INSTITUŢIA 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

Specialitatea 253.01.Tehnologia produselor alimentare de origine vegetală

Teză de doctor habilitat în științe inginerești

Consultant ştiinţific: TARAN Nicolae, doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar

Autor: IUȘAN Larisa, doctor în științe tehnice, conferențiar cercetător

CHIŞINĂU, 2025

©Iușan Larisa, 2025

CUPRINS

ADNOTĂRI 7
LISTA TABELELOR 9
LISTA FIGURILOR 12
LISTA ABREVIERELOR 15
INTRODUCERE 17
1. ARGUMENTAREA ȘTIINȚIFICĂ A ELABORĂRII PRODUSELOR ALIMENTARE SĂNĂTOASE 28
1.1 Principiile științifice ale unei alimentații sănătoase 28
1.2 Produsele alimentare ca factor esențial în menținerea sănătății umane 30
1.2.1 Valoarea nutritivă a produselor alimentației sănătoase 35
1.2.1.1 Proteinele în produsele alimentare 36
1.2.1.2 Lipidele în produsele alimentare 36
1.2.1.3 Carbohidrații în produsele alimentare 37
1.2.2 Clasificarea fibrelor alimentare 38
1.2.3 Piramida alimentației echilibrate și principiile sale 45
1.3 Tehnologii inovative de obținere a produselor alimentației sănătoase 46
1.3.1 Tehnologii de extrudare pentru obținerea produselor alimentației sănătoase din materie primă vegetală 46
1.3.2 Tendințe moderne în tehnologii de fabricare a produselor extrudate la scară mondială 51
1.4 Utilizarea pectinei în dezvoltarea suplimentelor alimentare biologic active 54
1.4.1 Principii de elaborare a SABA cu proprietăţi prestabilite 57
1.4.2 Procedeele de obţinere a SABA şi a produselor funcţionale cu utilizarea lor 64
1.5 Analiza și delimitarea problematicii 65
2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE 67
2.1 Materia primă pentru elaborarea produselor alimentației sănătoase 67
2.1.1 Caracteristica și structura materiei prime cerealiere 67
2.1.2 Caracteristica materiei prime vegetale 73
2.1.3. Caracteristica materiei prime secundare din industria de morărit 75
2.1.3.1 Compoziția fizico-chimică a tărâțelor 75
2.1.3.2 Caracteristica materiei prime secundare din industria conservelor 77
2.2 Metode de analiză fizico-chimică 82
2.2.1 Procedeu de uscare a materiei prime secundare în dependență de diferiți factori 86
2.2.2 Metoda de determinare a masei moleculare a pectinei 90
2.2.3 Metoda polarografică de studiu a fixării cationilor de metale cu ajutorul pectinelor 91
2.2.4 Metodă de estimare a compatibilităţii pectinei cu alte ingrediente ale SABA 94
2.2.5 Metoda de determinare a capacității de umflare 98
2.2.6 Metoda de determinare a activității antioxidante 98
2.2.7 Metoda de determinare a proteinei în cereale şi produse cerealiere 99
2.2.8 Metodă de determinare a conţinutului de amidon în cereale şi produse procesate 101
2.2.9 Metodă de determinare a acrilamidei în alimente tratate termic 102
2.2.10 Metodă de determinare a fibrelor alimentare 105
2.2.11 Metoda diferențiată de evaluare a calității produselor 106
2.3. Analiza și delimitarea problematicii 109

3. STUDIUL DE PERFECȚIONARE A PROCESULUI DE USCARE A MATERIEI PRIME SECUNDARE 110
3.1 Cinetica procesului de uscare a tescovinei de mere, struguri, tomate prin convecție și convecție combinată cu IR în funcție de parametrii procesului 111
3.2 Dependența duratei de uscare de încărcătura și temperatura în procesul de uscare a tescovinei de mere 118
3.3 Elaborarea modelului matematic al procesului de uscare a tescovinelor de mere, struguri și tomate 122
3.3.1 Dezvoltarea unui model matematic pentru optimizarea procesului de uscare a tescovinelor de mere 122
3.3.2 Model matematic pentru procesul de uscare a tescovinelor de struguri și tomate 128
3.4 Influenţa termică asupra tescovinei de mere și tescovinei de struguri în procesul de uscare 134
3.5 Analiza și delimitarea problematicii 141
4. ELABORAREA TEHNOLOGIILOR DE FABRICARE A PRODUSELOR ALIMENTAȚIEI SĂNĂTOASE ÎN BAZA MATERIEI PRIME AUTOHTONE 143
4.1 Elaborarea tehnologiilor de fabricare a produselor alimentare extrudate 143
4.1.1 Elaborarea tehnologiilor de fabricare a produselor alimentare extrudate în baza culturilor cerealiere și deșeurilor industriei conservelor 144
4.1.1.1 Tehnologia de obținere a pulberilor din tescovină de mere, struguri și tomate 145
4.1.1.2 Determinarea indicilor fizico-chimici a mostrelor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor 148
4.1.2 Elaborarea tehnologiei de fabricare a produselor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor din industria de morărit 156
4.1.2.1 Determinarea indicilor fizico-chimici a produselor extrudate în baza materiei prime vegetale autohtone și materiei prime secundare cerealiere 159
4.1.3 Elaborarea tehnologiei de fabricare a produselor alimentare pentru persoane cu intoleranță la gluten 162
4.1.4 Determinarea indicilor microbiologici a mostrelor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei alimentare 169
4.1.5 Studiul conținutului de acrilamidă în produsele extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei alimentare 175
4.1.6 Studiul conținutului de fibre alimentare în produse extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei alimentare 178
4.2 Analiza și delimitarea problematicii 180
5. MODELAREA MATEMATICĂ ȘI ANALIZA FEZABILITĂȚII TEHNOLOGICE A PROCESULUI DE EXTRUDARE A MATERIILOR PRIME CEREALIERE 182
5.1 Modelarea procesului de extrudare în vederea optimizării parametrilor tehnologici 182
5.2 Studiul de fezabilitate a fabricării produselor extrudate alimentare 189
5.3 Analiza și delimitarea problematicii 193
6. ARGUMENTAREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI ELABORAREA TEHNOLOGIEI DE PRODUCERE A SUPLIMENTELOR ALIMENTARE BIOLOGIC ACTIVE DEZINTOXICANTE ŞI A PRODUSELOR ALIMENTARE FUNCŢIONALE 194

6.1 Studierea mecanismului de fixarei cationilor de plumb şi cadmiu cu pectine de diferite tipuri 194
6.1.1 Studierea fixării cationilor de plumb cu pectinele 194
6.1.2 Studierea fixării cationilor de cadmiu cu pectinele 197
6.2 Studiul influenţei componentelor fructelor, legumelor şi plantelor medicinale asupra fixării cationilor de plumb şi cadmiu cu pectinele de diferite tipuri 199
6.2.1. Studiul influenţei componentelor materiei prime vegetale asupra fixării cationilor metalici 200
6.2.2 Influenţa componentelor materiei prime vegetale asupra fixării cationilor cu pectinele 201
6.2.3 Studiul fixării a cationilor de metale cu pectinele în prezenţa componentelor vegetale 205
6.3. Argumentarea principiilor de producere a suplimentelor alimentare biologic active cu proprietăţi prestabilite 209
6.3.1 Elaborarea principiilor generale de construire a SABA cu proprietăţi prestabilite 209
6.3.2 Argumentarea principiilor de construire a SABA dezintoxicante în baza pectinei 211
6.4. Protocol de validare a metodei de estimare a compatibilităţii pectinei cu materia primă vegetală 212
6.4.1 Evaluarea proprietăților SABA 213
6.4.2 Studiul calității produselor cu SABA – dezintoxicante 215
6.5. Elaborarea compoziţiilor produselor funcţionale şi tehnologiei de producere a acestora 216
6.5.1 Elaborarea compoziţiilor produselor funcţionale 216
6.5.2 Elaborarea regimurilor tehnologice de obținere a produselor funcţionale cu utilizarea pectinei 218
6.5.2.1 Studiul indicilor fizico-chimici a pectinei 218
6.5.2.2 Studiul compoziţiei fracţionate a fructelor şi legumelor mărunţite 220
6.5.2.3 Elaborarea tehnologiei de producere a batonaşelor cu SABA 221
6.5.3. Calculul reţetelor produselor 224
6.5.4 Studiul termenilor de păstrare a produselor funcţionale 226
6.5.5 Studiu de fezabilitate a tehnologiei de fabricare a batonașelor 227
6.6 Analiza și delimitarea problematicii 231
CONCLUZII 233
RECOMANDĂRI 235
IMPACTUL ȘI PERSPECTIVELE DE DEZVOLTARE 236
BIBLIOGRAFIE 237
ANEXE 253
Anexa 1 - Lista reactivilor chimice şi materialelor de laborator 254
Anexa 2 - Metodă de modelare matematică pe baza ecuațiilor de regresie de ordinul II 257
Anexa 3 - Proces-verbal privind fabricarea lotului experimantal a noilor produse extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor din fructe și legume 261
Anexa 4 – Standard de firmă (Biocom SRL) ”Produse extrudate de tip snack din cereale” 265
Anexa 5 – Instrucțiunea tehnologică (Biocom SRL) ”Produse extrudate de tip snack din cereale” 266

Anexa 6 - Proces-verbal privind fabricarea lotului experimantal a noilor produse extrudate în baza materiei prime vegetale autohtone și materiei prime secundare cerealiere 267
Anexa 7 – Proces-verbal privind aprobarea regimurilor tehnologice și fabricarea lotului experimantal de produse extrudate din soriz 270
Anexa 8. Calculul modelării matematice a procesului de extrudare a materiei prime cerealiere în funcție de parametrii de calitate ai produsului finit 272
Anexa 9 - Materialele inițiale a cercetărilor cu aplicarea metodei polarografice. Rezultatele prelucrării polarogramelor cationilor de cadmiu 286
Anexa 10 - Materialele inițiale a cercetărilor cu aplicarea metodei polarografice. Rezultatele prelucrării polarogramelor cationilor de plumb 289
Anexa 11 - Validarea metodei polarografice utilizată în analiza fixării cationilor în sistemele alimentare(n=10) 292
Anexa 12 - Concluzia experților privind proprietățile antiradiative ale noilor tipuri de pectină slab metoxilată în condiții de iradiere internă a animalelor cu cesiu radioactiv 295
Anexa 13 - Concluzia experților privind proprietățile antiradonuclidice ale produselor Firopect-S și Fitopect-N în condiții de testare clinică 298
Anexa 14 - Standard de firmă (Consult LC SRL) ”SABA - detoxifiante” 300
Anexa 15 – Instrucțiunea tehnologică (Consult LC SRL) ”SABA - detoxifiante” 301
Anexa 16 - Standard de firmă (Consult LC SRL) ”Batonașe detoxifiante cu SABA” 302
Anexa 17 - Instrucțiunea tehnologică (Consult LC SRL) ”Batonașe detoxifiante cu SABA” 303
Anexa 18 - Standard de firmă (Policom-Prim SRL) ”Produse alimentare extrudate pe bază de soriz” 304
Anexa 19 - Instrucțiunea tehnologică (Policom-Prim SRL) ”Produse alimentare extrudate pe bază de soriz” 305
DECLARAȚIE PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII 306
CURRICULUM VITAE 307

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 constă din introducere, 6 capitole, concluzii şi recomandări, lista lucrărilor citate, 19 anexe. Textul de bază conţine 220 de pagini, 77 de figuri, 64 de tabele. Bibliografia cuprinde 285 referinţe. Rezultatele obţinute sunt publicate în 41 de lucrări ştiinţifice.

Cuvinte-cheie: Alimentaţie sănătoasă, compuşi bioactivi, fibre alimentare, proprietăţi funcţionale, 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 Significanceresides 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 Researchlies 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.

LISTA TABELELOR

Tabelul 1.1 Recomandări de utilizare a carbohidraților în diete ale diferitor autorități 37
Tabelul 1.2 Clasificarea carbohidraților 38
Tabelul 1.3 Istoricul cercetării și termenul de „fibră alimentară" în diferite domenii 39
Tabelul 1.4 Clasificarea fibrelor alimentare 40
Tabelul 1.5 Clasificarea fibrelor alimentare în funcție de solubilitatea (fermentabilitatea) în apă 41
Tabelul 1.6 Necesarul zilnic în fibre alimentare, în funcție de vârstă 42
Tabelul 2.1 Indicii fizico-chimici a fructelor, legumelor și plantelor medicinale 74
Tabelul 2.2 Indicii fizico-chimici a pectinei 82
Tabelul 2.3 Metode de analiză aplicate pentru determinarea indicilor fizico-chimici 83
Tabelul 2.4 Metode microbiologice de cercetare 86
Tabelul 2.5 Metoda pentru determinarea analizelor organoleptice 86
Tabelul 2.6 Parametrii tehnologici de uscare a tescovinei 88
Tabelul 2.7 Valorile $E_{1/2}$ ale cationilor de metale grele cu efect toxic 94
Tabelul 2.8 Valorile concentrațiilor echivalente acrilamidei și absorbanțelor soluțiilor de borat de amoniu 104
Tabelul 3.1 Durata procesului de uscare cu încărcătură și temperaturi variabile 122
Tabelul 3.2 Ecuații de regresie a dependenței procesului de uscare de durata de timp 123
Tabelul 3.3 Ecuații de regresie a dependenței procesului de uscare față de timp și temperatură 124
Tabelul 3.4 Ecuații de regresie aproximate cu parametrii variabili durata și temperatura procesului de uscare 124
Tabelul 3.5 Ecuații de regresie a duratei procesului de uscare cu regim intens 129
Tabelul 3.6 Ecuații de regresie a duratei procesului de uscare cu regim lent 130
Tabelul 3.7 Ecuații polinomiale a proceselor de uscare a tescovinelor din struguri și tomate sub influența temperatuii și duratei 131
Tabelul 3.8 Caracteristicile procesului de uscare a tescovinei de mere și proprietățile produsului finit 136
Tabelul 3.9 Corelare între valorile indicelui de brunificare și temperatura ponderată la difererite regimuri de uscare 137
Tabelul 3.10 Parametrii procesului de deshidratare a tescovinei de struguri pentru diferite metode și regimuri termice la o viteză constantă a fluxului de aer de 3 m/s 139
Tabelul 4.1 Indicii fizico-chimici a pulberilor din tescovină de mere, struguri și tomate 146
Tabelul 4.2 Indicii fizico-chimici a produselor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor 149
Tabelul 4.3 Valoarea biologică a produselor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor din tescovină de tomate la 100g. 151
Tabelul 4.4 Valoarea biologică a produselor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor din tescovină de struguri la 100 g. 152
Tabelul 4.5 Valoarea biologică a produselor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor din tescovină de mere la 100 g. 153
Tabelul 4.6 Valoarea biologică a produselor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor din industria de morărit, în 100 g de produs 157
Tabelul 4.7 Valoarea nutritivă și energetică a cerealelor 164
Tabelul 4.8 Valoarea nutritivă a amestecurilor cerealiere obținute 165
Tabelul 4.9 Capacitatea de reținere a apei a produselor extrudate din soriz 165

Tabelul 4.10 Capacitatea de reținere a uleiului a produselor extrudate din soriz 167
Tabelul 4.11 Indicii microbiologici a produselor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor din legume și fructe 170
Tabelul 4.12 Indicii microbiologici ai produselor extrudate în baza materiei prime vegetale autohtone și materiei prime secundare cerealiere 172
Tabelul 4.13 Indicii microbiologici ai terciurilor instante obținute în baza materiei prime fără gluten 174
Tabelul 4.14 Conținutul de acrilamidă în probe de extrudate pe bază de cereale cu și fără adaos de soluție de acid citric 177
Tabelul 4.15 Conținutul de fibre alimentare în produse extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei alimentare 179
Tabelul 5.1 Produse extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor din industria de morărit 182
Tabelul 5.2 Produse extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor din legume și fructe 187
Tabelul 5.3 Utilajul tehnologic necesar pentru fabricarea produselor extrudate 189
Tabelul 5.4 Costul estimativ al resurselor materiale și energetice pentru fabricarea produsului extrudat din soriz și porumb soiul 394 190
Tabelul 5.5 Costul estimativ al resurselor materiale și energetice pentru fabricarea produsului extrudat din porumb soiul 394 + 20% pulbere de tescovină de mere. 191
Tabelul 5.6 Structura costurilor indirecte la fabricarea produselor extrudate 192
Tabelul 5.7 Estimarea costurilor și prețurilor produselor extrudate 192
Tabelul 6.1 Valoarea potențialului $E_{1/2}$ al undei de reducere a cationului de plumb în funcție de concentraţia pectinei 196
Tabelul 6.2 Valoarea potențialului $E_{1/2}$ al undei de reducere a cationului de cadmiu în funcție de concentraţia pectinei 198
Tabelul 6.3 Gradul de fixare al cationilor de plumb şi cadmiu cu pectinele în prezenţa sucurilor şi extractelor 203
Tabelul 6.4 Influenţa materiei prime vegetale asupra capacităţii pectinei de a fixa cationii de plumb şi cationii de cadmiu 210
Tabelul 6.5 Indicii fizico-chimici şi sanitaro-igienici a SABA experimentale obținute în condiții semiindustriale 214
Tabelul 6.6 Indicii de calitate a suplimentelor alimentare biologic active pe bază de pectină şi plante 215
Tabelul 6.7 Caracteristica indicilor fizico-chimici a produselor îmbogățite cu pectină 216
Tabelul 6.8 Proporțiile ingredientelor incluse în produsele funcţionale (%) 218
Tabelul 6.9 Indicii fizico-chimici a pectinelor iniţiale şi celor purificate 219
Tabelul 6.10 Determinarea viscozităţii mostrelor de pectină 220
Tabelul 6.11 Compoziția fracționată a materiei prime mărunțite 221
Tabelul 6.12 Rețete și normele de consum ale materiilor prime și materialelor pentru fabricarea produselor alimentare funcționale 225
Tabelul 6.13 Indicii fizico-chimici şi microbiologici a batonaşelor la păstrare 227
Tabelul 6.14 Utilajul tehnologic necesar pentru fabricarea batonașelor 228
Tabelul 6.15 Costul estimativ al resurselor materiale și energetice pentru fabricarea batonașelor din prune 229
Tabelul 6.16 Costul estimativ al resurselor materiale și energetice pentru fabricarea batonașelor de morcov 229

Tabelul 6.17 Structura costurilor indirecte la fabricarea batonașelor 230
Tabelul 6.18 Estimarea costurilor și prețurilor batonașelor 230

LISTA FIGURILOR

Fig. 1.1 Piramidă alimentară 45
Fig. 2.1 Fragment din scheletul de carbon al pectinelor 81
Fig.2.2 Aspectul general a instalației de uscare 87
Fig.2.3 Schema generală a instalației de uscare 87
Fig. 2.4 Tipul polarogramelor de reducere a cationilor metalelor cercetate 93
Fig. 2.5 Tipul polarogramelor de reducere a cationului de metal şi a electrolitului de fon: 1–polarograma fonului; 2– polarograma cationului de metal; 3–polarograma cationului de metal în prezenţa pectinei; 4–polarograma cationului de metal în prezenţa pectinei şi sucului 95
Fig. 2.6 Graficul curbei de calibrare şi ecuaţia de regresie pentru determinarea activității antioxidante echivalente soluțiilor cu Trolox 98
Fig. 2.7 Graficul curbei de calibrare şi ecuaţia de regresie pentru determinarea activității antioxidante echivalente quercetinei 98
Fig. 2.8 Graficul de calibrare a soluţiilor de proteină 100
Fig. 2.9 Graficul de calibrare a soluţiilor de amidon 102
Fig. 2.10 Instalație de descompunere a acrilamidei 103
Fig. 2.11 Spectrul de absorbție a energiei pentru soluția de borat de amoniu 104
Fig. 2.12 Graficul de calibrare a soluțiilor borat de sodiu 104
Fig. 3.1 Curbele de uscare ale tescovinei de struguri prin convecție în flux paralel de aer la diferite temperaturi 111
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/m*^{2} la diferite temperaturi 111
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/m*^{2} la diferite temperaturi 112
Fig. 3.4 Curbele de uscare ale tescovinei de tomate prin convecție în flux paralel de aer la temperaturi între 55-75°C 113
Fig. 3.5.Curbele de uscare ale tescovinei de tomate prin convecție în flux paralel de aer la diferite temperaturi 113
Fig. 3.6 Curbele de uscare a tescovinei de mere la viteza constantă (V=2m/s) și temperaturi variate de aer, ^{0}C: 60, 75, 85 115
Fig. 3.7 Curbele de uscare a tescovinei de mere la viteza constantă (V=3m/s) și temperaturi variate de aer, ^{0}C: 60, 75, 85 115
Fig. 3.8 Curbele de uscare a tescovinei de mere la viteza constantă (V=4m/s) și temperaturi variate de aer, ^{0}C: 60, 75, 85 115
Fig. 3.9 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura 60°C 115
Fig. 3.10 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura 75°C 115
Fig. 3.11 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura 85°C 115
Fig. 3.12 Dinamica de uscare a a tescovinei de merela viteza constantă (V=2m/s) și temperaturi variate de aer, ^{0}C: 60, 75, 85 117
Fig. 3.13 Dinamica de uscare a a tescovinei de merela viteza constantă (V=3m/s) și temperaturi variate de aer, ^{0}C: 60, 75, 85 117
Fig. 3.14 Dinamica de uscare a a tescovinei de merela viteza constantă (V=4m/s) și temperaturi variate de aer, ^{0}C: 60, 75, 85 117
Fig. 3.15 Dependența vitezei de uscare maximale de temperatura aerului pentu diferite viteze de aer: 2, 3 și 4 m/s 119
Fig. 3.16. Dependența vitezei de uscare maximale de viteza aerului pentu diferite 119

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 121
Fig. 3.18 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura de 60^{0}C și diferite încărcături: 1- 6 kg/m^2; 2- 10 kg/m^2; 3- 15 kg/m^2 121
Fig. 3.19 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura de 75^{0}C și diferite încărcături: 1- 6 kg/m^2; 2- 10 kg/m^2; 3 - 15 kg/m^2 121
Fig. 3.20 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura de 85^{0}C și diferite încărcături: 1- 6 kg/m^2; 2- 10 kg/m^2; 3- 15 kg/m^2 122
Fig. 3.21 Dependența valorii coeficienților numerici al termenilor **t * τ** față de viteza fluxului de aer în ecuațiile liniare 125
Fig. 3.22 Dependența valorii coeficienților numerici al termenilor t *** τ^2** față de viteza fluxului de aer, în ecuațiile polinomiale de gradul II 126
Fig. 3.23 Dependența valorii coeficienților numerici al termenilor **t * τ** față de viteza fluxului de aer, în ecuațiile polinomiale de gradul II 126
Fig. 3.24 Dependența valorii coeficienților termenilor liberi față de viteza fluxului de aer, în ecuațiile polinomiale de gradul II 126
Fig. 3.25 Reprezentarea grafică a modelului matematic a uscării la viteza fluxului de 2m/s 127
Fig. 3.26 Reprezentarea grafică a modelului matematic a uscării la viteza fluxului de 3m/s 127
Fig. 3.27 Reprezentarea grafică a modelului matematic privind procesul de uscare a tescovinei de struguri prin convecție 132
Fig. 3.28 Reprezentarea grafică a modelului matematic privind procesul de uscare a tescovinei de struguri prin convecție + unde infraroșii (1,33 kWt/m^2) 132
Fig. 3.29 Reprezentarea grafică a modelului matematic privind procesul de uscare a tescovinei de struguri prin convecție + unde infraroșii (2,0 kWt/m^2) 133
Fig. 3.30 Dependenţa temperaturii tescovinei de mere în funcţie de durata uscării la viteza constantă(V=2m/s) și temperaturi variate de aer, ^{0}C: 60, 75, 85 135
Fig. 3.31 Dependenţa temperaturii tescovinei de mere în funcţie de durata uscării la viteza constantă (V=3 m/s) și temperaturi variate de aer, ^{0}C: 60, 75, 85 135
Fig. 3.32 Dependenţa temperaturii tescovinei de mere în funcţie de durata uscării la viteza constantă (V=4m/s) și temperaturi variate de aer, ^{0}C: 60, 75, 85 136
Fig. 3.33 Variația indicelui de brunificare în funcție de temperatura produsului 138
Fig. 3.34 Evoluția temperaturii tescovinei de struguri în timpul procesului de uscare pentru trei metode de uscare: a) convectivă; b) combinată (convecție + radiație infraroșie 2,0 kW/m²); c) combinată (convecție + radiație infraroșie 1,33 kW/m²) la diferite temperaturi ale aerului 139
Fig. 3.35 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/m^2; 3) combinată: convecție + IR 1,33 kW/m^2. 140
Fig. 4.1 Schema tehnologică de fabricare a produselor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor din fructe și legume 154
Fig. 4.2 Mostre de produse extrudate pe baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor din fructe și legume 155
Fig. 4.3 Mostre experimentale de produse extrudate pe bază de tărîțe fabricate în condiții industriale la SRL ”Policom-Prim” 159
Fig. 4.4 Indicii de umiditate a produselor extrudate în baza materiei prime vegetale 160

autohtone și materiei prime secundare cerealiere
Fig. 4.5 Indicii fizico-chimici a produselor extrudate în baza materiei prime vegetale autohtone și materiei prime secundare cerealiere 161
Fig. 4.6 Schema tehnologică de fabricare a produselor extrudate în baza utilizării materiei prime cerealiere și deșeurilor din industria de morărit 162
Fig. 4.7 Parametrii de umiditate a terciurilor instante în baza materiei prime cerealiere fără gluten 168
Fig. 4.8 Indicii fizico-chimici a terciurilor instante obținute în baza materiei prime fără gluten 168
Fig. 4.9 Schema tehnologică de fabricare a terciurilor instante 169
Fig. 6.1 Polarograme de reducere electrolitică a cationilor de plumb 195
Fig. 6.2 Influenţa concentraţiei pectinei (Cpect) asupra înălţimii undei (I) cationului de plumb 195
Fig. 6.3 Influenţa concentraţiei plumbului (C_{Pb}) asupra intensității undei polarografice (I) în prezenţa pectinei 196
Fig. 6.4 Influenţa concentraţiei pectinelor (Cpect) asupra fixării cationului de plumb 196
Fig. 6.5 Polarograme de reducere electrolitică a cationilor de cadmiu 197
Fig. 6.6 Influenţa concentraţiei pectinelor (Cpect.) asupra intensității curentului cationilor de Cd (μA) 197
Fig. 6.7 Influenţa concentraţiei pectinelor (Cpect.) asupra fixării cationului de cadmiu 198
Fig. 6.8 Influenţa concentraţiei sucurilor (Csuc.) asupra fixării cationilor Pb şi Cd (I) 200
Fig. 6.9 Dependenţa fixării cationului de plumb şi cadmiu (I) de concentraţia pectinei (Cpect.) în prezenţa sucului de ardei 201
Fig. 6.10 Dependenţa fixării cationului de plumb şi cadmiu (I) de concentraţia pectinei (Cpect.) în prezenţa sucului de bostan 201
Fig. 6.11 Dependenţa fixării cationului de plumb şi cadmiu (I) de concentraţia pectinei (Cpect.) în prezenţa sucului de dovlecei 201
Fig. 6.12 Dependenţa fixării cationului de plumb şi cadmiu (I) de concentraţia pectinei (Cpect.) în prezenţa sucului de morcov 201
Fig. 6.13 Dependenţa fixării cationului de plumb şi şi cadmiu (I) de concentraţia pectinei (Cpect) în prezenţa extractului de scoarţă de stejar 202
Fig. 6.14 Influența concentraţiei substanţelor fenolice (Cpf) asupra gradului de fixare a plumbului (L) în prezența pectinelor 204
Fig. 6.15 Concentraţia polifenolilor în materia primă vegetală (Cpf) în dependență de gradului de fixare a cadmiului (L) (raport molar pectină:cadmiu - 1:1) 205
Fig. 6.16 Concentraţia substanţelor fenolice în materia primă vegetală (Cpf) în dependență de gradului de fixare a cadmiului (L) (raport molar pectină:cadmiu - 6:1) 205
Fig. 6.17 Variația capacității de fixare a plumbului de către pectină L în funcţie de indicele pH 207
Fig. 6.18 Variația capacității de fixare a ionilor Cd^{2+} de către pectină în funcţie de indicele pH. 208
Fig. 6.19 Curbele de curgere a soluţiilor concentrate ale pectinelor iniţiale şi modificate (concentraţia pectinei 2,5%) 219
Fig. 6.20 Schema tehnologică de producere a batonaşelor cu SABA 222

LISTA ABREVIERILOR

AND	acidul dezoxiribonucleic
atm.	atmosphere
Aw	activitatea apei
BNS	Biroul Național de Statistică
CTP	Conținutul total de polifenoli
D	Dalton
DIAAS	digestible indispensable amino acids score
DG AGRI	Direcția Generală Agricultură și Dezvoltare Rurală
DHA	docosahexaenoic
e.n.	era noastră
EPA	eiocosapentaenoic
etc.	etcetera
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FOSHU	Foods for Specified Health Use (Alimente cu utilizare specifică pentru sănătate)
HG	Hotărîre de Guvern
I	intensitatea undei polarografice
IG	Indicele glicemic
ICȘPS	Institutul de Cercetări Științifice pentru Porumb și Sorg
IP INCAAMV	Instituția Publică Institutul Național de Cercetări Aplicative în Agricultură și Medicină Veterinară
IP IȘPHTA	Instituția Publică Institutul Științifico-Practic de Horticultură și Tehnologii Alimentare
IR	infraroșie radiație
î.e.n.	înaintea erei noastre
kcal	kilocalorii
kD	Kilodebye
L/h	litru pe oră
MAIA	Ministerul Agriculturii și Industriei Alimentare
MMAFA	Microorganisme Mezofile Aerobe și Facultativ Anaerobe
MPa	Megapascali
n/d	nu s-a depistat
ONU	Organizația Națiunilor Unite
OMS	*Organizația Mondială a Sănătății*
PDCAAS	protein digestibility aminoacids corrected score
PPE	pectina puternic eterificată
PSM	pectina slab metilată
LMP	pectine slab metilate
HMP	pectine înalt metilate
SABA	suplimente Alimentare Biologic Active
SBA	substanțele biologic active
ș.a.	și altele
SRL	Societate cu Răspundere Limitată
SU	substanțe uscate
SUA	Statele Unite ale Americii
t	Temperatura, °C
τ	Timpul, min
UE	Uniunea Europenă
UFC/g	unitate de formare a coloniilor pe gram

UI*	unități internaționale
UK	*United Kingdom*
UMAFA	Unități de Bacterii Mezofile Aerobe și Facultativ Anaerobe
v	viteza fluxului de aer
VA	Volt Amper
WHO	World Health Organization

INTRODUCERE

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.

