td>0,0002</td><td>0,0002</td></tr><tr><td>16,42,0,1 23,1 26,5,P 136,T</td><td>0,0002</td><td>0,0002</td></tr><tr><td>16,46,0,1 22,1 26,P 137,T</td><td>0,0002</td><td>0,0002</td></tr><tr><td>16,45,0,1 23,1 28,P 138,T</td><td>0,0002</td><td>0,0002</td></tr><tr><td>16,47,0,1 24,1 29,P 139,T</td><td>0,0002</td><td>0,0002</td></tr><tr><td>16,49,0,1 25,1 30,P 141,T</td><td>0,0002</td><td>0,0002</td></tr></table>	Parametri	K.exper	K.mod	16,4,0,1 20,1 25,P 135,T	0,0002	0,0002	16,42,0,1 23,1 26,5,P 136,T	0,0002	0,0002	16,46,0,1 22,1 26,P 137,T	0,0002	0,0002	16,45,0,1 23,1 28,P 138,T	0,0002	0,0002	16,47,0,1 24,1 29,P 139,T	0,0002	0,0002	16,49,0,1 25,1 30,P 141,T	0,0002	0,0002
Parametri	K.exper	K.mod																						
16,4,0,1 20,1 25,P 135,T	0,0002	0,0002																						
16,42,0,1 23,1 26,5,P 136,T	0,0002	0,0002																						
16,46,0,1 22,1 26,P 137,T	0,0002	0,0002																						
16,45,0,1 23,1 28,P 138,T	0,0002	0,0002																						
16,47,0,1 24,1 29,P 139,T	0,0002	0,0002																						
16,49,0,1 25,1 30,P 141,T	0,0002	0,0002																						
2	Produs extrudat din crupe de porumb / pulbere de tescovină de tomate,85/15	$K_{extrudat\ porumb / tesc.tomat,15} = 0,805 \cdot (0,0055 \cdot T + 0,4392) \cdot (-0,0002 \cdot P + 1,0012) \cdot (-0,0003 \cdot t + 1,006) \cdot (0,0135 \cdot U + 0,7971)$	 <table><caption>Data for Figure 2: Produs extrudat din crupe de porumb + 15% pulbere de tescovină de tomate</caption><tr><th>Parametri</th><th>K.exper</th><th>K.mod</th></tr><tr><td>16,4,0,1 20,1 25,P 135,T</td><td>0,0000</td><td>0,0000</td></tr><tr><td>16,42,0,1 23,1 26,5,P 136,T</td><td>0,0000</td><td>0,0000</td></tr><tr><td>16,46,0,1 22,1 26,P 137,T</td><td>0,0000</td><td>0,0000</td></tr><tr><td>16,45,0,1 23,1 28,P 138,T</td><td>0,0000</td><td>0,0000</td></tr><tr><td>16,47,0,1 24,1 29,P 139,T</td><td>0,0000</td><td>0,0000</td></tr><tr><td>16,49,0,1 25,1 30,P 141,T</td><td>0,0000</td><td>0,0000</td></tr></table>	Parametri	K.exper	K.mod	16,4,0,1 20,1 25,P 135,T	0,0000	0,0000	16,42,0,1 23,1 26,5,P 136,T	0,0000	0,0000	16,46,0,1 22,1 26,P 137,T	0,0000	0,0000	16,45,0,1 23,1 28,P 138,T	0,0000	0,0000	16,47,0,1 24,1 29,P 139,T	0,0000	0,0000	16,49,0,1 25,1 30,P 141,T	0,0000	0,0000
Parametri	K.exper	K.mod																						
16,4,0,1 20,1 25,P 135,T	0,0000	0,0000																						
16,42,0,1 23,1 26,5,P 136,T	0,0000	0,0000																						
16,46,0,1 22,1 26,P 137,T	0,0000	0,0000																						
16,45,0,1 23,1 28,P 138,T	0,0000	0,0000																						
16,47,0,1 24,1 29,P 139,T	0,0000	0,0000																						
16,49,0,1 25,1 30,P 141,T	0,0000	0,0000																						
3	Produs extrudat din porumb soiul nr. 394 / pulbere de tescovină de struguri : Sauvignon, 80/20	$K_{extrudat\ porumb\ 394 / tesc.Sa} = 0,865 \cdot (-0,0012 \cdot T + 1,1417) \cdot (-0,0008 \cdot P + 1,0201) \cdot (0,0008 \cdot t + 0,984) \cdot (0,004 \cdot U + 0,9386)$	 <table><caption>Data for Figure 3: Produs extrudat din porumb soi 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri : Sauvignon</caption><tr><th>Parametri</th><th>K.exper</th><th>K.mod</th></tr><tr><td>16,4,0,1 20,1 25,P 135,T</td><td>0,0000</td><td>0,0000</td></tr><tr><td>16,42,0,1 23,1 26,5,P 136,T</td><td>0,0000</td><td>0,0000</td></tr><tr><td>16,46,0,1 22,1 26,P 137,T</td><td>0,0000</td><td>0,0000</td></tr><tr><td>16,45,0,1 23,1 28,P 138,T</td><td>0,0000</td><td>0,0000</td></tr><tr><td>16,47,0,1 24,1 29,P 139,T</td><td>0,0000</td><td>0,0000</td></tr><tr><td>16,49,0,1 25,1 30,P 141,T</td><td>0,0000</td><td>0,0000</td></tr></table>	Parametri	K.exper	K.mod	16,4,0,1 20,1 25,P 135,T	0,0000	0,0000	16,42,0,1 23,1 26,5,P 136,T	0,0000	0,0000	16,46,0,1 22,1 26,P 137,T	0,0000	0,0000	16,45,0,1 23,1 28,P 138,T	0,0000	0,0000	16,47,0,1 24,1 29,P 139,T	0,0000	0,0000	16,49,0,1 25,1 30,P 141,T	0,0000	0,0000
Parametri	K.exper	K.mod																						
16,4,0,1 20,1 25,P 135,T	0,0000	0,0000																						
16,42,0,1 23,1 26,5,P 136,T	0,0000	0,0000																						
16,46,0,1 22,1 26,P 137,T	0,0000	0,0000																						
16,45,0,1 23,1 28,P 138,T	0,0000	0,0000																						
16,47,0,1 24,1 29,P 139,T	0,0000	0,0000																						
16,49,0,1 25,1 30,P 141,T	0,0000	0,0000																						

Tabelul 5.1 (continuare)

1	2	3	4														
4	Produs extrudat din porumb soiul nr. 394 /tescovină de struguri: Codrinschii,8 0/20	$K_{extrudat\ porumb\ 394/\ tesc.Co /20}$ $= 0,833$ $\ast (\ 0,0033 \cdot T + 0,6358)$ $\ast (\ 0,0007 \cdot P + 0,9856)$ $\ast (-0,0004 \cdot t + 1,006)$ $\ast (\ 0,0051 \cdot U + 0,9207)$	Produs extrudat din porumb soi 394 + 20% tescovină de struguri: Codrinschii <table><thead><tr><th>Bar</th><th>Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>0,833</td></tr><tr><td>2</td><td>0,833</td></tr><tr><td>3</td><td>0,833</td></tr><tr><td>4</td><td>0,833</td></tr><tr><td>5</td><td>0,833</td></tr><tr><td>6</td><td>0,833</td></tr></tbody></table>	Bar	Value	1	0,833	2	0,833	3	0,833	4	0,833	5	0,833	6	0,833
			Bar	Value													
1	0,833																
2	0,833																
3	0,833																
4	0,833																
5	0,833																
6	0,833																

Criteriile de similitudine sunt utilizate pentru a aprecia gradul de concordanță dintre modelul matematic și datele experimentale obținute în procesul de extrudare a materiilor prime. Aceste criterii se bazează pe analize cantitative și statistice, incluzând aplicarea criteriului Fisher (F), care permite evaluarea semnificației diferențelor dintre valorile experimentale și cele estimate prin model. Analiza produselor extrudate pe bază de materii prime cerealiere și deșeuri provenite din industria conservelor de legume și fructe, prezentate în tab. 5.1, evidențiază influența semnificativă a tescovinei asupra texturii și umidității produsului final. În mod special, tescovina de struguri contribuie la o similitudine înaltă a modelului matematic utilizat, datorită prezenței polifenolilor, care joacă un rol important în stabilizarea procesului de extrudare. Polifenolii au capacitatea de a interacționa cu alte componente ale materiei prime, favorizând o extrudare mai uniformă și constantă.

Studiile anterioare susțin aceste observații. De exemplu, un studiu publicat în *Food Hydrocolloids* a evidențiat, că adăugarea de tescovină de struguri în amestecurile de cereale și legume poate îmbunătăți proprietățile reologice ale produselor extrudate, inclusiv stabilitatea procesului de extrudare și textura finală a produsului (Mironeasa et al., 2021). Un alt studiu publicat în *Ukrainian Food Journal* a demonstrat, că încorporarea tescovinei de struguri în produsele extrudate pe bază de porumb a condus la o reducere a indicelui de expansiune și a forțelor de tăiere și compresiune, indicând o îmbunătățire a structurii și stabilității produsului final (Mironeasa et al., 2020).

Tescovina de struguri poate funcționa ca agent de stabilizare în extrudare, contribuind la obținerea unor produse cu textură îmbunătățită și umiditate controlată. Dar tescovina de tomate, prin conținutul înalt de aciditate, influențează negativ stabilitatea procesului și determină variații ale proprietăților fizico-chimice ale produsului final. Aceste observații evidențiază impactul semnificativ al deșeurilor din industria conservelor de legume și fructe asupra comportamentului procesului de extrudare. Modelele matematice utilizate pentru evaluarea calității produselor extrudate trebuie adaptate caracteristicilor specifice ale fiecărei materii prime.

5.2 Studiul de fezabilitate a fabricării produselor extrudate alimentare

Studiul de fezabilitate privind costurile de achiziție și procesare a materiilor prime pentru fabricarea produselor extrudate a fost realizat conform metodologiei lui Chernykh (2012), adaptată la modelele utilizate în industria de panificație și cofetărie, utilizând date actualizate la a. 2024 de la Ministerul Agriculturii și Industriei Alimentare (MAIA) și Biroul Național de Statistică (BNS).

Produsele extrudate se obțin din materii prime cerealiere (porumb și soriz), eventual amestecate cu subproduse vegetale (ex. pulbere de tescovină de mere), într-o secție cu capacitate de 150 kg cereale/oră, echipată cu utilaje specifice (tab. 5.2).

Tabelul 5.2 Utilajul tehnologic necesar pentru fabricarea produselor extrudate

Nr.	Denumirea utilajului tehnologic	Consum de resurse energetice		Preț de achiziție, lei (a. 2024)
		Apă, m³/h	Energia electrică, kW*h	
1	2	3	4	5
1	Separator magnetic	-	1,50	4592,00
2	Moară de măcinat MU-100	-	1,10	2330,00
3	Uscător IT-720	-	1,00	130000,00
4	Omogenizator BF-III	0,20	1,10	3800,00
5	Extruder E-150	-	13,50	192375,00
6	Mașina de tăiat	-	0,55	2150,00
7	Transportor	-	1,50	8300,00

Tabelul 5.2 (continuare)

1	2	3	4	5
8	Uscător DKX-III	-	1,50	115000,00
9	Cântar	-	-	2000,00
10	Aparat de ambalare ED-2	-	0,75	10200,00
	Total costul utilajului tehnologic			470747,00

Costul direct estimativ pentru fabricarea a 1 tonă de produs extrudat din soriz și porumb soiul nr. 394 este de 23.501,5 lei, în timp ce adăugarea a 20% pulbere de tescovină de mere reduce costul la 13.436,0 lei/tonă, reflectând economia la materia primă (tab. 5.3–5.4). Structura costurilor pentru produsul cu tescovină se distribuie astfel: materii prime 31,26%, ambalaj și cutii 47,76%, manopera 14,88%.

Tabelul 5.3 Costul estimativ al resurselor materiale și energetice pentru fabricarea produsului extrudat din soriz și porumb soiul nr. 394 (prețuri a. 2024)

Nr.	Tipul de resurse	Unit. de măsură	Preț unitar, lei	1 tonă produs finit, norma de consum	Costul	
					lei	%
1.	Soriz	tone	20000,00	0,70	14000,00	59,57
2.	Porumb	tone	4000,00	0,30	1200,00	5,11
3.	Apă potabilă	m³	25,00	2,20	55,00	0,23
4.	Costul ambalajului	unit.	0,40	9091,00	3718,50	15,82
5.	Cutii de carton	unit.	9,00	300,00	2700,00	11,49
6.	Energie electrică	kW	3,20	144,00	461,00	1,96
7.	Manopera (2 pers.)	om*ore	200,00	6,70	1340,00	5,70
8.	Materiale de igienizare	kg	100,00	0,27	27,00	0,11
Total cost direct estimativ, lei/1 tonă					23501,50	

Tabelul 5.4 Costul estimativ al resurselor materiale și energetice pentru fabricarea produsului extrudat din porumb soiul nr. 394 + 20% pulbere de tescovină de mere (prețuri a. 2024)

Nr	Tipul de resurse	Unit. de măsură	Preț unitar, lei	1 tonă produs finit, norma de consum	Costul	
					lei	%
1.	Soriz	tone	4000,0	0,8	3200,0	23,82
2.	Porumb	tone	5000,0	0,2	1000,0	7,44
3.	Apă potabilă	m ³	25,0	2,7	67,5	0,50
4.	Costul ambalajului	unit.	0,4	9091,0	3718,5	27,67
5.	Cutii de carton	unit.	9,0	300,0	2700,0	20,09
6.	Energie electrică	kW	3,2	225,0	720,0	5,36
7.	Manopera (2 pers.)	om*ore	200,0	10,0	2000,0	14,88
8.	Materiale de igienizare	kg	100,0	0,3	30,0	0,22
Total cost direct estimativ, lei/1 tonă					13436,0	

Cheltuielile indirecte includ arenda secției și uzura utilajului, salariile administrative și alte costuri, totalizând 1.118 lei/tonă (tab. 5.5). Costul total anual și prețurile de comercializare estimate indică la o rentabilitate de aproximativ 19–20% (tab. 5.6). Prețul calculat per unitate ambalată (110 g) este de 3,14 lei, ceea ce asigură competitivitate și accesibilitate pe piață.

Tabelul 5.5 Structura costurilor indirecte la fabricarea produselor extrudate (prețuri a. 2024)

Nr	Tipul de cheltuieli indirecte	Valoarea costurilor
1	Arendei încăperii și echipamentul tehnologic, lei	130148,40
2	Salariul angajaților din administrație, 12 luni, lei	120000,00
3	Cheltuieli administrative și alte cheltuieli, lei	45000,00
4	Total cost indirect, lei	295148,40
5	Volum preconizat de fabricare, tone	264,00
	Total cost indirect estimativ, lei/tonă	1118,00

Deasemenea, au fost determinate costurile totale de fabricare, fiind propusă rentabilitatea cu valoarea19,9 % și a fost stabilit, care sunt prețurile de comercializare a produselor extrudate (tab.5.6).

Tabelul 5.6 Estimarea costurilor și prețurilor produselor extrudate (prețuri a. 2024)

Nr	Denumirea indicilor economici	Produse preconizate spre fabricare	
		Produs extrudat din soriz și porumb soiul nr. 394	Produs extrudat din porumb soiul nr. 394 + 20% pulbere tescovină de mere
1	Cost direct, lei/1 tonă	23501,50	13436,00
2	Cost indirect, lei/1 tonă	1118,00	1118,00
3	Cost total, lei/1 tonă	24619,50	14554,00
4	Rentabilitatea, lei/1 tonă	6380,50	3446,00
5	Rentabilitatea, %	20,60	19,10
6	Preț total, lei/ 1 tonă	31000,00	18000,00

Această analiză demonstrează fezabilitatea economică a integrării subproduselor vegetale în fabricarea produselor extrudate, contribuind la optimizarea costurilor de producție și la creșterea eficienței procesului (Chernykh, 2012).

6. ARGUMENTAREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI ELABORAREA TEHNOLOGIEI DE PRODUCERE A SUPLIMENTELOR ALIMENTARE BIOLOGIC ACTIVE DEZINTOXICANTE ȘI A PRODUSELOR ALIMENTARE FUNCȚIONALE

6.1 Studiul mecanismului de fixare a cationilor de plumb și cadmiu cu pectine de diferite tipuri.

Studiul se deosebește prin actualitatea sa, fiind motivat de nivelul înalt de poluare cu metale grele, în special cationi de plumb și cadmiu, proveniți în principal din activități antropice precum industria, transportul și agricultura, care reprezintă o amenințare semnificativă pentru ecosisteme și sănătatea umană (Raport al comisiei, UE, 2018). Expunerea la aceste metale poate afecta sistemul nervos central, funcția renală și imunitatea. Pectina, prin capacitatea sa de a forma complexe stabile cu cationii de plumb și cadmiu, constituie o abordare promițătoare pentru reducerea efectelor toxice asupra mediului și sănătății umane.

Cercetarea interacțiunii dintre pectine și cationii de plumb a demonstrat, că procesul de reducere electrochimică a cationilor de plumb în soluție apoasă de clorură de potasiu 0,1 mol/L se desfășoară fără interferențe. Creșterea concentrației de pectină până la $1,0 \times 10^{-4}$ mol/L, indiferent de gradul său de eterificare, determină o reducere liniară a intensității curentului unei polarografice, indicând formarea complexelor metal-polizaharidice (fig. 6.1–6.2). Această abordare oferă perspective pentru dezvoltarea unor soluții eficiente de detoxifiere a mediului și protecție a sănătății.

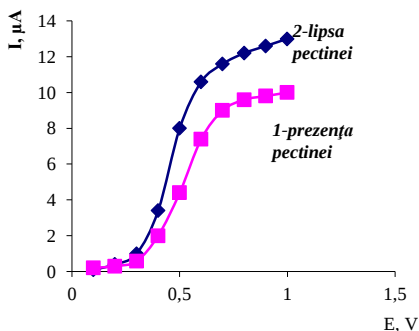


Fig. 6.1 Polarograme de reducere electrochimică a cationilor de plumb

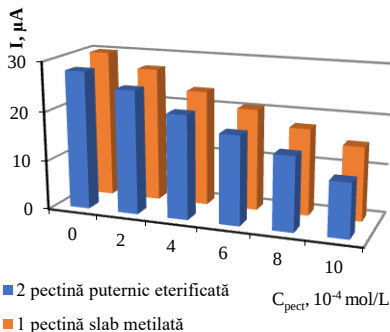


Fig. 6.2 Influența concentrației pectinei (C_{pect}) asupra intensității curentului (I) la fixarea cationului de plumb

Rezultatele studiului indică la faptul, că formarea complexului pectină-plumb apare la concentrații de pectină mai mari de 7×10^{-4} mol/L, fiind necesar un prag minim pentru inițierea interacțiunii între ionii de plumb și grupările carboxilice ale

pectinei, observându-se doar o ușoară deviere a potențialului de semiundă ($E_{1/2}$) la raporturi de 8–10 ori mai mari decât concentrația cationului de plumb (tab. 6.1).

Aceste constatări sunt susținute de literatura de specialitate: pectina formează complexe reversibile cu metale grele, influențând proprietățile electrochimice ale sistemului (Minzanova et al., 2015), iar capacitatea sa de legare a plumbului depinde de indicele pH și concentrație, confirmând existența unui prag critic necesar pentru complexare (Khotimchenko et al., 2007). Astfel, interacțiunea pectină–plumb depinde atât de concentrația polizaharidului, cât și de condițiile chimice ale mediului, cu implicații semnificative pentru optimizarea proceselor electrochimice destinate detectării sau eliminării metalelor grele din soluții.

Tabelul 6.1 Valoarea potențialului $E_{1/2}$ al unei de reducere a cationilor de plumb în funcție de concentrația pectinei

$E_{1/2}$, V	$C_{pect} \cdot 10^{-4}$, mol/L	$E_{1/2}$, V	$C_{pect} \cdot 10^{-4}$, mol/L
0,39	1,0	0,39	6,0
0,39	2,0	0,40	7,0
0,39	3,0	0,42	8,0
0,39	4,0	0,45	9,0
0,39	5,0	0,46	10,0

Creșterea concentrației de plumb, în prezența unei concentrații constante de pectină ($1,0 \times 10^{-4}$ mol/L), determină o creștere liniară a înălțimii unde de reducere a cationilor de plumb (fig. 6.3). Devierea de la linearitate reflectă modificări ale reversibilității procesului de reducere electrochimică. Scăderea intensității unde și devierea nesemnificativă a potențialului $E_{1/2}$ sugerează, că complexe pectină–plumb nu contribuie activ polarografic în intervalul analizat de concentrații.

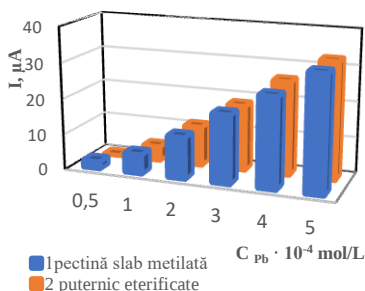


Fig. 6.3 Influența concentrației cationilor de plumb (C_{Pb}) asupra intensității unde polarografice (I) în prezența pectinei

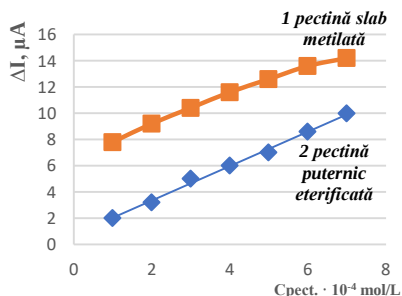


Fig. 6.4 Influența concentrației pectinelor (C_{pect}) asupra fixării cationului de plumb

Astfel, diminuarea intensității unde polarografice a cationilor de plumb se datorează reducerii concentrației libere a acestora, ca urmare a formării complexelor cu pectina. Diferența dintre intensitatea unde polarografice a cationilor de plumb în

stare liberă și cea în prezența pectinei (I) reflectă gradul de fixare al cationilor de plumb de către pectine. Analiza influenței concentrației de pectină asupra fixării cationilor de plumb (I) a arătat, că indiferent de gradul de eterificare, o creștere a concentrației de pectină determină o fixare liniară mai mare a acestuia (fig.6.4). Deși gradul de eterificare are un impact mai redus, rezultatele demonstrează că pectinele cu un conținut scăzut de metoxil (PSM) fixează cationii de plumb mult mai eficient. Aceste concluzii sunt în concordanță cu datele raportate anterior, obținute prin metode potențimetrice (CSPI, 2016) și tehnici de dializă (Codex Stan 118, 1979).

Paralel, s-a efectuat studiul fixării cationilor de cadmiu cu pectine, care a presupus analiza undelor polarografice ale cationilor de cadmiu în soluție apoasă de clorură de potasiu 0,1 M. Rezultatele au arătat că, în intervalul de concentrații studiat, undele polarografice nu sunt influențate de interferențe provenite din alte substanțe. Un exemplu reprezentativ de polarogramă este prezentat în fig. 6.5.

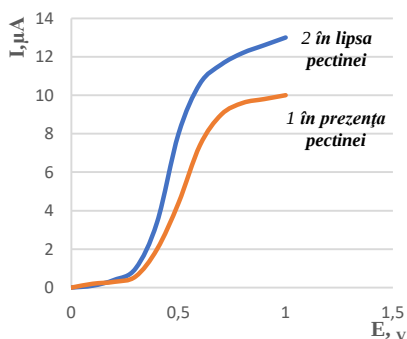


Fig. 6.5 Polarogramme de reducere electrochimică a cationilor de cadmiu

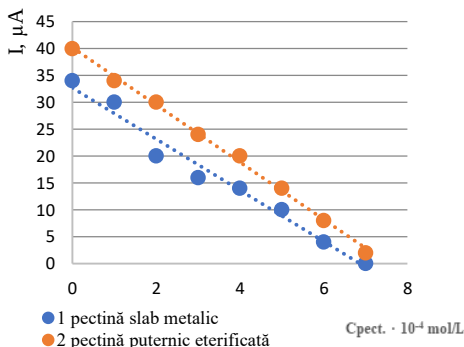


Fig. 6.6 Influența concentrației pectinelor ($C_{pect.}$) asupra intensității curentului (I) cationilor de Cd (μA)

Rezultatele obținute (fig. 6.5–6.6) indică, că în prezența pectinei, intensitatea curentului de reducere a cationilor de cadmiu scade proporțional cu concentrația polizaharidului, sugerând complexarea ionilor și reducerea concentrației lor libere în soluție. Această observație este susținută de studii recente, care evidențiază influența pectinei asupra semnalelor electrochimice ale cadmiului și plumbului, precum și modificările proprietăților sistemului prin interacțiuni metal–polizaharidă (Lersanansit et al., 2024; Gołębiowski et al., 2020). Devierea nesemnificativă a potențialului $E_{1/2}$, similară cu cea observată la cationii de plumb, apare doar când concentrația pectinei depășește de 8–10 ori concentrația cationilor de cadmiu (tab. 6.2), confirmând rolul pectinei ca agent de complexare și stabilizare electrochimică.

Tabelul 6.2 Valoarea potențialului $E_{1/2}$ al unei de reducere a cationilor de plumb în funcție de concentrația pectinei

Nr.	$E_{1/2}$, V	$C_{\text{pect.}} \cdot 10^4$, mol/l	$E_{1/2}$, V	$C_{\text{pect.}} \cdot 10^4$, mol/l
1	0,60	1,0	0,60	6,0
2	0,60	2,0	0,60	7,0
3	0,60	3,0	0,62	8,0
4	0,60	4,0	0,65	9,0
5	0,60	5,0	0,67	10,0

Analiza datelor obținute (fig. 6.7) demonstrează, că fixarea cationilor de cadmiu și plumb de către pectine crește odată cu mărirea concentrației polizaharidului, gradul de eterificare având un impact mai semnificativ decât natura cationului. Pectinele cu conținut scăzut de metoxil (PSM) fixează cationii de cadmiu de 1,5–3,7 ori mai eficient și pe cei de plumb de 1,1–1,2 ori mai eficient decât pectinele cu conținut înalt de metoxil (PPE), ceea ce este susținut în literatura de specialitate

(Khotimchenko et al., 2020; Blaurock-Busch, 2020). Această diferență se explică prin creșterea numărului de grupări carboxilice libere, disponibile pentru legarea cationilor. Rezultatele confirmă fiabilitatea metodei polarografice pentru evaluarea fixării cationilor de cadmiu și plumb de către pectine și sugerează aplicabilitatea acestora în studii privind procesele complexe de fixare a metalelor în medii naturale.

6.2 Studiul influenței componentelor fructelor, legumelor și plantelor medicinale asupra fixării cationilor de plumb și cadmiu cu pectinele de diferite tipuri

Din literatura de specialitate reiese, că pectinele sunt frecvent utilizate în combinație cu semifabricate din fructe și legume sau cu plante medicinale pentru fabricarea suplimentelor alimentare biologic active și a produselor funcționale (Tutel'yan et al., 2010). În procesul de elaborare a alimentelor cu efect curativ sau profilactic, există două direcții principale: prima implică includerea pectinei în produse tradiționale, precum marmelade, jeleuri și sucuri, dar limitările cantitative și fizico-chimice ale pectinei pot afecta eficiența terapeutică (Tutel'yan, 2001); a doua presupune utilizarea pectinei sub formă izolată sau combinată cu alte suplimente biologic active, ca pulbere, capsule sau tablete, eliminând astfel aceste constrângeri (Tutel'yan, 2001; Iușan et al., 2025). Compoziția chimică a fructelor, legumelor și plantelor medicinale influențează semnificativ capacitatea complexantă a pectinei,

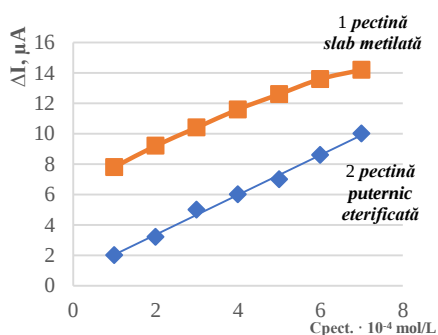


Fig. 6.7 Influența concentrației pectinelor (C_{pect}) asupra fixării cationului de cadmiu

întrucât proteinele, compușii fenolici și acizii organici pot interacționa cu aceasta, determinând modificări ale proprietăților sale structurale și funcționale (Skurikhin, 1987).

6.2.1 Studiul influenței componentelor materiei prime vegetale asupra fixării cationilor metalici

Analiza influenței componentelor din sucuri asupra undelor polarografice ale cationilor de cadmiu și plumb a indicat, că intensitatea curentului de reducere scade odată cu creșterea concentrației sucurilor, evidențiind formarea de complexe polarografic inactivi (fig. 6.8).

Fixarea cationilor variază liniar în funcție de conținutul sucurilor, fiind maximă pentru cadmiu în prezența sucului de morcovi și semnificativă pentru plumb în cazul sucului de ardei. Rezultatele confirmă, că substanțele fenolice din sucuri și extracte joacă un rol esențial în complexarea metalelor și, că metoda polarografică poate fi utilizată eficient pentru estimarea acestor procese complexometrice (Satterfield et al., 2000). Studiul sistemelor triple

pectină – cation metal – sisteme alimentare evidențiază existența variațiilor în dependența fixării cationilor metalici de pectine. Relația liniară dintre fixarea plumbului și cadmiului de către PSM și PPE suferă modificări, formînd un comportament neliniar, cu un tipar stereotipic (fig. 6.9-6.13).