Majorarea 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 esențiale, 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; crearea 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 prevenției diverselor afecțiuni și întăririi funcțiilor protectoare ale organismului (Mincu, 1985; Iușan, 2020).

În baza celor expuse, se poate afirma că 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 și al., 2006; Iușan și al., 2014).

Abordările moderne în prevenirea și tratamentul 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, devin esențiale nu doar cantitatea și compoziția carbohidraților, ci și prezența fibrelor alimentare, care influențează semnificativ rata de absorbție a acestora.

Cercetările realizate au acordat o atenție deosebită dezvoltării tehnologiilor avansate de fabricație a produselor extrudate fortificate, urmărindu-se îmbunătățirea valorii nutritive și a funcționalității acestora. În paralel, s-a investigat în profunzime 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 cerințelor nutriționale moderne ale consumatorilor.

Combinarea rațională a diverselor materii prime vegetale în procesul de fabricație a produselor alimentare permite valorificarea integrală a acestora, sporind valoarea biologică și nutrițională a produselor și îmbunătățind totodată caracteristicile senzoriale. Astfel, o formulare atent concepută a amestecurilor de ingrediente contribuie la îmbogățirea produselor cu proteine, fibre alimentare, vitamine și minerale, extinzând considerabil oferta de alimente destinate unei alimentații sănătoase.

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 în stare izolată 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 esențială (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 eficientă și promițătoare în promovarea sănătății publice.

Scopul şi obiectivele tezei

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 operaționale ale lucrării:

1. Realizarea unui studiu profun 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 optimale 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.

Ipoteze de cercetare

1. Politicile și strategiile naționale privind alimentația sănătoasă nu valorifică suficient potențialul materiilor prime vegetale autohtone și al subproduselor agroindustriale, deși acestea pot reprezenta o bază strategică pentru dezvoltarea sustenabilă a produselor alimentare funcționale.

2. Aplicarea tehnologiilor hibride de tip convecție–radiație infraroșie în uscarea materiilor prime vegetale locale permite optimizarea conservării compușilor bioactivi, creșterea eficienței energetice și obținerea de produse cu valoare biologică superioară.

3. Elaborarea unui sistem național de dezvoltare a alimentelor funcționale, bazat pe utilizarea durabilă a resurselor vegetale locale și pe modelarea proceselor tehnologice, reprezintă un instrument strategic pentru consolidarea securității alimentare și promovarea dietelor sănătoase în Republica Moldova.

Noutatea și originalitatea științifică a tezei au constat în fundamentarea teoretică și aplicativă a tehnologiilor inovative pentru fabricarea produselor alimentare funcționale, destinate

unei alimentații sănătoase, caracterizate printr-un conținut sporit de fibre alimentare și printr-o acțiune fiziologică benefică asupra organismului uman.

În cadrul cercetărilor realizate, s-a demonstrat eficiența utilizării materiilor prime vegetale autohtone – în special cerealiere și derivate secundare – în dezvoltarea unor produse cu valoare biologică sporită. Selecția materiilor prime s-a realizat pe baza evaluării complexe a valorii nutritive, a indicilor fizico-chimici și a caracteristicilor tehnologico-funcționale relevante, precum coeficientul de gonflare, capacitatea de reținere a apei și a uleiului. Aceste criterii au permis formularea rațională a compozițiilor policomponente și optimizarea procesului tehnologic.

Formularea și fundamentarea științifică a principiilor și strategiilor de optimizare a procesului de uscare a tescovinei provenite din industria agroalimentară, prin investigarea influenței parametrilor tehnologici (temperatură, viteză a aerului, încărcătură de produs) și prin dezvoltarea unor metode hibride (convecție+radiație infraroșie), în vederea conservării compușilor bioactivi, reducerii consumului energetic și îmbunătățirii calității nutriționale a produsului final, utilizând modelarea matematică avansată pentru descrierea și controlul procesului de deshidratare.

O contribuție științifică semnificativă a fost reprezentată de elaborarea și aplicarea unei metode diferențiate de evaluare a calității produselor alimentare destinate alimentației sănătoase, bazată pe analiza comparativă a indicilor unității de calitate (Pi) raportată la un model etalon. Această abordare a permis aprecierea integrativă și obiectivă a performanței nutriționale și funcționale a produselor analizate.

Interacțiunea componentelor vegetale provenite din fructe, legume și plante medicinale cu pectinele a fost analizată din perspectiva capacității de fixare a cationilor metalici, subiect de importanță majoră pentru dezvoltarea alimentelor funcționale. Rezultatele au evidențiat că aceste componente exercită efecte diferite – de reducere, de intensificare sau neutre – asupra procesului de fixare. Având la bază aceste constatări, a fost propus un mecanism original de fixare a cationilor metalici prin intermediul pectinelor în compoziții policomponente, oferind o direcție inovatoare în proiectarea produselor alimentare cu acțiune detoxifiantă.

Pe baza acestor cercetări, au fost formulate principii științifice pentru elaborarea produselor alimentare funcționale cu proprietăți prestabilite, împreună cu o metodologie originală pentru estimarea compatibilității dintre pectine și ingredientele vegetale incluse în compozițiile destinate eliminării metalelor toxice din organismul uman.

Principiile elaborate și metoda de evaluare a compatibilității au fost validate în procesul de dezvoltare a produselor alimentare funcționale și au fost integrate în sistematizarea acestora. De

asemenea, au fost dezvoltate suplimente alimentare biologic active pe bază de pectină, destinate fixării și eliminării metalelor toxice, inclusiv radionuclizi, din organism, fiind stabilite și tehnologiile adecvate pentru fabricarea acestor produse.

Importanța teoretică: au fost formulate principii științifice de selecție rațională a materiilor prime și de perfecționare a etapelor tehnologice, vizând optimizarea parametrilor de proces, precum temperatura, umiditatea inițială, timpul și viteza de extrudare. Aplicarea acestor principii a condus la dezvoltarea unor produse alimentare funcționale, bogate în fibre, adaptate cerințelor alimentației moderne și orientate spre susținerea sănătății populației.

Simultan, au fost desfășurate cercetări orientate spre optimizarea procesului de uscare a tescovinei — subprodus vegetal cu potențial valorificabil — prin utilizarea tehnologiilor hibride, bazate pe convecție termică și radiație infraroșie. Ajustarea fină a parametrilor tehnologici, precum temperatura, viteza aerului și încărcătura produsului, a contribuit la eficientizarea transferului de masă și căldură, facilitând conservarea compușilor bioactivi (în special polifenoli) și reducerea consumului energetic specific. Integrarea modelării matematice a proceselor de transfer a permis o descriere predictivă și controlată a fenomenelor implicate, conducând la obținerea unor produse finale cu proprietăți funcționale și senzoriale superioare.

Implementarea acestor direcții de cercetare și a principiilor tehnologice derivate a contribuit la creșterea eficienței globale a procesului de fabricație și a stat la baza dezvoltării unor produse alimentare cu valoare adăugată sporită, cu impact benefic asupra sănătății consumatorului, în armonie cu tendințele actuale ale industriei alimentare durabile și funcționale.

Valoarea aplicativă a lucrării constă în dezvoltarea unor produse alimentare extrudate, combinate și ușor digerabile, obținute din cereale și materii prime secundare, bogate în fibre alimentare și componente bioactive, destinate unei alimentații sănătoase și conform standardelor europene. De asemenea, au fost implementate tehnologii hibride inovatoare pentru uscarea tescovinei, care optimizează eficiența procesului, conservă compușii bioactivi și reduc consumul de energie. Prin aplicarea modelării matematice a proceselor de transfer, s-au obținut produse cu îmbunătățirea caracteristicilor funcționale și senzoriale, promovând astfel valorificarea sustenabilă a materiilor prime vegetale. În plus, lucrarea propune o metodă rapidă și eficientă pentru evaluarea compatibilității pectinei cu ingredientele vegetale din compozițiile SABA și produsele alimentare funcționale destinate eliminării metalelor toxice din organism. Au fost dezvoltate și suplimente alimentare biologic active, care facilitează fixarea și eliminarea metalelor toxice, inclusiv

radionuclizi, contribuind la obținerea unor produse alimentare funcționale inovative destinate utilizării acestora.

Implementarea rezultatelor ştiinţifice: tehnologia de fabricare a produselor extrudate, bazate pe materii prime cerealiere și deșeuri din industria alimentară, a fost testată și confirmată cu succes în cadrul întreprinderilor „Policom-Prim" SRL și „BIOCOM" SRL din mun. Chișinău. În urma cercetărilor tehnologice desfășurate, au fost elaborate proiecte de acte normative tehnice pentru producerea suplimentelor alimentare biologic active (SABA) – agenți dezintoxicanți, precum și pentru dezvoltarea produselor funcționale în care sunt integrate aceste tehnologii. Procesele tehnologice inovative și rețetele elaborate au fost confirmate prin testări experimentale și industriale la „CONSULT LC" SRL. Implementarea acestor rezultate vor avea un impact deosebit în stimularea producerii de produse alimentare sigure și sănătoase, cu beneficii nutriționale, la promovarea produselor funcționale pe piața națională și internațională și la promovarea sănătății publice și la îmbunătățirea condițiilor de sănătate ale populației Republicii Moldova prin creșterea calității alimentelor. De asemenea, aceste inovații vor deschide noi perspective de export, contribuind astfel la creșterea veniturilor populației și la dezvoltarea economică a regiunii.

Aprobarea lucrării la foruri ştiinţifice naţionale şi internaţionale. Rezultatele cercetărilor ştiinţifice efectuate au fost publicate în reviste, culegeri ale simpozioanelor, discutate în cadrul dezbaterilor la conferinţe ştiinţifice naţionale şi internaţionale, mese rotunde, expoziţii internaţionale specializate. Rezultatele obținute pe parcursul realizării lucrării au fost prezentate şi discutate la conferinţe naţionale şi internaționale: Conferința Internațională "Modern Technologies in the Food Industry", Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău (2018, 2024); Expoziţia Internaţională "Food&Drinks", Chişinău, Republica Moldova (2015, 2016); "INTERNATIONAL BROKERAGE EVENT 2016" în cadrul rețelei Enterprise Europe Network (EEN) în Republica Moldova, Chișinău, Republica Moldova, (2016); International Exhibition of Inventics "INVENTICA", Iași, Romania (2018, 2025); European Exhibition of Creativity and Innovation "EUROINVENT", Iaşi, România (2016, 2017, 2018, 2024, 2025); Salonul Internațional de Invenții și Inovații "TRAIAN VUIA", Timișoara, România (2025); Expoziţia de Cercetare şi Inovare "UGALINVENT", Galaţi, România (2021, 2022); International Specialized Exhibition "InfoInvent", Chișinău, Republica Moldova (2017, 2019, 2023); Masa rotundă „Strategia de cercetare, inovare şi transfer tehnologic în horticultură, vinificaţie şi tehnologii alimentare", Centrul Internaţional de Expoziţii „MOLDEXPO" S.A. în cadrul Expoziţiei Internaţionale MOLDAGROTECH SPRING – 2017, Chişinău, Republica Moldova (2017); Forum Internaţional Ştiinţifico-Practic „Tehnologii Promițătoare în Complexul

Agroindustrial" Centrul Științific Federal pentru Horticultură și Viticultură din Caucazia de Nord, Krasnodar, Federația Rusă, (2018); The 9th International Scientific and Practical Conference «Scientific Horizon in the Context of Social Crises», Tokyo, Japan (2021); III Congres „Știință, Nutriție și Sănătate", Centrul științifico-practic al Academiei Naționale de Științe din Belarus pentru alimentație, Minsk, Republica Belarus (2021); International Scientific Conference "Biologization of the Intensification Processes in Horticulture and Viticulture", Krasnodar, Federația Rusă, (2021); Conferinţa naţională cu participare internaţională „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, France (2022); The 12th International Scientific and Practical Conference: Scientific Research In XXI Century, Ottawa, Canada (2022); The 1st edition of International Exhibition Of Creativity And Innovation "Excellent IDEA", Chisinau, Republica Moldova (2022); Expoziția națională "Știința pentru pace: creativitate, experiență, perspective", Academia de Științe a Moldovei, Chisinau, Republica Moldova (2022); Masa rotundă cu genericul: "Calitatea prin cercetare - de la sol la produs" în cadrul Expoziţiei Internaţionale specializate de produse alimentare şi materii prime pentru producerea acestora, „FINE FOOD EXPO", Chișinău, Republica Moldova (2023); 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 prezentate în 41 de lucrări științifice, incluzând o monografie, 21 articole științifice, 3 brevete de invenție și 1 cerere de brevet de invenție, precum și 19 articole în volume colective și rezumate ale conferințelor științifice naționale și internaționale.

Sumarul capitolelor tezei. Lucrarea este expusă pe 220 pagini dactilografiate şi include următoarele capitole: adnotare în limbile română şi 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 şi 77 figuri.

În **Introducere**, sunt relevate actualitatea şi importanţa temei abordate, este stipulat scopul, sunt formulate obiectivele principale şi specifice ale lucrării, este evidențiată noutatea ştiinţifică, valoarea teoretică şi aplicativă a rezultatelor obţinute.

În **Capitolul 1, Argumentarea științifică a elaborării produselor alimentare sănătoase,** au fost analizate aspectele teoretice și cercetările aplicative privind elaborarea tehnologiilor de fabricare a produselor alimentare destinate unei alimentații sănătoase, utilizând materii prime

autohtone. Studiul a evidențiat necesitatea diversificării sortimentului alimentar în conformitate cu recomandările FAO/OMS, prin reducerea aportului de sare, zahăr și grăsimi și creșterea conținutului de fibre și polizaharide non-amidon. S-a subliniat importanța fortificării produselor cu nutrienți proveniți din materii prime vegetale și secundare pentru combaterea dezechilibrelor nutriționale observate în rândul populației din Republica Moldova. Totodată, au fost fundamentate teoretic principiile de formulare a suplimentelor alimentare dezintoxicante pe bază de pectină, fiind propuse soluții pentru dezvoltarea unor produse funcționale cu efecte benefice asupra sănătății. În final, pe baza analizei literaturii de specialitate, a fost formulată problema de cercetare, axată pe valorificarea materiilor prime vegetale, cerealiere și a deșeurilor agroalimentare pentru obținerea unor produse cu valoare biologică și nutritivă ridicată, bogate în fibre alimentare.

În **Capitolul 2, Materiale și metode de cercetare,** sunt descrise materialele şi metodele de determinare a indicilor organoleptici, fizico-chimici, microbiologici şi tehnologico-funcționali, metodologia prelucrării statistice a datelor experimentale.

În **Capitolul 3, Studiul de perfecționare a procesului de uscare a materiei prime secundare,** au fost realizate experimente detaliate privind procesul de uscare a tescovinei, având ca obiectiv optimizarea parametrilor tehnologici în vederea obținerii unui produs final de calitate superioară. S-au efectuat teste experimentale variind temperatura de uscare, viteza fluxului de aer și încărcătura de produs, pentru a determina condițiile optime de procesare. A fost aplicată o strategie de uscare etapizată, adaptată conținutului de umiditate al produsului în diferite faze ale procesului.

De asemenea, au fost implementate metode combinate de uscare, îmbinând convecția cu radiația infraroșie, în scopul reducerii duratei procesului și a îmbunătățirii parametrilor tehnologici. Pentru o înțelegere aprofundată a fenomenelor implicate, au fost dezvoltate modele matematice care descriu cinetica uscării în funcție de variabilele analizate. Aceste modele au fost validate statistic și au permis simularea comportamentului tescovinei în diverse condiții de uscare, servind drept instrument pentru optimizarea procesului tehnologic.

În **Capitolul 4, Elaborarea tehnologiilor de fabricare a produselor alimentației sănătoase în baza materiei prime autohtone,** au fost prezentate cercetările privind dezvoltarea și aplicarea tehnologiilor inovatoare de fabricare a produselor extrudate, utilizând materii prime cerealiere și subproduse din industria alimentară. A fost analizată compoziția nutrițională a produselor obținute, evidențiindu-se un conținut ridicat de fibre, proteine, vitamine, minerale și compuși bioactivi, cu potențial benefic pentru sănătatea metabolică și digestivă. S-au evaluat parametrii tehnologici ai procesului de extrudare și influența acestora asupra proprietăților fizico-

chimice ale produselor, precum capacitatea de reținere a apei și uleiului, coeficientul de gonflare și conținutul de acrilamidă. De asemenea, analizele microbiologice efectuate au demonstrat siguranța produselor obținute, iar rezultatele au confirmat eficiența valorificării resurselor secundare în procesul de elaborare a produselor alimentare funcționale.

În **Capitolul 5, Modelarea matematică și analiza fezabilității tehnologice a procesului de extrudare a materiilor prime cerealiere,** au fost expuse etapele de elaborare și aplicare a unui model matematic destinat evaluării calității produselor extrudate. Modelul a permis exprimarea obiectivă a calității printr-un indicator numeric cu valori cuprinse între 0 și 1, facilitând comparabilitatea între produse cu caracteristici diferite. A fost analizată influența factorilor tehnologici esențiali – temperatura, presiunea, timpul de procesare și umiditatea – asupra calității produsului final. Validarea modelului s-a realizat pe baza criteriilor statistice relevante, inclusiv testul Fisher, confirmând fiabilitatea sa. Au fost comparate comportamentele diferitelor compoziții în procesul de extrudare, evidențiindu-se o stabilitate superioară în cazul anumitor amestecuri, în timp ce altele au prezentat o variabilitate mai mare, necesitând ajustări suplimentare. Totodată, a fost studiat efectul adaosurilor de origine vegetală asupra proprietăților fizico-chimice ale produselor extrudate și asupra stabilității modelului matematic. Rezultatele obținute au demonstrat aplicabilitatea modelului în optimizarea procesului tehnologic și în standardizarea calității produselor finite. Totodată, analiza de fezabilitate economică a demonstrat viabilitatea și profitabilitatea procesului tehnologic. Concluziile cercetării au confirmat oportunitatea și eficiența utilizării resurselor secundare pentru dezvoltarea produselor alimentare funcționale, durabile și sigure pentru consum.

În **Capitolul 6, Argumentarea științifică și elaborarea tehnologiei de producere a suplimentelor alimentare suplimentelor alimentare biologic active dezintoxicante şi a produselor alimentare funcţionale,** au fost realizate investigații experimentale folosind tehnica polarografică pentru a studia interacțiunile dintre pectine și cationii metalelor grele (plumb și cadmiu) în prezența componentelor vegetale. S-au dezvoltat metode cantitative și calitative pentru evaluarea compatibilității materiei prime vegetale cu pectina, esențiale pentru formularea unor SABA cu proprietăți dezintoxicante. Pe baza rezultatelor obținute, a fost propus un mecanism detaliat de fixare a cationilor metalici de către pectine, susținut științific, care poate optimiza procesul de detoxifiere. În paralel, a fost dezvoltată o compoziție de produs dezintoxicant pe bază de pectină, cu activitate biologică confirmată prin cercetări clinice. De asemenea, a fost elaborată o tehnologie de obținere a produselor funcționale pentru eliminarea metalelor toxice, iar analiza de

fezabilitate a evidențiat viabilitatea economică a producției, facilitând integrarea acestora într-o nișă de piață favorabilă, cu costuri reduse și accesibilitate crescută pentru consumatori.

Teza se finalizează cu **Concluzii generale şi recomandări**.

Cuvinte-cheie: alimentaţie sănătoasă, compuşi bioactivi, fibre alimentare, proprietăţi funcţionale, extrudare, valoare nutritivă sporită, culturi cerealiere, materia primă secundară, pectine slab metilate, pectine înalt metilate, metale toxice.

1. ARGUMENTAREA ȘTIINȚIFICĂ A ELABORĂRII PRODUSELOR ALIMENTARE SĂNĂTOASE

1.1 Principiile științifice ale unei alimentații sănătoase

Nutriția joacă un rol esențial în menținerea și promovarea sănătății umane, având o contribuție semnificativă în procesele de dezvoltare, întreținere și îmbunătățire a stării de bine. În acest context, conceptul de „nutriție sănătoasă" este integrat în viața cotidiană, având un impact direct asupra prevenirii bolilor, restaurării funcțiilor fiziologice afectate și susținerii unei longevități active. Adoptarea unor obiceiuri alimentare corespunzătoare contribuie la optimizarea funcționării organismului, facilitând recuperarea și menținerea sănătății pe termen lung.

Comisia EAT-Lancet, în raportul său privind condițiile unui transfer masiv la diete durabile până în anul 2050, definește dietele durabile și sănătoase ca diete care asigură aport caloric optim și sunt compuse în principal dintr-o varietate de plante alimentare, o cantitate mică de produse de origine animală, preferă grăsimile nesaturate, în timp ce limitează grăsimile saturate și cerealele rafinate și exclud alimentele foarte procesate și alimentele ce conțin cantități sporite de zahăr.

Conform studiilor realizate de savanții din Romania, în 2019, au fost evidențiate trăsăturile fundamentale ale nutriției, care includ următoarele principii (Fira-Mlădinescu, 2019):

– consumarea moderată a alimentelor;

– reducerea zahărului și grăsimilor;

– micșorarea cantității de sare;

– utilizarea fructelor și legumelor;

– diversitatea (presupune consumul de substanțe nutritive);

– produse alimentare calitative.

Conform literaturii de specialitate (Vasiliev, 2022; Osipova, 2001) au fost identificate următoarele principii fundamentale ale unei alimentații sănătoase:

- Nutriția reprezintă un ansamblu de substanțe nutritive esențiale pentru buna funcționare a organismului uman, având rolul de sprijin a tuturor proceselor fiziologice;
- Comestibilitatea unui produs alimentar se referă la caracteristicile acestuia, care îl fac sigur și adecvat consumului, luând în considerare parametri precum aspectul, gustul, textura și siguranța microbiologică.
- Alimentele trebuie mestecate corespunzător pentru a facilita procesul de digestie, asigurând o fragmentare eficientă a acestora și o absorbție mai bună a nutrienților.

- Utilizarea antibioticelor naturale, provenind din surse alimentare precum anumite plante sau condimente, poate contribui la susținerea sistemului imunitar și la prevenirea infecțiilor.
- Menținerea sănătății presupune minimizarea consumului de cofeină, sare alimentară și alcool, factori ce pot influența negativ funcțiile fiziologice și starea generală de sănătate.
- Persoanele care doresc să își îmbunătățească productivitatea ar trebui să adopte o dietă personalizată, care să răspundă nevoilor specifice ale organismului, asigurând aportul adecvat de nutrienți pentru susținerea performanței cognitive și fizice.

Urmarea unei diete trebuie să fie însoțită de respectarea următoarelor principii (Vasiliev, 2002):

- Nutriția poate contribui la acoperirea cheltuielilor de energie (asigurând echilibrul energetic) și la menținerea unei greutăți corporale normale;
- Produsele alimentare utilizate trebuie să furnizeze substanțe nutritive esențiale, precum grăsimi, carbohidrați, acizi grași esențiali, aminoacizi și altele;
- Se recomandă adoptarea unei diete cu conținut scăzut de grăsimi și colesterol, pentru a sprijini sănătatea cardiovasculară;
- Valoarea biologică și energetică a alimentelor este esențială și include alimente bogate în fibre alimentare și cu un conținut optim de vitamine și minerale;
- Este important să respectăm mesele zilnice, iar dimensiunea acestora nu ar trebui să difere semnificativ între mic dejun, prânz și cină. Consumul a patru mese pe zi ajută la menținerea unui echilibru adecvat al încărcăturii aparatului digestiv;
- Indiferent de sezon, este recomandat să consumăm produse autohtone, care beneficiază de un potențial energetic mai mare datorită caracteristicilor solului și apei locale.

În prezent, este frecvent recomandată adoptarea unor diete pe baza piramidelor nutriționale optime. Dr. Murray, una dintre autoritățile internaționale recunoscute în domeniul medicinei naturale, a elaborat principiile unei alimentații sănătoase optime, bazate pe următoarele recomandări (Bykov și al., 2008):

- dieta alimentară trebuie să includă o diversitate cât mai mare de produse vegetale;
- trebuie de evitat alimente, care ar putea conține substanțe chimice cu toxicitate înaltă;
- dieta poate include alimente, care contribuie la normalizarea nivelului glicemiei;
- consumul de carne ar trebui să fie limitat la cantități mici;
- de redus consumul de grăsimi saturate și grăsimi hidrogenate;

- cantitatea de sare gemă utilizată în alimentație trebuie să fie minimă, iar aportul de potasiu trebuie să fie suficient;
- de eliminat aditivi alimentari artificiali din dieta zilnică;
- de asigurat consum corespunzător de lichide zilnic;
- de adoptat unele măsuri preventive pentru reducerea riscului de boli asociate alimentației.

Principiul fundamental al alimentației sănătoase constă în echilibrarea elementelor fundamentale ale rației alimentare, respectiv proteine, grăsimi, glucide, vitamine și micro- și macroelemente.

Recomandările nutriționale au ca scop îmbunătățirea dietei şi a stării de sănătate a consumatorilor. Majoritatea acestor recomandări se bazează pe cercetări științifice care corelează consumul anumitor alimente, nutrienți sau modele alimentare cu reducerea riscului de boli cronice în rândul populației. Consumul de nutrienți în afara intervalelor recomandate poate conduce fie la insuficiență de nutrienți esențiali, fie la un risc crescut de a dezvolta boli cronice, precum boli coronariene, obezitate, diabet de tip 2 și/sau cancer. Pentru o funcționare optimă a organismului și prevenirea apariției anumitor afecțiuni, se recomandă ca rația alimentară să fie compusă din 45-65% carbohidrați, 20-35% grăsimi și 10-35% proteine (Aryal, 2023; Iușan și al., 2021c).