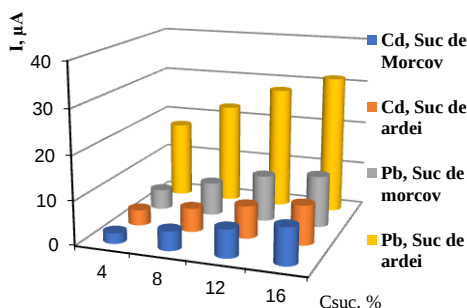


Fig. 6.8 Influența concentrației sucurilor (Csuc.) asupra fixării cationilor Pb și Cd (I)

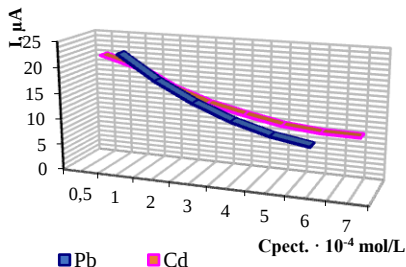


Fig. 6.9 Influența concentrației pectinei asupra fixării cationilor de plumb și cadmiu (I) în prezența sucului de ardei

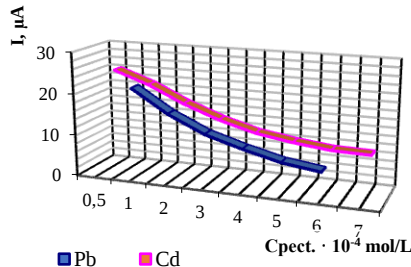


Fig. 6.10 Influența concentrației pectinei asupra fixării cationilor de plumb și cadmiu (I) în prezența sucului de bostan

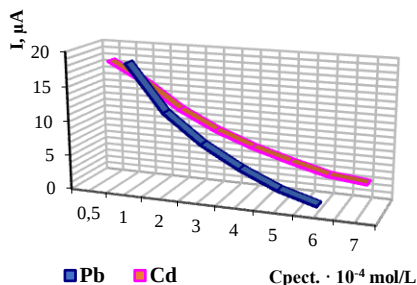


Fig. 6.11 Influența concentrației pectinei asupra fixării cationilor de plumb și cadmiu (I) în prezența sucului de dovlecel

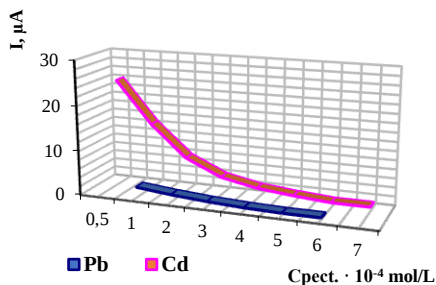


Fig. 6.12 Influența concentrației pectinei asupra fixării cationilor de plumb și cadmiu (I) în prezența sucului de morcov

Interacțiunile dintre pectine și componentele alimentare, în special substanțele fenolice, influențează semnificativ fixarea cationilor metalici în sistemele triple (fig. 6.9–6.13). Eficiența complexării depinde de structura chimică a pectinei și de natura fenolilor, pectina stabilizând metalele mai eficient în prezența acestora. Studiile recente confirmă aceste observații, evidențiind, că interacțiunile cu flavonoidele și compușii fenolici din fibrele alimentare cresc capacitatea de fixare a cationilor metalici cu până la 25–30% în matrici bogate în fenoli (Liu et al., 2021; Rocchetti et al., 2022).

Având în vedere caracterul nelinear al influenței concentrației de pectină asupra fixării cationilor de plumb și cadmiu, precum și necesitatea evaluării generale a capacității pectinelor de a fixa cationii metalici examinați, a fost introdus un concept nou de „gradul de fixare” al cationului de metal cu pectina. Gradul de fixare (L , %) se calculează în baza diferenței dintre fixarea cationilor de metale cu pectina în prezența sucurilor și extractelor și fixarea acestuia în soluție apoasă, considerată ca referință (tab. 6.3).

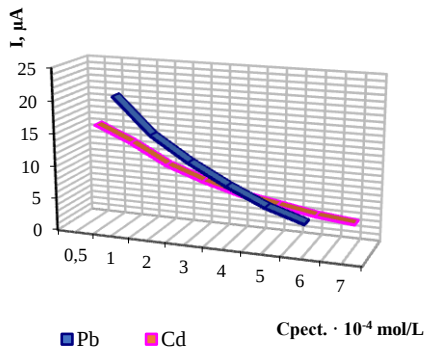


Fig. 6.13 Influența concentrației pectinei asupra fixării cationilor de plumb și cadmiu (I) în prezența extractului de stejar

Tabelul 6.3 Gradul de fixare al cationilor de plumb și cadmiu cu pectinele în prezența sucurilor și extractelor

Nr	Obiectul polarografiat	Pb ²⁺				Cd ²⁺			
		PPE 1:1	PSM 1:1	PPE 6:1	PSM 6:1	PPE 1:1	PSM 1:1	PPE 6:1	PSM 6:1
1	Metal + pectină	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	1 + ardei	2,55±0,08	1,41±0,04	1,10±0,04	1,25±0,05	3,71±0,15	1,77±0,09	2,64±0,11	1,80±0,09
3	1 + dovlecei	1,45±0,04	2,11±0,08	1,18±0,05	1,48±0,05	2,86±0,14	0,89±0,04	1,76±0,07	1,25±0,06
4	1 + bostani	0,24±0,002	0,56±0,04	0,75±0,03	0,6±0,03	6,86±0,27	2,94±0,24	3,08±0,09	2,26±0,08
5	1 + prune	0,95±0,02	0,88±0,05	1,08±0,04	0,95±0,04	1,57±0,06	0,55±0,02	1,48±0,06	1,03±0,05
6	1 + catină-albă	0,85±0,04	0,76±0,04	0,82±0,03	0,94±0,04	3,28±0,16	1,39±0,06	2,44±0,10	1,74±0,07
7	1 + caise	0,95±0,04	1,06±0,06	0,86±0,03	0,80±0,03	-	-	-	-
8	1 + vișine	1,15±0,06	1,18±0,05	1,01 ±0,05	0,92±0,04	-	-	-	-
9	1 + coacăză neagră	1,40±0,05	1,35±0,06	0,82±0,04	0,69±0,04	-	-	-	-
10	1 + gălbenele	1,45±0,05	1,76±0,08	1,15±0,05	1,06±0,05	1,43±0,06	0,39±0,02	1,36±0,05	0,86±0,04
11	1 + aronie	1,60±0,05	1,5±0,06	1,15±0,05	0,89±0,04	3,71±0,15	0,50±0,03	2,28±0,08	2,43±0,11
12	1 + coaja de stejar	1,10±0,04	1,06±0,05	1,03±0,04	1,03±0,05	2,43±0,11	0,94±0,05	1,92±0,08	1,37±0,06
13	1 + morcovi	3,95±0,16	5,41±0,16	1,28±0,05	1,49±0,06	9,43±0,47	3,52±0,09	3,84±0,19	2,77±0,13
14	1 + sunătoare	1,60±0,06	1,82±0,07	1,21±0,05	1,14±0,05	2,14±0,11	0,61±0,03	0,16±0,008	1,23±0,06
15	1 + maceș	1,05±0,04	1,06±0,05	1,06±0,05	1,0±0,05	1,86±0,09	0,39±0,02	1,48±0,06	0,80±0,04
16	1 + tomate	1,40±0,04	1,65±0,06	1,27±0,05	1,25±0,05	0,29±0,01	0,33±0,02	1,44±0,06	1,03±0,05
17	1 + piersici	0,95±0,05	1,47±0,070	0,91±0,04	0,86±0,04	2,29±0,09	0,44±0,03	1,52±0,07	0,91 ±0,04
18	1 + zmeură	1,85±0,07	1,88 ±0,08	1,21±0,05	1,20±0,05	8,71±0,35	2,55±0,10	3,28±0,16	1,91±0,10
PPE 1:1 -pectină puternic eterificată (proporție pectină:metal 1:1) PSM 1:1 -pectină slab metoxilată (proporție pectină:metal 1:1) PPE 6:1 -pectină puternic eterificată (proporție pectină:metal 6:1) PSM 1:1 -pectină slab metoxilată (proporție pectină:metal 6:1)									

Gradul de fixare a cationilor metalici de către pectine reflectă influența componentelor sucurilor și extractelor, substanțele fenolice fiind factorul principal responsabil de acest proces (fig. 6.14–6.16).

Analiza dependențelor $L = f(C_{pf})$ evidențiază două intervale: un domeniu inițial cu creștere semnificativă a fixării la concentrația de 100 mg/L de fenoli și un interval ulterior cu efect nesemnificativ. În primul interval, gradul de fixare depinde de gradul de eterificare al pectinei și de raportul molar pectină-metal, pectinele cu conținut scăzut de metoxil (PSM) prezentând eficiență mai mare decât cele cu conținut înalt (PPE), ceea ce este în concordanță cu datele din literatură (CSPI, 2016; Codex Stan 118, 1979).

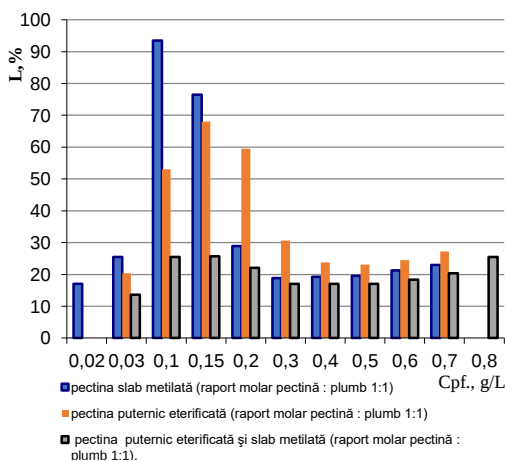


Fig. 6.14 Influența concentrației substanțelor fenolice (C_{pf}) asupra gradului de fixare a plumbului (L) în prezența pectinelor

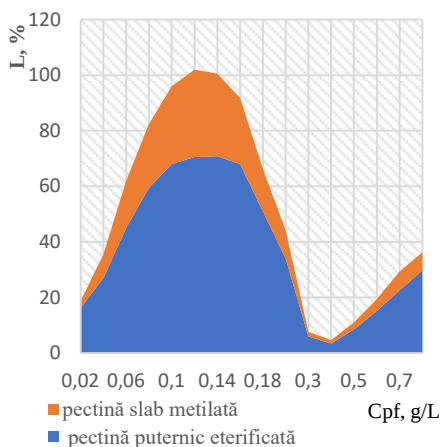


Fig. 6.15 Variația gradului de fixare a ionilor de cadmiu (L) în funcție de concentrația polifenolilor (C_{pf}) (raport molar pectină : cadmiu – 1:1)

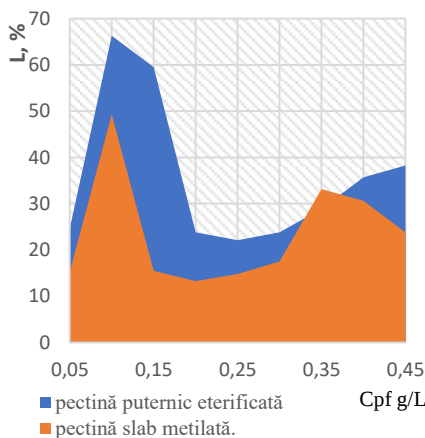


Fig. 6.16 Variația gradului de fixare a ionilor de cadmiu (L) în funcție de concentrația polifenolilor (C_{pf}) (raport molar pectină : cadmiu – 6:1)

Creșterea concentrației de pectină (raport pectină:metal 6:1) reduce gradul maximal de fixare al cationilor de plumb în domeniul inițial, iar în intervalul ulterior fixarea devine independentă de raportul molar și de gradul de eterificare. Similar, pentru cationii de cadmiu, fixarea crește semnificativ în intervalul 0–50 mg/L de substanțe fenolice, evidențiind influența acestora asupra procesului complexometric (fig. 6.15–6.16). Pectinele cu conținut scăzut de metoxil (PSM) prezintă o capacitate

mai mare de legare a metalelor grele comparativ cu cele cu conținut ridicat de metoxil (PPE), datorită grupărilor carboxil libere, care facilitează formarea complexelor stabile (Khotimchenko et al., 2017; Sinaki et al., 2024).

Rezultatele experimentale demonstrează, că fixarea cationilor de plumb și cadmiu de către pectine nu depinde strict de gradul de eterificare, cationii de cadmiu fiind fixați mai eficient decât cei de plumb. Aceasta sugerează implicarea interacțiunilor concurente între pectină, substanțe fenolice și cationi metalici, conform mecanismului propus: formarea complexelor metal–pectină ($\text{Me}^{2+} + \text{Pe} \rightarrow \text{MePe}$), metal–fenoli ($\text{Me}^{2+} + \text{Pf} \rightarrow \text{MePf}$) și pectină–fenoli ($\text{Pe} + \text{Pf} \rightarrow \text{PePf}$). La concentrații scăzute de fenoli (<100 mg/L) și raport pectină–plumb 1:1, fixarea plumbului predomină prin interacțiunea directă cu pectina, în timp ce creșterea concentrației de fenoli intensifică interacțiunea pectină–fenoli, reducând gradul de fixare. În plus, indicele pH influențează semnificativ procesul: valori mai mari favorizează disocierea grupelor carboxilice, sporind fixarea prin interacțiuni ionice, în timp ce interacțiunile cu grupurile hidroxilice și fenolice pot diminua eficiența fixării la anumite tipuri de pectină (PPE) (fig. 6.17).

Creșterea indicelui pH reduce capacitatea PPE de a fixa cationii de plumb, sporind contribuția substanțelor fenolice (reacția 2), fenomen evidențiat prin scăderea valorii L în curbele 1–4 din fig. 6.17. În schimb, PSM menține o fixare mai stabilă a plumbului, datorită complexelor mai stabile între grupările carboxilice și cationi. În cazul cadmiului, complexe cu pectinele sunt mai puțin stabile, iar substanțele fenolice joacă un rol dominant în fixare, contribuind de 2–8 ori mai mult decât PPE.

Creșterea raportului pectină–cadmiu până la 6:1 favorizează interacțiunea directă a cationilor cu grupele carboxilice, reducând influența altor mecanisme de legare și efectul cumulativ al fenolilor. Stabilitatea relativ redusă a complexului cadmiu–PPE favorizează redistribuirea cationilor către compuși fenolici, în timp ce complexe cadmiu–PSM restricționează această interacțiune, ceea ce explică variațiile constatate în gradul de fixare. Saturarea grupărilor carboxilice la concentrații înalte de pectină determină reducerea numărului de puncte active disponibile pentru interacțiunea cu compuși fenolici, ceea ce conduce la predominanța mecanismului de fixare directă

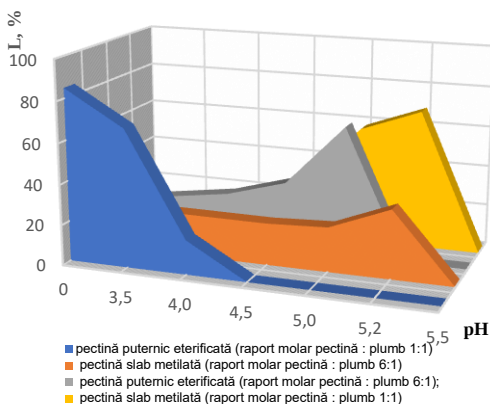


Fig. 6.17 Variația capacității de fixare a plumbului de către pectină L în funcție de indice pH

prin intermediul pectinei. Particularitățile chimice ale unor sucuri și extracte, precum sucul de tomate sau extractul de pojarăniță, influențează distribuția și contribuția relativă a mecanismelor de fixare.

Analiza datelor din fig. 6.18 evidențiază, că fixarea cadmiului depinde puternic de indicele pH, fiind favorizată în soluții cu $\text{pH} \geq 2$, unde interacțiunile cu substanțele fenolice predomină, în timp ce grupările carboxilice ale pectinei joacă un rol secundar (Jakóbi-Kolon et al., 2014; Goncharuk et al., 2023). Spre deosebire de cadmiu, plumbul interacționează mai eficient cu pectina, iar gradul de eterificare influențează mai mult fixarea cadmiului decât pe cea a plumbului.

Pectina acționează ca ligand polidentat, iar stabilitatea complexelor cu metalele grele depinde de natura grupărilor funcționale implicate și de concurența dintre liganzi. În așa fel, metoda polarografică se dovedește utilă în evaluarea materiilor prime vegetale pentru producerea de SABA, alimente funcționale și produse pentru nutriție specială, oferind un instrument eficient pentru identificarea și optimizarea agenților chelanți.

6.3 Argumentarea principiilor de producere a suplimentelor alimentare biologic active cu proprietăți prestabile

Cercetările efectuate au demonstrat, că dezvoltarea suplimentelor alimentare cu beneficii asupra sănătății (SABA) eficiente necesită elaborarea produselor cu proprietăți biologice clar definite. Cu toate acestea, literatura de specialitate se concentrează predominant asupra ingredientului principal și asupra rolului vitaminelor, mineralelor sau compușilor fenolici. Rezultatele obținute în cadrul studiului evidențiază importanța caracterizării detaliate a ingredientului activ, a stabilirii dozelor optime și a condițiilor de utilizare, în vederea maximizării eficacității și reducerii potențialelor riscuri. Combinarea ingredientului activ cu alte componente funcționale poate contribui la controlul efectelor secundare. Analiza interacțiunilor dintre pectine, sucuri și extracte a arătat, că prezența unor componente suplimentare poate influența semnificativ capacitatea de fixare a cationilor de cadmiu și plumb: unele substanțe diminuează această capacitate, în timp ce altele o intensifică. De exemplu, componentele din cântină albă și bostan manifestă un efect inhibitor, spre deosebire de suc de morcov, care determină o creștere a gradului de fixare (tab. 6.4).

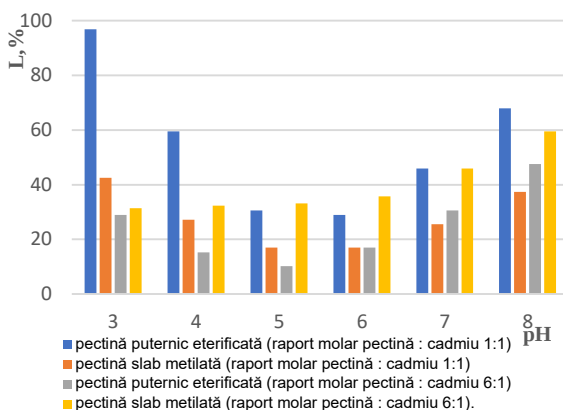


Fig. 6.18 Variația capacității de fixare a ionilor Cd^{2+} de către pectină L în funcție de indice pH

Tabelul 6.4 Influența materiei prime vegetale asupra capacității pectinei de a fixa cationii de plumb și cationii de cadmiu

Nr.	Efectul influenței sucurilor și extractelor	Pb ²⁺				Cd ²⁺	
		1:1		6:1		1:1	6:1
		PPE	PSM	PPE	PSM	PPE	PPE
1	Intensifică fixarea	ardei morcovi dovlecei tomate vișine coacăză neagră aronie zmeură gălbenele pojarniță	ardei morcovi dovlecei bostan tomate vișine piersici coacăză neagră aronie zmeură gălbenele sunătoare	dovlecei morcovi tomate aronie zmeură gălbenele sunătoare	ardei dovlecei morcovi tomate zmeură	ardei dovlecei bostan morcovi prune piersici aronie zmeură cătină-albă gălbenele coajă de stejar sunătoare măceș	ardei dovlecei bostan morcovi tomate prune piersici cătină-albă aronie zmeură măceș gălbenele coajă de stejar
2	Nu influențează asupra fixării	prune caise coajă de stejar măceș piersici	caise coajă de stejar măceș	ardei prune vișine coajă de stejar măceș	prune cătină- albă vișine gălbenele coajă destejar măceș	—	—
3	Reduce fixarea	bostan cătină- albă	prune cătină-albă	bostan cătină-albă caise coacăză neagră piersici	bostan caise coacăză neagră aronie piersici	tomate	sunătoare

Analiza datelor din tab. 6.4 evidențiază, că pentru realizarea unui supliment alimentar biologic activ (SABA) cu proprietăți prestabilite, este foarte importantă evaluarea influenței componentelor asociate asupra activității ingredientului principal. Compatibilitatea între componentul activ și ingredientele asociate previne pierderea eficienței SABA, principiul fiind similar cu cel aplicat în prepararea medicamentelor (Ushkalova, 2001). În acest context, pectina, cunoscută ca dezintoxicant eficient, reprezintă un ingredient activ valoros, capabil să fixeze și să elimine metale toxice precum plumb, cupru, cobalt, mercur, cesiu și stronțiu radioactiv, fără efecte secundare nedorite. Eficiența pectinei depinde de gradul de eterificare, iar pectina slab metilată prezintă capacitate superioară de fixare a cationilor metalici.

În formularea SABA, prezența altor ingrediente vegetale poate influența acest proces: combinațiile cu ardei reduc fixarea metalelor, în timp ce coacăza neagră, aronia, măceșul, zmeura, morcovii, dovleceii, florile de gălbenele și coaja de stejar mențin sau cresc eficiența pectinei. În schimb, ingrediente precum bostanii, cătina-albă, prunele, caisele, scorușul cu fructe negre, piersicile sau tomatele sunt nefavorabile procesului de detoxifiere. Astfel, principiile fundamentale pentru

elaborarea SABA detoxifiante pe bază de pectină includ selectarea pectinei cu caracteristici fizico-chimice adecvate, alegerea materiilor prime vegetale în funcție de efectele lor asupra organismului și evaluarea compatibilității dintre pectină și ingredientele asociate, pentru optimizarea proprietăților finale ale produsului.

Metodologia de cercetare a suplimentelor alimentare biologic active (SABA) a fost elaborată conform principiilor documentului „Cerințele generale privind certificarea suplimentelor alimentare biologic active”, aprobat de Ministerul Sănătății al Republicii Moldova. Studiile experimentale au cuprins determinarea indicilor fizico-chimici (umiditate, conținut de pectină, grad de eterificare), analiza toxicologică (metale toxice, pesticide, indicatori microbiologici), evaluarea capacității de fixare a metalelor toxice in vitro și testarea activității biologice a SABA-dezintoxicante prin experimente cu animale și aprobări clinice. Pentru aceste cercetări, IP INCAAMV a produs un lot experimental de SABA, asupra căruia au fost realizate analize fizico-chimice, evaluări toxicologice și a fost determinată capacitatea complexometrică a pectinei, rezultatele fiind prezentate în tab. 6.5.

Tabelul 6.5 Indicii fizico-chimici și sanitaro-igienici a SABA obținute în condiții semiindustriale la INCAAMV

Nr.	Denumirea indicilor	Control	SABA experimentale pe baza:	
			pectinei și a florilor de sunătoare	pectinei și a florilor de gălbenele
1	2	3	4	5
Indicii fizico-chimici:				
1.	Fracția masică a umidității, %	8,20	8,50	7,91
2.	Gradul de eterificare a pectinei, %	23,37	23,37	23,37
3.	Fracția masică a pectinei, calculată în raport cu poliuronidele, %	37,15	42,56	56,00
4.	Capacitatea complexometrică, %	75,00	87,50	86,10
Indicii microbiologici:				
1.	Microorganisme mezofile aerobe și facultative anaerobe, UFC/g, max.	$1,2 \times 10^4$	$2,5 \times 10^2$	$1,7 \times 10^4$
2.	Bacterii din grupa colibacililor (bacterii coliforme)	Absența	Absența	Absența
3.	Microorganisme patogene, inclusiv <i>Salmonella</i>	Absența	Absența	Absența
4.	Drojdii și ciuperci de mucegai, UFC la 1 g	Absența	Absența	Absența
5.	Fracția masică a impurităților metalice (particulelor), max. 0,3 mm în dimensiune lineară maximă 1%, max.	Absența	Absența	Absența

Tabelul 6.5 (continuare)

1	2	3	4	5
6.	Elemente chimice toxice (fracția masică, mg/kg):			
	plumb	2,00	1,00	0,80
	arsen	3,00	Absența	Absența
	cupru	5,00	5,00	5,30
	zinc	5,00-10,00	7,70	7,90
	cadmiu	1,00	urme	urme
	mercur	1,00	urme	urme

Evaluarea clinică a SABA-dezintoxicante a fost realizată la Centrul de Medicină Radioactivă din or. Kiev (Ucraina). Loturile experimentale au fost testate pe animale expuse la cesiu radioactiv, iar administrarea SABA a redus acumularea acestuia cu 19–25% față de grupul martor. În studiile clinice pe copii din regiuni afectate de contaminarea radioactivă de la Stația Atomică Cernobîl, includerea SABA în rația zilnică a accelerat eliminarea cesiului de aproximativ 1,5 ori comparativ cu grupul martor, determinând o reducere medie de 12,5% a nivelului de radioactivitate după 21 de zile. Specialiștii recomandă administrarea SABA în doze de 1–2 g/zi pentru copii și 5 g/zi pentru adulți, evidențiind eficiența produsului în reducerea acumulării de cesiu și beneficiile sale terapeutice generale asupra sănătății populației din zonele contaminate.

În urma evaluării mostrelor experimentale și având în vedere cerințele impuse de documentația normativ-tehnică referitoare la pectină și plantele utilizate, precum și Hotărîrea Guvernului nr. 221 din 16.03.2009 cu privire la aprobarea Cerințelor privind criteriile microbiologice pentru produsele alimentare, au fost analizați indicii de calitate SABA, iar rezultatele obținute sunt prezentate în tab. 6.6.

Tabelul 6.6 Indicii de calitate a suplimentelor alimentare biologic active pe bază de pectină și plante

Nr.	Denumirea indicilor	Pectină + flori de sunătoare	Pectină + flori de gălbenele
1	2	3	4
1	Consistența	Pulbere friabilă cu fracția de 0,01 mm	Pulbere friabilă cu fracția de 0,01 mm
2	Culoarea	de la nuanță sur-verzuie pînă la nuanța sur-brună	nuanța sur-galbenă
3	Fracția masică a umidității, %, max.	10	10
4	Gradul de eterificare a pectinei, %, max.	25	25
5	Fracția masică a pectinei calculată în raport cu poliuronidele, max.	45	60
6	Fracția masică a impurităților metalice (particulelor), max. 0,3 mm în dimensiune lineară maximă 1%, max.	Absența	Absența
7	Microorganisme mezofile aerobe și facultativ anaerobe, UFC/g, max.	$5 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^4$

Tabelul 6.6 (continuare)

1	2	3	4
8	Bacterii din grupa colibacililor (bacterii coliforme)	1,0	0,1
9	Microorganisme patogene, inclusiv <i>Salmonella</i>	25	25
10	Drojii și ciuperci de mucegai, UFC la 1 g	50	100
11	Elemente toxice:	Niveluri admisibile, mg/kg, max.	
	Plumb	10,00	
	Arsen	3,00	
	Cupru	50,00	
	Zinc	25,00	
	Cadmium	0,05	
	Mercur	0,02	

Indicii de calitate stabiliți pentru produsul SABA au reprezentat suportul tehnico-științific pentru elaborarea standardului de firmă, care reglementează parametrii tehnologici și de calitate la fabricarea agenților dezintoxifianți SABA.

6.4 Elaborarea compozițiilor produselor funcționale și a tehnologiei de producere a acestora

Elaborarea produselor funcționale destinate fixării și eliminării cationilor metalelor toxice din organism a fost realizată conform unei tehnologii speciale (Ugolev, 1991).

Produsele alimentare funcționale trebuie să prezinte atât efecte benefice asupra organismului uman, cât și caracteristice organoleptice corespunzătoare cerințelor consumatorilor. Componentele responsabile de caracteristicile senzoriale: gust, miros, culoare și consistență ale produselor destinate persoanelor expuse la metale toxice au fost obținute prin procesarea materiei prime de origine vegetală, respectiv fructe și legume, conform datelor prezentate în tab. 6.7. Aceste componente joacă un rol esențial în proprietățile organoleptice ale produselor, contribuind atât la acceptabilitatea consumatorilor, cât și la eficiența terapeutică a acestora.

Tabelul 6.7 Caracteristica indicilor fizico-chimici a produselor îmbogățite cu pectină

Nr	Denumirea produsului îmbogățit cu pectină	Fracția masică a substanțelor uscate, cel puțin %	Fracția masică a substanțelor pectinice, cel puțin %
1.	Dovlecei tocați	14	1,5
2.	Morcovi tocați	20	1,5
3.	Ardei tăiat cu melanj de legume în sos de tomate	14	1,5
4.	Băutură de tomate	—	0,5
5.	Sos de tomate cu ceapă prăjită	—	1,5
6.	Sos de tomate cu ceapă și morcov prăjit	—	1,5
7.	Chiseluri din fructe în sortiment	18–24	1,0
8.	Băuturi din fructe în sortiment	10–18	0,5–1,4
9.	Pireu din fructe în sortiment	15–18	1,5
10.	Paste de fructe în sortiment	32	1,5
11.	Magiun în sortiment	55	1,0
12.	Fructe și pomușoare în jeleu în sortiment	35–40	0,7

Analiza produselor prezentate în tab. 6.7 evidențiază faptul, că acestea combină suplimente alimentare cu beneficii asupra sănătății (SABA), responsabile de fixarea metalelor toxice, cu ingrediente vegetale, care contribuie la îmbunătățirea proprietăților organoleptice. Datorită conținutului redus de pectină în produsele, care conțin ingrediente vegetale proaspete sau materii prime cu un nivel scăzut de substanță uscată, atingerea dozei profilactice necesare presupune consumul unor cantități relativ mari, ceea ce poate influența echilibrul rației alimentare. Creșterea concentrației de pectină se realizează prin integrarea acesteia în materie primă cu substanțe uscate înalte, precum prune, caise și morcovi, care asigură și valoare biologică și energetică înaltă. Calculul ingredientelor produselor funcționale a avut la bază doza zilnică recomandată de 5 g pectină cu umiditatea de 10% și conținutul de poliuronizi $\geq 70\%$, stabilind o fracție masică de pectină de 20% în produsul final.

În cadrul elaborării tehnologiei de producere a produselor funcționale sub formă de batonașe, pe bază vegetală cu pectină, au fost analizate diverse scheme tehnologice pentru fabricarea bomboanelor. Procesul de obținere a produselor funcționale se bazează pe analiza acestora, iar schema tehnologică pentru producerea bomboanelor-praline, include următoarele etape: pregătirea pastei pentru bomboane, modelarea batonașelor prin presare în formă de cordoane sau fâșii, răcirea cordoanelor modelate, tăierea acestora în batonașe separate, împachetarea și ambalarea în ambalaj comercial. Cu toate acestea, cercetările experimentale tehnologice au demonstrat, că procesul de producere a batonașelor pentru alimentație funcțională prezintă anumite particularități, determinate de specificul materiei prime utilizate și al produsului finit.