1.2 Produsele alimentare ca factor esențial în menținerea sănătății umane

Rolul principal al alimentaţiei este de a furniza nutrienţi corespunzători şi în cantităţi satisfăcătoare pentru nevoile metabolice ale organismului şi de a da consumatorului un sentiment de satisfacţie şi plăcere în urma consumului alimentelor (ex. gustul). Pe lângă efectele nutritive unanim acceptate, dieta poate avea şi efecte fiziologice şi psihologice benefice. Alimentele nu contribuie numai la menţinerea sănătăţii şi la o dezvoltare optimă, dar pot avea un rol important şi în reducerea riscului de îmbolnăvire. A fost constatat în ultimul timp începerea unei noi etape în nutriţie, reflectată şi prin modificarea atitudinii consumatorului, concretizată în:

- interesul crescut față de substanțele cu efecte benefice asupra sănătății, precum antioxidanții, vitaminele, calciul, flavonele și altele;convingerea, că "*printr-o atitudine corectă, inclusiv în nutriţie, se poate evita cancerul*";
- conştientizarea existenţei unei legături între starea fizică, psihică şi alimente, precum şi între dietă, longevitate şi aspectul fizic;
- convingerea, că dieta asigură soluţii pentru sănătate mai promiţătoare decât cabinetul medical (Dahl și al., 2015; Li și al., 2017; Iușan și al., 2020).

Evoluția constantă a conceptelor din domeniul nutriției exercită o influență puternică asupra tendințelor și direcțiilor adoptate de societatea contemporană. Ele sunt determinate de următoarele aspecte:

- creșterea cheltuielilor legate de asistența medicală și de perioadele de incapacitate temporară de muncă;
- creşterea speranţei de viaţă;
- orientarea populaţiei pentru o calitate mai bună a vieţii **(**Aidigié și al., 2007**)**.

Asigurarea unei diete corespunzătoare pentru populație este esențială pentru menținerea sănătății generale și prevenirea bolilor. Iată de ce Academia Americană Dietetică a specificat, că: „educaţia nutriţională, fortificarea alimentelor şi suplimentele nutritive sunt trei căi complementare accesibile de a asigura aportul nutriţional al segmentelor de populaţie cu risc mărit de îmbolnăviri" (Dahl și al., 2015).

Alimentele fortificate se obţin prin fortificarea lor cu compuşi biologic activi a unor produse sărace sau lipsite în astfel de substanţe nutritive. Scopul suplimentării este asigurarea unei protecţii maxime a organismului şi necesită o asociere nutriţională sinergică şi fiziologic adaptată (FAO, 2013; Iușan și al., 2022). Produsele alimentare fortificate cu substanţe biologic active sunt tot mai mult solicitate de către consumatori, deoarece posedă calităţi nutriţionale deosebite, se asimilează mai uşor şi contribuie la buna funcţionare a proceselor metabolice în organism. De aici şi provine conceptul de produse funcţionale.

Conform afirmațiilor lui Katz (1996), cercetările științifice efectuate (peste 10.000 de studii) au demonstrat acțiunea terapeutică și importanța nutritivă a alimentelor funcționale, stabilind astfel domeniile de utilizare ale acestora. Cercetările în domeniul alimentelor funcţionale au debutat în Japonia în a. 1980. În anul 1991 a fost elaborat conceptul de Alimente cu utilizare specifică pentru sănătate (*Foods for Specified Health Use* - FOSHU). Alimentele identificate ca FOSHU trebuie să furnizeze dovezi convingătoare, că exercită o acţiune fiziologică asupra sănătăţii (datele referitoare la efectele unor componente individuale izolate din aliment nu sunt suficiente) (FAO/WHO, 1998).

În Uniunea Europeană nu există o legislaţie armonizată referitoare la revendicările pentru sănătate, acestea fiind decise la nivel naţional. Alimentele funcţionale sunt produse alimentare, precum şi componente ale acestora, care îmbunătăţesc starea generală de sănătate a consumatorilor, evită riscul îmbolnăvirilor, ameliorează calitatea fizică sau psihică a vieţii, precum şi capacitatea de recuperare după exerciţii fizice extenuante sau diverse boli.

Pe plan mondial sunt utilizaţi un număr relativ mare de termeni pentru a defini produsele naturale dezvoltate în beneficiul sănătăţii, alimente funcţionale (functional foods), nutraceutice (nutraceutical), alimente farmaceutice (pharmafood), alimente proiectate (designer food), vitafood, foodaceutical (Fardet și al., 2014).

Alimentele funcţionale pentru care nu există definiţii universal acceptate, ele reprezentând mai mult un concept decât un grup definit de produse alimentare, au fost clasificate în două categorii:

1) alimente funcţionale destinate prevenirii unor boli;

2) alimente funcţionale destinate tratamentului terapeutic (pentru corecţia unor boli metabolice sau prevenirea progresului unor boli).

Comisia Europeană a Ştiinţei Alimentelor Funcţionale apreciază, că un aliment poate fi considerat ca "funcţional" dacă este demonstrat în mod satisfăcător că afectează în mod benefic una sau mai multe funcţii "ţintă" din organism, pe lângă efectele nutriţionale corespunzătoare (având ca efect îmbunătăţirea stării de sănătate sau de bunăstare generală şi/sau reducerea riscului unor boli). Alimentele funcţionale trebuie să rămână sub formă de produse alimentare şi să-şi demonstreze efectele în cantităţi, care se consumă în mod normal în dietă.Conform (Fira-Mlădinescu, 2019) alimentul funcţional poate fi:

- aliment natural;
- aliment în care s-a adăugat un component;
- aliment din care s-a eliminat un component;
- aliment în care natura uneia sau mai multor componente a fost modificată;
- orice combinaţie a acestor posibilităţi (Kinsella, 1982; Kour, 2014; Yushan și al., 2024).

Un aliment poate fi funcţional pentru toţi indivizii sau pentru anumite grupe de populaţie, care pot fi definite, de exemplu, prin vârstă sau constituţie genetică.

Potrivit lui Dahl et al. (2015) și Ackman (2008), este definită noţiunea de alimente funcţionale, piaţa de desfacere a acestor produse fiind în Europa şi în SUA, clasificarea produselor, precum şi conformitatea acestora cu legislaţia în vigoare. În ultima vreme se încearcă crearea unor produse alimentare cu destinaţie specială. Accentul este pus pe proprietăţile biochimice, dar şi pe aspectele industriale ale produselor alimentare fabricate din ovăz, grâu, orez, in, struguri, citrice, legume şi alte surse de origine vegetală, animalieră sau microbiană (Nelson și al., 1981).

Dezvoltarea alimentelor funcționale fortificate cu substanțe biologic active este strâns legată de elaborarea tehnologiilor de prelucrare a materiei prime vegetale pentru obținerea fito-adaosurilor,

compuși ce conțin în stare nativă vitamine și alte substanțe biologic active (SBA), prin utilizarea procesului tehnologic de extrudare (Adebowale, 2005; Iușan și al., 2021b).

În prezent, este dificil de a asigura organismului cu toate vitaminele și mineralele necesare exclusiv prin nutriție. Aproximativ 40% dintre nutriționiști susțin administrarea zilnică a suplimentelor de vitamine și minerale (Arshad et al., 2025).

Lista substanțelor biologic active (SBA) înregistrate și permise pentru a fi incluse în alimentație poate fi găsită în *Food Additive User's Handbook*. Astfel, alimentația sănătoasă reprezintă una dintre cele mai importante condiții pentru menținerea sănătății populației. Cel mai eficient mod de fortificare a produselor alimentare constă în îmbogățirea acestora cu SBA naturale (Aiken, 2018; Anon, 2001; Liu și al., 2017).

Fortificarea cu substanţe biologic active (CO_2-extracte), permite de a spori calitatea produselor alimentare şi de a reduce costurile pentru sănătate. În acest scop este nevoie de respecta următoarele condiţii: a) selectarea unui produs adecvat pentru fortificare; b) determinarea nivelului de fortificare; c) dezvoltarea unui sistem de control.

Principalele grupe de produse alimentare recomandate pentru fortificarea cu SBA sunt:

- făina și produsele de panificație;
- produsele destinate alimentației copiilor;
- băuturile, inclusiv concentratele sub formă uscată;
- produsele lactate;
- margarina și maioneza;
- sucurile din fructe (Jamba și al., 2002).

În conformitate cu Ghidul de bune practici *Alimentaţie raţională, siguranţa alimentelor şi schimbarea comportamentului alimentar* aprobat în anul 2019 de Consiliului de Experţi al Ministerului Sănătăţii, Muncii şi Protecţiei Sociale al Republicii Moldova, caracteristicile esențiale ale alimentației sănătoase sunt (Fira-Mlădinescu, 2019):

- moderația (înseamnă să mănânci cât ai nevoie, pentru satisfacerea necesarului energetic și nutritiv al organismului);
- limitarea consumului de zahăr și grăsimi (grăsimi saturate sub 10% din aportul energetic, restul fiind înlocuite cu grăsimi polinesaturate; grăsimi trans– cât mai reduse, preferabil nimic din alimentele procesate, iar în cazul celor naturale, contribuția la aportul total de energie este nesemnificativă, sub pragul de 1%;
- reducerea consumului de sare (maxim 5 g/zi);

- sporirea aportului de produse vegetale, atât în formă proaspătă, cât și sub formă tratată termic:
  - 200 g fructe/zi (2-3 porții-standard),
  - 200 g legume/zi (2-3 porții-standard),
  - 25-30 g fibre/zi, din cereale integrale, fructe și legume;

▪ diversitatea (presupune echilibrul dintre grupele de alimente, astfel încât să nu lipsească niciunul dintre nutrienții necesari organismului. Niciun produs alimentar nu conține toate proteinele, grăsimile, glucidele, vitaminele și mineralele de care organismul uman are nevoie pentru a fi sănătos, de aceea trebuie să se consume o gamă cât mai variată de produse alimentare);

▪ calitatea alimentelor (prevede totalitatea unui produs alimentar, care îl face compatibil cu reglementările specifice și cerințele consumatorilor).

Principiile alimentației sănătoase sunt formulate în lucrările (Vasiliev, 2002; Osipova, 2001) după cum urmează:

- nutriția ar trebui să asigure exclusiv aportul de energie necesar organismului și să nu depășească aceste necesități;
- prospețimea și comestibilitatea produselor alimentare trebuie să fie prioritare față de gust și disponibilitate;
- în cazul unor activități fizice sau mentale intensive, este recomandat să se consume alimente regulat, cel puțin la intervale de 4-6 ore, pentru a preveni hipoglicemia;
- alimentele trebuie mestecate corespunzător pentru a facilita o digestie eficientă. Din aceleași motive, nu se recomandă consumul de lichide în timpul mesei;
- utilizarea antibioticelor naturale, precum usturoiul, ceapa și muștarul, poate contribui la prevenirea răcelilor și a altor boli, inclusiv a celor cronice. Ori de câte ori este posibil, ar trebui preferate alimentele proaspete, naturale și bogate în energie, în detrimentul celor sintetizate și rafinate. Este de asemenea rațional să se consume produse cultivate în regiunea de reședință;
- pentru menținerea sănătății, este necesar de redus la minim consumul de cofeină, sare alimentară și alcool;
- persoanele care doresc să își sporească potențialul energetic ar trebui să își organizeze alimentația în funcție de nevoile specifice ale organismului și de traiectoria lor individuală de dezvoltare.

La stabilirea unei rații alimentare, trebuie să se țină cont de următoarele principii (Vasiliev, 2009):

- nutriția trebuie să acopere cheltuielile de energie (asigurând echilibrul energetic) și să mențină greutatea corporală normală, ținând cont de factori precum înălțimea, vârsta și natura activității fizice;
- alimentele consumate trebuie să fie variate în diferite zile ale săptămânii și echilibrate în proteine, grăsimi și carbohidrați, precum și în acizi grași esențiali, aminoacizi și fitoncizi. Produsele „nerafinate" de origine animală și vegetală sunt mai adaptate organismului uman decât produsele rafinate, întrucât primele conțin mai multe legături informaționale esențiale;
- se recomandă menținerea unei diete cu conținut scăzut de grăsimi și colesterol;
- valoarea biologică a produselor alimentare ar trebui să fie luată în considerare nu doar în raport cu valoarea lor energetică. Valorile biologice includ o dietă bogată în fibre alimentare și o cantitate optimă de vitamine și minerale;
- este important de respectat mesele principale ale zilei. De asemenea, volumul micului dejun, prânzului și cinei nu ar trebui să difere semnificativ. Consumul a patru mese pe zi ajută la echilibrarea încărcăturii aparatului digestiv;
- în orice anotimp, este preferabil să se consume produse locale, deoarece acestea nu doar că sunt mai bine adaptate genetic organismului uman (diferențele datorate solului și apei), dar au și un potențial energetic diferit (Opopol și al., 2006; Iușan și al., 2018a).

1.2.1 Valoarea nutritivă a produselor alimentației sănătoase

Legea principală a alimentației sănătoase este echilibrarea elementelor de bază al rației alimentare sănătoase: proteine, grăsiimi, glucide, vitamine, micro și macroelemente. Recomandările nutriționale au ca scop îmbunătățirea dietei și sănătății consumatorilor. Majoritatea acestor recomandări se bazează pe cercetări, care asociază anumite alimente, nutrienți sau modele alimentare cu o reducere a riscului de boală cronică în rîndul populației. Atunci când nutrienții sînt consumați peste sau sub anumite intervale, se poate dezvolta fie insuficiența de nutrienții respectivi, fie riscul crescut de a dezvolta boli cronice, inclusiv boli coronariene, obezitate, diabet de tip 2 și cancer. Pentru a satisface necesitățile nutriționale zilnice ale organismului, reducând la minimum riscul pentru boli cronice, se recomandă ca adulții să consume 45-65% din energia lor totală din carbohidrați 20-35% din grăsimi și 10–35% din proteine (Aidigié, 2007, Iușan și al., 2025).

1.2.1.1 Proteinele în produsele alimentare

Termenul „proteină” își are originea în limba greacă, unde cuvântul „proteios” desemna ceva esențial sau de primă importanță. Acestea conțin carbon, hidrogen, oxigen și azot ca elemente majore, dar și sulf și fosfor ca componente minoritare. Azotul este un element caracteristic proteinelor și reprezintă aproximativ 16% din greutatea acestora (Aryal, 2023). Proteinele sunt indispensabile organismului, deoarece furnizează aminoacizii esențiali necesari sintezei proteinelor proprii (Aiken, 2018).

Proteinele îndeplinesc numeroase funcții în organism, inclusiv: catalizarea reacțiilor biochimice (prin enzime), oferirea de suport structural celulelor (de exemplu, cheratina din păr și unghii, colagenul din oase), constituirea materialului genetic, precum și rolul în apărarea imunitară (anticorpii sunt proteine). De asemenea, proteinele joacă un rol important în menținerea compoziției corporale, sănătății oaselor, greutății corporale și stării de sănătate generală (Aryal, 2023; P´Erez-Escamilla și al., 2017; Pietzak, 2012).

Cercetările arată că sinteza mușchilor scheletici la adulți este optim stimulată atunci când aportul de proteine este de 15 grame de aminoacizi esențiali sau 30 de grame de proteine într-o masă (Aiken, 2018; Azad, 2018).

Alte surse estimează necesarul de 105 mg azot/kg corp pe zi sau 0,66 g/kg pe zi ca fiind cerința medie recomandată pentru adulții sănătoși (Samașca, 2011). Aceste valori pentru consumurile medii și sigure sunt cu aproximativ 10% mai mari decât valoarea de 0,6 g propusă anterior de WHO/FAO (1985).

În prezent, există încă discuții privind necesarul de proteine pentru persoanele vârstnice. De asemenea, nu există încă o justificare clară pentru o diferențiere între bărbați și femei în ceea ce privește aportul de proteine. Totuși, se recomandă suplimentarea aportului de proteine pentru femeile însărcinate și pentru cele care alăptează (P´Erez-Escamilla și al., 2008; P´Erez-Escamilla și al., 2013).

Din punct de vedere alimentar și nutrițional, este important să se pună accent atât pe proprietățile funcționale ale proteinelor, cât și pe calitatea acestora.

1.2.1.2 Lipidele în produsele alimentare

Clasa lipidelor include o gamă largă de compuși, precum: acizi grași, monoacilgliceride, diacilgliceride, triacilgliceride, fosfolipide, eicozanoide, rezolvine, docosanoide, steroli, esteri sterolici, carotenoide, vitamine liposolubile (A și E), alcooli grași și ceruri (Franz și al., 2003).

În definiția clasică, lipidele sunt substanțe solubile în solvenți organici. O nouă definiție a fost propusă, care definește lipidele ca mici molecule hidrofobicesau amfipatice (amfilice), care se formează în urma condensării totale sau parțiale a tioesterilor și/sau a unităților izoprenice (Rand și al., 2003).

1.2.1.3 Carbohidrații în produsele alimentare

Diferite studii oferă date despre necesarul de carbohidrați în alimentația umană, care sunt prezentate în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1 Recomandări de utilizare a carbohidraților în diete ale diferitor autorități

Nr.	Carbohidrați totali		Zaharuri	Fibre alimentare*
1	UK, 1991	47% din totalul energetic	Nu mai mult de 10% din totalul energetic zilnic (cu excepția zahărului din lapte)	18 g/zi polizaharide din surse fără amidon
2	SU, 2005	Doza zilnică recomandată este de 130 g/zi	Fără limite de zahăr adăugat	Nivelul admisibil este de 38g/zi pentru bărbați și 25 g/zi pentru femei
3	WHO, 2002	Aproximativ, de la 55 la 75% din totalul energetic zilnic	Mai puțin de 10% din totalul energetic zilnic din surse de zaharuri simple, cu o recomandare suplimentară de mai puțin de 5%	Mai mult de 20 g/zi din surse fără amidon sau mai mult de 25 g/zi din "totalul zilnic recomandat de fibre"
4	EU, 2009	Aproximativ, de la 45 la 60% din totalul energetic zilnic	Fără limite de zahăr adăugat	25g/zi de fibre alimentare

** A fost sugerat un nivel maxim de aport de 25% din energie sau mai puțin din cauza scăderii aportului anumitor micronutrienți, observați la aceste niveluri de consum (FAO/WHO, 1998).*

Carbohidrații sunt o sursă majoră de energie în dietă și includ o serie de compuși, care conțin carbon, hidrogen și oxigen. Majoritatea glucidelor corespund formulei $(CH_20)_n$, unde $n \geq 3$.

Carbohidrații se împart în următoarele grupe:

- oze sau zaharuri simple sau monozaharide;
- oligozide sau oligozaharide, care conțin de la 2 la 10 molecule de oze legate între ele de legături glicozidice;
- poliozide sau polizaharide cu moleculă lineară sau ramificată (Nelson și al., 1981).

Conform clasificării FAO/WHO (1998), carbohidrații se împart în următoarele grupe, după cum este indicat în tabelul 1.2.

Tabelul 1.2 Clasificarea carbohidraților

Nr.	Clasa	Subgrupe	Componente
1	Zaharuri	Monozaharide Dizaharide	Glucoză, fructoză, galactoză, sucroză, lactoză, maltoză
2	Polioli	Monozaharide Dizaharide	Eritritol, xilitol, manitol, sorbitol, lactitol, isomalt, maltitol
3	Oligozaharide	Malto-oligozaharide Oligozaharide nedigestibile	Maltodextrină, rafinoză, stachioză, fructooligosaharide, verbascoză.
4	Polizaharide	Amidon Polizaharide non-amidon	Amiloză, amilopectin, amidon modificat, Celuloză, hemiceluloză, pectine, hydrocoloizi (gume).

Clasificarea nutrițională a carbohidraților

Carbohidrații pot fi clasificați în funcție de digestia și absorbția lor în intestinul subțire. Carbohidrații digerabili sunt absorbiți și digerați în intestinul subțire direct sau cu ajutorul enzimelor digestive; carbohidrații nedigerabili sunt rezistenți la hidroliză în intestinul subțire și ajung în intestinul gros al omului, unde sunt cel puțin parțial fermentați de bacteriile prezente în colon. Aceștia din urmă sunt constituiți în mare parte de fibre alimentare (Augustin și al., 2015).

Frontiera dintre digerabilitatea carbohidraților depinde de particularitățile individuale ale organismului fiecărui individ în parte, dar și tratamentului aplicat alimentelor (în special gătitul și conservarea lor). Astfel, lactoza se poate absorbi ușor de către persoanele cu activitate lactazică mare, dar există și persoane intolerante la lactoză.

1.2.2 Clasificarea fibrelor alimenare

Termen de ”fibre alimentare” a fost folosit pentru prima dată de profesorul Hipsley, care a definit fibrele dietetice ca constituenți nedigestabili, care alcătuiesc peretele celular al plantei, aici fiind incluse celuloza, hemiceluloza și lignina (Hipsley, 1953). Ulterior definiția a cunoscut mai multe revizii, ca urmare a studierii fibrelor alimentare în cadrul interdisciplinar, după cum este prezentat în tab.1.3 (Li și al., 2017). Astfel, botaniștii definesc fibrele ca parte a organelor vegetale, chimiștii – ca un grup de compuși chimici, consumatorul - ca niște substanțe cu efecte benefice asupra sănătății umane, iar pentru industria alimentară și chimică fibrele alimentare sunt un subiect de marketing (Dhingra și al., 2012; Iușan și al., 2021c).

Tabelul 1.3 Istoricul cercetării și termenul de „fibre alimentare” în diferite domenii

Anii	Subiectul de studiu	Rezultate
înainte de 1970	Aspectul fiziologic-botanic	Foarte puține studii au fost la începutul cercetării acestui domeniu, cu accent pe efectele fiziologice ale fibrelor alimentare, prin abordarea observațională.
1970-1980	Nutriție umană, biochimie nutrițională	Domeniul de cercetare a fost ușor lărgit, cu mai mult accent pe înțelegerea relației cauză-efect, prin creșterea datelor clinice și epidemiologice.
1980-1990	Chimie, nutriție umană	Tema de cercetare a „fibrelor alimentare” a fost bine stabilită, cu mai mulți chimiști implicați pentru a examina fracționarea, clasificarea, caracterizarea și metodele de determinare a lor.
1990-2000	Chimie, nutriție umană,științe ale plantelor și ale produselor alimentare	Caracterizarea și metodele analitice au avansat, iar cercetarea a fost orientată către legătura dintre caracteristicile structurii componentelor fibrelor alimentare cu funcțiile lor fiziologice, precum și în explorarea surselor subutilizate, extragerea și prepararea fibrelor rafinate ca ingrediente alimentare active.
după 2000	Chimie, nutriție umană, nutrigenomică, știința plantelor, tehnologia procesării alimentelor, științele de consum	Cercetarea a fost extrem de activă cu progrese semnificative într-o gamă largă de domenii interdisciplinare; o definiție clară este în general de acord și s-au pus mai multe accente pe înțelegerea cuprinzătoare a relației de structură-funcție și aplicații în dezvoltarea funcțională a produselor alimentare.

Definiția a fost lărgită de Nelson, care a definit rolul fiziologic, bazat pe edibilitate și rezistență la digestie în intestinul subțire uman, iar definiția include polizaharide indigestibile, cum ar fi celulozele modificate, mucilagiile și pectina (Nelson, 2001).

Asociația Americană a Chimiștilor din domeniul cerealelor, a publicat următoarea definiție: "Fibrele alimentare sunt părțile comestibile ale plantelor sau carbohidrații analogi, care sunt rezistente la digestie și absorbție în intestinal subțire uman, cu fermentare completă sau parțială în intestinal gros. Fibrele alimentare includ polizaharidele, oligozaharidele, lignina și substanțele vegetale asociate. Fibrele dietetice promovează efecte fiziologice benefice, inclusiv laxarea sau reducerea colesterolului din sânge și atenuarea glicemiei" (Anon, 2001).

Există mai multe sisteme de clasificare a fibrelor alimentare, bazate pe rolul lor în plantă, pe tipul de polizaharidă, pe solubilitatea lor gastrointestinală, pe locul de digestie, pe produsele de digestie și clasificarea fiziologică (Li și al., 2017).

Definiția actuală a fibrelor alimentare include aceleași elemente constitutive ca și definiția istorică, dar versiunea a fost extinsă cu noțiunea de efect fiziologic. O clasificare mai detaliată este prezentată în tab. 1.4.

Tabelul 1.4 Clasificarea fibrelor alimentare

Nr.	*Grupele fibrelor alimentare*
1	**Polizaharide non-amidon și oligozaharide rezistente**
	Celuloza
	***Hemiceluloza*:** Arabinoxilani Arabinogalctani
	Polifructoze:
	Inulina
	Oligofructani
	Galactooligozaharide
	Gume
	Mucilagii
	Pectine
2	**Carbohidrați analogi**
	Dextrine indigestibile: Maltodextrine rezistente (din porumb și alte surse) Dextrine din cartof rezistente ***Compuși carbohidrați sintetizați:*** Polidextroza Metilceluloza Hidroxipropilmetil Celuloza ***Amidon indigestibil (rezistent)***
3	**Lignina**
4	**Substanțe asociate cu complexul de polizaharide non-amidon și lignină din plante**
	Ceara
	Fitații
	Cutin
	Saponine
	Taninuri
	Suberine

Clasificarea fibrelor alimentare prezentată în tab. 1.4, preferată de oamenii de știință, a inclus celuloza, hemiceluloza, lignina, gumele, celuloza modificată, mucilagiile, oligozaharidele, pectinele și substanțele minore asociate, cum ar fi ceara, cutina și suberina (Stephen și al., 2017).

O altă clasificare a fibrelor alimentare se bazează pe diferențierea componentelor dietetice în ceea ce privește solubilitatea lor într-o soluție tampon cu pH definit și fermentabilitatea lor într-un sistem invitro, folosind o soluție apoasă de enzimă reprezentativă pentru enzimele alimentare umane. Clasificarea componentelor din fibre alimentare pe baza solubilității și fermentabilității în apă este prezentată în tab. 1.5.

Tabelul 1.5 Clasificarea fibrelor alimentare în funcție de solubilitatea (fermentabilitatea) în apă

Nr	Caracteristici	Fibre alimentare	Descriere	Surse principale din alimente
1	Insolubile în apă (mai puțin fermentate)	Celuloza	Componenta structurală principală a peretelui celular al plantei. Insolubil în soluții alcaline concentrate, solubil în acid concentrat	Plante, legume, tarîțe
		Hemicelu loza	Polizaharide din perete celular, component al legăturilor glucozidice β-1,4. Solubil în soluții alcaline diluate.	Cereale
		Lignina	Componentă non-carbohidrați a peretelui celular. Polimer complex de fenil propan reticulat. Rezistă la degradarea bacteriilor.	Plante lemnoase
2	Solubile în apă (mai fermentate)	Pectina	Componentă peretelui celular primar, împreună cu acidul D-galacturonic fiind componente principale. În general, solubil în apă, formând un gel.	Fructe, legume, leguminoase, sfeclă de zahăr, cartof
		Gumele	Secretat la locul vătămării plantelor de către celule secretorii specializate. Utilizare alimentară și farmaceutică.	Plantele leguminoase (guar, gumă de caruba), extracte de alge marine (caraghenan, alginate), gume microbiene (xantan, gelan)
		Mucilagiile	Sintetizat de plante, previne desecarea endospermei semințelor. Utilizare în industria alimentară, sunt hidrofile și au efect stabilizator.	Extracte din plante (gumă arabică, gumă karaya, tragacantul)

Astfel, în tab. 1.5 fibrele alimentare se clasificată în două categorii, cum ar fi fibrele insolubile în apă, nefermentabile: celuloză, hemiceluloză, lignină și fibre solubile în apă bine fermentabile: pectină, gume și mucilagii (Li și al., 2017).

Rolul fiziologic al fibrelor alimentare

Beneficiile pentru sănătate a fibrelor alimentare au fost bine cercetate în literatura de specialitate în ultimele două decenii. Dietele, sărace în fibre alimentare, provoacă o serie de boli, precum constipație, hernie hiatală, apendicită, diabet, obezitate, boli coronariene, calculi biliari etc. (Sudha și al., 2012). Conform Academiei de Nutriție și Dietetică din SUA (2015), consumul de cantități adecvate de fibre alimentare reduce riscul de boli menționate mai sus. De asemenea, întrebuinţarea lor a fost legat de o scădere a incidenței mai multor tipuri de boli ca urmare a efectelor sale benefice, precum creșterea volumului de masă fecală, scăderea timpului de tranzit

intestinal, a nivelului de colesterol și a glicemiei, a substanțelor de captare care pot fi periculoase pentru organismul uman (agenți mutageni și cancerigeni), stimulând proliferarea florei intestinale (Jamba și al., 2002).