Schema tehnologică elaborată de noi include procesul de pregătire a pectinei, florilor de sunătoare și al florilor de gălbenele (fig. 6.19), sau, la etapa de amestecare, se poate utiliza SABA deja pregătit.

Schema tehnologică de producere a batonașelor de SABA, prezentată în fig. 6.19, include următoarele etape ale procesului:

- recepționarea și depozitarea materiei prime;
- pregătirea ingredientelor;
- amestecarea;
- concentrarea prin fierbere;
- pregătirea pastei pentru bomboane;
- modelarea pastei pentru bomboane;
- răcirea;
- tăierea în corpuri;
- împachetarea;
- ambalarea în ambalaj comercial.

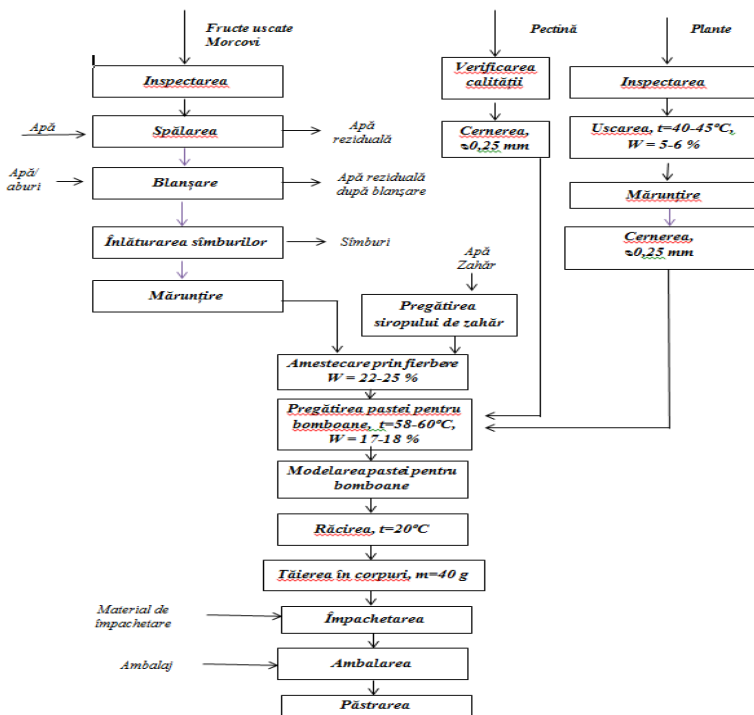


Fig. 6.19 Schema tehnologică de producere a batonașelor cu SABA

Colectarea, recepționarea, depozitarea materiei prime și controlul calității acestora a fost realizată conform cerințelor standardizate și procedurilor specifice fiecărei etape tehnologice. Calculul rețetelor produselor a fost efectuat prin metoda "de la substanța uscată față de cel natural" (Lee et al., 2020), ținând cont de proporțiile stabilite ale componentelor, normele de pierdere a materiei prime (1,5 % în industria de cofetărie) și conținutul de substanțe uscate din materie primă și produs. În acest fel, au fost elaborate rețetele și normele de consum pentru materiile prime și materialele necesare fabricării produselor alimentare funcționale.

Analiza compoziției formulative și a costurilor de producție pentru batonașele pe bază de caise, prune și morcovi a stabilit fracția substanțelor uscate din materiile prime și a inclus două variante pentru fiecare tip, diferențiate prin prezența florilor de sunătoare sau de gălbenele, alături de pectină, zahăr și apă, în proporții variabile. Rezultatele au arătat diferențe semnificative în eficiența utilizării materiilor prime și valorificarea componentelor funcționale. Compozițiile cu extracte din flori au demonstrat o adaptabilitate tehnologică satisfăcătoare și un potențial economic competitiv. Corelarea proporției ingredientelor cu conținutul de substanță uscată a permis identificarea variantelor cu eficiență superioară de conversie a materiei prime

în produsul finit, facilitând optimizarea compoziției în funcție de criteriile nutriționale, tehnologice și economice.

6.5 Studiul termenilor de păstrare a produselor funcționale

Produsele de cofetărie cu un conținut înalt de substanțe uscate aparțin categoriei produselor conservate prin metoda anabiozei, în special prin reducerea activității apei (A_w). Activitatea apei este definită ca raportul dintre presiunea vaporilor de apă deasupra produsului și presiunea de saturație a vaporilor de apă la aceeași temperatură. Este bine cunoscut faptul, că nivelul A_w influențează procesele oxidative ale lipidelor, formarea melanoidinelor, precum și activitatea enzimatică, fermentativă și microbiologică în timpul depozitării.

Au fost stabilite limitele critice ale A_w pentru majoritatea microorganismelor, peste care creșterea acestora este inhibată. Astfel, dezvoltarea bacteriilor este favorizată la $A_w = 0,90-0,99$, în timp ce drojdiile și ciupercile de mușcăi pot prolifera într-un interval de A_w cuprins între 0,85 și 0,65. În funcție de valoarea activității apei, produsele alimentare se clasifică în trei categorii: produse cu umiditate ridicată ($A_w = 1,0-0,9$), produse cu umiditate intermediară ($A_w = 0,9-0,6$) și produse cu umiditate scăzută ($A_w = 0,6-0,0$).

Având un conținut de umiditate de 18-20%, produsele funcționale elaborate în cadrul acestui studiu se încadrează în categoria produselor cu umiditate intermediară. Concentrația înaltă de zaharuri și pectină din compoziția acestora contribuie semnificativ la reținerea apei reziduale după procesul de fabricație, efect care este amplificat prin utilizarea unui ambalaj ermetic.

Pe baza acestor considerații, se poate presupune, că în produsele funcționale analizate sunt diminuate sau chiar eliminate condițiile favorabile dezvoltării bacteriilor, drojdiilor și mușcăiurilor. Pentru a valida această ipoteză, au fost efectuate o serie de studii experimentale, ale căror rezultate sunt prezentate în tab. 6.8.

Au fost fabricate serii experimentale de batonașe pe bază de caise și morcov, fiecare variantă conținând suplimente alimentare biologic active. Produsele au fost ambalate conform Regulamentului sanitar nr. 278 din 24.04.2013, utilizând ambalaje, care asigură protecția calității și prospețimii pe durata depozitării și transportului.

Tabelul 6.8 Indicii fizico-chimici și microbiologici a batonașelor la păstrare

Nr.	Tipurile de batonașe	Perioada de testare	Fracția masică a umidității, %	Fracția masică a pectinei, %	Gradul de eterificare a pectinei	Microorganisme Mezofile aerobe și anaerobe, UFC/g
1	2	3	4	5	6	7
1	Batonaș de caise (varianta 1)	Initial	18,60	27,16	23,30	$2,4 \cdot 10^3$
		4 luni	18,61	27,20	23,00	$2,5 \cdot 10^3$
		6 luni	18,78	27,00	23,00	$2,5 \cdot 10^3$
		8 luni	18,75	27,10	22,91	$2,8 \cdot 10^3$
2	Batonaș de caise (varianta 2)	Initial	18,30	22,30	23,33	$2,7 \cdot 10^3$
		4 luni	18,42	22,35	23,40	$2,7 \cdot 10^3$
		6 luni	18,34	22,25	23,00	$2,8 \cdot 10^3$
		8 luni	18,40	22,31	29,84	$3,2 \cdot 10^3$

1	2	3	4	5	6	7
3	Batonaș de morcovi (varianta 1)	Initial	18,85	27,41	23,45	$1,3*10^3$
		4 luni	18,80	27,40	23,00	$1,4*10^3$
		6 luni	18,89	27,40	23,15	$1,5*10^3$
		8 luni	18,91	26,95	23,00	$1,5*10^3$
4	Batonaș de morcovi (varianta 2)	Initial	19,00	22,24	23,31	$2,1*10^3$
		4 luni	19,00	22,30	23,18	$2,4*10^3$
		6 luni	19,17	22,00	23,25	$3,3*10^3$
		8 luni	19,23	22,00	23,30	$3,8*10^3$

Evoluția calității produsului a fost evaluată prin monitorizarea parametrilor fizico-chimici și microbiologici la intervale de 4, 6 și 8 luni de la momentul fabricării.

Analiza rezultatelor prezentate în tab. 6.8 a evidențiat faptul, că pe întreaga durată a depozitării, batonașele și-au menținut stabilitatea senzorială, fără modificări semnificative ale culorii, mirosului sau consistenței. Aceasta indică la o conservabilitate stabilă a produsului, datorită conținutului optim de substanțe uscate și a ambalajului utilizat, care au contribuit la prevenirea proceselor oxidative și la inhibarea dezvoltării microorganismelor alterative.

CONCLUZII

Cercetările realizate în cadrul prezentei teze au condus la formularea următoarelor concluzii:

1. Aplicarea metodelor inovative de cercetare și dezvoltare au permis diversificarea spectrului produselor extrudate cu valoare nutritivă superioară, componente ale alimentației sănătoase. Acestea se caracterizează printr-un conținut înalt de fibre alimentare (34,25-40,56%), proteine, minerale și compuși bioactivi, confirmând importanța valorificării durabile a resurselor vegetale secundare (Capitolul 1, Iușan, 2023).
2. Analiza fizico-chimică a materiilor prime autohtone a evidențiat potențialul funcțional înalt al cerealelor, leguminoaselor și subproduselor agroalimentare. Adaosurile vegetale au contribuit la îmbunătățirea proprietăților funcționale ale extrudatelor, parametrii tehnologici relevanți fiind: coeficientul de gonflare 3,95–4,60, capacitatea de reținere a apei 3,80–4,95 g/g și a uleiului 0,85–1,05 g/g (Subcapitolul 4.1, Iușan, 2018).
3. Optimizarea procesului de uscare a tescovinei prin tehnologii combinate (convecție + radiație infraroșie) și ajustarea parametrilor (temperatură 75–85°C, viteză aerului 3 m/s, încărcătură 0,5–1,5 kg/m²) a condus la reducerea timpului de procesare cu 45%, conservarea compușilor bioactivi și creșterea eficienței energetice. Modelarea matematică a confirmat validitatea acestor soluții (Capitolul 3, Iușan și al., 2020).
4. Rețetele elaborate pentru produsele alimentare funcționale, fundamentate pe modelarea matematică și principii nutriționale, au demonstrat combinații echilibrate de ingrediente. Studiul a demonstrat, că rețetele pe bază de porumb și tescovină de

struguri au evidențiat cea mai bună stabilitate și acuratețe a modelului predictiv, confirmând influența semnificativă a polifenolilor și a acidității tescovinei asupra comportamentului tehnologic al amestecurilor (Capitolul 4, Yusan, 2024).

5. Evaluarea complexă a calității produselor alimentare a demonstrat siguranță microbiologică deplină și parametri superiori de textură și hidratare. Adăosul de acid citric (3%) a redus formarea acrilamidei cu 15,9–21,1%, iar studiul de fezabilitate a confirmat rentabilitatea economică a tehnologiilor, cu o eficiență cuprinsă între 19,1–20,6% (Subcapitole 4.1, 4.2 și 4.3, Iușan, 2020).

6. Studiul influenței parametrilor tehnologici asupra procesului de uscare a relevat două etape distincte, cu punct de tranziție la 15–21% substanță uscată. Creșterea temperaturii a redus durata uscării cu până la 76% (în cazul tescovinei de struguri), iar radiația infraroșie a diminuat timpul de procesare cu până la 15,5%, demonstrând importanța controlului termic și al încălzirii asupra cineticii de deshidratare (Subcapitole 3.1 și 3.2; Iușan și al., 2020).

7. Au fost concepute și validate tehnologii avansate pentru producerea alimentelor funcționale, fundamentate pe criterii științifice de selecție a materiilor prime și pe optimizarea parametrilor de procesare. Rezultatele obținute confirmă eficiența și sustenabilitatea acestor soluții tehnologice, care asigură obținerea unor produse cu valoare biologică înaltă, stabilitate sporită și caracteristici senzoriale corespunzătoare cerințelor consumatorului modern (Subcapitole 4.1 și 6.4, Iushan, 2022).

8. Determinarea valorii nutritive și energetice a produselor obținute a confirmat aportul lor semnificativ în fibre, proteine și compuși bioactivi, precum și reducerea radioactivității interne cu 12,5% și accelerarea eliminării metalului radioactiv de 1,5 ori în cazul suplimentelor biologic active validate clinic. Aceste rezultate confirmă impactul pozitiv al produselor asupra sănătății consumatorilor (Subcapitole 4.3 și 6.3, Iușan, 2023).

9. Fezabilitatea și aplicabilitatea tehnologiilor propuse au fost confirmate experimental și industrial, prin implementarea la întreprinderile „Policom-Prim” SRL, „BIOCOM” SRL și „CONSULT LC” SRL. Elaborarea documentației normativ-tehnice a demonstrat respectarea standardelor de calitate și siguranță alimentară, iar implementarea practică a confirmat utilitatea economică și industrială a cercetărilor (Subcapitole 4.1 și 5.2, Iușan, 2024).

RECOMANDĂRI

Pentru industria alimentară din Republica Moldova se recomandă implementarea tehnologiilor elaborate de extrudare cu parametri optimi: temperaturi de 139-154°C și presiuni de 25-30 MPa pentru valorificarea deșeurilor alimentare în produse cu conținut sporit de fibre alimentare. Utilizarea metodelor combinate de uscare la parametri optimi de 75-85°C și viteză aerului de 3 m/s asigură reducerea timpului de procesare cu până la 45% și conservarea compușilor bioactivi.

În domeniul cercetării și dezvoltării se recomandă extinderea investigațiilor asupra optimizării raportului pectină:metal pentru maximizarea eficienței de fixare a metalelor toxice, aprofundarea studiilor clinice pentru validarea pe termen lung a efectelor SABA asupra sănătății și dezvoltarea unor noi compoziții cu plante medicinale autohtone. Cercetările viitoare trebuie să vizeze și investigarea sinergiilor între diferiți compuși bioactivi pentru optimizarea proprietăților funcționale ale produselor elaborate.

Pentru implementarea la scară industrială se recomandă crearea centrelor pilot pentru demonstrarea viabilității tehnologiilor la scară industrială, cu accent pe standardizarea proceselor și controlul calității. Dezvoltarea parteneriatelor între instituțiile de cercetare și industria alimentară va facilita transferul rapid al tehnologiilor și implementarea inovațiilor în producția comercială.

În contextul politicilor publice se recomandă elaborarea cadrului legislativ pentru promovarea valorificării deșeurilor alimentare și dezvoltarea standardelor naționale pentru produsele alimentare funcționale și suplimentele dezinfectante. Susținerea financiară a programelor de cercetare aplicativă și implementarea programelor educaționale pentru promovarea consumului de produse alimentare cu valoare nutritivă sporită vor contribui la îmbunătățirea stării de sănătate a populației.

IMPACTUL ȘI PERSPECTIVELE DE DEZVOLTARE

Rezultatele obținute contribuie semnificativ la reducerea risipei alimentare prin valorificarea integrală a deșeurilor din industria agroalimentară, estimându-se o reducere cu până la 30% a cantității de deșeuri obținute. Îmbunătățirea stării de sănătate a populației prin dezvoltarea produselor alimentare funcționale cu conținut sporit de fibre alimentare și compuși bioactivi va avea un impact pozitiv asupra reducerii afecțiunilor metabolice și digestive.

Sustenabilitatea economică a industriei alimentare, prin diversificarea portofoliului de produse, a fost confirmată de rentabilitatea demonstrată, situată între 19,1–20,6% pentru produsele extrudate, în condițiile unor costuri directe estimate la 13.436–23.501,5 lei/tonă (prețuri a. 2024). Totodată, rezultatele obținute evidențiază premise favorabile pentru lansarea pe piață a acestor produse la un nivel competitiv al prețului. Totodată, protecția mediului, asigurată prin implementarea tehnologiilor ecologice de procesare, contribuie la consolidarea principiilor dezvoltării durabile în sectorul alimentar.

Tehnologiile alimentare elaborate reprezintă o soluție de perspectivă pentru ramura agroalimentară modernă, oferind răspunsuri concrete la provocările contemporane legate de siguranța alimentară, sănătatea consumatorilor și responsabilitatea ecologică. Implementarea acestor tehnologii va contribui la dezvoltarea unei industrii alimentare sustenabile, competitive și orientate către promovarea sănătății și bunăstării consumatorilor, răspunzând cerințelor pieței moderne pentru produse alimentare sănătoase, sustenabile și sigure.

Rezultatele științifice obținute pot servi drept baza unor cercetări aplicative pe viitor, inclusiv pentru proiecte de transfer tehnologic, proiecte bi- și multilaterale internaționale, dar și pentru obținerea unor granturi doctorale. Continuarea cercetărilor va implica metode noi de analiză, inclusiv a digestibilității in situ a produselor elaborate.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. ABRAMOV, O. (2007) Issledovanie osnovnykh zakonornostey protsessa ekstruzii pri proizvodstve kombinirovannykh produktov pitaniya. *Khranenie i pererabotka sel'khozsy'r'ya*, 6, pp. 69–72. (in Russian)
2. ACEVEDO, N., SCHEBOR, C. et al. (2006) Water–solids interactions, matrix structural properties and the rate of non-enzymatic browning. *Journal of Food Engineering*, 77, pp.1108–1115. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.08.045>
3. ACKMAN, R.G. (2007) Fatty acids in fish and shellfish. C.K. Chow, ed. *Fatty Acids in Foods and Their Health Implications*. London, UK: CRC Press, pp. 155–185 DOI:10.1201/9781420006902.ch8
4. AIDIGIË, C., ZONSZAIN, F. (2007) *Biochimie structurale*. Doin, Rueil-Malmaison, 1 vol., XI–p.266
5. ALAM, M.S., PATHANIA, S. et al. (2016) Optimization of the extrusion process for development of high fibre soybean-rice ready-to-eat snacks using carrot pomace and cauliflower trimmings. *LWT – Food Science and Technology*, 74, p.135-144, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.031>
6. ALTAN, A. and MASKAN, M. (2011) Development of extruded foods by utilizing food industry by-products. In: *Advances in food extrusion technology*, p.121-168. DOI:10.1201/b11286-7
7. ARYAL, S. (2023) Proteins: Properties, Structure, Types, Functions. *Microbe Notes*. Available at: <https://microbenotes.com/amino-acids-proteins/> [Accessed 15 August 2025]
8. BHATKAR, N.S., SHIRKOLE, S.S., MUJUMDAR, A.S. et al. (2021) Drying of tomatoes and tomato processing waste: a critical review of the quality aspects. *Drying Technology*, 39 (11), pp. 1720-1744, <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1910832>
9. BLAUROCK-BUSCH, E. (2020) Pectin an Alternative to Synthetic Chelators. *Townsend Letter*, p.1–5. <https://www.townsendletter.com/article/pectin-an-alternative-to-synthetic-chelators>
10. BRIGHINA, S., PULVIRENTI, L., SIRACUSA, L. et al. (2024) Small-sized tomato pomace: source of bioactive compounds and ingredient for sustainable production of functional bread. *Foods*, 13(21):3492. doi: 10.3390/foods13213492
11. BYKOVA, T.O., MAKAROVA, N.V., SHEVCHENKO, A.F. (2015) The impact of drying technology on chemical composition and antioxidant properties of fruit pomace. *Pishchevaya Promyshlennost'*, 12, p.68–70. (in Russian), <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnologii-sushki-na-himicheskiy-sostav-i-antioksidantnye-svoystva-fruktovyh-vyzhimok>
12. CESKO, T., DICUSAR, G., GHENDOV-MOȘANU, A. (2022) Kinetics of the drying process of apple pomace by convective method. In: *Conferință Științifică Internațională „Perspectivele și Problemele Integrării în Spațiul European al Cercetării și Educației”*, USC,

Cahul, pp.345–346, https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/Volumul_IX-Part_1_2022.pdf

13. CEŞKO, T., DICUSAR, G., STURZA, R. et al. (2023) The influence of the temperature of the convective heat agent on the kinetics of the drying process and the content of bioactive compounds in apple pomace. *Journal of Engineering Science*, 30(3), p.134–144, [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30\(3\).09](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30(3).09)

14. CHERNYKH, V.A. (2012) Opredelenie strukturno-mekhanicheskikh svoystv ekstrudatov. *Khranenie i pererabotka sel'khozsy'ya*, 12, p.22–24. (in Russian)

15. Codex Alimentarius (1979) *Standard for Foods for Special Dietary Use for Persons Intolerant to Gluten (CXS 118-1979, Revizuire 2015)*, p.39, https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/ru/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B118-1979%252FCXS_118e_2015.pdf&utm

16. CONTE, A., PANZA, O., DEL NOBILE, M.A. (2024) Modeling the dehydration kinetic of grape pomace. *LWT – Food Science and Technology*, 198:116021, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116021>

17. CSPI (2016) *Artificial Trans Fat: A Timeline*. Available at: <https://cspinet.org/resource/artificial-trans-fat-timeline> [Accessed 10 August 2025]

18. DAHL, W., STEWART, M. (2015) Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Health Implications of Dietary Fiber. *Journal of The Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(11), pp. 1861–1870, [https://www.jandonline.org/article/S2212-2672\(15\)01386-6/abstract](https://www.jandonline.org/article/S2212-2672(15)01386-6/abstract)

19. DELFIYA, D.S.A., et al. (2022) Drying kinetics of food materials in infrared radiation drying: A review. *Journal of Food Process Engineering*, 45(6), e13810, <https://doi.org/10.1111/jfpe.13810>

20. EVERT, A.B., BOLEN, S., MURRAY, S. (2019) Nutrition Therapy for Adults With Diabetes or Prediabetes: A Consensus Report. *Diabetes Care*, 42(5), pp.731–754, <https://doi.org/10.2337/dci19-0014>

21. FAO (2008) *Food and Nutrition Paper 91: Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation*. Geneva, https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/nutrition/docs/requirements/fatsandfattyacidsreport.pdf?utm

22. FARDET, A., ROCK, E. (2014) Toward a new philosophy of preventive nutrition: from a reductionist to a holistic paradigm to improve nutritional recommendations. *Advances in Nutrition*, 5 (4), pp.430–446, <https://doi.org/10.3945/an.114.006122>

23. FIRA-MLĂDINESCU, C. (2019) *Macronutrienții și micronutrienții în Ghid de bune practice*. In: Alimentație rațională, siguranța alimentelor și schimbarea comportamentului alimentar. Chișinău: Print-Caro, pp.25–28, <https://repository.usmf.md/handle/20.500.12710/6742>

24. FONTANA, A.R., ANTONIOLLI, A., BOTTINI, R. (2013) Grape pomace as a sustainable source of bioactive compounds: extraction, characterization, and biotechnological applications of phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(38), DOI:10.1021/jf402586f

25. GOŁĘBIEWSKI, A., et al. (2020) Molecular parameters of low methoxylated pectin affected by gelation with copper and cadmium cations, *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 21:100211, DOI:10.1016/j.bcdf.2020.100211

26. GONCHARUK, V., et al. (2023) Heavy metal, their phytotoxicity, and the role of phenolic antioxidants in plant stress responses with focus on cadmium: Review. *Molecules*, 28(9):3921 doi: 10.3390/molecules28093921
27. HERAS-RAMÍREZ, M., QUINTERO-RAMOS, A., CAMACHO, A. et al. (2011) Effect of Blanching and Drying Temperature on Polyphenolic Compound Stability and Antioxidant Capacity of Apple Pomace. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), pp. 1-10, DOI:10.1007/s11947-011-0583-x
28. HUANG, D., YANG, P., TANG, X. et al. (2021) Application of infrared radiation in the drying of food products. *Trends in Food Science and Technology*, 110, p.765–777, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.039>
29. IUȘAN, L., TERENTIEVA, G., CARAGIA, V. et al. (2014) Prophylactic assortment diversification of food for diabetics. In: *Proceedings of International Conference Modern Technologies in the Food Industry*, Chișinău: Technical University of Moldova, pp. 216–219, <https://repository.utm.md/handle/5014/6835?show=full>
30. IUSHAN, L. (2022) Improving the recipes of extruded sorghum mixes using wheat germ. *Sciences of Europe*, 94, p. 86, doi:10.5281/zenodo.6616429
31. JAKÓBIK-KOLON, A. et al. (2014) Preparation of pectin-based biosorbents for cadmium and lead ions removal. *Separation Science and technology*, 49(11). DOI:10.1080/01496395.2014.906469
32. KAUR, R., KUMAR, M., GUPTA, O.P. et al. (2018) Drying Characteristics of Fenugreek and Its Computer Simulation for Automatic Operation. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(03), p.3275–3291, DOI:10.20546/ijcmas.2018.703.378
33. KAUSER, S., MURTAZA, M.A., HUSSAIN, A., et al. (2023) Apple pomace, a bioresource of functional and nutritional components with potential of utilization in different food formulations: A review. *Food Chemistry Advances*, 4(10):100598, DOI:10.1016/j.focha.2023.100598
34. KHOTIMCHENKO, I. et al. (2007) Low esterified pectin accelerates removal of lead ions in rats. *Nutrition Research*, 27(10), p.633-639, DOI:10.1016/j.nutres.2007.06.005
35. KHOTIMCHENKO, M., et al. (2017) Lead-binding capacity of calcium pectates with different molecular weight. *International Journal of Biological Macromolecules*, 97, p.526-535. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.01.065
36. LERSANANSIT, N., PUNJUNUN, K., CHAILAPAKUL, O. & PRAPHAIRAKSIT, N., (2024) Development of pectin-based gel electrolyte for wireless electrochemical determination of cadmium and lead using smartphone. *Talanta*, 263, p.126211. doi:10.1016/j.talanta.2024.126211
37. LI, D. et al. (2021) Characterizing and alleviating the browning of choerospondias axillaris fruit cake during drying. *Food Control*, 132(9):108522, DOI:10.1016/j.foodcont.2021.108522
38. LI, R., WANG, C., WANG, Y. et al. (2023) Extrusion modification of wheat bran and its effects on structural and rheological properties of wheat flour dough. *Foods*, 12(9):1813 <https://doi.org/10.3390/foods12091813>
39. LI, Y.O. and KOMAREK, A.R. (2017) Dietary fibre basics: Health, nutrition, analysis, and applications. *Food Quality and Safety*, 1(1), p.47–59, <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyx007>

40. LIU, X., et al. (2021) Exploring interactions between pectins and procyanidins: Structure-function relationships. *Food Hydrocolloids*, 113(29):106498, DOI:10.1016/j.foodhyd.2020.106498
41. MI MOON, K., KWON, E.-B., LEE, B. et al (2020) Recent trends in controlling the enzymatic browning of fruit and vegetable products. *Molecules*, 25(12), 2754. <https://doi.org/10.3390/molecules25122754>
42. MIHU, I. (2012) *Boala celiacă la copii. Protocol clinic nutrițional*. Chisinau: Ministerul Sănătății al RM, p.29 https://repository.usmf.md/bitstream/20.500.12710/10406/1/Boala_celiaca_la_copil_Protocol_clinic_national_PCN_167.pdf
43. MINZANOVA, S., et al. (2015) Reversible complexation of heavy metals by pectin and its effect on electrochemical properties. *Carbohydrate Polymers*, 115, p.123–130 DOI:10.1016/j.carbpol.2015.07.034
44. MIRONEASA, S., COȚOVANU, I., MIRONEASA, C. (2023) A Review of the Changes Produced by Extrusion Cooking on the Bioactive Compounds from Vegetal Sources, *Antioxidants*, 12(7), 1453, <https://doi.org/10.3390/antiox12071453>
45. MIRONEASA, S., UNGUREANU-IUGA, M., URSACHI, V.-F. et al. (2024) Seedless grape pomace to increase fiber content in extruded corn snacks. *Ukrainian Food Journal*, 13(4), p.657-674, DOI:10.24263/2304-974X-2024-13-4-3
46. NICOLAEVA, D., PODOGOVA, M., SLUHINSCHI, S. (2004) Perspektivy tekhnologii proizvodstva produktii na osnove ekstrudirovannykh komponentov. *Khranenie i pererabotka zerna*, 9(63), p.51–52 (in Russian)
47. OTLES, S. and OZGOZ, S. (2014) Health effects of dietary fiber. *Acta Scientiarum Polnorum Technologia Alimentaria*, 13(2), p.191–202. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24876314/>
48. PAVLINCUIU, M., ȘLEAGUN, G., IUȘAN, L., et al. (2020) Compararea diferitor regimuri de uscare a perelor deshidratate prin osmoză, utilizând convecția și radiația infraroșie. In: *Realizări științifice în horticultură, oenologie și tehnologii alimentare. ISPHTA – 110 ani de activitate*, Chișinău, pp.440–445, https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/190430
49. *Raport al Comisiei către Consiliul și Parlamentul European privind dezvoltarea proteinelor vegetale în Uniunea Europeană*. (2018) Bruxelles. Available at: <https://op.europa.eu/mt/publication-detail/-/publication/360e27f0-ee4d-11e8-b690-01aa75ed71a1/language-ro/format-PDF> [Accessed 28 June 2025]
50. ROCCHETTI, G., et al. (2022) Functional implications of bound phenolic compounds and phenolics-food interaction: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21 (2), p.811-842, <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12921>
51. SATTERFIELD, M. and BRODBELT, J. (2000) Enhanced detection of flavonoid by metal complexation and electrospray ionization mass spectrometry. *Analytical Chemistry*, 72(24), p.5898–5906, doi: 10.1021/ac0007985.
52. SINAKI, N.Y. (2024) Effects of dietary fibre source and content and extrusion conditions on the physicochemical composition and physical quality of fibre-enriched lentil snacks. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(4), pp. 2236-2247 DOI:10.1111/ijfs.16943
53. SLEAGUN, G. and IUȘAN, L. (2023) Evaluation of fruit raw materials for the production of structured snacks. *Scientific discussion*, Vol.1, 78, pp.15–19, DOI: 10.5281/zenodo.8123206