Rolul benefic al fibrelor alimentare a fost studiat concomitent cu efectul sinergetic al fitonutrienților din plante (vitamine, minerale, substanțe fenolice, carotenoizi, lignani, β-glucani și lignină), având un beneficiu asupra tratamentului și prevenirii obezității și diabetului zaharat, reducerea bolilor cardiovasculare și incidența scăzută a anumitor tipuri de cancer (Foschia și al., 2013).

Limitele admisibile a consumului zilnic de fibre alimentare

Conform Academiei de Nutriție și Dietetică din SUA (2015), consumul zilnic a organismului uman de fibre alimentare trebuie să se încadreze în limitele indicate în tab. 1.6.

Tabelul 1.6 Necesarul zilnic în fibre alimentare, în funcție de vârstă

Aport alimentar zilnic, kcal					
Nr	**Limita de vârstă**	**Bărbați**	**1000 kcal/zi**	**Femei**	**1000 kcal/zi**
1.	0-6 luni	-	-	-	-
2.	7-12 luni	-	-	-	-
3.	1-3 ani	14	19	14	19
4.	4-8 ani	14	25	14	25
5.	9-13 ani	14	31	14	26
6.	14-18 ani	14	38	14	26
7.	19-30 ani	14	38	14	25
8.	31-50 ani	14	38	14	25
9.	51-70 ani	14	30	14	21
10.	>70 ani	14	30	14	21
Femei însărcinate					
11.	< 18 ani	-	-	14	29
12.	19-50 ani	-	-	14	28
Femei aflate în perioada alăptării					
13.	< 18 ani	-	-	14	29
14.	19-50 ani	-	-	14	29

Analiza datelor tab. 1.6, indică, că pentru dezvoltarea normală a organismului uman, cu aportul a 1000 kcal/zi, este necesar de a consuma zilnic fibre alimentare reieșind din norma de 19-38 kcal pentru bărbați cu vârsta între 1-50 ani și 19-26 kcal pentru femeile de aceeași vârstă.

În același timp, Academia de Nutriție și Dietetică din SUA (2015) recomandă mărirea dozei până la 29 kcal/zi pentru femeile însărcinate și femeile aflate în perioada alăptării

În acest tabel nu sunt indicate valorile pentru sugari, deoarece se recomandă ca alimentația lor să fie efectuată prin alăptare, iar laptele matern nu conține fibre alimentare.

Insuficiențele și supradozajele în consumul fibrelor alimentare

Consumul excesiv de fibre alimentare poate avea efecte adverse, cum ar fi: reducerea absorbției vitaminelor, mineralelor, proteinelor.

În general, fibrele alimentare sunt recomandate pentru normalizarea tranzitului intestinal și respectiv, utilizate în caz de diaree sau constipație, însă, în realitate se întâlnesc și cazuri inverse, atunci când diareea este accentuată de consumul de fibre sau pot fi întâlnite cazuri de obstrucție intestinală, cauzată de mâncarea bogată în fibre (Bollinger, 2001; Saibil, 1989).

Deoarece fibrele alimentare nu se absorb în intestin sau sunt foarte prost digerate, ele pot cauza diferite simptome neplăcute în tractul gastrointestinal, cum ar fi: flatulența, balonarea sau disconfortul abdominal. De asemenea, poate avea loc fermentarea fibrelor sau a altor carbohidrați nedigerabili de către microorganismele anaerobe în intestinul larg, astfel producându-se gaz (hidrogen, metan, dioxid de carbon) (Verma și al., 2009; Vorster și al., 2005).

O cantitate mai mare de polialcooli poate cauza așa-numită diaree osmotică, datorită faptului că apa însoțește carbohidrații nedigerați sau neabsorbiți din intestin, iar dacă apa nu va fi absorbită la timp de celulele intestinului, atunci ea va fi eliminată împreună cu fecalele (Slavin, 2008).

S-a constatat, că anumite materii prime de fructe și legume, care au capacitatea de schimb de cationi (din reziduuri de acid galacturonic nemetilate și acid fitic din fibrele de cereale), au influențat absorbția și retenția mai multor minerale. Totuși, anumite fibre puternic fermentabile au dus la îmbunătățirea absorbției metabolice a anumitor minerale, cum ar fi calciul, magneziul și fierul, chiar și când acidul fitic este prezent în concentrații mai mici. Acești compuși includ pectina, diverse gume, amidonuri, celuloza, anumite oligozaharide, inulina, lactuloza (Otles și al., 2014).

Astfel, este nevoie de o atenție sporită în cazul consumului de alimente bogate sau îmbogățite cu fibre alimentare, datorită reacțiilor adverse pe care acestea le au și a potențialelor probleme.

Fortificarea alimentelor cu fibre alimentare

Fortificarea cu fibre alimentare reprezintă o metodă de a îmbogăți alimentele cu nutrienți deficitari, în cazul că aceștia nu sunt consumați în cantitatea necesară. Recunoașterea din ce în ce mai mare a beneficiilor pozitive ale diferitor tipuri de fibre a contribuit la o utilizare mai largă, pentru fortificarea alimentelor (Li și al., 2017, Iușan și al., 2021c).

Conform surselor actuale (Hazen, 2012), alimentele pot fi etichetate ca "bogate în fibre" sau "îmbogățite cu fibre", când acestea conțin cel puțin cu 2,5 g de fibre pe porție mai mult decât în produsul de referință. Produsele pot fi etichetate "sursă bună", când acestea conțin de la 2,5 la 4,9 g

de fibre mai mult decât în produsul de referință, respectiv "conținut înalt de fibre" când acestea conțin cel puțin cu 5 g de fibre pe porție mai mult decât în produsul de referință.

Fibrele alimentare necesare pentru fortificare sunt obținute din produse care sunt considerate deșeuri alimentare: paie de grâu, învelișul soii și al cerealelor, coji de arahide și migdale, știuleți și tulpini de porumb, resturi rezultate în urma fermentării cerealelor, precum și deșeurile rămase de la prelucrarea fructelor și legumelor (Katz, 1996; Iușan și al., 2018a).

Printre produsele îmbogățite cu fibre alimentare, cele mai cunoscute și consumate sunt cerealele destinate micului dejun, produsele de patiserie, pâinea sau biscuiții integrali.

Este cunoscut, că fibrele alimentare sunt responsabile de consistența, textura, comportamentul reologic și caracteristicile senzoriale ale produselor, ceea ce oferă mai multe oportunități pentru utilizarea lor în industria alimentară (Popel și al., 2022).

Efectele îmbogățirii produselor cu fibre alimentare sunt următoarele:

- facilitarea procesului de extruzie a aluatului la fabricarea pastelor făinoase, datorită proprietăților anti-lipire;

- stabilitatea și elasticitatea tăițeilor fabricați după tehnologii asiatice, precum și o rehidratare ușoară a lor);

- creșterea valorii de hidratare la fabricarea aluatului pentru pâine, a făinii;

- reducerea sau chiar înlocuirea grăsimii în produsele de patiserie, fără a pierde din calitatea produsului final;

- oferirea viscozității, îmbunătățirea procesului de emulsifiere, stabilitatea la îngheț/dezgheț, controlul asupra procesului de topire, reducerea sinerezei, favorizarea formării de cristale mici de gheață în înghețate sau iaurturi înghețate, precum și înlocuirea grăsimilor;

- reducerea cantității de grăsime în procesul de fabricare a anumitor cașcavaluri, fără a pierde din caracteristicele organoleptice (Alexander, 1997);

- creșterea viscozității și stabilității în băuturi. În acest scop sunt preferate fibrele solubile în locul celor insolubile, cum ar fi fracțiile de cereale, β-glucanul, celuloza, pectinele (Bollinger, 2001; Nelson, 2001). Fibrele de ovăz se adaugă în băuturi de tip shake pe bază de lapte, băuturi instant destinate micului dejun, sucuri de fructe și legume, ceaiuri reci, băuturi sportive, cappuccino și vin. Alte băuturi cu fibre adăugate sunt cele destinate dietelor speciale, cum ar fi cele de pierdere în greutate sau în cazul în care se dorește înlocuirea unei mese solide cu cele lichide (Popel și al., 2022);

- acceptabilitatea pentru consumatori a produselor lactate, fibrele fiind utilizate în calitate de ingredient funcțional, spre exemplu pectina, inulina, guma guar și carboximetil-celuloza (Nelson, 2001; Sendra și al., 2008);

- contribuie la îmbunătățirea texturii produselor pe bază de carne, cârnăciorilor sau a tocăturilor de carne (pectina, celuloza, izolatele de soie, grâu, porumb și orez), datorită faptului că acestea sporesc capacitatea de reținere a apei, astfel crescând suculența lor (Bulgaru, 2011; Bulgaru, 2013). Alte recomandări includ încorporarea fibrelor alimentare, precum făina din coajă de mazăre, pulpă de mere sau dovleac sau combinațiile dintre acestea în produsele de tip nuggets de pui, cu scopul de a micșora conținutul de grăsimi și sare (Verma și al., 2009; Iușan și al., 2015);

- contribuie la modificarea structurii, aceasta devenind masticabilă, de exemplu adăugarea de muciloid de psilium în produsele de tip carne sintetică (analog al cărnii pe bază de proteine vegetale).

1.2.3 Piramida alimentației echilibrate și principiile sale

Principiile fundamentale ale unei alimentații echilibrate constau în satisfacerea necesităților energetice ale individului, precum și a cerințelor de macronutrienți (proteine, grăsimi, carbohidrați), micronutrienți (minerale și vitamine) și apă. Pentru a facilita și simplifica recomandările nutriționale, necesarul zilnic al organismului uman este reprezentat schematic sub forma unei piramide alimentare, concepută de Școala de Sănătate Publică Harvard sub îndrumarea nutriționistului american Walter Willett (Willett și al., 2012). Alimentele consumate sunt împărțite în mai multe grupuri, iar cantitățile sunt exprimate în porții.

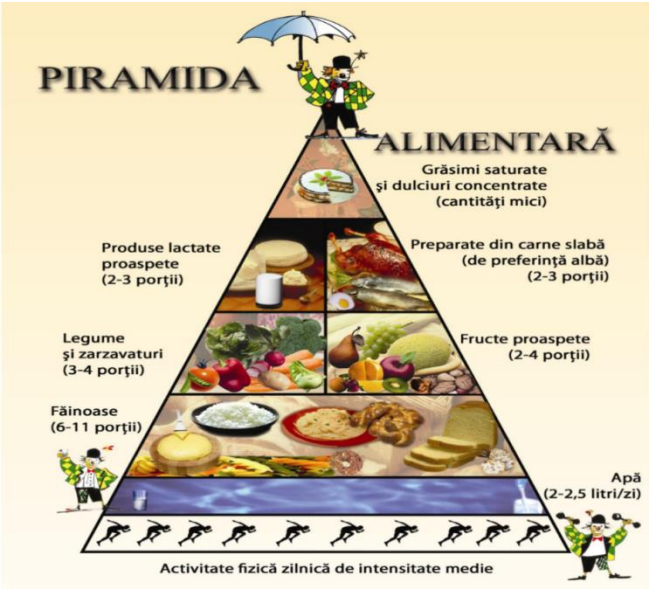


Fig. 1.1 Piramidă alimentară

Încă din mijlocul secolului XX, nutriționiștii au dezvoltat o piramidă alimentară pentru o alimentație sănătoasă, indicând tipurile și proporțiile produselor care trebuie consumate. Conform piramidei clasice, la baza acesteia se află pâinea și cerealele, urmate de fructe și legume, iar mai sus sunt plasate carnea, peștele și produsele lactate. În vârful piramidei se află grăsimile și dulciurile.

Oamenii de știință contemporani au îmbunătățit acest concept, punând apa la baza piramidei (Aidigié și al., 2007; Li și al., 2017).

Baza piramidei alimentare sau a ratei zilnice recomandate este constituită din alimente bogate în carbohidrați, cum ar fi cerealele, crupele, pâinea și cartofii. Cantitatea recomandată de alimente din acest grup este de 6-11 porții pe zi. Următorul grup este reprezentat de legume și fructe, cu un aport zilnic recomandat de 3-5 porții de legume și 2-4 porții de fructe. Urmează produsele lactate, care ar trebui consumate în cantități de 2-3 porții pe zi, iar grupul de produse din carne, pește sau înlocuitorii acestora (nuci, leguminoase, ouă) este recomandat în aceleași proporții de 2-3 porții.

Deși aceste recomandări pot părea aproximative, ele sunt aliniate cu necesarul zilnic de micronutrienți și macronutrienți esențiali pentru o dietă echilibrată.

O alimentație sănătoasă face parte dintr-un stil de viață sănătos. Este important nu doar să știm ce alimente să consumăm pentru a adopta un regim alimentar corect și sănătos, dar și să învățăm să le combinăm corect. Astfel, au fost stabilite următoarele combinații optime de alimente:

- leguminoasele și semințele de susan se armonizează perfect cu orezul;
- grâul se combină eficient cu arahidele, soia, semințele de susan și leguminoasele;
- consumul de leguminoase este cel mai benefic atunci când este însoțit de porumb sau grâu;
- un trio ideal este format din soia, orez și grâu;
- combinații optime sunt grâu - susan și grâu - soia;
- tandemuri recomandate: arahide - semințe de susan, semințe de susan - leguminoase, arahide - soia, arahide - semințe de floarea soarelui.

Pentru a respecta principiile unei alimentații sănătoase, este esențial să învățăm cum să utilizăm corect aceste produse și să evităm alimentele care conțin coloranți, condimente, aditivi chimici și alte substanțe aromatizante artificiale.

1.3 Tehnologii inovative de obținere a produselor alimentației sănătoase

1.3.1 Tehnologii de extrudare pentru obținerea produselor alimentației sănătoase din materie primă vegetală

Tehnologia de extrudare reprezintă un proces de prelucrare avansat, extrem de eficient și promițător, care permite obținerea produselor alimentare sănătoase cu proprietăți specifice și predeterminate, prin ajustarea compoziției inițiale a amestecului extrudat, fiind caracterizat prin modificări semnificative ale structurii și componentelor materialelor alimentare, generate de

expunerea acestora la temperaturi ridicate, presiuni mari și forțe mecanice intense. Pe parcursul procesului, se desfășoară o serie de reacții chimice, microbiologice și fizice complexe, cum ar fi gelatinizarea amidonului, denaturarea proteinelor, modificarea texturii și reducerea activității microbiene, ceea ce conduce la obținerea unor extrudate cu o structură controlată și la formarea unor proprietăți funcționale specifice, cum ar fi digestibilitatea îmbunătățită, biodisponibilitatea crescută a nutrienților și caracteristici organoleptice favorabile (Burtsev, 2003).

La sfârșitul anilor patruzeci ai secolului XX, a fost elaborată tehnologia extrudării prin fierbere, care ducea la modificări ireversibile ale materiilor prime, în special prin gelatinizarea aproape completă a amidonului. Un adevărat progres în dezvoltarea tehnicii și a tehnologiei de extrudare în Europa a avut loc în anii şaizeci, când peste 40 de companii diferite au adoptat producerea echipamentelor pentru procesarea diverselor tipuri de materii prime și obținerea de produse cu proprietăți fizico-chimice și funcționale variate. Totodată, au fost puse bazele teoretice ale extrudării atât la rece, cât și la cald (Abramov, 2007).

În funcție de temperatura din fața matricei, există trei tipuri principale de extrudare: la rece, la cald și prin fierbere. Extrudarea la rece prevede, că temperatura masei turnate în fața matricei nu depășește 50°C, la extrudare la cald este în intervalul 60...100°C, la extrudare prin fierbere este de 120...200°C.

Extrudarea la rece este utilizatăpe scară largă pentru modelarea maselor de cofetărie sub formă de garouri la fabricarea diferitelor tipuri de bomboane, batoanașe și alte produse de cofetărie, gumei de mestecat, bucăților de aluat pentru bastonașe de pîine, precum și pentru prepararea semifabricatelor de cereale pentru micul dejun cu tratamentul termic ulterior.

Cu toate acestea, extrudarea la rece este cea mai utilizată în industria alimentară pentru producerea pastelor tradiționale. Primele prese cu șurub pentru paste au fost utilizate pentru procesul continuu de presare a pastelor încă din anii treizeci ai secolului trecut, iar acum peste tot, începînd de la mini-ateliere pînă la marile fabrici de paste, se folosesc prese cu șurub pentru turnarea pastelor.

Extrudarea la cald prevede, că ingredientele uscate ale materiei prime sunt amestecate cu o anumită cantitate de apă și introduse în extruder, unde, împreună cu influență mecanică, sunt tratate termic. În plus, produsul este încălzit cu încălzitoare externe. Produsul obținut (extrudat) se caracterizează prin densitate scăzută, volum sporit, plasticitate și structură celulară. Adesea, extrudatul necesită o prelucrare suplimentară, cum ar fi uscarea sau răcirea. Prin această metodă se obțin unele tipuri de gustări (Brekhov, 2005). Pe lîngă posibila utilizare a extrudarii la cald pentru

turnarea aluatului de paste, ea este utilizată pe scară largă pentru producerea semifabricatelor de cereale pentru micul dejun cu o structură poroasă.

Extrudarea prin fierbere presupune umflarea extrudatului imediat ce acesta iese din matrice, ca urmare a unei scăderi bruște a presiunii și temperaturii, ceea ce duce la transformarea instantanee a apei în abur. Mecanismul de umflare a structurii extrudatului în timpul extrudării prin fierbere și influența diverșilor factori asupra gradului de umflare sunt, sub multe aspecte, similare cu cele ce au loc în tehnologia de preparare a semifabricatelor din cereale pentru micul dejun obținute prin extrudarea la cald. Principalele avantaje ale utilizării extrudării prin fierbere rezidă în rapiditatea procesului și în absența necesității de a usca extrudatul, ceea ce conferă un beneficiu considerabil din punct de vedere al eficienței energetice și al economiei de timp.

Extrudare prin fierbere reprezintă unul din cele mai perspective și mai efective procese tehnologice, care combină prelucrarea termică, hidro și mecanică a materiei prime și care permite obținerea produselor de generație nouă cu proprietăți stabilite în prealabil (Ostrikov și al., 2007).

Tendințele mondiale în domeniul alimentar sunt strâns legate de dezvoltarea unui asortiment diversificat de produse alimentare care, consumate zilnic, contribuie la îmbunătățirea stării generale de sănătate a consumatorilor. În contextul Republicii Moldova, o problemă deosebit de relevantă este promovarea alimentației corecte, în special în fața agravării rapide a stării de sănătate a populației, cauzată de un dezechilibru semnificativ în structura alimentației. Această instabilitate se manifestată printr-un consum excesiv de alimente procesate și o lipsă de nutrienți esențiali, are un impact negativ asupra sănătății publice, accentuând incidența unor afecțiuni cronice, precum obezitatea, diabetul și bolile cardiovasculare(Recomandări pentru un regim alimentar sănătos, 2016)**.**

Având în vedere că în Republica Moldova există toate condițiile necesare pentru dezvoltarea sectorului produselor extrudate, inclusiv resursele de materie primă, baza tehnologică adecvată și un număr suficient de consumatori, devine imperativă eliberarea populației de dependența de produsele de import. Este esențial să se organizeze producția autohtonă de alimente, care să corespundă standardelor contemporane de calitate și să răspundă preferințelor consumatorilor. Implementarea tehnologiilor de extrudare va permite fabricarea unor componente alimentare polifuncționale, destinate unei alimentații sănătoase, bazate pe materii prime locale, contribuind astfel la îmbunătățirea securității alimentare și la susținerea economiei naționale.

Tehnologia extrudării face parte din domeniul prelucrării avansate a cerealelor și a materiilor prime secundare, implicând expunerea acestora la temperaturi cuprinse între 90°C și 200°C și la presiuni de 25-50 MPa, pe o durată de 20-30 secunde. Acest proces permite obținerea unor produse

alimentare cu o valoare biologică ridicată, care sunt ușor de asimilat de către organism (Abramov, 2007; Ostrikov și al., 2007).

Reieșind din cercetările preliminare, extrudatele pot fi aplicate în diverse ramuri ale industriei alimentare și furajere, precum fabricarea concentratelor alimentare, panificație, prelucrarea cărnii, cofetărie, conserve și producția de furaje pentru animale, datorită capacității de a îmbunătăți valoarea nutrițională și digestibilitatea produselor (Ostrikov și al., 2007, Iușan, 2024).

În baza extrudatelor pot fi fabricate dejunuri uscate de tipul chipsurilor, pesmeților, musliurilor, snackurilor și a texturatelor-extrudatelor.

În procesul de extrudare, au loc modificări semnificative, care influențează structura materiilor prime, conducând astfel la îmbunătățirea caracteristicilor funcționale și nutriționale ale produselor finale.

Influența extruziei asupra proteinelor - prelucrarea prin extrudare sporește asimilarea proteinelor, prin urmare, aminoacizii sunt mai accesibili, ca rezultat al distrugerii legăturilor secundare a moleculelor. Datorită temperaturilor joase și perioadei reduse a tratamentului termic, aminoacizii nu se distrug. Totodată, extrudarea neutralizează factorii, ce influențează negativ valoarea nutritivă a materiei prime, așa ca inhibatorul tripsinei, ureaza ș.a. (Milovanova, 2009; Milovanova, 2010)

Influența extrudării asupra amidonului se manifestă prin procesul de gelatinizare, care favorizează o asimilare mai eficientă a acestuia. În timpul extrudării, amidonul suferă modificări structurale semnificative, iar la ieșirea din extruder, temperatura și presiunea scad brusc, ceea ce determină o creștere considerabilă a volumului produsului finit. Aceste schimbări contribuie la îmbunătățirea digestibilității amidonului și la o biodisponibilitate crescută a nutrienților (Martirosyan, 2012; Mironova, 2000; Iușan și al., 2018b)**.**

Influența extrudării asupra grăsimilor - în rezultat se distrug pereții celulelor grase, astfel se mărește valoarea energetică a produsului. Sporește stabilitatea grăsimilor, datorită fermenților, așa ca lipaza, provocând râncezirea uleiurilor, ce se distruge în procesul de extrudare, iar lecitina și tocoferolul, fiind stabilizatori naturali, își păstrează o activitate deplină. Materia primă se supune temperaturilor înalte timp de 5-6 secunde, iar pentru decurgerea procesului de oxidare este nevoie de temperatură mai înaltă și perioadă mai mare de prelucrare (Rudas, 2007).

Influența extrudării asupra celulozei - celuloza în procesul de zdrobire se mărunțește, ce respectiv sporește asimilarea ei (Funtek, 2003)**.**

Influența extrudării asupra proprietăților gustative este semnificativă, practic demonstrându-se că acest proces îmbunătățește considerabil calitățile organoleptice ale produsului finit, prin următoarele mecanisme:

1. amidonul se descompune, formând legături mai simple, ceea ce duce la obținerea de compuși dulci, îmbunătățind gustul;

2. prin extrudare produsul se eliberează de mirosurile neplăcute sau caracteristice materiei prime, cum ar fi cele specifice soiei;

3. produsul finit dobândește o structură omogenă, ceea ce contribuie la o experiență gustativă mai plăcută.

Astfel, la prelucrarea materiei prime cu conținut sporit de amidon prin extrudare, are loc un șir de modificări în compoziția și proprietățile componentelor, determinând proprietățile organoleptice, fizico-chimice, structurale ale produsului finit, a valorii nutritive și biologice.

A fost stabilit, că caracterul și intensitatea decurgerii procesului de extrudare și modificările fizico-chimice a extrudatului determină parametrii tehnologici de bază: temperatura și presiunea materialului extrudat înainte de matricie; umiditatea; perioada de localizare a produsului în zona de lucru a extruderului, structura matriciei, frecvența rotirii șnecului, construcția porțiunii șnecului extruderului (Nicolaeva și al., 2005; Iușan, 2022)**.**

Avantajele tehnologiei de extrudare sunt multiple și se manifestă prin îmbunătățirea eficienței procesului de producție și a calității produselor alimentare, inclusiv prin:

- *intensificarea procesului de producție*, ceea ce duce la obținerea unor produse într-un timp mai scurt ;
- *creșterea gradului de utilizare a materiei prime*, optimizând resursele și reducând risipa;
- *obținerea produselor alimentare gata pentru consum* sau a componentelor pentru acestea, cu o capacitate ridicată de îngroșare și de reținere a apei și grăsimilor;
- *reducerea cheltuielilor de producție*, inclusiv economii la consumul de căldură și energie electrică ;
- *reducerea cheltuielilor de muncă*, prin automatizarea procesului și eficientizarea operațiunilor;
- *extinderea sortimentului de produse alimentare,* oferind posibilitatea de a crea noi produse cu caracteristici inovative ;
- *sporirea asimilării produselor*, îmbunătățind digestibilitatea și biodisponibilitatea nutrienților ;

- *reducerea gradului de contaminare microbiologică* a produselor, datorită procesării la temperaturi și presiuni înalte;
- *reducerea poluării mediului înconjurător*, cu efecte pozitive asupra stării ecologice a Republicii Moldova.

Aceste avantaje contribuie semnificativ la creșterea sustenabilității proceselor industriale și la îmbunătățirea calității produselor alimentare.

1.3.2 Tendințe moderne în tehnologii de fabricare a produselor extrudate la scară mondială

Tendințele moderne în formarea unei diete sănătoase impun necesitatea dezvoltării unor noi produse cu valoare biologică și fiziologică sporită. În ultimele decenii, alimentația populației a fost adesea deficitară în proteine complete, minerale, vitamine, acizi grași polinesaturați, în special omega-3, fibre alimentare și antioxidanți.

În Europa și Statele Unite, industria fabricării de produse extrudate evoluează prin utilizarea unei game diverse de materii prime, printre care se numără:

- cereale: orez, ovăz, grâu, hrișcă, linte, porumb, orz;

- leguminoase: mazăre, fasole, soia;

- nuci, migdale, seminte de in, etc (Alexander, 1997; Bollinger, 2001; Dhingra și al., 2012; Druță și al., 2008).

Sortimentul produselor extrudate fabricate include o gamă variată de articole, printre care se regăsesc:

- Batonașe din porumb;
- Pernuțe și rulouri umplute;
- Pâine și bețișoare crocante;
- Micul dejun uscat sub formă de figuri;
- Fulgi de porumb și alte cereale;
- Terciuri instante;
- Chipsuri sub formă de figuri;
- Biscuiți extrudați;
- Biluțe mici din orez, porumb, hrișcă, utilizate pentru umplutură și pudrarea produselor de ciocolată, înghețată etc.;
- Tărâțe alimentare;
- Făină expandabilă, pentru panare;

- Produse de panificație prelucrate secundar;
- Produse din soia.

Liderul în domeniul fabricării produselor extrudate este compania olandeză ***Crespel & Deiters Group***, cunoscută pentru fabricarea de produse cerealiere și proteice destinate obținerii micului dejun uscat. Compania elvețiană ***Buhler Aeroglide*** se specializează în fabricarea de cereale pentru micul dejun pe bază de porumb, în timp ce firma italiană ***Mapimpianti*** fabrică fulgi de cereale uscate pentru micul dejun, obținuți dintr-un amestec de făină de hrișcă și porumb.

În Polonia, a fost propusă o metodă inovativă de prelucrare și obținere a amestecurilor de cereale extrudate din făină de porumb și semințe de linte, iar în Bulgaria, a fost dezvoltată o metodă de extrudare a amestecurilor de lapte friabil, compus din proteine din lapte și griș. În Germania, s-a realizat o gamă variată de dejunuri uscate crocante din cereale, la care s-au adăugat diferiți aditivi pentru a îmbunătăți textura și gustul.

În SUA, compania ***TA Foods Ltd.*** a perfecționat tehnologia de extrudare pentru fabricarea snack-urilor sub formă de sticks, utilizând procese avansate de prelucrare a cerealelor. Această metodă modernă asigură un produs final cu o textură crocantă și o valoare nutrițională optimizată, adaptată cerințelor consumatorilor contemporani.