54. ȘLEAGUN, G., IUȘAN, L., ZÎREANOVA, E. (2025) Revizuirea tendințelor în dezvoltarea snackurilor din fructe structurate cu proprietăți funcționale. *Akados*, 1(76), pp.22–30, DOI:10.52673/18570461.25.1-76.03

55. TUTEL'YAN, V. (2001) Biologicheski aktivnye dobavki k pishche v profilakticheskom i lechebnom pitanii. *Pervaya kraevaya, ezhekvaral'nyy meditsinskiy zhurnal*, 11, p.31–35 (in Russian)

56. TUTEL'YAN, V.A., VYALKOV, A.I., RAZUMOV, A.N. et al. (2010) *Nauchnye osnovy zdorovogo pitaniya*. Moscow: Izdatel'skiy dom „Panorama”, p.816 (in Russian)

57. USHKALOVA, E.V. (2001) Vzaimodeystvie lekarstvennykh sredstv s pishchevymi produktami. *Novaya apteka*, 12, p.17–20 (in Russian)

58. YAGCI, S. et al. (2022) Impact of tomato pomace powder added to extruded snacks on the in vitro gastrointestinal behaviour and stability of bioactive compounds. *Food Chemistry*, 368, p.130847, doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130847

LISTA LUCRĂRILOR ȘTIINȚIFICE

publicate în perioada 2005-2025 la tema tezei a dnei Larisa IUȘAN, doctor în științe tehnice, șef al Secției Tehnologie și Microbiologia Producției Alimentare
IP Institutul Național de Cercetări Aplicative în Agricultură și Medicină Veterinară, Chișinău

1. Cărți de specialitate

1.1 cărți de specialitate – monoautor

1. IUȘAN, L. Tehnologii inovative în fabricarea produselor alimentației sănătoase. Monografia. Tipografia "PrintCaro", Chișinău. 2023. p. 227. ISBN 978-9975-165-45-7

2. Articole în reviste științifice

2.1 în revistele din bazele de date Web of Science și SCOPUS

1. YUSHAN, L. D. Study of polyphenols content in extruded mix. In: *Scientific Study & Research - Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, “Vasile Alecsandri” University of Bacău, Romania, Vol. XXV (2), pp. 223-229, 2024. ISSN 1582-540X. IF: 0.7. <https://doi.org/10.29081/ChIBA.2024.585>

2.2 în reviste din străinătate recunoscute

1. TEREITYEVA, G.N., KARAZHIYA, V.F., YUSHAN, L.D., SARANDI, T.A., SUVOROVA, G. Grape leaves and methods of conservation. In: *Vegetable crops of Russia*. 2014; (1), pp. 64-67. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2014-1-64-67>

ISSN 2072-9146 (Print); ISSN 2618-7132 (Online) (indexată în DOAJ, EBSCO)

2. IUSHAN, L., KARELINA, M., ZYRYANOVA, E., TEREITYEVA, G., VICHEROVA, L. Application of CO2 extract from the mixture of spices with high content of biologically active components and natural flavors in the preparation of certain types of food products. In: *The scientific heritage*. Budapest, Hungary, 2023, No 122 (122), ISSN 9215 — 0365, pp. 12-16; <https://www.scientific-heritage.com/wp-content/uploads/2023/10/The-scientific-heritage-No-122-122-2023.pdf> (indexată în DOAJ)

3. YUSHAN, L., KARELINA, M., ZYRYANOVA, E., VICHEROVA, L. (2025) Introduction CO₂ spice extracts into food. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 31(4), pp. 423-429. ISSN: 2069-0053 (print), Agroprint ISSN (online): 2068-9551

<https://journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/52492L3-31.4-YUSHAN-DOI-4.3--pp-423-429.pdf> (indexată EBSCO)

4. IUSHAN, L., TARAN, N., KARELINA, M., TERENTIEVA, G., ZYRYANOVA, E. The use of fat-soluble CO₂-extracts from spices with high content of biologically active substances in the fabrication of dressings. In: *Danish Scientific Journal*, 2024, 81. ISSN 3375-2389, Vol.1

https://www.danish-journal.com/wp-content/uploads/2024/03/DSJ_81.pdf (Cosmos Impact Factor - 5.195)

5. YUSHAN, L., PARSHACOVA, L., POPEL, S. Justification of the nutritional and energy value of low-calorie mayonnaise based on vegetable oils with a balanced content of polyunsaturated fatty acids. In: *ISRG Journal of Multidisciplinary Studies (ISRGJMS)*, 2024, X (october), Volume – II Issue. ISSN: 2584-0452 (Online) - DOI: 10.5281/zenodo.14000393 (SJIF – 3.767)

6. SLEAGUN, G., IUSHAN, L. Evaluation of fruit raw materials for the production of structured snacks. In: *Scientific discussion*, Praha, Czech Republic, 2023, VOL 1, No 78, pp. 15-19 ISSN 3041-4245. <https://scientific-discussion.com/wp-content/uploads/2023/07/Scientific-discussion-No-78-2023.pdf>

7. IUSHAN, L. Improving the recipes of extruded soryz mixes using wheat germ. In: *Sciences of Europe*. Praha, Czech Republic, 2022, No 94, ISSN 3162-2364, p. 86. DOI: 10.5281/zenodo.6616429 (SJIF – 5.974)

2.3 în reviste din Registrul Național al revistelor de profil (cu indicarea categoriei)

1. ȘLEAGUN, G., IUȘAN, L., ZÎREANOVA, E. Revizuirea tendințelor în dezvoltarea snackurilor din fructe structurate cu proprietăți funcționale. In: *Akademios*, nr.1 (76), 2025. Chișinău. pp. 37-45, ISSN 1857-0461 (Cat. B) <https://doi.org/10.52673/18570461>

2. POPEL, S., IUȘAN, L., PARSHAKOVA, L., ZÎREANOVA, E., DRAGANOVA, E. Îndulcitori alimentari: tipologie, reglementări și impactul asupra sănătății consumatorului. In: *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*, nr. 1 [93], 2025. Chișinău. pp. 45-51. ISSN 1857-3142 (Cat. C). CZU: 664.8. <https://doi.org/10.53082/1857-3142.25.93.08>

3. POPEL, S., YUSHAN, L., DRAGANOVA, E., PARSHAKOVA, L., ZYRYANOVA, E., PUZHAILO, E. The development of technology for combined food products. In: *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*, nr. 2 [92], 2024. Chișinău. pp. 63-70. ISSN 1857-3142 (Cat. C). CZU: 664.8 <https://doi.org/10.53082/1857-3142.24.92.11>

4. IUȘAN, L. Utilizarea rațională a CO₂-șrotului din semințe de struguri pentru obținerea produselor extrudate cu valoare biologică sporită. In: *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*, nr.1 [91], 2024. Chișinău. pp. 52-58. ISSN 1857-3142. **(Cat. C)**. CZU: 664.542.69:621.867
<https://doi.org/10.53082/1857-3142.24.91.11>
5. ȘLEAGUN, G., IUȘAN, L., FIODOROV, S., ZÎREANOVA, E. Aspecte teoretice ale tehnologiei de uscare a dovleacului. In: *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*, nr.1 [91], 2024. Chișinău. pp. 45-51. ISSN 1857-3142 **(Cat. C)**. CZU: 664.844:635.62
<https://doi.org/10.53082/1857-3142.24.91.10>
6. ȘLEAGUN, G., IUȘAN, L., CUPCEA, T., GORDEEVA, V. Cercetări privind stabilirea unor legături dintre compoziția și procesul de structurare a fructelor-snack-uri. In: *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*, nr. 2 [90], 2023. Chișinău. pp. 45-51. ISSN 1857-3142. **(Cat. C)**. CZU: 664.8/9 <https://doi.org/10.53082/1857-3142.23.90.09>
7. POPEL, S., IUȘAN, L., DRAGANOVA, E., PARȘACOVA, E., PÎRGARI, E., ZÎREANOVA, E., PUJAILO, E. Фруктовые напитки повышенной пищевой ценности. In: *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*, nr. 1 [89], 2023. Chișinău. pp. 62-67. ISSN 1857-3142. **(Cat. C)**. CZU 664.8 <https://doi.org/10.53082/1857-3142.23.89.09>
8. ȘLEAGUN, G., IUȘAN, L., CUPCEA, T. Разработка и применение балльной шкалы для органолептической оценки качества фруктовых снеков. In: *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*, nr.1 [87], 2022. Chișinău. pp. 48-54. ISSN 1857-3142. **(Cat. C)**. CZU: 664.8.047 <https://doi.org/10.53082/1857-3142.22.87.06>
9. POPEL, S., IUȘAN, L., DRAGANOVA, E., PÎRGARI, E., PARȘACOVA, L., ZÎREANOVA, E., PUJAILO, E. Produse îmbogățite cu fibre alimentare pentru alimentație sănătoasă. In: *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*, nr.2 [88], 2022. Chișinău. pp. 55-66. ISSN 1857-3142. **(Cat. C)**. CZU: 664.8
<https://doi.org/10.53082/1857-3142.22.88.09>
10. MIGALATIEV, O., IUȘAN L., CARELINA, M. Valorificarea șrotului din condimente obținut prin tehnologia de CO₂-extracție. In: *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*, nr. 2 [86], 2021. Chișinău. pp. 11-17. ISSN 1857-3142. **(Cat. C)**. CZU: 664.34:664.5:664.69 <https://doi.org/10.53082/1857-3142.21.86.03>
11. IUȘAN, L., TERENTIEVA, G., CARAGIA, V., MIGALATIEV, O., CARELINA, M. Elaborarea amestecurilor complexe extrudate din materie primă autohtonă cu conținut sporit de amidon. In: *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*, nr. 4 [76], 2018. Chișinău. pp. 35-37. ISSN 1857-3142. **(Cat. C)**. CZU: 664.3:635.621.
https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/35-37_11.pdf
12. IUȘAN, L., TERENTIEVA, G., CARAGIA, V. Conserve pe bază de fructe și legume cu conținut redus de zahăr pentru alimentația copiilor sugari și de vârstă mică. In: *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*, nr. 2 [68], 2017. Chișinău. pp. 29-31. ISSN

1857-3142. (Cat. C). CZU: 664.3:635.621
https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/29-31_11.pdf

13. IUȘAN, L., TERENTIEVA, G., CARAGIA, V., GORGAN, L. Elaborarea unui nou sortiment de produse alimentare din dovleac. In : *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*, nr.5-6 [59-60], 2015. Chișinău. pp. 62-64. ISSN 1857-3142. (Cat. C). CZU: 664.3:635.621 https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/64-66_11.pdf

3. Articole în lucrările conferințelor și altor manifestări științifice

3.1 în lucrările manifestărilor științifice incluse în bazele de date Web of Science și SCOPUS

1. POPEL, S., EPIFANOV*, P., YUSHAN, L. Factors affecting the quality of apple juice. In: BIO Web of Conferences: Biologization of the Intensification Processes in Horticulture and Viticulture, Ed. 1, 21-23 septembrie 2021, Krasnodar. Les Ulis: EDP Sciences, 2021, Vol. 34, pp. 1-6. ISSN e: 2117-4458. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213406011>

3.2 în lucrările manifestărilor științifice incluse în alte baze de date acceptate de către ANACEC

1. YUSHAN, L., TARAN, N., TERENTIEVA, G., ZYRYANOVA, E. The Development Of The Encapsulation Of Bioactive Compounds From Flax And Milk Thistle Seeds - *Proceedings of the International Conference Modern Technologies in the Food Industry-2024*. MTFI-2024, 17-18 October 2024, Chisinau: Tehnica-UTM, 2024. – p. 125. ISBN 978-9975-64-472-3 (PDF). https://conferinte.stiu.md/sites/default/files/evenimente/Materialele-Conferintei-MTFI-2024_1.pdf

2. MIGALATIEV, O., IUȘAN, L., CARELINA, M. Study of noodles manufacturing with addition of CO₂-meal from the spice blend. Scientific Collection «InterConf+», Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference: *Current issues and prospects for the development of scientific research*, No. 12(105), April 19-20, 2022, Orléans, France: Epi, 2022, ISBN 978-2-7045-4521-6, pp. 412–418; <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.04.2022.039>

3. MIGALATIEV, O., IUȘAN, L., CARELINA, M., VÎCEROVA L. Chicken liver pate with liposoluble flavoring extracts. *Scientific Collection "InterConf"*, 2022, 51, pp. 381-387 <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/950>

4. MIGALATIEV, O., CARELINA, M., IUȘAN, L. Creation of vegetable ingredients from spice blends. *Scientific Collection «InterConf»*, 2021, 69, pp. 195-203 <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/14048>.

5. ПАРИШАКОВА, Л. П., ПОПЕЛЬ, С. С., ЮШАН, Л. Д., ДРАГАНОВА, Е. И., ПЫРГАРЬ, Е. П., ЗЫРЯНОВА, Е. В., ВЫЧЕРОВА, Л. С., ПУЖАЙЛО, Е. Н. Увеличение сроков годности низкокалорийных майонезов при помощи антиоксидантов, *Наука, питание и здоровье: материалы III Международного конгресса*, сборник научных трудов, Национальная академия наук Беларуси,

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию, Минск, 24-25 июня 2021 г., ISBN 978-985-08-2745-6, с. 210-215. <https://old.belproduct.com/assets/files/chast-1.pdf>

6. ЮШАН, Л. Д., ТАРАН Н. Г., ТЕРЕНТЬЕВА Г. Н., МИГАЛАТЬЕВ О. В. Особенности использования местного зернового сырья для производства продуктов здорового питания, *Наука, питание и здоровье : материалы III Международного конгресса*, сборник научных трудов, Национальная академия наук Беларуси, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию, Минск, 24-25 июня 2021 г., ISBN 978-985-08-2745-6, с. 335-339. <https://old.belproduct.com/assets/files/chast-1.pdf>

7. IUȘAN, L., TERENTIEVA, G., CARAGIA, V., MIGALATIEV, O., CARELINA, M., GORDEEVA, V. Développment de la technologie de fabrication de bouillie instantanée aux personnes présentant une intolérance au gluten. *Proceedings of International Conference Modern Technologies in the Food Industry*, Technical University of Moldova, Chișinău, 18-20 October 2018, pp. 291-296, ISBN 978-9975-87-428-1. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/80379

8. ЛИНДА Л. П., КНЯЗЕВА С. Д., КАРАЖИЯ В.Ф., САРАНДИ Т.А., ЮШАН Л.Д., ОДОБЕСКУ Л.В., ГОРДЕЕВА В.Н. Продукты здорового питания из плодов нетрадиционной культуры ziziphus jujuba mill. *Перспективные технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции*, Северо-кавказский федеральные научный центр садоводства и виноградарства, Краснодар 3-7 сентября, 2018, Том 17, с.163-166
DOI 10.30679/2587-9847-2018-17-163-166

https://kubansad.ru/media/uploads/files/nauchnye_trudy_sknziisiv/tom_17/27.pdf

9. IUȘAN, L.; TERENTIEVA, G.; CARAGIA, V.; GORDEEVA, V. Prophylactic assortment diversification of food for diabetics. *Proceedings of International Conference Modern Technologies in the Food Industry*, Technical University of Moldova, Chișinău, 16-18 October, 2014, pp. 216-219, ISBN 978-9975-80-840-8.

10. TERENTIEVA, G., YUSHAN, L., CARAGIA, V. Prospects for complex food processing of pumpkin. In: *Biologically Active Substances and Materials: Fundamental and Applied Problems*, May 27 – June 1, 2013, Novy Svet, Crimea, Ukraine, p. 348. ISBN 978-966-96879-9-9.
https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/348-348_4.pdf

3.3 în lucrările manifestărilor științifice incluse în Registrul materialelor publicate în baza manifestărilor științifice organizate din Republica Moldova

1. ȘLEAGUN, G., IUȘAN, L., PAVLINCIUC, M., COJUCARI, L. Principiile moderne ale alimentației sănătoase în baza dezvoltării unui sortiment nou de produse alimentare. Conferința națională cu participare internațională „Știința în nordul Republicii Moldova: probleme, realizări, perspective” (ediția a cincea), BĂLȚI, 25-26 iunie 2021, ISBN 978-9975-62-432-9, pp. 180-185

https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/Sectia_Nord_a_Academiei_Stiinte_Moldovei_editia_5_2021.pdf

2. LINDA L., ODOBESCU L., **IUȘAN L.**, GORDEEVA V., PARȘACOVA L. Sosuri pentru o alimentație sănătoasă, cu valoare nutritivă și biologică sporită, din materii prime cultivate în Republica Moldova. In: *Realizări științifice în horticultură, oenologie și tehnologii alimentare*. ISPHTA – 110 ani de activitate. Chișinău 2020, pp. 378-383; CZU 664.3:635.621

https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/Realizari stiintifice in horticultura oenologie si tehnologii alimentare 2020.pdf

3. **IUȘAN, L.**, TERENTIEVA, G., COJUCARI, L. Aspecte științifice și practice privind utilizarea extrudatelor culturilor cerealiere în tehnologia obținerii produselor alimentare profilactic-curative. In: *Realizări științifice în horticultură, oenologie și tehnologii alimentare*. ISPHTA – 110 ani de activitate. Chișinău 2020, pp. 355-360; CZU 664:542.69:621.867.4

https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/Realizari stiintifice in horticultura oenologie si tehnologii alimentare 2020.pdf

4. MIGALATIEV, O., CARELINA, M., **IUȘAN, L.**, CARAGIA, V. Utilizarea CO₂-șrotului din deșeuri de tomate la fabricarea pâinii din făină de grâu de calitate superioară. In: *Realizări științifice în horticultură, oenologie și tehnologii alimentare*. ISPHTA – 110 ani de activitate. Chișinău 2020, pp. 361-365; CZU:635.64; 664.34; 664.849; 664.665

https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/Realizari stiintifice in horticultura oenologie si tehnologii alimentare 2020.pdf

5. PAVLINCIUC, M., ȘLEAGUN, G., **IUȘAN, L.**, POPA, M., CUPCEA, T. Compararea diferitor regimuri de uscare a perelor deshidratate prin osmoză, utilizând convecția și radiația infraroșie. In: *Realizări științifice în horticultură, oenologie și tehnologii alimentare*. ISPHTA – 110 ani de activitate. Chișinău 2020, pp. 440-445. CZU 664.8.035.5, 664.854:634.13

https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/Realizari stiintifice in horticultura oenologie si tehnologii alimentare 2020.pdf

6. **IUȘAN, L.**, TERENTIEVA, G., CARAGIA, V., GORDEEVA, V. Conserve din fructe și legume cu valoare biologică sporită pentru alimentația copiilor. În: *Agricultura durabilă în Republica Moldova: provocări, actuale și perspective*. Culegere de articole științifice. Bălți:Indigou Color, 2017, pp. 94-96. ISBN 978- 9975-3156-2-3.

<http://riora.usarb.md:4000/items/a48111ca-577f-46d6-b067-61e597895636>

7. **IUȘAN, L.**, VAVIL C. Getting eatable food from pumpkin district in Republic of Moldova. Simpozionul științific „Horticultură - știință, calitate, diversitate și armonie”, 29-31 mai, 2008, Iași, Ed. ”Ion Ionescu de la Brad”, Romania, p.74.

8. IUȘAN, L. Cercetarea și elaborarea aditivului alimentar din dovleac raionat în Republica Moldova, Salonul Regional al Cercetării, EXPOTEHNICA, Bacău, 15-18 noiembrie 2007, p.16.

4 Brevete de invenție și alte obiecte de proprietate intelectuală (OPI)

4.2 eliberate de Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală

1. ȘLEAGUN, G.; IUȘAN, L.; CUPCEA, T. Procedeu de obținere a snack-urilor structurate de fructe. Brevet acordat MD 1660 din 2022.02.25.

2. IUȘAN, L., TERENTIEVA, G., MIGALATIEV, O. Procedeu de fabricare a produsului alimentar extrudat de cereale. Brevet acordat MD 4826 din 2021.06.29

3. IUȘAN, L., TERENTIEVA, G., COJUCARI, L., GORDEEVA, V. Sos de fructe și legume. Brevet acordat MD 4857 din 2021.05.11

4. DICHINA, A., TERENTIEVA, G., CARAGIA, V., IUȘAN, L. Procedeu de fabricare a sarmalelor moldovenești conservate. Brevet acordat MD 33 din 2008.11.24.

Cereri de brevet de invenții:

1. ȘLEAGUN, G., IUȘAN, L., CASTRAVEȚI, L., TOFAN, S., GOLUBI, R., CUPCEA, T. Procedeu de obținere a snack-urilor structurate de fructe cu conținut ridicat de compuși polifenolici bioactivi – cerere de brevet de invenție de scurtă durată nr. 2575 din 2024.08.28

ADNOTARE

IUȘAN Larisa: „Argumentarea științifică și elaborarea tehnologiilor de fabricare a produselor alimentației sănătoase în baza materiei prime autohtone”, teză de doctor habilitat în științe inginerești, Chișinău, 2025.

Structura tezei: Teza de doctor habilitat constă din introducere, 6 capitole, concluzii și recomandări, lista lucrărilor citate, 19 anexe. Textul de bază conține 220 de pagini, 77 de figuri, 64 de tabele. Bibliografia cuprinde 285 referințe. Rezultatele obținute sunt publicate în 41 de lucrări științifice.

Cuvinte-cheie: Alimentație sănătoasă, compuși bioactivi, fibre alimentare, proprietăți funcționale, extrudare, valoare nutritivă sporită, culturi cerealiere, materia primă secundară, pectine slab metilate, pectine înalt metilate, metale toxice.

Domeniul de studiu: 253.01 – Tehnologia produselor alimentare de origine vegetală.

Scopul lucrării: Elaborarea principiilor științifice și aplicative pentru implementarea tehnologiilor inovative în fabricarea produselor alimentare sănătoase, bogate în fibre alimentare, prin utilizarea optimă a materiilor prime autohtone.

Obiectivele lucrării: Selectarea și caracterizarea materiilor prime cu potențial nutrițional și funcțional ridicat, în conformitate cu cerințele actuale de alimentație sănătoasă; Optimizarea rețetelor alimentare prin aplicarea metodelor moderne de modelare matematică și inovare tehnologică; Investigarea influenței parametrilor tehnologici asupra calității nutriționale, funcționale și senzoriale a produselor alimentare; Aplicarea tehnologiilor avansate de procesare în scopul păstrării compușilor bioactivi și a valorii nutritive, Evaluarea compoziției fizico-chimice, microbiologice, senzoriale și a stabilității produselor în condiții reale de păstrare; Estimarea bioaccesibilității compușilor bioactivi prin metode in vitro și analiza impactului potențial asupra sănătății consumatorului; Elaborarea schemelor tehnologice și a documentației normativ-tehnice pentru implementarea industrială a produselor alimentare dezvoltate.

Noutatea și originalitatea științifică: Au fost dezvoltate tehnologii inovative de fabricare a produselor alimentare funcționale, destinate alimentației sănătoase, cu un conținut înalt de fibre alimentare, prin valorificarea eficientă a materiilor prime vegetale, cerealiere și a subproduselor agroalimentare. Pentru prima dată a fost aplicată o metodă diferențiată de evaluare a calității, prin compararea cu un model etalon utilizând indicatorii unității de calitate (Pi), pentru caracterizarea completă a acestor produse. În mod inovator, a fost investigată influența componentelor din fructe, legume și plante medicinale asupra fixării cationilor metalici de către pectine, demonstrându-se că acestea pot intensifica, reduce sau nu influența procesul de fixare. Totodată, a fost propus un mecanism de fixare a cationilor metalici prin pectine în compoziții policomponente și elaborată o metodă de estimare a compatibilității pectinei cu ingredientele vegetale, cu scopul eliminării metalelor toxice din organismul uman. Pe baza acestor rezultate, au fost formulate principii de construire a produselor alimentare funcționale cu proprietăți prestabilite și dezvoltate suplimente alimentare biologic active pe bază de pectină, destinate detoxifierii organismului, inclusiv de radionuclizi. Aceste inovații au fost validate în cadrul sistematizării și dezvoltării de noi produse alimentare cu valoare adăugată.

Semnificația teoretică: Lucrarea fundamentează științific parametrii optimi ai procesului de extrudare pentru materii prime vegetale bogate în fibre, corelând compoziția și structura acestora cu condițiile de procesare. Cercetarea a condus la formularea unor principii privind selecția rațională a materiilor prime și ajustarea variabilelor tehnologice (temperatură, umiditate, timp, viteză), în scopul maximizării valorii funcționale și nutriționale a produselor. Rezultatele contribuie la extinderea cunoștințelor în ingineria proceselor alimentare și oferă un cadru teoretic pentru dezvoltarea de produse sănătoase cu profil nutrițional optimizat.

Valoarea aplicativă a lucrării: Rezultatele obținute evidențiază o abordare inovatoare în valorificarea resurselor vegetale și secundare pentru dezvoltarea de produse funcționale cu valoare nutrițională și terapeutică. Soluțiile propuse contribuie la diversificarea alimentelor sănătoase și reducerea riscurilor legate de metale toxice, având un impact practic și științific important pentru transferul în industrie și promovarea unui sistem alimentar durabil.

Implementarea rezultatelor științifice a fost realizată prin testarea tehnologiilor de fabricare a produselor extrudate pe bază de cereale și materii prime secundare în cadrul întreprinderilor „Policom-Prim” SRL și „BIOCOM” SRL din Chișinău. Au fost elaborate acte normative pentru suplimente alimentare biologic active (SABA) cu rol dezintoxicant și produse funcționale derivate, testate la „CONSULT LC” SRL în condiții experimentale și semi-industriale. Aplicarea acestora contribuie la dezvoltarea alimentelor funcționale, susținerea sănătății publice și creșterea competitivității sectorului agroalimentar din Republica Moldova.

ANNOTATION

IUȘAN Larisa: “Scientific Argumentation and Development of Technologies for the Production of Healthy Food Products Based on Local Raw Materials,” doctor habilitat thesis in engineering sciences, Chișinău, 2025.

Thesis structure: The doctoral thesis consists of an introduction, 6 chapters, conclusions and recommendations, a list of cited works, and 19 appendices. The main text comprises 220 pages, including 77 figures and 64 tables. The bibliography includes 285 references. The results have been published in 41 scientific papers.

Keywords: Healthy nutrition, bioactive compounds, dietary fiber, functional properties, extrusion, enhanced nutritional value, cereal crops, secondary raw materials, low-methoxyl pectin, high-methoxyl pectin, toxic metals.

Field of Study: 253.01 – Technology of Food Products of Plant Origin.

Research Goal: The development of scientific and practical principles for the implementation of innovative technologies in the production of healthy food products, rich in dietary fibers, through the optimal use of domestic raw materials.

Research Objectives: Selection and characterization of raw materials with high nutritional and functional potential, in line with current healthy nutrition standards; Optimization of food formulations through modern mathematical modeling and technological innovation; Investigation of the influence of technological parameters on the nutritional, functional, and sensory quality of food products; Application of advanced processing technologies to preserve bioactive compounds and nutritional value; Evaluation of physicochemical, microbiological, sensory properties, and product stability under real storage conditions; Estimation of bioaccessibility of bioactive compounds through in vitro methods and analysis of their potential health impact; Development of technological schemes and normative-technical documentation for industrial implementation of developed food products.

Scientific Novelty and Originality: Innovative technologies for manufacturing functional food products, intended for healthy nutrition, with a high content of dietary fiber, were developed, through the efficient utilization of vegetable, cereal raw materials and agro-industrial by-products. For the first time, a differentiated method of quality assessment was applied, by comparison with a standard model using quality unit indicators (Pi), for the complete characterization of these products. In an innovative way, the influence of components from fruits, vegetables and medicinal plants on the fixation of metal cations by pectins was investigated, demonstrating that they can intensify, reduce or not influence the fixation process. At the same time, a mechanism for the fixation of metal cations by pectins in multicomponent compositions was proposed and a method for estimating the compatibility of pectin with vegetable ingredients was developed, with the aim of eliminating toxic metals from the human body. Based on these results, principles for constructing functional food products with predetermined properties were formulated and biologically active pectin-based food supplements were developed, intended for detoxification of the body, including radionuclides. These innovations were validated within the framework of the systematization and development of new food products with added value.

Theoretical Significance: resides in the scientific substantiation of optimal extrusion parameters for fiber-rich plant materials, by correlating their composition and structure with processing conditions. Principles were formulated for rational raw material selection and adjustment of variables such as temperature, humidity, time, and extrusion speed, to enhance the functional and nutritional value of the final products. These findings contribute to the advancement of knowledge in food process engineering and provide a theoretical foundation for the development of optimized, health-promoting food products.

Practical Value of the Research lies in the innovative approach to utilizing plant-based and secondary resources for the creation of functional foods with high nutritional and therapeutic potential. The proposed solutions support the diversification of healthy food products and reduce risks related to toxic metals, offering significant scientific and industrial benefits for promoting a sustainable food system.

Implementation of Scientific Results through testing and validating extrusion technologies using cereal-based and secondary raw materials at “Policom-Prim” SRL and “BIOCOM” SRL in Chișinău. Technical standards were developed for detoxifying BADS and related functional food products, and tested at “CONSULT LC” SRL under experimental and semi-industrial conditions. These implementations contribute to the advancement of functional food production, support public health, and strengthen the competitiveness of the agri-food sector in the Republic of Moldova.

IUȘAN LARISA

**ARGUMENTAREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI ELABORAREA
TEHNOLOGIILOR DE FABRICARE
A PRODUSELOR ALIMENTAȚIEI SĂNĂTOASE ÎN BAZA
MATERIEI PRIME AUTOHTONE**

Specialitatea 253.01.Tehnologia produselor alimentare de origine vegetală

Rezumatul tezei de doctor habilitat în științe inginerești

Aprobat spre tipar:
Hârtie offset. Tipar digital
Coli de tipar : 5,4

Formatul
Tiraj: 50 ex.
Comanda nr. 368

Tipografia PRINT-CARO
Mun.Chișinău, str. Columna, 170
princaro@gmail.com
tel.069124696