Pe de altă parte, concernul ***Kellogg's*** s-a remarcat prin dezvoltarea unor formule inovatoare pentru micul dejun, bazate pe fulgi de porumb îmbogățiți cu diverse condimente. Această combinație nu doar îmbunătățește profilul senzorial al produsului, ci și oferă un echilibru ideal între savoare și aport nutritiv, facilitând astfel integrarea cerealelor în alimentația zilnică. Prin aceste abordări tehnologice, companiile contribuie la diversificarea și îmbunătățirea produselor alimentare disponibile pe piață, răspunzând totodată tendințelor actuale de consum.

În prezent, o direcție prioritară în dezvoltarea produselor extrudate este utilizarea diverselor fibre alimentare, obținute din deșeuri provenite din industria alimentară, cum ar fi tescovina, coaja de fructe și altele (Aidigié și al., 2007; Dahl și al., 2015). Au fost dezvoltate tehnologii avansate pentru obținerea produselor extrudate cu utilizarea tărâțelor de grâu (Iușan și al., 2020), adaosului de pulpă de morcov (Nelson și al., 2021) și coajă de mango, reflectând astfel un interes crescut pentru sustenabilitate și utilizarea resurselor secundare în procesul de fabricare (Iușan, 2024).

În prezent, procesarea complexă a materiilor prime este implementată în aproape fiecare ramură a industriei alimentare. Multe dintre produsele procesate, inclusiv deșeurile, conțin componente chimice și biologic active de mare valoare. Utilizarea rațională a materiilor prime se realizează în două direcții principale:

Prima direcție se concentrează pe crearea tehnologiilor care permit utilizarea eficientă a resurselor, cu minimizarea deșeurilor.

A doua direcție vizează organizarea prelucrării deșeurilor inevitabile pentru obținerea unor produse alimentare sau produse destinate altor scopuri.

În industria conservelor, majoritatea deșeurilor provin din procesarea merelor, roșiilor și strugurilor, cum ar fi tescovina rezultată din fabricarea sucului. Deșeurile obținute au un termen scurt de depozitare, astfel încât pentru utilizarea lor ulterioară este necesară uscarea și procesarea acestora.

Unul dintre domeniile de utilizare a tescovinei uscate este măcinarea și adăugarea acesteia în diverse produse alimentare ca aditiv. De regulă, toate tipurile de tescovină conțin o cantitate semnificativă de fibre alimentare. Pe lângă fibrele alimentare, tescovina de struguri conține o cantitate mare de substanțe fenolice, care contribuie la dezvoltarea microorganismelor benefice și protejează grăsimile de alterare. Adăugarea pulberii din tescovină în salate și iaurturi contribuie la extinderea termenului de valabilitate al acestora până la o săptămână. În plus, pulberea de tescovină conține gluten și este utilizată în producția de brioșe și prăjituri, înlocuind până la 15% din făină. Aceasta îmbunătățește valoarea nutritivă a produselor, datorită fibrelor alimentare și antioxidanților. De asemenea, pulberea de tescovină este recomandată pentru stabilizarea albușurilor, adăugarea în sosurile de salată, fabricarea marshmallows, biscuiților, brioșelor și trufelor.

Tescovina obținută din roșii în timpul fabricării sucului este, de obicei, utilizată în alimentația publică pentru prepararea supei-piure, fabricarea pârjoalelor și clătitelor, prepararea budincii.

În industria de cofetărie, pulberea de tescovină de roșii este folosită la fabricarea bomboanelor, iar în industria de panificație este utilizată pentru producerea biscuiților, crecherilor și pâinii.

Pulberea din tescovină de mere este deosebit de versatilă și poate fi utilizată într-o gamă largă de rețete, de la produse de patiserie și deserturi până la salate, supe și băuturi. Pulberea din tescovină este, de asemenea, utilizată la prepararea produselor dulci, precum pastilata, dulceața, gemurile și prăjiturile.

În procesarea cerealelor, în special a grâului, se obțin deșeuri de înaltă calitate sub formă de tărâțe. Tărâțele de grâu au un gust neutru și nu au miros, fiind utilizate pe scară largă ca aditivi în diverse preparate culinare, contribuind astfel la îmbogățirea valorii nutritive a acestora.

Utilizarea tărâțelor de grâu în preparate culinare:

- *includerea în produsele de panificație:* tărâțele de grâu pot fi incorporate în aluatul pentru pâine, chifle, prăjituri și alte produse de patiserie, contribuind astfel la sporirea conținutului de fibre alimentare din preparat. Aceasta îmbunătățește textura produselor de panificație și le conferă un profil nutrițional mai echilibrat. De obicei, o parte din făina utilizată poate fi înlocuită cu tărâțe, în proporție de 10-20%, asigurându-se astfel menținerea consistenței dorite a aluatului;
- *utilizarea ca agent de îngroșare pentru supe și sosuri:* tărâțele de grâu pot fi folosite eficient ca agent de îngroșare în prepararea supelor și sosurilor, oferind acestora o textură mai densă și un aport suplimentar de nutrienți. Acestea îmbogățesc preparatele din punct de vedere nutrițional, fără a compromite gustul sau consistența acestora;
- *adăugarea în terciuri și muesli:*tărâțele de grâu se asociază armonios cu diverse tipuri de cereale, muesli și granola, având rolul de a crește semnificativ conținutul de fibre alimentare. Aceasta conferă preparatelor o capacitate mai mare de a asigura sațietate și o valoare nutrițională sporită, susținând un regim alimentar sănătos;
- *îmbogățirea iaurturilor și smoothie-urilor*: tărâțele de grâu sunt ușor de integrat în iaurturi, kefiruri sau smoothie-uri, îmbunătățind astfel calitatea nutrițională a acestor preparate. Prin adăugarea acestora, se sporește conținutul de fibre, ceea ce contribuie la îmbunătățirea digestiei și la susținerea unui sistem digestiv sănătos;
- *prepararea batonașelor și biluțelor energetice*: tărâțele de grâu pot fi utilizate în formularea batonașelor de cereale sau a biluțelor energetice, atribuindu-le o textură crocantă și o valoare nutrițională ridicată. Aceste gustări devin astfel mai sățioase și mai benefice din punct de vedere al aportului de fibre, fiind o alegere ideală pentru un snack sănătos și hrănitor.

1.4 Utilizarea pectinei în dezvoltarea suplimentelor alimentare biologic active

Interesul sporit pentru utilizarea pectinei în suplimentele alimentare biologic active (SABA) este determinat de spectrul larg al efectelor sale benefice. Unul dintre efectele benefice ale pectinei este capacitatea sa de a reduce nivelul colesterolului în serul sanguin, ceea ce o face un ingredient valoros în dezvoltarea SABA (Boerma și al., 1998). În formulările SABA, pectina este adesea combinată cu carbonat de calciu, magneziu sau potasiu, sau se utilizează materii prime care conțin pectină, cum ar fi topinamburul.

Studiile *in vivo* și clinice au demonstrat că preparatele pe bază de pectină au un impact semnificativ asupra metabolismului lipidic, fiind recomandate în scop profilactic pentru prevenirea

aterosclerozei (Zabodalova, 2015). De asemenea, compozițiile care includ pectină sau derivatele acesteia prezintă efecte similare asupra metabolismului lipidic.

Capacitatea pectinei de a influența metabolismul lipidic contribuie la eficiența sa ca aditiv în produsele destinate reducerii greutății corporale. Astfel, pectina este folosită atât în produsele dietetice cu valoare calorică scăzută, cât și ca supliment alimentar și componentă activă a SABA (Krasnova și al., 2001). În acest context, pectina este adesea integrată în formulele SABA pentru controlul greutății corporale, alături de alte polizaharide solubile și ingrediente precum tărâțele de ovăz (Nosov, 2015) și taninele (Valuyko, 2001).

Pectina este utilizată pe scară largă în prevenirea afecțiunilor tractului gastrointestinal. Astfel, pentru prevenirea colitelor ulceroase, se recomandă un amestec de acizi grași și pectină (Dracheva, 2002). De asemenea, o combinație de fibre alimentare, care conțin pectină și lecitină, exercită efecte benefice în tratarea ulcerelor și diareei. În asociere cu alte polizaharide, pectina are un efect antiemetic (Tutel'yan, 2001) și este utilizată în alimentația bebelușilor pe bază de lapte, ca aditiv antiregurgitant (Ugolev, 1991).

De asemenea, pectina este frecvent combinată cu microorganisme benefice, cum ar fi lactobacilii și bifidobacteriile (Krasnova și al., 2001), ceea ce ajută la restaurarea echilibrului florei intestinale și, implicit, la îmbunătățirea stării imune a organismului. Eficiența acestui aditiv poate fi sporită prin combinarea probioticelor și a pectinei cu vitaminele A, C, E și cele din complexul B.

Pectina exercită o acțiune pozitivă asupra stării imune a organismului chiar și în absența probioticelelor. Astfel, combinată cu acidul ascorbic, pectina este propusă ca un aditiv imunostimulator eficient (Ugolev, 1991). Un efect similar este obținut prin utilizarea suplimentului alimentar biologic activ „Metiovit”, care, pe lângă pectină, conține metionină, acizi citric, succinic și ascorbic, precum și autolizat de drojdii de panificație (Tutel'yan și al., 2010). Capacitatea SABA de a stimula sistemul imunitar și de a inhiba infecțiile postoperatorii este asigurată prin combinația de pectină citrică modificată, lactoferină și coraslea praf (Leuenhberger, 2024). De asemenea, băuturile care conțin pectină slab metilată (0,2-1,2%) în combinație cu gumă arabică (1-5%) contribuie la întărirea mecanismelor de apărare ale organismului. Suplimentele care combină pectina și imunoglobulina în proporții echivalente au un efect imunostimulator, intensificat prin acțiunea simultană a pectinei asupra microflorei intestinale și a imunoglobulinei asupra sistemului imunitar (Pilat, 2001; Platova și al., 2007).

Pectina are un efect benefic asupra microflorei intestinale, în special asupra florei intestinale utile din părțile inferioare ale tractului gastrointestinal. Aplicarea pectinei contribuie la normalizarea

florei intestinale în cazurile de disbacterioză (Metodicheskie rekomendatsii, 2004), îmbunătățind simultan răspunsul imun al organismului (Fardet și al., 2015, Iușan și al., 2017).

Fibrele alimentare solubile, inclusiv pectina (Nordstrom și al., 2013), constituie un ingredient activ esențial în formularea diverselor suplimente alimentare dezvoltate de Iu. A. Emeț și echipa sa. Pectina face parte din amestecuri complexe ce includ în principal ingrediente de origine vegetală, iar autorii au identificat substanțele biologic active care influențează în mod specific organismul, stabilind relațiile acestora pentru fiecare supliment în parte, asigurând astfel sinergia efectelor. SABA descrise de aceștia au un spectru larg de acțiune și produc efecte benefice asupra sănătății umane. Abordarea folosită de autori în dezvoltarea acestor suplimente este considerată adecvată pentru formularea unor produse cu caracteristici precise, precum și pentru determinarea unității de referință necesare în calcularea raporturilor masice ale substanțelor biologic active din SABA și evaluarea corelațiilor acestora cu efectele asupra organismului, pe baza unui set extins de date experimentale.

Pectina are capacitatea de a spori rezistența generală a organismului și imunitatea împotriva anumitor afecțiuni, în special în condițiile expunerii la doze mari de radiație. Prezența pectinei asigură efecte imunocorective în SABA, în special în concentratele de topinambur, având beneficii asupra copiilor cu imunitate scăzută și asupra pacienților aflați în recuperare post-gripală (Peresichnyy și al., 2001).

Este bine cunoscută activitatea antitumorală a preparatelor pe bază de pectină, mecanismul de acțiune fiind asociat cu produsele derivate din fermentarea bacteriană a pectinei în intestinul gros (Ushkalova, 2001). După descompunerea moleculei de pectină, se formează acizi grași cu lanțuri scurte, care reprezintă principala sursă de nutriție pentru celulele intestinale și, totodată, au capacitatea de a inhiba dezvoltarea celulelor tumorale și formarea metastazelor.

Capacitatea pectinei de a manifesta proprietățiile sale benefice a fost evidențiată de cercetători în ultimele decenii ale secolului XX. Totuși, utilizarea pectinei ca remediu pentru prevenirea intoxicațiilor cu metale grele (cum ar fi cupru, plumb, cobalt, cadmiu, mercur, stronțiu) a început mult mai devreme. În prezent, pectina este recunoscută ca unul dintre cei mai eficienți agenți dezintoxicanti pentru intoxicațiile cronice. Pentru fixarea și eliminarea metalelor polivalente, este recomandată utilizarea pectinei slab metilate, cu un grad de eterificare sub 50% și un conținut de calciu de cel puțin 15%. De asemenea, masa moleculară a preparatului trebuie să fie redusă la 5–200kD (Blanco-Pérez și al., 2021).

Un supliment alimentar biologic activ dezvoltat pe baza utilizării combinate a pectinei din sfeclă de zahăr și polizaharidelor de laminaria, a demonstrat o capacitate ridicată de a fixa și elimina metale toxice și radionuclizi din organism.

În calitate de agent de dezintoxicare, pectina este utilizată în formularea suplimentelor alimentare biologic active în concentrații cuprinse între 0,5% și 70%, fiind combinată cu adaptogene (precum eleuterococ, lămâi-chinezesc, ginseng, pătlagină, extracte vegetale) și polivitamine (Vanitha și al., 2019). De asemenea, pentru dezintoxicare, sunt propuse și preparatele ce conțin pectină, cum ar fi criopulberile de fructe, legume proaspete și zarzavaturi (Alba și al., 2018), precum și materia primă tratată chimic cu agenți (alcalii și acizi) (Willats și al., 2006).

Este evident că, în calitate de SABA, pectina poate fi utilizată atât sub formă izolată, cât și în combinație cu alte componente biologic active sau cu materii prime de origine vegetală sau animală. De asemenea, pectina poate fi integrată în formulări ce includ materii prime tratate special pentru a spori eficiența acesteia. Un aspect important este faptul că, în majoritatea cazurilor, nu sunt prezentate indicii fizico-chimici detaliați ai pectinei, iar interacțiunile cu alte substanțe biologic active nu au fost suficient investigate.

1.4.1 Principii de elaborare a SABA cu proprietăţi prestabilite

Extinderea diversității suplimentelor alimentare biologic active și aprofundarea înțelegerii rolului componentelor individuale ale alimentației în funcționarea organismului uman au generat noi perspective în dezvoltarea produselor alimentare curativ-profilactice și funcționale. Acestea se bazează pe principiile de formulare a SABA, având ca scop aplicarea acestora în produse cu proprietăți prestabilite (Bespalov și al., 2000). Totuși, majoritatea cercetărilor existente, inclusiv studiile menționate, se concentrează pe aplicarea principiului combinării raționale a componentelor, un aspect fundamental în formularea acestor suplimente.

În lucrările lui Iu. A. Emeț, principiul combinării raționale a componentelor este, de asemenea, aplicat, dar un element de noutate este reprezentat de abordarea inovativă ce vizează identificarea corelațiilor între substanțele biologic active care conferă sinergie și care determină manifestarea efectelor specifice ale SABA. Această metodă a permis dezvoltarea unui număr semnificativ de SABA, destinate unor aplicații variate, realizate pe baza materiilor prime vegetale și animale (Nosov, 2015).

Cu toate acestea, această abordare prezintă unele limitări, întrucât nu există o unitate standardizată de calcul pentru stabilirea raporturilor între componentele biologic active și nu sunt

disponibile suficiente date care să demonstreze corelațiile dintre aceste componente și efectele lor asupra organismului. În literatura de specialitate, nu s-a identificat o lucrare care să descrie această abordare detaliată în ceea ce privește realizarea principiului de formulare a SABA cu proprietăți prestabilite. În cadrul formulării SABA și al produselor cu proprietăți prestabilite, selecția componentelor reprezintă etapa inițială, urmată de evaluarea eficienței compoziției obținute și de dezvoltarea unei tehnologii de producție care să asigure păstrarea optimă a proprietăților prestabilite ale produsului final.

Eficiența SABA, precum și a produselor alimentare îmbogățite cu acestea, este evaluată, în mod obișnuit, pe baza rezultatelor obținute din cercetări medico-biologice și clinice (Hipsley, 1953). Această metodă de evaluare, deși robustă și bine fundamentată, implică un proces îndelungat și costisitor, fiind justificată mai ales în etapa finală a dezvoltării noilor suplimente alimentare biologic active. Pentru a sprijini argumentarea științifică a compoziției acestor suplimente și optimizarea proceselor tehnologice de fabricație, se impune dezvoltarea unor metode rapide și obiective de evaluare a eficienței acestora. Astfel de metode pot fi concepute prin identificarea și cuantificarea indicatorilor fizico-chimici specifici componentelor biologic active, care sunt direct responsabile de eficacitatea suplimentului.

Această abordare este utilizată, de exemplu, în procesul de dezvoltare a suplimentelor pe bază de pectină (Tkachenko și al., 2006), considerată unul dintre cele mai bine studiate suplimente din punct de vedere chimic. Analiza unui volum extins de date experimentale a permis determinarea influenței unor parametri fizico-chimici ai pectinei, precum masa moleculară, gradul de eterificare, conținutul de poliuronide, prezența grupelor acetilice și a cationilor metalici. Acești factori au un impact semnificativ asupra proprietăților pectinei, cum ar fi solubilitatea, capacitatea de gelificare și proprietățile complexometrice.

Unul dintre indicatorii esențiali ai pectinei este masa moleculară, care reflectă dimensiunile macromoleculelor pectinice. Acest parametru, determinat experimental, reprezintă o valoare integrată, fiind influențat de caracterul polidispers al pectinei. Valorile masei moleculare variază în funcție de sursa de pectină: pentru pectina din citrice, aceasta se situează între 20 și 100 mii D, pentru cea din mere între 14 și 50 mii D, din floarea-soarelui între 35 și 45 mii D, iar din sfecla de zahăr între 24 și 28 mii D. Masa moleculară influențează în mod direct solubilitatea pectinei: cu cât valoarea este mai mare, cu atât polimerul este mai greu de dizolvat.

Dimensiunile macromoleculelor influențează și capacitatea de gelatinizare a pectinei. O reducere a masei moleculare, în condiții identice, duce la scăderea capacității de gelatinizare, în timp

ce o dublare a masei moleculare poate determina o creștere de cinci ori a acestei capacități (Popov și al., 2013). Recent, s-a demonstrat (Blanco-Pérez și al., 2021) că pectina are proprietăți enterosorbționale maxime atunci când masa moleculară nu depășește 20 kD. În schimb, influența masei moleculare asupra capacității complexometrice a pectinei rămâne puțin studiată. Totuși, N. Krasnova (Krasnova și al., 2001) a identificat o tendință de reducere a capacității complexometrice a polizaharidelor odată cu scăderea masei moleculare.

Gradul de eterificare al pectinei indică proporția grupelor carboxilice din macromoleculă care sunt eterificate. La fel ca masa moleculară, acest parametru reprezintă o valoare medie și poate varia între 0% și 100%. Conținutul de grupe metoxilice este cuprins între 0% în cazul acidului poligalacturonic (E = 0%) și 16,35% în pectina complet eterificată (E = 100%). Gradul de eterificare este influențat atât de sursa materiei prime, cât și de metoda de obținere a pectinei. De exemplu, pectina din mere, citrice și sfeclă de zahăr prezintă un conținut ridicat de grupe metoxilice, însă procesele tehnologice utilizate în producția pectinei din sfecla de zahăr duc frecvent la obținerea unui produs slab metilat. Reducerea conținutului de grupe metoxilice determină scăderea solubilității pectinei în apă.

Relația dintre gradul de eterificare și capacitatea de gelatinizare a permis clasificarea pectinelor utilizate în prezent, indiferent de domeniul lor de aplicare. În funcție de condițiile de formare a gelurilor, pectinele sunt împărțite în două categorii: puternic eterificate și slab metilate. Pectinele puternic eterificate, cu un grad de eterificare peste 50%, formează geluri rezistente în prezența unui conținut de zahăr de 60–65% în produsul finit. Reducerea gradului de eterificare diminuează stabilitatea gelurilor, iar atunci când valoarea acestuia scade sub 30%, pectina își pierde complet capacitatea de a forma geluri în prezența zahărului (Zholnin, 2000).

Variația gradului de eterificare între 75% și 50% determină formarea unor tipuri distincte de pectină, care diferă prin viteza de gelatinizare. Scăderea gradului de eterificare duce la o reducere a vitezei de formare a gelurilor, fenomen explicat prin creșterea numărului de grupe carboxilice ionizate. Aceste grupe intensifică repulsia electrostatică dintre macromoleculele pectinice, influențând astfel procesul de gelatinizare (Zholnin, 2000).

Pectinele slab metilate, caracterizate printr-un grad de eterificare sub 50%, au capacitatea de a forma geluri în medii cu un conținut de apă de aproximativ 98%, în prezența cationilor de metale polivalente. În cazul acestor geluri, zahărul este adăugat nu doar pentru a îmbunătăți gustul și valoarea nutritivă, ci și ca un component funcțional. Gelurile obținute din pectine slab metilate se încadrează în categoria gelurilor legate ionic.

Pe măsură ce gradul de eterificare scade, crește numărul grupelor carboxilice libere, ceea ce îmbunătățește capacitatea pectinei de a fixa și elimina din organism cationii de metale toxice, inclusiv radionuclizii. Acest efect benefic este susținut de o serie de studii experimentale. De exemplu, s-a demonstrat influența pectinei asupra absorbției și eliminării ionilor de cobalt (Tutel'yan și al., 2010), stronțiu și mercur (Nechaev și al., 2003). Experimentele *in vitro* au arătat că pectina poate fixa ionii de plumb, cupru, calciu, stronțiu, nichel, cadmiu, zinc, mercur și crom (Frenkeli și al., 2015).

Mecanismul de fixare a cationilor de metale bivalente implică formarea unor legături monovalente între două grupe carboxilice și a unor legături coordinative cu două grupe hidroxilice. În funcție de distribuția acestor grupe, pot rezulta chelați intramoleculari, atunci când grupele hidroxilice și carboxilice aparțin aceleiași molecule, sau compuși intermoleculari, atunci când grupele hidroxilice adiacente aparțin unor macromolecule diferite.

Includerea pectinei în dieta tradițională s-a dovedit că reduce semnificativ toxicitatea plumbului, accelerând procesul de eliminare a acestuia din organism, diminuând acumularea sa în organe și țesuturi și prevenind astfel apariția intoxicațiilor. Aceste beneficii au fost observate atât în cazul expunerii enterale la plumb, cât și în cazul expunerii prin aerosoli la animale (Tutel'yan și al., 2002).

Pectina demonstrează o capacitate sporită de a fixa cationii metalelor enumerate, fiind deosebit de utilă în tratamentul și prevenția expunerii la xenobioticele respective. Cu toate acestea, în stadiul actual, efectul terapeutic al pectinei nu este evaluat în mod direct pe baza indicilor săi fizico-chimici.

Studii mai recente (Goncharuk și al., 2023) au investigat procesul de fixare a cationilor de plumb și stronțiu de către pectine cu diferite grade de eterificare, identificând parametri specifici care garantează un efect terapeutic. În cazul plumbului, procesul de fixare este influențat în principal de raportul dintre cantitatea de pectină și cantitatea de plumb (R). S-au identificat două tipuri de complexe formați: complexe solubile, care apar atunci când raportul R depășește 2, și complexe insolubile. Gradul de eterificare al pectinei influențează doar marginal fixarea plumbului: în intervalul E 16–80%, această influență variază cu mai puțin de 11%. Stabilitatea ridicată a complexelor formați explică această independență relativă a procesului de gradul de eterificare.

În schimb, fixarea cationilor de stronțiu este diferită, implicând doar formarea complexelor solubili și prezentând o dependență mai pronunțată de gradul de eterificare în anumite intervale. În intervalul E 80–40%, influența gradului de eterificare este nesemnificativă, însă la valori mai mici

(E 40–16%), fixarea stronțiului crește cu până la 65% pe măsură ce gradul de eterificare scade. Această dependență se datorează stabilității mai mari a complexelor formați la valori mai mici ale gradului de eterificare. Pentru intervalul E > 40%, stabilitatea redusă a complexeilor explică lipsa unei variații semnificative în fixarea cationilor. În plus, deși contribuția este redusă, conținutul de poliuronide din pectină joacă un rol în sporirea fixării stronțiului, indiferent de gradul de eterificare.

În ceea ce privește cationii de cupru, mecanismul de fixare urmează un model similar cu cel observat pentru cationii de plumb, confirmând versatilitatea pectinei în procesele de complexare a metalelor. Aceste constatări evidențiază potențialul pectinei ca agent terapeutic în eliminarea metalelor toxice din organism, susținând utilizarea sa în diverse aplicații biomedicale.

În cadrul studierii fixării cesiului de către pectine s-a relevat că fixarea de 50% a cationului are loc la R=1, aceasta semnificând că ionul de cesiu trivalent, precum şi ionul de plumb bivalent, formează cu pectinele complexe stabile în raportul 1:2, adică ionul de metal leagă două grupe carboxilice ale pectinei şi se comportă în aceste condiţii ca ion bivalent. În rest, formarea de complexe de cesiu cu pectina se desfăşoară în acelaşi mod ca şi fixarea cationului de stronţiu. Rezultatele cercetărilor cesiului pot fi răspândite şi asupra întregului şir de 4 f-elemente (lantanide) şi 5 f-elemente (actinide), întrucât cationii cu trei încărcături ale acestor metale au aproape aceleaşi proprietăţi chimice. Acestea din urmă sunt deosebit de importante, luând în considerare poluarea mediului ambiant cu plutoniu.

Conform cercetărilor (Goncharuk și al., 2023), cationii analizați pentru capacitatea de a forma complexe cu pectine pot fi clasificați în două categorii principale: prima categorie, care include plumbul și cuprul, și a doua categorie, reprezentată de stronțiu și ceriu. Cationii din prima grupă prezintă o afinitate ridicată față de pectină, ceea ce permite tuturor tipurilor de pectină studiate să îi fixeze eficient. În acest caz, principalul criteriu de selecție pentru pectina utilizată în eliminarea acestor cationi din organism este gradul de eterificare, care trebuie să fie sub 60%, fără a impune cerințe stricte asupra fracției masice de poliuronide.

Pe de altă parte, cationii din a doua grupă, având o capacitate mai scăzută de a forma complexe stabile, necesită ca indicii fizico-chimici ai pectinei să fie optimizați pentru a crește eficiența fixării. Gradul de eterificare devine astfel un parametru esențial. Pectinele cu un grad de eterificare sub 25% și o fracție masică de poliuronide peste 50% reușesc să fixeze aproape complet stronțiul în condiții *in vitro*, ceea ce le recomandă ca eficiente pentru eliminarea acestuia din organism. Aceste concluzii au fost susținute prin experimente medico-biologice pe animale de laborator și confirmate ulterior prin studii clinice.

De exemplu, administrarea pectinelor cu un grad de eterificare de 75% și 20% în dieta șobolanilor intoxicați cu radionuclizi a condus la o reducere semnificativă a acumulării de cesiu și stronțiu în organism, cu procente între 21–25% și, respectiv, 38–40%. În cadrul testărilor clinice, pectina cu gradul de eterificare de 21% a fost introdusă ca parte a tratamentului pentru copii cu vârste între 7 și 10 ani, care trăiau în zone contaminate cu radionuclizi în urma accidentului de la Cernobîl. Rezultatele au arătat că, după 21 de zile de administrare a pectinei, activitatea radionuclizilor detectabilă în organismul copiilor a scăzut cu 40% în comparație cu grupul de control (Willats și al., 2006).

De asemenea, s-a constatat că gradul de eterificare influențează direct proprietățile enterosorbționale ale pectinei. Odată cu scăderea acestui indice, pectina își îmbunătățește capacitatea de a fixa și elimina din organism excesul de acizi biliari. Totuși, conform unor date pectinele puternic eterificate manifestă cele mai pronunțate proprietăți enterosorbționale, ceea ce sugerează o utilitate diferită în funcție de aplicațiile specifice ale acestora.

Conţinutul grupelor acetilice într-o macromoleculă de pectină în mare parte este determinat de materia primă utilizată. Pectinele de fructe conţin o cantitate nesubstanţială de grupe acetilice: pectina citrică până la 0,4%, de mere până la 0,7% (Alba și al., 2018). În pectina de sfeclă de zahăr conţinutul acestora constituie 6–13%, în pectina de floarea-soarelui circa 4% (Blanco-Pérez și al., 2021). Majorarea conţinutului de grupe acetilice conduce la reducerea solubilităţii pectinei şi diminuează capacitatea ei de gelatinizare şi complexometrică.

Conținutul de cationi metalici în pectină reprezintă un indicator mai puțin utilizat în practică. În cadrul macromoleculei pectinice, cationii pot fi monovalenți (sodiu, potasiu) sau bivalenți (calciu, magneziu). Predominanța cationilor monovalenți determină o creștere a solubilității pectinei, în timp ce predominanța cationilor bivalenți reduce solubilitatea acesteia.

Cationii polivalenți pot interacționa cu macromolecula pectinică prin două mecanisme: fie atomul de metal leagă echivalent grupe carboxilice din aceeași macromoleculă, fie creează legături între grupe carboxilice din macromolecule diferite, contribuind astfel la reducerea solubilității pectinei. Deși influența cantității și tipului de cationi asupra capacității de gelatinizare a pectinei a fost studiată extensiv, aceste cercetări se concentrează în special pe soluțiile saline utilizate în procesul de gelatinizare.

Acest aspect este esențial în utilizarea pectinei ca generator de complexe, unde contează nu doar cantitatea cationilor, ci și natura lor predominantă în macromoleculă. S-a demonstrat că pectinele substituie cu ușurință cationii de sodiu și potasiu cu cationii bivalenți sau cu ionii de

hidrogen (Code of Federal Regulations, 21 CFR 137.235, 2005; Code of Federal Regulations, 21 CFR 137.101.81, 2005; Codex Stan 118, 1979). Totuși, dacă un număr semnificativ de grupe carboxilice din macromolecula pectinei este fixat cu cationi de calciu, capacitatea acesteia de a fixa stronțiul este inhibată (Code of Federal Regulations, 21 CFR 137.235, 2005).

Cationii de calciu influențează și eficiența pectinei ca regulator al microflorei intestinale, ca imunomodulator și ca agent de prevenire a dislipidemiei și aterosclerozei (Boyeldieu, 2022). Studiile privind influența pH-ului asupra fixării cationilor metalelor toxice de către pectine (Goncharuk și al., 2023) au permis dezvoltarea unor strategii pentru utilizarea acestora în compoziții complexe. Astfel, pentru eliminarea plumbului din organism, pectinele pot fi incluse în produse precum sucuri, piureuri de fructe sau chiseluri, al căror pH variază între valori 3,8 și 4,5. În schimb, pentru produsele nutriționale speciale destinate eliminării radionuclizilor, inclusiv stronțiului, utilizarea pectinei în medii acide este contraindicată.

Pe baza rezultatelor experimentale, se poate presupune că asocierea pectinei cu materii prime vegetale ar putea crea SABA cu un efect sinergetic în eliminarea metalelor toxice din organism. Printre componentele structurale ale materiei vegetale, polifenolii se remarcă prin capacitatea lor de a fixa metale prin formarea de chelați. Stabilitatea ridicată a complexelor de plumb cu polifenoli din coaja de stejar sau scoruș a condus la utilizarea infuziilor din aceste surse în cazurile de intoxicații cu plumb. Deși capacitatea polifenolilor de a fixa metale nu a fost explorată suficient, s-a observat că aceștia influențează activitatea biologică a ionilor metalici (Jakóbik-Kolon și al., 2014).

Cercetările privind interacțiunea dintre cationii de cupru, zinc, cobalt, fier, mangan, plumb și nichel cu dihidrocvercetină și polifenoli extrași din flori de păducel au arătat că adăugarea extractelor hidrice de păducel în soluții toxice crește vitalitatea infuzoriilor *Paramecium caudatum*. În schimb, dihidrocvercetina reduce toxicitatea soluțiilor.

Astfel, combinarea polifenolilor cu pectine ar putea genera un supliment biologic activ cu efecte detoxifiante. Totuși, trebuie ținut cont de faptul că polifenolii, precum cei din vin, pot forma complexe insolubile cu polizaharidele, ceea ce poate influența sinergia sau inhiba activitatea biologică a suplimentului.

În concluzie, corelația dintre proprietățile fizico-chimice ale pectinei și activitatea sa biologică este evidențiată doar în cadrul studiilor pe modele individuale. Influența componentelor bioactive din materii vegetale asupra eficienței pectinei rămâne insuficient studiată. Principiul creării unui SABA cu proprietăți bine definite pe baza mai multor ingrediente, deși promițător, nu

poate fi pe deplin realizat chiar și pentru pectină, care este relativ bine studiată din punct de vedere chimic.

1.4.2 Procedeele de obţinere a SABA şi a produselor funcţionale cu utilizarea lor

Analiza suplimentelor alimentare biologic active și a produselor conexe evidențiază diversitatea remarcabilă a acestora, ceea ce determină un spectru amplu de procedee tehnologice și metode de obținere, conform literaturii de specialitate (Iușan și al.,2024).

SABA sunt disponibile sub diverse forme tehnologice, clasificate în două categorii principale: alimentare (cum ar fi dropsuri, bomboane din pastă de fructe, jeleuri, paste) și similare cu formele farmaceutice (capsule, tablete, pulberi etc.). Producția acestor suplimente poate avea loc atât în cadrul întreprinderilor din industria alimentară, cât și în cele farmaceutice, însă aceasta este reglementată conform normelor aplicabile industriei alimentare. O condiție esențială este existența unor secții specializate sau a unor spații izolate pentru producție.

În funcție de tipul materiei prime utilizate și de formele tehnologice adoptate, SABA pot fi clasificate în următoarele categorii:

- produse de patiserie: bomboane din pastă de fructe, dropsuri, caramele, batoane, jeleuri, gume de mestecat;
- produse lichide, nealcoolice sau alcoolice (cu un conținut de alcool de până la 15%): sucuri, concentrate de sucuri, balsamuri, extracte, elixire, infuzii, cocktailuri;
- produse de tip ceai: ceaiuri, preparate sub formă de șroturi, granule, pulberi sau brichete;
- produse concentrate: pulberi, drajeuri, tablete, granule, cuburi;
- produse uleioase sau pe bază de grăsimi: extracte uleioase, uleiuri, grăsimi;
- produse microbiologice: pulberi, fiole, comprimate, capsule.

Această clasificare, bazată pe formele tehnologice, unifică sub conceptul de producție a SABA atât elaborarea suplimentelor biologic active propriu-zise, cât și a produselor alimentare funcționale. Acest lucru reflectă absența unor terminologii standardizate în domeniul producției de SABA și al produselor alimentare funcționale.

În contrast cu procesul de formulare a rețetelor pentru produsele alimentare convenționale, care se bazează pe obținerea anumitor caracteristici organoleptice și fizico-chimice (FAO, 2008; Jamba și al., 2002; Lee și al., 2020), formularea rețetelor pentru SABA și produsele alimentare funcționale are la bază, în primul rând, analiza calitativă și cantitativă a substanțelor biologic active

(FAO, 2013). Prezența unor parametri specifici în rețete simplifică într-o anumită măsură procesul de elaborare și calcul al acestora.

Prin urmare, metodele de obținere a SABA și a produselor funcționale implică, de regulă, adaptarea tehnologiilor utilizate pentru produsele alimentare tradiționale, ținând cont de particularitățile suplimentelor biologic active și de modul specific în care acestea sunt integrate în produse.

1.5 Analiza și delimitarea problematicii.

Studiile teoretice și cercetările aplicative în domeniul elaborării tehnologiilor de fabricare a produselor alimentației sănătoase în baza materiei prime autohtone, au dus la formularea următoarelor concluzii:

1. Dezvoltarea sortimentului modern de produse alimentare ar trebui să pună accent pe diversitate, asigurând un echilibru între diferitele grupe alimentare pentru a furniza organismului toți nutrienții necesari. Această diversificare previne carențele nutriționale și contribuie la o alimentație echilibrată, adaptată nevoilor fiziologice și sănătății consumatorilor.

2. Sortimentul produselor alimentare ar trebui să se conformeze cu liniile directoare FAO/OMS privind factorii de risc alimentari (aportul excesiv de sare, zahăr, grăsimi și de energie), creșterea consumului de carbohidrați minim prelucrați, reducerea consumului de zaharuri liberi și creșterea consumului de polizaharide non-amidon, fibre alimentare.

3. În contextul dezvoltării unui sortiment de produse alimentare sănătoase și având în vedere deteriorarea stării de sănătate a populației din Republica Moldova, cauzată de dezechilibrele nutriționale, o soluție eficientă pentru combaterea deficiențelor alimentare, inclusiv a deficitului de fibre alimentare, este fortificarea produselor alimentare cu nutrienți proveniți din materiile prime vegetale și din materiile prime secundare. Aceasta va contribui la dezvoltarea unor noi produse alimentare sănătoase.

4. Elaborarea principiilor teoretice susținute științific pentru formularea suplimentelor alimentare dezintoxicante cu compoziții complexe pe bază de pectină, având ca scop optimizarea proceselor de detoxifiere ale organismului, precum și dezvoltarea produselor alimentare funcționale care integrează aceste suplimente.

5. Argumentările teoretice au condus la dezvoltarea unui cadru conceptual bine fundamentat pentru determinarea structurilor compoziționale a suplimentelor dezintoxicante pe bază de pectină. Aceste studii au permis elaborarea unor produse cu efecte demonstrabile în procesul de detoxifiere.

6. Stabilirea principiilor fundamentale pentru structura și rețetele noilor produse alimentare funcționale, incluzând procesele tehnologice necesare pentru fabricarea acestora, cu scopul de a promova sănătatea prin efecte benefice diverse, precum îmbunătățirea digestiei, menținerea sistemului imunitar și reducerea nivelului toxinelor din organism.

Analiza surselor bibliografice relevante la tema tezei a permis formularea problemei de cercetare care stă la baza acestei lucrări și constă în valorificarea materiei prime vegetale, cerealiere și deșeurilor industriei alimentare cu obţinerea unor produse cu valoare biologică şi nutritivă înaltă cu conţinut sporit de fibre alimentare destinate unei alimentaţii sănătoase.

2. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

2.1 Materia primă pentru elaborarea produselor alimentației sănătoase

Pentru elaborarea tehnologiei de fabricare a produselor alimentației sănătoase pe larg au fost utilizate atât culturile cerealiere, legumele, fructele, materia primă secundară, precum și materia primă netradițională: pectina naturală, ierburi medicinale.

2.1.1 Caracteristica și structura materiei prime cerealiere

Produsele cerealiere joacă un rol esențial atât în alimentația umană, cât și în economia națională. Valoarea lor în industria alimentară este determinată de proprietățile fizico-chimice, biologice și de factorii economici specifici. Aceste produse se disting printr-un conținut înalt de substanțe nutritive, în special proteine și glucide asimilabile. Raportul între substanțele proteice și cele aproteice este favorabil, deoarece proteinele reprezintă aproximativ 18% din totalul substanțelor nutritive din cereale. Proteinele și glucidele din cereale contribuie la valoarea nutritivă înaltă a produselor alimentare obținute, iar proprietățile fizico-coloidale și biochimice ale acestora permit obținerea unor produse, precum pâinea, produsele de franzelărie, pastele făinoase, crupele și altele. Aceste produse sunt caracterizate printr-o valoare nutritivă înaltă și un grad de asimilare de aproximativ 90–94% de către organismul uman, având o valoare energetică medie de 200–250 kcal. Majoritatea proteinelor din produsele cerealiere conțin toți aminoacizii esențiali. De asemenea, produsele cerealiere constituie o sursă importantă de vitamine (B_1, B_2, PP, E, etc.), minerale (P, Ca, Fe) și microelemente (Mn, Zn, Se). Importanța cerealelor în industria prelucrătoare este legată de structura anatomică a boabelor. Partea nutritivă principală, endospermul, reprezintă aproximativ 80–84% din masa bobului de grâu, 76–79% din masa bobului de secară și 90% din masa păstăioaselor, ceea ce contribuie la randamentul înalt al produselor derivate, precum crupele și făina (Bâlteanu și al., 1991).

Printre factorii economici, care influențează valoarea utilizării cerealelor sunt: productivitatea înaltă, capacitatea de păstrare și transportabilitatea. Capacitatea de depozitare și transport al cerealelor este determinată de conținutul lor înalt de substanță uscată (aproape 85%) și de un conținut scăzut de apă (aproximativ 15%), ceea ce facilitează stocarea acestora în depozite. Cerealele reprezintă grupa de plante cu cel mai vast areal de cultivare la nivel global, inclusiv în Republica Moldova. Boabele acestor plante sunt bogate în substanțe extractive neazotate (circa două treimi din conținutul lor) și alți compuși esențiali, precum proteine, grăsimi și vitamine, fiind

utilizate pe scară largă atât în alimentația umană (sub formă de pâine, paste făinoase etc.), cât și în hrana animalelor sau în diverse industrii.

Porumbul ocupă locul al treilea în lume în ceea ce privește importanța sa agricolă, datorită unor caracteristici, care îi conferă un randament înaltă. Acestea includ:

- capacitatea de a produce recolte cu aproximativ 50% mai mari decât alte cereale;
- plasticitatea ecologică, care îi permite o răspândire largă și obținerea unor recolte constante, mai puțin influențate de variațiile climatice;
- capacitatea de a fi o plantă prășitoare, bună pentru rotația culturilor;
- posibilitatea de a tolera monocultura pe termen mai lung;
- un coeficient mare de înmulțire (între 150 și 400);
- posibilitatea de a permite o eșalonare eficientă a lucrărilor agricole, datorită semănăturii târzii;
- capacitatea de a fi complet mecanizată în procesul de cultură și recoltare, fără risc de scuturare;
- randament mare de utilizare a îngrășămintelor și apei de irigație.

Porumbul este o cultură larg răspândită în Republica Moldova și face parte din genul *Zea*, având o singură formă culturală, *Zea mays*. Din porumb se obțin produse precum crupe, făină, bastonașe, fulgi, amidon, melasă și alcool etilic, iar din germenii de cereale se produce ulei comestibil de calitate superioară. Fructul porumbului, o cariopsă, este alcătuit din trei părți: înveliș (pericarp), endosperm și embrion, având o structură specifică, cu pericarpul reprezentând între 7-30% din masă, endospermul între 80-87% și embrionul 10-12% (Banu, 2003).

Boabele de porumb sunt o sursă importantă de amidon (60-68% din greutatea fructului), concentrat în principal în endosperm. De asemenea, porumbul furnizează fibre alimentare esențiale pentru funcționarea corespunzătoare a sistemului digestiv. Compoziția chimică a boabelor de porumb variază în funcție de specie, dar, în general, amidonul reprezintă 25-60% din masa seminței.

Boabele de porumb conțin în medie: 13,5% apă, 10% proteine, 70,7% glucide (din care 61% amidon), 4% grăsimi, 1,4% săruri minerale și 0,4% substanțe organice acide. Amidonul este alcătuit din amilopectine (72-77%) și amiloză (21-28%), iar 98% din acesta se găsește în endosperm, 1,3% în embrion și 0,7% în pericarp. Proteinele conțin 15-18% prolamine (în principal zeina), 35% glutenine și 20% globuline. Majoritatea proteinelor (73,1%) se găsesc în endosperm, iar 23% în embrion (Bulgaru, 2008).

Porumbul este o sursă bună de vitamine B_1, B_2, E, PP și provitamina A (în cazul varietăților cu boabe galbene), având un conținut înalt de provitamina A, mai mare decât orice alt aliment de origine vegetală dar fără vitamina C. Compoziția chimică a boabelor poate varia semnificativ în funcție de hibrid, condițiile de cultivare și tehnologia aplicată. Pe lângă valoarea sa nutrițională, porumbul reprezintă o sursă importantă de fibre alimentare, care susține sănătatea sistemului digestiv, reduce riscul de litiază biliară și contribuie la normalizarea metabolismului lipidic, prin scăderea colesterolului din plasma sanguină.

Grâul este cea mai importantă plantă cultivată, cu mare pondere alimentară. Suprafețele întinse pe care este semănat, precum și atenția de care se bucură se datorează: conținutului înalt al boabelor în hidrați de carbon și proteine și raportului dintre aceste substanțe, corespunzător cerințelor organismului uman; conservabilității îndelungate a boabelor și faptului, că pot fi transportate fără dificultate; faptului că planta are plasticitate ecologică mare, fiind cultivată în zone cu climate și soluri foarte diferite; posibilităților de mecanizare integrală a culturii (Sandberg și al., 2003).

Grâul aparține genului *Triticum,* clasa *Monocotyledonopsida,* ordinul *Graminalis,* familia *Gramineae.* Genul *Triticum* cuprinde un mare număr de *forme sălbatice* (primitive) sau *cultivate* (evoluate), clasificate diferit de-a lungul timpurilor pe baza anumitor criterii (Saibil, 1989).

Boabele de grâu sunt utilizate îndeosebi pentru producerea făinii, destinată fabricării pâinii - aliment de bază pentru un număr mare de oameni (35-40% din populația globului) și furnizează circa 20% din totalul caloriilor consumate de om. De asemenea, această cultură servește ca materie primă pentru alte produse industriale: amidon, gluten, alcool etilic, bioethanol utilizat drept carburant (Samașca, 2011).

Compoziția chimică a bobului de grâu este prezentată prin proteinele, lipidele, celuloză, substanțe minerale și vitamine. *Proteinele* reprezintă în mod obișnuit 10-16% din masa bobului (cu limitele între 8 și 24%) și sunt situate în cea mai mare parte spre părțile periferice ale bobului (învelișuri, stratul cu aleuronă), în embrion și *scutellum*.

Cantitatea și compoziția proteinelor determină calitatea nutritivă a bobului. Acumularea proteinelor în bob depinde de o serie de factori, cum ar fi: specia de grâu, soiul, condițiile climatice, fertilitatea naturală a solului și dozele de îngrășăminte cu azot folosite. Proteinele din bobul de grâu sunt constituite, în primul rând, din *prolamine* (4,0-5,0 g/100 g boabe, predominând gliadina) și *gluteline* (3,0-4,0 g/100 g, predominând glutelina) și mai puțin din *albumine* (0,3 - 0,5 g/100 g, în principal leucosina) și *globuline* (0,6 - 1,0 g/100 g, mai ales edestina) (Bâlteanu și al., 1991).

Proteinele din bobul de grâu formează, în principal, glutenul, un amestec de substanțe proteice care ocupă spațiul dintre grăunciorii de amidon din endosperm. Prin adăugare de apă, glutenul formează filamente și membrane coloidale, care vor reține bulele de dioxid de carbon în procesul de creștere a aluatului.

Boabele de grâu „durum", destinate fabricării pastelor făinoase, conțin o cantitate mai mare de proteine și gluten, dar glutenul are o calitate inferioară pentru panificație; în schimb, este foarte potrivit pentru fabricarea pastelor făinoase, având stabilitate mare la fiert, datorită filamentelor de proteină foarte rezistente (Diowksz și al., 2008).

Lipidele reprezintă 1,8-2,6% în compoziția bobului și sunt acumulate, în special, în embrion și în stratul cu aluronă. Uleiul din germeni de grâu aparține grăsimilor vegetale nesaturate, este bogat în vitamina E și constituie obiect de comerț.

Celuloza se află în cantitate de 2,0-3,5% și este prezentă, în primul rând, în învelișurile bobului (pericarp).

Substanțele minerale reprezentate de un număr mare de elemente chimice (K, Ca, Mg, Si, Na, Cu, Mb, Mn) au o pondere de 1,5-2,3%, aflându-se spre părțile periferice ale bobului. Deasemenea, bobul de grâu conține și *vitamine* din complexul B (B_1, B_2, B_5, B_6) și vitamina PP.

Valoarea biologică a proteinelor din boabele de grâu este înaltă, deoarece acestea conțin toți cei 30 aminoacizi esențiali, pe care organismul uman nu-i poate sintetiza. Totuși, un impediment îl constituie conținutul redus al boabelor de grâu în lizină și triptofan (Mincu, 1985).

Din grâu se fabrică în cantități însemnate crupe și fulgi. Pentru prelucrarea industrială se utilizează boabe de grâu „moale", care permite obținerea produselor cu aspect exterior plăcut.

Hrișca se caracterizează printr-o compoziție chimică optimizată, cu o valoare nutritivă înaltă și proprietăți bune de consum. Datorită faptului, că embrionul este situat în toată suprafața interioară a bobului și nu se desprinde de bob în timpul prelucrării, crupa de hrișcă se deosebește printr-un conținut bogat de vitamine (Rudometkin, 2001).

Crupa de hrișcă se obține din boabele de hrișcă argintie sau aripată. Compoziția chimică a hrișcăi este următoarea: amidon 70,0%; proteine 12,0-15,0% (sunt de valoare completă); grăsime 2,5-3,0%; celuloză 11,3 %; zaharuri 2,0-2,5% (zaharoza și 0,1–0,2% zaharuri invertite); vitamine B_1, B_2, PP; substanțe minerale 2,2% (Fe, Ca, P). Valoarea energetică constituie 229 kcal (Rudometkin, 2001).

Crupa de hrișcă obținută din boabele opărite și uscate fac parte din grupa produselor de preparare rapidă. Ea este neuniformă, de culoare cafenie, consistență semisticloasă, amidonul este parțial cleisterizat, activitatea fermenților este scăzută.

Crupa de hrișcă obținută fără prelucrare hidrotermică (neopărită) are culoare deschisă, consistență făinoasă, amidonul nu este cleisterizat, activitatea fermenților este relativ înaltă (McCance and Widdowson´s Handbook, 2006).

Crupele de hrișcă se utilizează la prepararea supelor, terciurilor, garniturilor, umpluturilor etc. Ele se fierb repede (20-40 min.), mărindu-se în volum de 4-5 ori. Valoarea nutritivă și proprietățile de consum ale crupelor de hrișcă determină importanța lor deosebită în alimentație.

Sorizul este un produs asemănător cu orezul privind compoziția fizico-chimică și calitățile gustative, de aceea și s-a extins aria de cultivare a acestuia în proporții industriale. Actualmente sunt realizate cercetări științifice, care au demonstrat, că sorizul poate fi folosit în fabricarea produselor alimentației sănătoase.

Compoziția chimică a cerealelor aglutenice nu au mari deosebiri în raport cu cerealele generatoare de gluten. De regulă, pentru toate cerealele, este caracteristică variația compoziției chimice, care este condiționată de soiul plantei, condițiile pedoclimatice, fertilizanții folosiți, condițiile de recoltare și păstrare (Dodon, 2007)**.**

Principalele componente ale boabelor uscate de cereale sunt glucidele digerabile (55-70%), îndeosebi amidonul (74-82% din totalul glucidelor din bob). Cerealele reprezintă o sursă de glucide nedigestibile (2-12%), dintre care predomină celuloza, care se află aproape în totalitate concentrată în învelișul boabelor. Compoziția chimică a derivatelor cerealiere este identică sau apropiată de cea a boabelor din care provin, în funcție de procesul de prelucrare la care sunt supuse (Diaz și al., 2000)**.**

Proteinele cerealelor formează al doilea component principal după glucide, i-ar conținutul mediu al cărora variază între 7% și 17%.. Cea mai bogată în proteine cultură cerealieră este hrișca, după care urmează meiul și sorgul, iar cele mai sărace sunt orezul și porumbul, cu valori cuprinse între 7,9-9,4%. Specific pentru toate cerealele este repartizarea neuniformă a proteinelor în părțile componente ale boabelor (Sandberg și al., 2003)**.**

Cel mai mare conținut de proteine îi revine endospermului (67-75%), germenilor le revin până la 22%, iar stratului aleuronic până la 15,5% din conținutul total al acestora, fiind în descreștere din exterior spre centru bobului. Centrul endospermului conține puțină proteină (7,0-9,0%) (Iușan și al., 2018b).

Sorizul conține substanțe importante pentru organismul uman și posedă valoare nutritivă sporită, datorită conținutului înalt de glucide și proteine, cantitatea lor, respectiv, constituind 63,30% și 10,50-13,50%. Glucidele sunt reprezentate de amidon în valoare de 60,00%, iar cantitatea grăsimilor este neesențială și constituie 3,70% (Siminiuc, 2011).

Un rol important în activitatea organismului uman o au micro- și macroelementele, deoarece ele participă în procesul metabolic, vital important pentru organismul uman. Spre deosebire de alte substanțe nutritive, micro- și macroelemente în organism nu se sintetizează, ele trebuie permanent introduse cu alimentele.Această cultură conține practic toate elementele de bază: K, Ca, Mg, Na, P. Este necesar de atras atenție asupra conținutului de Ca, unul din cele mai importante macroelemente, valoarea căruia este de 310 mg, de 7 ori mai mult decât în orez și de 3 ori mai mult decât în sorg. Cercetătorii din domeniul nutriției consideră, că este strict necesar să fie respectat raportul macroelementelor ce nimeresc în organismul uman cu alimentele (Siminiuc și al., 2010).

Din cele expuse mai sus, se observă, că sorizul conține o valoare nutritivă echilibrată cu respectarea proporționalității substanțelor nutritive, ceea ce permite obținerea unor produse alimentare cu valoare nutritivă și biologică sporită.

Leguminoasele. Acest grup este reprezentat de un număr mare de plante, care aparține familiei Fabiacee. În Republica Moldova se cultivă mazărea, lintea, năutul, fasolea, soia ș.a. Compoziția chimică a acestor culturi diferă semnificativ de cea a cerealelor. Valoarea nutritivă a leguminoaselor este determinată de conținutul sporit de proteine ușor asimilabile în organism.

Năutul este una dintre cele mai vechi leguminoase pentru boabe, luate de om în cultură încă în epoca neolitică, fiind cunoscut și consumat în Orientul Mijlociu și Apropiat, Africa și mai târziu în Europa Orientală și Mediteraneană (Nicolaeva și al., 2005).

Năutul este o plantă agricolă, a cărei importanță derivă din compoziția chimică a boabelor bogate în proteină, constituindu-se într-un aliment proteic valoros în alimentația omului și a animalelor.

În diverse regiuni ale globului pământesc năutul reprezintă un important și variat aliment, fiind consumat în stare verde sub formă de salate (vârfuri vegetative, boabe imature), mâncăruri preparate, conserve, feinuri, boabe încolțite bogate în vitamina C, boabe prăjite etc. (Bantea-Zagareanu, 2012).

Compoziția chimica a năutului (la 100 g substanță uscată) este următoare: proteina bruta 18,40%; carbohidrati 67,80%; grăsimi 5,90%; celuloză 4,30%; cenușă 3,00%; calciu 210,00 mg; fier 8,10 - 10,70 mg; fosfor 270,00 mg; caroten (provitamina A) 350 - 364 UI.; tiamină (vitamina B_1)

0,10 - 0,33 mg; riboflavină (vitamina B_2) 0,56 mg; nicotinamide 2,90 mg; acid ascorbic (vitamina C) 5,60 mg; aminoacizi esențiali 0,18 - 0,28% (Bâlteanu și al., 1991).

În Spania și Portugalia este utilizat pe scară largă pentru fabricarea produselor extrudate cu conținut sporit de proteine, snacks-uri, în calitate de adaos de proteine în produsele din carne și legume. Conform indicilor fizico-chimici, năutul este aproape de soia, iar proteinele năutului se asimilează ușor în organism și au un conținut de aminoacizi echilibrat (Nicolaeva și al., 2005).

Proteinele predominante în boabele de năut sunt globulinele - legumina și din grupul albuminelor - letumelina, de asemenea, conțin glicoproteina viținina. Năutul este bogat in vitamine (A, B_1, B_2, B_6, C, PP) și substanțe minerale. Boabele de năut posedă un conținut înalt de seleniu și aminoacizi cu sulf, în special metionina, care împiedică dezvoltarea tumorilor. În plus, năutul are un conținut sporit de zinc (FAO, 2013).

Conform datelor bibliografice, datorită conținutului bogat în substanțe minerale și proteice, includerea năutului în dieta alimentară permite de a diminua riscul apariției bolilor cardiovasculare și a cancerului. Pericarpul năutului este bogat în fibre, care ajuta peristaltismul intestinal, îmbunătățește activitatea secretoare, favorizează eliminarea colesterolului din sânge. Substanțele antioxidante din năut (spre deosebire de soia) nu conțin fitoergosteroni. În compoziția năutului nu au fost identificate substanțe capabile de a provoca reacții alergice, iar proteinele năutului, pe lângă faptul că sunt asemănătoare proteinelor animaliere (din carne, lapte, pește), conțin aminoacizi esențiali, cum ar fi histidina indispensabilă creșterii copiilor sub 1 an, astfel încât produsele din năut pot fi recomandate pentru alimentația copiilor (Skurikhin, 1987).

2.1.2 Caracteristica materiei prime vegetale

În calitate de ingrediente vegetale pentru elaborarea SABA au fost utilizate următoarele soiuri de fructe și legume:

***Fructe**:* prune, soiul „Vinete de Moldova”; caise, soiul „Costiujenschii”; piersici, soiul „Zolotoi iubilei”; vișine, soiul „Podbelscaia”;

Legume: ardei dulce, soiul „Lumina”; dovlecei, soiul „Lenuța”; dovleac, soiul „Mramornaia”; morcov, soiul „Artec”; tomate, soiul „Leana”;

Pomușoare: coacăză neagră; zmeură; aronie;

***Alte plante**:* coajă de stejar; pomușoare de măceș; flori de gălbenele; flori de sunătoare.

Fructele și legumele pentru studiu au fost selectate din materia primă utilizată în fabricarea produselor pentru alimentarea profilactică, conform GOST 30707-2001 "Conserve de legume și fructe pentru alimentarea profilactică".

Materiile prime au fost utilizate în stare proaspătă sau congelată și păstrate la temperatura de – 18°C în pachete de polietilenă ermetic lipite.

Compoziția chimică a fructelor, legumelor și plantelor medicinale este prezentată în tab. 2.1.

Tabelul 2.1 Indicii fizico-chimici a fructelor, legumelor și plantelor medicinale (Skurikhin, 1987)

Nr.	Denumirea materiei prime	Substanțe uscate, %		Indicele pH	Substanțe fenolice, mg/100g
		solubile	totale		
1.	Prune	11,20	13,00	3,80	24,60
2.	Caise	14,00	15,20	3,55	33,41
3.	Piersici	12,10	13,50	3,70	12,40
4.	Vișine	14,25	15,20	3,50	36,21
5.	Ardei	7,45	9,00	4,95	38,15
6.	Dovlecei	5,20	7,68	5,15	56,21
7.	Dovleac	9,80	11,25	4,00	75,40
8.	Morcov	7,80	13,20	5,50	12,21
9.	Tomate	5,00	6,50	4,35	29,30
10.	Coacăză neagră	14,00	15,50	3,25	63,22
11.	Zmeură	12,10	13,60	3,45	46,23
12.	Aronie	21,20	25,30	4,20	25,12
13.	Coajă de stejar	-	-	5,60	23,51
14.	Pomușoare de măceș	-	-	4,35	30,20
15.	Flori de gălbenele	-	-	5,10	21,10
16.	Flori de sunătoare	-	-	4,70	67,20

Conform datelor prezentate în tab. 2.1 se poate observa, că materia primă vegetală studiată se caracterizează prin un conținut sporit de substanțe fenolice, ceia ce joacă un rol important în aprecierea compatibilității pectinei și a materiei prime vegetale.

Industria alimentară a Republicii Moldova prelucrează o cantitate sporită de materie primă agricolă în scopul de a extrage din ea un component principal: zahăr - din sfeclă de zahăr, amidon - din cartofi și cereale, ulei vegetal - din semințe de floarea soarelui etc. Dar, pentru a obține produsul final se utilizează numai 15-30% din materia primă, i-ar restul materiei prime rămâne în deșeuri. Aproape toate aceste deșeuri reprezintă materia primă secundară, care poate fi utilizată la fabricarea produselor alimentației sănătoase.

2.1.3. Caracteristica materiei prime secundare din industria de morărit

Industria făinii și a cerealelor este una dintre cele mai importante domenii ale complexului agroindustrial. Pâinea, produsele de panificație, pastele făinoase, cerealele și produsele de cofetărie, fabricate din făină, sunt necesare tuturor categoriilor de vârstă. De aceea, principalul criteriu pentru securitatea alimentară a țării este furnizarea stabilă a consumului pe cap de locuitor a produselor obținute în urma prelucrării cerealelor.

Restul principal al industriei de morărit este tărâța. Tărâța este produsă din învelișul exterior al bobului de grâu, ce reprezintă aproximativ 15% din greutatea totală (Kilmartin și al., 2006; WHO/FAO, 2007).

Tărâța este o coajă zdrobită de cereale, care include un germene de cereale și un strat de aleuron (componentele cele mai utile ale bobului, care conține o mulțime de substanțe nutritive). Evaluând valoarea biologică, se observă că până la 90% din substanțele utile se află în înveliș, germeni și stratul de aleuronă, toate acestea sunt păstrate în tărâțe, restul de boabe rafinate sunt zdrobite în făină și conțin doar partea de carbohidrați și gluten (Antimonov, 2008).

Din diferite tipuri de cereale se extrag diverse tipuri de tărâțe. În prezent cele mai frecvente tipuri de tărâțe sunt de grâu, de porumb, de ovăz, de orez.

2.1.3.1 Compoziția fizico-chimică a tărâțelor

Compoziția fizico-chimică a tărâțelor include un conținut înalt de celuloză și fibre alimentare, care se află în învelișul cerealelor într-o concentrație mai mare decât în bob. Valoarea unui produs este reprezentată prin valoarea sa nutritivă. În secolul trecut tărâțele au fost folosite pentru coacerea pâinii și se considera, că produsul este prea ieftin pentru consumul uman, așa că au început să hrănească cu tărâțe vitele. Astăzi, există multe opinii cu privire la beneficiile și daunele măcinării cerealelor, însă tot mai mulți producători utilizează tărâțele la fabricarea produselor alimentare (Brekhov, 2005; Burtsev, 2003).

Tărâțele conțin proteine, carbohidrați și grăsimi, dar cea mai mare parte o constituie celuloza (fibre alimentare), până la 60% din masa totală a produsului. Fibrele alimentare îmbogățesc corpul uman cu nutrienți și normalizează digestia, de aceea tărâțele sunt recomandate pentru a ameliora funcționarea normală a intestinului și pentru a accelera peristaltismul. De asemenea, produsul este bogat în vitamine: A, B, K, PP; substanțe minerale: Mg, Zn, P, Fe, Ca, Se, K; acizi grași: omega-3 și omega-6; antioxidanți (Domoroshchenkova, 2012; Martirosyan, 2012).

Tărâțele conțin proteine, grăsimi și glucide (Brekhov, 2005). Proteinele tărâțelor constituie 10,90-17,30%. Grăsimile din tărâțe au valoarea de 3,90-7,03%, excepție fac tărâțele de orez care conțin 20,85% de grăsimi, fiind de 13 ori mai mult decât în celelalte tărâțe.

Este necesar de accentuat, că toate tărâțele conțin o cantitate sporită de fibre alimentare, dar cel mai mult se găsesc în tărâțele de grâu și porumb și constituie 43,6 % și 44,0 % respectiv. Tărâțele cerealiere sunt bogate în proteine, grăsimi, glucide și vitamine, precum și în macro- și microelemente (Mironova și al., 2000).

În tărâțele cerealiere în 100 grame de produs se conține: vitamina B_1 - 0,10-2,75 mg, vitamina B_2 - 0,10-0,28 mg, vitamina B_4 - 18,10-74,40 mg, vitamina B_5 - 1,50-7,40 mg, vitamina B_6 - 0,15-4,07 mg, vitamina B_9 - 4,00-79,00 μg. Este cunoscut, că conținutul vitaminelor B_1, B_5, B_6, PP asigură organismul cu 50% din doza zilnică recomandată (Sorică și al., 2011).

În cantități mai mici în tărâțe se conțin următoarele macro și microelemente: fosfor, fier, seleniu, magneziu, calciu, zinc, caliu. Conținutul seleniului în tărâțele de grâu constituie 78,00 mg/100g, fiind de 4 ori mai mult decât în tărâțele de orez și porumb, fosforul se conține în cantitate sporită în tărâțele de orez și alcătuiește 1677,00 mg/100 g. Tărâțele de grâu au un conținut sporit de calciu și zinc, respectiv 150,00 mg/100g produs și 7,30 mg/100g produs (Antimonov, 2008).Valorile înalte ale vitaminelor, micro- și macroelementelor ce se conțin în tărâțe, asigură toate procesele vitale ale organismului uman (McCance and Widdowson´s Handbook, 2006).

În prezent, se practică modul sănătos de viață și aceasta nu este doar o respingere a deprinderilor și a activităților fizice obișnuite, dar presupune și o dietă sănătoasă, care stă la bază. Multe persoane apelează după ajutor la nutriționiști, care explică principiile alimentației sănătoase și beneficiile alimentelor, sugerând includerea tărâțelor pentru consum regulat în dieta (Fira-Mlădinescu, 2019).

Compoziția fizico-chimică a tărâțelor include un conținut sporit de celuloză și fibre alimentare, care sunt localizate în învelișul culturilor de cereale într-o concentrație mai mare decât în bob.

Caracteristicile beneficiilor tărâței

Deși există multiple puncte de vedere ale cercetătorilor referitoare la beneficiile și posibilele efecte adverse ale tărâțelor, tot mai mulți producători le integrează în produsele alimentare. Tărâțele de grâu sunt cele mai frecvent utilizate în alimentația umană, datorită conținutului lor bogat în vitamine și minerale, care asigură aportul zilnic necesar a acestor substanțe. Chiar și o cantitate mică de tărâțe de grâu poate satisface doza zilnică recomandată pentru un adult. Acestea sunt apreciate

pentru proprietățile lor benefice, inclusiv în combaterea plăcilor aterosclerotice și eliminarea toxinelor din organism (Miyuki, 2008).

Tărâțele de porumb au beneficii importante pentru organism, deoarece au o textură ușoară, sunt excretate rapid din corp, de aceea este util să fie consumate pentru curățarea intestinelor. O componentă importantă a tărâței de porumb este celuloza. Acesta este un instrument puternic de prevenire a cancerului de intestin.

O altă componentă importantă a tărâței de porumb este acidul ferulic, ce posedă următoarele proprietăți: antioxidante pronunțate, capabile să reducă colesterolul din sânge și trigliceridele; prezintă efect antimutagen (Fnzifst, 2014); previne dezvoltarea cancerului bucal (Fardet și al., 2014); posedă acțiuni antimicrobiene în raport cu o gamă variată de bacterii patogene. A fost stabilit, că tărâța de porumb este un lider incontestabil privind conținutul de acid ferulic 2,60-3,30 g/100 g de tărâțe, iar tărâțele de grâu conțin de 2 ori mai puțin (McCance and Widdowson´s Handbook, 2006).

Tărâța de orez este cea mai nutritivă, astfel sporind saturația organismului cu mai puține alimente. Substanțele din învelișul bobului de orez contribuie la normalizarea tensiunii arteriale, accelerarea metabolismul, scăderea nivelul de colesterol și eliminarea toxinelor din organismul uman. Fibrele alimentare de tărâțe de orez ameliorează fluxul de bilă. Fibrele îmbogățesc alimentele în cazul dischineziei biliare și bolilor hepatice. Deasemenea, tărâțele au un conținut sporit de potasiu - un element necesar inimii, astfel încât acestea împiedică dezvoltarea aterosclerozei (Fasano și al., 2012).

În plus, tărâțele de orez și derivații lor sunt bogate în lecitină - o substanță complexă, care îndeplinește cele mai importante funcții ale organismului uman: reglează procesele metabolice din celule și este un material de construcție pentru acestea (Bollinger, 2001). Derivații de tărâțe de orez conțin și hidrocarburi triterpene, inclusiv squalenul, care au efecte antimicrobiene și antiinflamatorii (Boyeldieu, 2022).

2.1.3.2 Caracteristica materiei prime secundare din industria conservelor

Problema creșterii volumului produselor de conserve trebuie rezolvată ținând cont de utilizarea rațională a materiilor prime și a altor materiale, precum și prin reducerea pierderilor la toate etapele procesării.

Studiile privind utilizarea integrală și rațională a materiilor prime se desfășoară în două direcții. Prima direcție este elaborarea tehnologiilor, care să reducă la minimum sau să excludă

formarea deșeurilor (tehnologii fără deșeuri). A doua direcție este organizarea procesării deșeurilor obținute cu fabricarea din ele a produselor alimentare sau a produselor utilizate în alte scopuri.

În procesarea fructelor și legumelor, o parte semnificativă este ocupată de volumul deșeurilor. Coeficientul de utilizare a materiei prime vegetale este în medie de 0,79%, i-ar 21% din totalul materiilor prime prelucrate sunt deșeuri, cea mai mare cantitate formându-se la pregătirea materiei prime pentru conservare. De exemplu, la curățarea verzei se obțin aproximativ 30% de deșeuri, a ardeilor – 24%, sfeclei – 19%, morcovului - 10,5%, dovleceilor - peste 5,0%.

Deșeurile obținute la întreprinderile din industria prelucrării fructelor și legumelor pot fi împărțite în trei grupe:

1) materii prime pentru utilizarea la aceeași fabrică, unde au fost obținute;

2) materii prime pentru alte domenii industriale;

3) materii prime pentru hrana animalelor și păsărilor sau pentru îngrășăminte.

Din volumul total de legume, direcționat spre procesare, o mare parte o reprezintă tomatele. La prelucrarea tomatelor întregi, deșeurile și pierderile pentru tomatele decojite reprezintă 37%, pentru cele netratate 20-25%, pentru legumele marinate aproximativ -10%.

Deșeurile obținute după separarea și curățarea semințelor conțin 3,50% pulpă și 0,50% semințe (Musaeva și al., 2010). După uscare semințele de tomate pot fi transmise întreprinderilor de extracție a uleiului, iar dacă înainte de uscare nu se separă de coajă și reziduurile de pulpă, atunci din ele se poate obține făină pentru furaje, care conține 13-14% proteine (Mironova și al., 2000).

Deșeurile proaspăt obținute după prelucrarea tomatelor sunt bogate în substanțe nutritive și conțin aproximativ 30% proteine și 30% carbohidrați (Pashchenko și al., 2002). Deșeurile de tomate sunt folosite pentru hrănirea animalelor și păsărilor, însă pentru a evita alterarea microbiologică este necesară vânzarea lor rapidă.

Merele constituie 80% din fructele totale prelucrate în Republică Moldova. Din mere se produc sucuri, iar din deșeurile obținute (20%) se fabrică pectina – un gel alimentar folosit în industria de cofetărie.

La obținerea sucului de struguri, deșeurile sunt alcătuite din tescovină 18 – 29 % și sedimente în timpul limpezirii 2,0-2,5%. Tescovina este cel mai valoros deșeu, fiind compusă din coajă și semințe. Aceste deșeuri sunt prelucrate pentru obținerea uleiului din semințe de struguri, alcoolului etilic și oțetului (Aiken, 2018).

Deșeurile industriei alimentare de conservare conțin o cantitate înaltă de proteine, grăsimi și fibre alimentare.

A fost stabilit, că cel mai mare conținut de proteine se găsește în deșeurile de tomate și cele din tescovina de struguri și constituie 13,15% și 11,50%, iar conținutul de grăsimi în deșeurile industriei de conservare din fructe și legume este mic, constituind 0,73-5,00%, excepţie fiind tescovina de struguri, în care conținutul de grăsime este de 9,90%. Conținutul fibrelor alimentare variază în limitele 4,23-30,50% (McCance and Widdowson´s Handbook, 2006).

Tescovina de mere

Merele sunt cele mai întrebuințate fructe și prezintă interes ca materie primă tehnologică pentru fabricarea unei game variate de produse alimentare: sucuri, compoturi, piureuri, dulcețuri, gemuri etc. Astfel, la prelucrarea merelor se obține o cantitate mare de tescovină. Cantitatea tescovinei obținute depinde de un șir de factori: soiul și gradul de maturitate al merelor, utilajul folosit (zdrobitoare și prese), materialele auxiliare utilizate la presare (pânza de pe filtru-presă, grila de drenaj). În cadrul cercetărilor, a fost analizată detaliat compoziția chimică a merelor, sucului de mere și a tescovinei de mere, stabilind că acestea nu prezintă diferențe semnificative față de materia primă. Tescovina de mere reprezintă o sursă valoroasă de fibre alimentare, având un conținut de 1,60-1,80% celuloză și 2,00-3,00% substanțe pectinice. Dintre acestea, substanțele pectinice solubile în apă constituie 0,5-0,6%, ceea ce reprezintă aproximativ 24% din masa totală a tescovinei. Conform analizei substanțelor minerale, tescovina de mere conține o varietate de macro- și microelemente importante, inclusiv Ca, P, Mg, iar cantitatea de potasiu constituie 24,2 mg/100 g. De asemenea, tescovina de mere este o sursă semnificativă de Fe.

Antioxidanții joacă un rol esențial în valoarea nutritivă a materiei prime, având un efect benefic asupra organismului uman prin protejarea acestuia împotriva radicalilor liberi și a proceselor de îmbătrânire (Bykov și al., 2008). Tescovina de mere conține antioxidanți solubili, inclusiv quercetina, cu un conținut de 30,30 mg/100 g, precum și acidul ascorbic (12,20 mg/100 g) și P-substanțele active (6,40 mg/100 g).

Activitatea antioxidantă a aminoacizilor din proteine este un domeniu de cercetare foarte important, iar un studiu al conținutului de aminoacizi din tescovina de mere a relevat următoarele valori (mg/100 g): valina – 30, izoleucina – 18, leucina – 37, lizina – 20, metionina – 20, treonina – 23, fenilalanina – 22 (Opopol și al., 2006). Datele obținute sugerează că tescovina de mere are o valoare nutritivă înaltă și poate fi utilizată la fabricarea adaosurilor și produselor alimentare cu efect profilactic și curativ.

Tescovina de struguri

Tescovina de struguri reprezintă reziduurile dense, formate din coajă, semințe, resturi lichide (must, vin) și burbă, care sunt separate de suc sau vin în urma procesului de presare (Zharkova și al.,

2011). În funcție de tehnologia utilizată, tescovina poate fi dulce (proaspătă și nefermentată), obținută imediat după presarea strugurilor proaspeți, și variază în culori, fiind albă sau roșie. Cantitatea de tescovină obținută depinde de tipul de presă folosită: 7-12% pentru presare continuă, 12-17% pentru presă hidraulică și 21% pentru presă cu șnec.

Utilizarea tescovinei nefermentate reprezintă o direcție de perspectivă, deoarece aceasta conține o cantitate semnificativă de substanțe nutritive. Compoziția chimică a tescovinei din struguri, provenind de la soiuri albe și roșii, fără burbă, include acizi malic și tartric, care contribuie la aciditatea titrabilă: 1,00% pentru soiurile albe și 1,50% pentru cele roșii. Tescovina de struguri conține, de asemenea, substanțe minerale importante, cum ar fi potasiu, sodiu, magneziu și calciu.

O analiză comparativă a conținutului de substanțe minerale în tescovina provenind de la soiuri albe și roșii a arătat că tescovina soiurilor roșii este mai bogată în minerale, având următoarele valori, mg/100g: potasiu – 8322,0, calciu – 493,0, magneziu – 160,2, sodiu – 339,4, ceea ce reprezintă 23-58% din cantitățile respective din tescovina soiurilor albe de struguri. Astfel, utilizarea tescovinei de la soiurile roșii pentru fabricarea produselor extrudate este de perspectivă datorită conținutului său înalt de substanțe fenolice, acizi și substanțe minerale, dar tescovina folosită nu trebuie să fie fermentată și să nu conțină semințe sau burbă.

Cantitatea principală de tescovină se formează în timpul procesării strugurilor pentru vin, iar aceste deșeuri perisabile necesită o prelucrare suplimentară, întrucât nu pot fi depozitate pe termen lung. Procesul de uscare reprezintă o metodă eficientă de conservare a tescovinei din struguri.

Deșeurile de tomate

Deșeurile de tomate sunt generate în cadrul întreprinderilor de prelucrare a fructelor și legumelor, în special în timpul fabricării sucului de tomate. Randamentul sucului de tomate este de 60-70% atunci când se utilizează extractoare și 70-80% în cazul utilizării centrifugilor, i-ar randamentul deșeurilor de tomate reprezintă 20-40% din cantitatea inițială de materie primă (McCance and Widdowson´s Handbook, 2006).

Factorii care influențează rata de formare a tescovinei de tomate includ calitatea materiei prime, setările aparatului extractor, perforarea sitelor la centrifugi, gradul de zdrobire a tomatelor și temperatura la care se procesează masa zdrobită, aceasta fiind de obicei de cel puțin 80°C. Analiza datelor a relevat că tescovina de tomate conține cantități semnificative de proteine, lipide, carbohidrați și minerale, ceea ce indică o valoare nutritivă înaltă. Un aspect important este faptul, că principalele componente ale complexului proteic din deșeurile de tomate sunt globulinele, care au o valoare biologică mare. Compoziția aminoacizilor proteinelor din tescovina de tomate include un set

complet de aminoacizi esențiali, iar raportul acestora este aproape optim. Deșeurile de tomate conțin toți aminoacizii esențiali, iar conținutul de leucină, lizină, metionină+cisteină și fenilalanină+tirozina depășește valorile altor aminoacizi, variind între 7,30-8,30 g, în timp ce triptofanul este prezent în cantități minime (Martirosyan, 2012).

În ceea ce privește lipidele, studiul a evidențiat prezența acizilor grași polinesaturați și a vitaminelor liposolubile, precum steroli, provitamina D și tocoferoli. Deșeurile de tomate sunt, de asemenea, bogate în fibre alimentare, care constituie 41,50-42,50% din compoziția lor și sunt reprezentate de celuloză, hemiceluloză și pectină. De asemenea, au fost identificate vitamine solubile în apă, cum ar fi vitamina C, B_1 și B_2 (D'este și al., 2018).

Compoziția substanțelor minerale din deșeurile de tomate include macroelemente, precum calciu, magneziu și potasiu, precum și microelemente ca fierul, zincul, manganul și seleniul. Analiza chimică a deșeurilor de tomate a mai relevat prezența glicozidelor naringhin și tomatin, dar cantitățile acestora sunt scăzute și nu au un impact semnificativ asupra calității produselor finale. În așa fel, valoarea nutritivă înaltă a deșeurilor de tomate face ca acestea să fie o materie primă valoroasă, de perspectivă pentru utilizare în diverse domenii ale industriei alimentare.

Pectina Compoziția chimică a pectinei este prezentată de poliuronizii macromoleculari. Componentul principal structural al pectinei este D-acidul galacturonic, ai cărora radicali sunt combinați în lanțuri α-1,4-glucozidice și prezentate în fig. 2.1 (Krasnova și al., 2001).

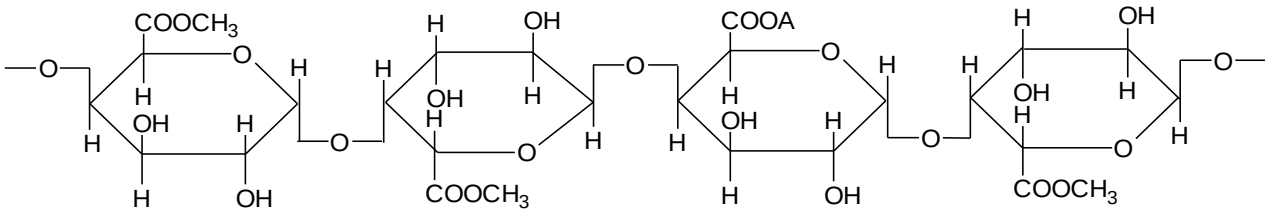


Fig. 2.1 Fragment din scheletul de carbon al pectinelor

Pectina se referă la polimerii lineari, lungimea moleculei constituind 10^{-5} cm. Aceste eteropolizaharide, în a cărora compoziție sunt zaharuri neutre – galactoză, arabinoză, ramnoză, cele din urmă localizate în lanțuri laterale în formă de oligozaharide. Partea grupelor uronidice a substanțelor pectinice este eterificată cu alcool metilic. Grupele hidroxilice pot fi libere ori eterificate cu grupele acetilice sau lănțuite cu grupe eterice asemănătoare cu polizaharidele (Nechaev și al., 2003).

Sursele tehnologice de obținere a substanțelor pectinice sunt extractele de măr, de coajă de citrice, tescovină din sfeclă de zahăr și de pălării de floarea soarelui (Jamba și al., 2002). În

dependență de sursa de obținere a pectinei, variază indicii fizico-chimici (lanțurile laterale în formă de oligozaharide). Partea grupelor uronidice ale substanțelor pectinice este eterificată cu alcool metilic. Grupele hidroxilice pot fi libere ori eterificate cu grupele acetilice sau lănțuite cu grupe eterice asemănătoare cu polizaharidele (Osipova, 2001).

Pentru cercetări a fost utilizat un eșantion industrial de pectină înalt eterificată de mere, produsă de firma HERBSTREIT und FOX Co, Germania. Mostrele de pectină slab metilată (E=37,15%, 23,20%) au fost obținute în laboratorul INCAAMV cu ajutorul modificării mostrei industriale prezentate prin procedeul determinării acidității, în mediu eterogen, elaborat în cadrul institutului.

Indicii fizico-chimici ai mostrelor de pectină sunt prezentați în tabelul 2.2.

Tabelul 2.2 Indicii fizico-chimici a pectinei

Nr.	Denumirea indicelui	Gradul de eterificare a pectinei		
		PPE	**PSM_1**	**PSM_2**
1	Fracția masică a umidității, %	8,56	6,32	7,12
2	Gradul de eterificare a pectinei, %	57,28	37,15	23,20
3	Fracția masică de poliuronizi, %	68,21	76,81	79,65

LEGENDĂ:

- PPE - Pectina puternic eterificată cu gradul de eterificare E=57,28%;
- PSM_1- Pectina slab metilată, cu gradul de eterificare E=37,15% ;
- PSM_2- Pectina slab metilată, cu gradul de eterificare E=23,20%.

Conform datelor prezentate în tab. 2.2, pectinele analizate prezintă diferențe semnificative în funcție de gradul de esterificare. Pectina puternic esterificată (PPE) are un conținut mai ridicat de umiditate (8,56%) și un grad de esterificare de 57,28%, în timp ce pectinele slab metilate (PSM_1 și PSM_2) prezintă un conținut crescut de poliuronizi (până la 79,65%) și un grad de esterificare mai redus (37,15%, respectiv 23,20%). Aceste variații influențează proprietățile funcționale ale pectinei, cum ar fi capacitatea de gelifiere și reactivitatea chimică.

2.2 Metode de analiză fizico-chimică

Determinara indicilor fizico-chimici ai materiei prime și produselor alimentației sănătoase au fost realizate conform metodelor prezentate în tab. 2.3-2.5.

Tabelul 2.3 Metode de analiză aplicate pentru determinarea indicilor fizico-chimice

Nr	Denumirea metodei	Caracteristica metodei	Referințe
1	Conținutul de lipide	Metoda se bazează pe proprietatea substanțelor organice (hexan) de a solubiliza lipidele și de a se volatiliza la o temperatură relativ scăzută (68,73°C). Fracția masică a lipidelor este exprimata, în % din SU	(GOST 26183, 1984)
2	Conținutul de proteine	Metoda constă în distrugerea substanței organice prin încălzire cu acid sulfuric în prezența unui catalizator, adăugarea unui exces de hidroxid de sodiu, distilare și titrarea amoniacului eliberat. Rezultatele testelor se exprimă în echivalență cu azotul (N). Dacă se face conversia la conținutul de proteină totală, trebuie menționat coeficientul de conversie	(GOST 26889, 1986)
3	Conținutul de glucide	Conținutul de glucide,zaharurile reducătoare reduc la cald soluția alcalină cupro-tartrică (reactiv Fehling) la Cu_2O, care este determinat cantitativ indirect prin dozarea iodometrică a sulfatului de cupru existent în soluția Fehling, înainte și după reducere. Diferența obținută reprezintă cantitatea de cupru redusă de către zahăr	(GOST 8756.13, 1987)
4	Aciditatea	Prin gradul de aciditate se subînțelege volumul, în cm^3, unei soluții de hidroxid de sodiu sau hidroxid de potasiu cu concentrația molară exactă de 1 mol/dm^3, necesar pentru a neutraliza acizii conținuți în 100 g de produs. Rezultatul analizei se înregistrează in grade cu precizie de până la 0,5 grade, iar fracțiile până la 0,25 grade inclusiv se omit; fracțiile de peste 0,25 și până la 0,75 grade inclusiv se rotunjesc la 0,5 grade; fracțiile de peste 0,75 grade se rotunjesc la 1,0 grade.	(GOST 5670, 1996)
5	Porozitatea	Porozitatea reflectă raportul volumului porilor ai miezului la volumul total al miezului, exprimat în procente.	(GOST 5669, 1996)
6	Conținut total de polifenoli (CTP).	Este metoda spectrofotometrică bazată pe utilizarea reagentului Folin-Ciocâlteu. Absorbanța a fost măsurată la 750 nm. Rezultatele sunt exprimate în mg echivalenți de acid galic(mgGAE)/g SU	(Waterman și al., 1994)
8	Conținutul de fibre alimentare (totale)	Principiul metodei rezidă în solubilizarea componentelor produselor alimentare în afară de fibre. Sedimentul (fibrele) sunt spălate, uscate și cântărite. Conținutul de fibre alimentare sunt exprimate în %	(Metoda Goering - Van Soest, pentru determinarea fibrelor alimentare totale; Metoda Southgate pentru determinarea fibrelor alimentare totale)

Tabelul 2.3 (continuarea)

Nr.	Denumirea metodei	Caracteristica metodei	Referințe
9	Indicele de gonflare	Indicele de gonflare arată capacitatea de hidratare a produsului uscat, prin creșterea volumului. Coeficientul de gonflare reprezintă raportul masei amestecului gonflat către masa produsului inițial.	ISO 2471:2008 (Smith și al., 1972)
10	Conținutul de umiditate	Principiul metodei constă în uscarea probei de produs la o anumită temperatură și determinarea umidității.Temperatura (130 ± 2)°C, timp de 45 de minute. Umiditatea este exprimată în procente,%	(SM SR ISO 6540:2012)
11	Determinarea capacității de reținere a apei	În eprubetele de centrifugare se cântărește câte 0,5 g de făină, se adăugă 2,5 ml de apă distilată, se agită 10 min și se expune procesului de centrifugare timp de 10 min la 4000 rot/min. Apa sedimentară se scurge în eprubetă cotată și se verifică volumul. Repetarea se efectuează nu mai puțin de 3 ori. Calculul:- % apei absorbite către volumul apei adăugate la produs (2,5ml);	(Smith și al., 1972)
11	Determinarea capacității de reținere a uleiului	În eprubete de centrifugare se cântăresc câte 0,5 g de făină, se adaugă 2,5 ml de ulei de floarea soarelui, se agită 10min și se expune procesului de centrifugare timp de 10 min la 4000 rot/min Atent și încet uleiul se scurge în eprubeta cotată. Se măsoară volumul uleiului care nu a fost absorbit. Calculul: - % volumul uleiului absorbit către volumul uleiului adăugate la produs (2,5ml)	(Lin și al., 1974)
12	Conținutul vitaminelor din grupul B: B_1, B_2, B_3 (PP), B_4, B_5, B_6, B_9 (H)	Mostre de produse extrudate, cântărind 1 g fiecare, au fost transferate în colbe conice cu un volum de 100 mL, peste care s-au adăugat 50 mL de apă distilată. Suspensiile obținute au fost supuse sonicării timp de 5 minute, după care volumul a fost completat la 100 mL. Ulterior, probele au fost filtrate prin membrane cu porozitatea de 0,45 μm, iar un volum de 20 μL din fiecare probă a fost injectat în sistemul HPLC. Separarea componentelor individuale s-a realizat pe o coloană C18 Zorbax (250 × 4,6 mm, 5 μm), utilizând ca fază mobilă un amestec format din 20% soluție apoasă de acid ortofosforic 0,1% și 80% acetonitril, cu un debit de 0,8 mL/min. Determinarea cantitativă s-a efectuat cu ajutorul detectorului UV la o lungime de undă de 210 nm, înregistrându-se în prealabil picurile corespunzătoare soluțiilor standard de vitamine.	(Tejas și al. 2025)

Tabelul 2.3 (continuarea)

13	Conținutul vitaminei K	Mostre de produs cu mase de 0,1-0,2 g au fost plasate tuburi pentru centrifugare de 50 ml, la care s-a adăugat 10 ml apă distilată, 15 ml soluție propanol: hexan (3:2 v/v). Amestecul obținut s-a agitat la vortex timp de 3 min. apoi sonificat 1 min. A urmat a 2-a agitare la vortex. Centrifugarea s-a realizat la 1800 rot/min. timp de 5 min. Faza superioară (lipidică) a fost aspirată cu o pipetă și transferată în colba evaporatorului rotativ. S-a evaporat pînă la reziduu uscat, apoi acesta a fost reconstituit în hexan. Volume de 20 µl de fiecare probă au fost introduse în sistem HPLC echipat cu coloană BDS Hipersil C18 250x4,6 mm x 5 µm și detector fluorimetric. Faza mobilă a fost constituită din 2 solvenți : A - soluție în metanol a 5mM acid acetic, 5mM acetat de sodiu, 10 mM clorură de zinc; B – clorură de metilenă. Gradientul eluției a variat în timp: a) A-B 90:10 pe durata 0-11.50 min. și viteza 0,60 ml/min.; b) A-B 70:30 pe durata 11.50-19.50 min. și viteza 0,80 ml/min.; c) A-B 90:10 pe durata 19.50-23.50 min. și viteza 0,80 ml/min, d) A-B 90:10, la min. 23.50 doar că viteza scade pînă la 0,60 ml/min., e) la 24 min. - stop. Lungimea de undă de excitație a fost de 244 nm și cea de emisie 430 nm. Înaintea probelor se determină parametrii picurilor vitaminei K din soluțiile standard.	(Ferreira și al. 2006)
14.	Conținutul de macro- și microelemente : Ca, Mg, K, P, Fe, Zn, Mn, Co, Cu, Si	Mostre de produs s-a mineralizat în cuptor special la 900°C pînă la cenușă, după care s-a dizolvat în soluție de acid azotic. Pentru fiecare element s-a selectat lampa corespunzătoare și s-a montat în spectrofotometrul atomic cu absorbție în flacără (FAAS). Fiind aprinsă flacăra ce arde pe baza amestecului aer: acetilenă a fost injectată în flacără soluția de probă și masurată la lampa elementului absorbția flăcării. Lungimile de undă (în nm) aplicate au fost următoarele: Ca – 422,7; Mg – 285,0; K -766,5; P – 177,5; Fe – 248,3; Zn – 213,9; Mn – 279,5; Co – 240,7; Cu – 324,8, Si – 251,6.	(Hürrem I., 2008)

Tabelul 2.4 Metode microbiologice de cercetare

Nr.	Denumirea metodei	Caracteristica metodei	Referințe
1	Determinarea de microorganisme mezofile aerobe și facultativ anaerobe, drojdiilor şi mucegaiurilor (metoda diluțiilor)	Numărul de drojdii şi/sau mucegaiuri, de asemenea, și microorganismele sunt determinate indirect în mostră după termostatarea la temperatura de 25 °C timp de 72 ore.	(SM SR EN ISO 4833-1:2014) (SM SR ISO 21527-2:2014)
2	Identificare a bacteriilor din genul *Salmonella*	Metoda de identificare a bacteriilor din genul *Salmonella* se bazează pe semănarea unei cantități determinate de produs într-un mediu lichid nespecific, incubarea probelor, urmată de identificarea bacteriilor capabile să se dezvolte în medii lichide selective, formând coloniile caracteristice pe medii, având caracteristici biochimice și serologice tipice pentru bacteriile din genul *Salmonella*. Rezultatele identificării bacteriilor din genul *Salmonella* într-o anumită cantitate de produs se înregistrează astfel: „Bacterii din genul *Salmonella* au fost detectate în X g (cm^3) de produs” sau „Bacterii din genul *Salmonella* nu au fost detectate în X g (cm^3) de produs”.X - masa (volumul) probei de produs în care au fost identificate bacteriile din genul *Salmonella*.	(GOST 30519, 1991)

Tabelul 2.5 Metoda pentru determinarea analizelor organoleptice

Nr.	Denumirea metodei	Caracteristica metodei	Referințe
1.	Analiza organoleptică	A fost evaluat aspectul, culoarea, mirosul, gustul și consistența a produselor elaborate utilizând sistemul de 5 puncte de către un grup de experți. Sistemul de evaluare în 5 puncte include următoarele scoruri: 5 - foarte bine; 4-bine; 3-satisfăcător; 2-nesatisfăcător; 1-rău și 0 - foarte rău.	(ISO6658:2017)

Lista reactivilor chimice și materialelor de laborator este prezentată în Anexa 1.

2.2.1 Procedeu de uscarea materiei prime secundare în dependență de diferiți factori

Instalația de laborator „CIMU-UC07”, proiectată și realizată de ÎC „CIMU-2005” S.R.L., este destinată studiului cineticii procesului de uscare a produselor alimentare prin diverse metode: uscare prin convecție, radiație infraroșie, precum și metode combinate.

Instalația este compusă din următoarele elemente principale (fig. 2.2 și 2.3): carcasa exterioară, suportul pentru cântarul electronic de precizie, camera de lucru, blocul de încălzire convectivă a aerului, blocul de insuflare a aerului prevăzut cu un motor cu curent alternativ, precum și unitatea de control a vitezei de rotație a acestuia. De asemenea, sunt integrate conducta de admisie și evacuare a aerului, blocul de reglare a fluxului de aer, un sistem de control electronic cu microprocesor pentru

monitorizarea și reglarea parametrilor tehnologici ai procesului de uscare, precum și senzori pentru măsurarea parametrilor esențiali.

În interiorul camerei de lucru se află o tavă din plasă metalică destinată așezării uniformizate a produselor supuse uscării. Deasupra acesteia, la o distanță de 60 mm, este montat un încălzitor cu radiație infraroșie, realizat dintr-un material nanocompozit pe bază de grafit expandat termic, care asigură o emisie eficientă și uniformă a căldurii necesare procesului. Această configurație modulară permite adaptarea precisă a condițiilor de uscare, facilitând cercetarea avansată asupra parametrilor cinetici și optimizarea tehnologiilor de procesare a materiilor prime vegetale.

Fig. 2.2 Aspectul general a instalației de uscare

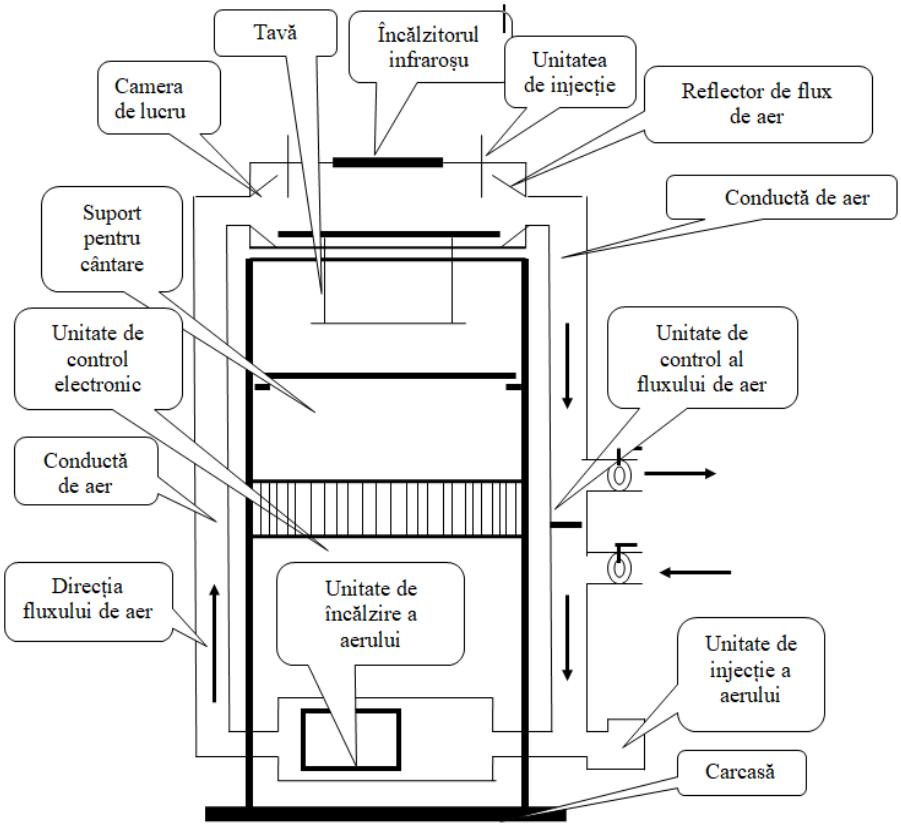


Fig.2.3 Schema generală a instalației de uscare

Schema electronică de control și dirijare a procesului din cadrul instalației „CIMU-UC07” permite acumularea și transmiterea datelor privind parametrii tehnologici către un calculator

personal prin intermediul unei interfețe dedicate. Acest sistem asigură monitorizarea în timp real și controlul precis al procesului de uscare.

Instalația permite urmărirea și reglarea următorilor parametri tehnologici:

- temperatura produsului aflat în procesare (prin intermediul a trei canale de informare), exprimată în °C;

- temperatura aerului măsurată cu termometre uscat și umed la intrarea și ieșirea din camera de lucru (patru canale de informare), exprimată în °C;

- temperatura aerului la ieșirea din camera de încălzire convectivă, exprimată în °C;

- puterea de intrare a sursei de radiație infraroșie, exprimată în VA;

- viteza fluxului de aer în camera de lucru, exprimată în m/s.

Reglarea vitezei fluxului de aer în camera de lucru se realizează prin modificarea vitezei de rotație a ventilatorului, controlată cu ajutorul unui convertor de frecvență LENZE, seria SMD (invertor de frecvență SMD LENZE). Înainte de începerea experimentelor, regulatorul de viteză a fost calibrat prin măsurarea vitezei aerului cu un anemometru electronic digital (Mastercool Digital Air Velocity/Temperature Meter), cu o precizie de $3\% \pm 0{,}1$ m/s.

Procesul de uscare a fost efectuat în modul cu circulație liberă a aerului (fără recirculare), ceea ce a permis menținerea constantă a parametrilor agentului de uscare. Înainte de inițierea fiecărui experiment, parametrii de funcționare ai instalației au fost setați și nu au fost modificați pe durata desfășurării acestuia. Schema experimentală și parametrii procesului de uscare aplicat celor trei tipuri de tescovină sunt prezentați în tab. 2.6.

Tabelul 2.6 Parametrii tehnologici de uscare a tescovinei

Nr.	Tescovi -na din:	Metoda de uscare	Încărcătura specifică, kg/m^2	Temperatura agentului de uscare, ^0C	Puterea specifică a emitatorului, kW/m^2	Viteza agentului de uscare, m/s
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1.1	mere	convecție în flux paralel de aer	10,50	60	-	3,00
1.2	mere		10,50	75	-	3,00
1.3	mere		10,50	85	-	3,00
2.1	mere	convecție în flux paralel de aer	10,50	60	-	4,00
2.2	mere		10,50	75	-	4,00
2.3	mere		10,50	85	-	4,00
3.1	mere	convecție în flux paralel de aer	10,50	60	-	5,00
3.2	mere		10,50	75	-	5,00
3.3	mere		10,50	85	-	5,00

Tabelul 2.6 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7
4.1	mere	convecție în flux paralel de aer	5,70	60	-	4,00
4.2	mere		5,70	75	-	4,00
4.3	mere		5,70	85	-	4,00
5.1	mere	convecție în flux paralel de aer	15,20	60	-	4,00
5.2	mere		15,20	75	-	4,00
5.3	mere		15,20	85	-	4,00
6.1	tomate	convecție în flux paralel de aer	10,50	55	-	3,00
6.2	tomate		10,50	75	-	3,00
7.1	tomate	combinată: radiație infraroșie și convecție în flux paralel de aer	10,50	45	2,00	3,00
7.2	tomate		10,50	55	2,00	3,00
7.3	tomate		10,50	65	2,00	3,00
7.4	tomate		10,50	75	2,00	3,00
7.5	tomate		10,50	85	2,00	3,00
8.1	struguri	convecție în flux paralel de aer	10,50	45	-	3,00
8.2	struguri		10,50	55	-	3,00
8.3	struguri		10,50	65	-	3,00
8.4	struguri		10,50	75	-	3,00
8.5	struguri		10,50	85	-	3,00
9.1	struguri	combinată: radiație infraroșie și convecție în flux paralel de aer	10,50	45	1,33	3,00
9.2	struguri		10,50	55	1,33	3,00
9.3	struguri		10,50	65	1,33	3,00
9.4	struguri		10,50	75	1,33	3,00
9.5	struguri		10,50	85	1,33	3,00
10.1	struguri	combinată: radiație infraroșie și convecție în flux paralel de aer	10,50	45	2,0	3,00
10.2	struguri		10,50	55	2,0	3,00
10.3	struguri		10,50	65	2,0	3,00
10.4	struguri		10,50	75	2,0	3,00
10.5	struguri		10,50	85	2,0	3,00

Materia primă (tescovina), dozată conform cerințelor experimentale, a fost așezată uniform pe o tavă de uscare. Senzorii de temperatură au fost plasați în stratul de produs (trei senzori distribuiți egal în centrul tăvii, perpendicular pe direcția fluxului de aer) pentru monitorizarea temperaturii interne în timpul uscării. După stabilirea condițiilor inițiale, tava a fost introdusă în camera de lucru.

Parametrii monitorizați au fost înregistrați atât automat, cât și vizual, la intervale regulate de 15–30 minute. Masa produsului a fost determinată prin cântărire pe un cântar electronic de precizie din clasa a II-a, având o valoare a diviziunii de 0,01 g.

În tab. 2.6 sunt prezentați parametrii tehnologici utilizați în procesul de uscare a tescovinei provenite din diverse surse vegetale – mere, tomate și struguri – prin metode variate, precum convecția simplă, flux paralel de aer, radiație, infraroșu sau combinații între acestea. Fiecare probă a fost tratată în condiții controlate, cu modificarea parametrilor cheie, printre care încărcătura specifică (între 5,7 și 15,2 kg/m²), temperatura agentului de uscare (cuprinsă între 45 și 85 °C), viteza aerului (2,0–5,0 m/s) și, în cazul tehnologiilor pe bază de radiație sau infraroșu, puterea specifică a emitorului (1,33 kW/m²).

Pentru tescovina de mere, cea mai frecvent utilizată metodă a fost convecția în aer cald, cu temperaturi de 65–85 °C și viteze ale agentului de uscare între 3,0 și 5,0 m/s, atât la încărcături joase (10,5 kg/m²), cât și ridicate (15,2 kg/m²). Aceste experimente au permis evaluarea influenței temperaturii și a vitezei aerului asupra eficienței uscării și conservării calității materiei prime.

În cazul tomatelor, s-au aplicat în special metode combinate (radiație și convecție), cu temperaturi mai scăzute (45–75 °C) și viteze de uscare între 2,0–3,0 m/s, sugerând o abordare blândă pentru conservarea compușilor termolabili.

Pentru struguri, uscarea a fost testată prin toate metodele principale, inclusiv tehnologiile avansate cu radiație și infraroșu, evidențiind o preocupare pentru optimizarea procesului în funcție de compoziția complexă a acestui tip de tescovină. În aceste cazuri, s-au menținut încărcături de 10,5 kg/m² și s-a aplicat o putere specifică constantă a emitorilor (1,33 kW/m²).

În ansamblu, tabelul reflectă o abordare experimentală riguroasă în testarea și compararea diferitelor metode de uscare, având ca scop identificarea combinațiilor optime de parametri tehnologici care să asigure păstrarea valorii nutriționale și funcționale a tescovinei, precum și maximizarea eficienței procesului de uscare în vederea aplicării la scară industrială.

2.2.2 Metoda de determinare a masei moleculare a pectinei

Principiul metodei: determinarea masei moleculare a pectinei se bazează pe măsurarea viscozității unor soluții de pectină de concentrații diferite și extrapolarea viscozității caracteristice la concentrația zero. Pe baza valorii viscozității caracteristice, masa moleculară medie se determină conform formulei:

$$(\eta) = K \cdot M\alpha. \qquad (1)$$

unde: M – masa moleculară medie;

(η) – viscozitatea caracteristică soluției de pectină;

$\alpha = 1{,}22$;

$K = 1{,}1 \cdot 10^{-5}$.

Purificarea pectinei. Aproximativ 0,5 g de pectină se spală repetat în pâlnia PF-3 cu etanol 70%, urmat de tratare cu soluție acidă de HCl pentru îndepărtarea ionilor metalici (în special Al^{3+}). Spălarea continuă cu etanol 75% se efectuează până la reacție negativă la cloruri (verificată cu $AgNO_3$). Precipitatul este centrifugat, spălat de mai multe ori cu etanol 96% și uscat în etuvă la 45°C timp de 3 ore.

Pregătirea soluției de pectină. Se cântăresc cu precizie 0,1000 g de pectină uscată și se introduc într-o colbă cotată de 100 ml. Se adaugă 50 ml soluție de NaCl 1% și se încălzește la 50°C cu agitare până la dizolvare completă. Se adaugă 2–3 picături de indicator, apoi se adaugă NaOH 0,1N până la apariția unei nuanțe albastru-violet. Volumul este completat până la semn cu soluție de NaCl 1%.

Măsurarea timpului de curgere. Soluția este introdusă în viscozimetru prin pâlnia PF-2. După termostatizare timp de 15 minute la 20 ± 0,1°C, se măsoară timpul de curgere al soluției. Se efectuează măsurători și pentru diluții succesive ale soluției inițiale, la concentrații de 75%, 60% și 50% față de concentrația inițială. Fiecare măsurare se repetă de cel puțin trei ori. Se măsoară, de asemenea, timpul de curgere al solventului (soluția de NaCl 1%).

Prelucrarea rezultatelor. Conform datelor obținute se determină viscozitatea specifică, conform formulei:

$$\eta_{specif.} = \frac{t - t_0}{t_0} \qquad (2)$$

unde: t – timpul de curgere a soluției, sec.

t_0 – timpul de curgere a dizolvantului, sec.

Vîscozitatea s-a determinat conform formulei:

$$\eta_{redusa.} = \frac{\eta_{specif.}}{C} \qquad (3)$$

unde: C – concentrația pectinei, g/100ml.

S-a construit graficul dependenței η_{redus} de C și s-a determinat viscozitatea caracteristică (η) extrapolată față de C=0. Masa moleculară s-a calculat conform formulei:

$$\lg M = \frac{\lg[\eta] - \lg 1{,}1 \cdot 10^{-5}}{1{,}22} \qquad (4)$$

2.2.3 Metoda polarografică de studiu a fixării cationilor de metale cu ajutorul pectinelor (SM GOST R 51301:2003)

Principiul metodei. Determinarea se bazează pe reducerea electrochimică reversibilă a ionilor de metale grele (plumb și cadmiu) pe un electrod cu picături de mercur (DME – dropping

mercury electrode), în prezența unui electrolit de fond de KCl 0,1 M. Reducerea are loc la potențiale caracteristice semiundelor, de –0,40 V pentru Pb^{2+} și de –0,60 V pentru Cd^{2+}. În condiții de temperatură și compoziție constante ale electrolitului, potențialul de semiundă este specific fiecărui ion și independent de concentrația sa. Curentul maxim de difuziune (id) este proporțional cu concentrația ionului și reflectă mobilitatea acestuia spre suprafața electrodului. Scăderea curentului de difuziune în prezența pectinelor indică formarea de complexe pectină–metal, ceea ce reduce concentrația ionului liber în soluție.

Echipamente de analiză și pregătirea soluțiilor. Determinările au fost efectuate la polarograful „ПУ–I" în regim diferenţial şi clasic. Măsurările au fost executate în celulă închisă termostatată la temperatura de 25±0,2°C. În calitate de electrod de referinţă s-a utilizat electrodul de calomel saturat, drept electrod de lucru a servit electrodul cu picături de mercur cu perioada de picurare τ=2,3 s., m=1,47 mg/s, fon KCl 0,1 M la un potenţial egal cu zero. Ca electrod de comparaţie s-a luat electrodul calomel. Electrodul constă din pasta din mercur şi calomel (Hg_2Cl_2), fiind introdusă în soluţia saturată de clorură de potasiu. Soluțiile cationilor de cadmiu și plumb au fost preparate utilizând apă bidistilată, prin dizolvarea sărurilor recristalizate de nitrat de cadmiu, respectiv nitrat de plumb. Măsurarea pH-ului acestor soluții s-a realizat cu ajutorul unui pH-metru de laborator, model pH-121. Rezultatele emise de polarograf sub formă de înălţime a undei în mm, au fost recalculate în valori ale intensităţii, unde 1 mm corespunde 0,2 μA.

Modul de lucru. În prima etapă a experimentului, s-au analizat polarografic soluțiile de pectine, sucuri și extracte apoase pentru a verifica absența undelor polarografice în domeniul potențialelor specifice electrolitului de fond (KCl 0,1 M), asigurând astfel că aceste componente nu generează semnale interferente în zona de interes electrochimic.

Ulterior, s-au înregistrat succesiv trei tipuri de polarograme, după cum urmează:

Etapa I: Polarograma soluției standard ce conține cationul de plumb (Pb^{2+}), cu concentrația fixată la $1{,}0 \cdot 10^{-4}$ mol/L.

Etapa II: Polarograma amestecului format din soluția de Pb^{2+} și pectină, în raporturi molare cation:pectină de 1:1 și 1:6.

Etapa III: Polarograma amestecului ce conține cationul de Pb^{2+}, pectină și o cantitate definită de suc sau extract vegetal.

Toate analizele au fost efectuate în aceleași condiții experimentale, păstrând constantă concentrația cationului. Modificările în intensitatea curentului de difuziune au fost interpretate ca

indicatori ai gradului de complexare și fixare a ionilor de plumb de către pectine, respectiv de către componentele extractelor vegetale.

Polarograma I (de referință) a fost obținută prin metoda standard, prin introducerea în celula polarografică a 10 ml de electrolit de fond (KCl 0,1 M) și adăugarea a 0,5–1,0 ml din soluția standard de cation metalic (Pb^{2+} sau Cd^{2+}), astfel încât concentrația finală a ionului să fie de $1{,}0 \cdot 10^{-4}$ mol/L.

Polarograma II a fost înregistrată după amestecarea soluției de cation metalic cu soluția depectină în raporturile molare investigate (1:1 și 1:6).

Amestecul a fost incubat timp de 30 de minute pentru a permite formarea complexelor metal–pectină, după care s-a transferat un volum corespunzător în celula polarografică, menținând concentrația finală a cationului la $1{,}0 \cdot 10^{-4}$ mol/L. Scăderea înălțimii undei polarografice în comparație cu Polarograma I indică fixarea cationului de către pectină. Gradul de fixare (Δh_1) a fost evaluat prin diferența dintre înălțimile undelor celor două polarograme (h_I – h_II).

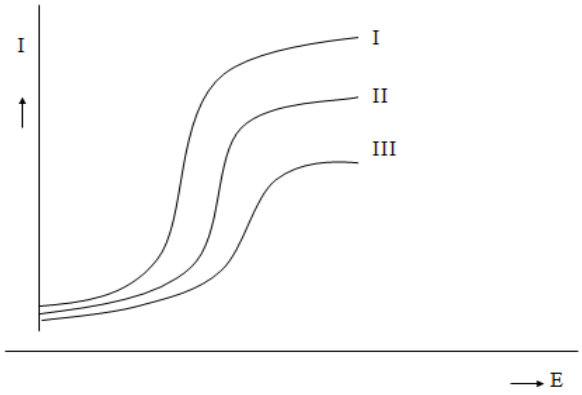


Fig. 2.4 Tipul polarogramelor de reducere a cationilor metalelor cercetate

Polarograma III a fost obținută prin adăugarea soluției de pectină în suc sau extract vegetal, urmată de amestecarea cu soluția de cation metalic în raportul molar stabilit. Amestecul a fost incubat 30 de minute, după care s-a transferat în celulă un volum din această soluție, astfel încât concentrația finală de cation să rămână $1{,}0 \cdot 10^{-4}$ mol/L. Înălțimea undei rezultate (h_III) reflectă capacitatea de fixare a pectinei în prezența matricei alimentare. Diferența dintre h_II și h_III (Δh_2) exprimă gradul suplimentar de fixare în sistemul pectină–suc/extract.

Determinările s-au efectuat în triplicat, iar valorile Δh (Δh_1 și Δh_2) au fost exprimate ca medie aritmetică a diferențelor înălțimii undelor polarografice. Această mărime este denumită în continuare gradul de fixare al cationului metalic de către pectină.

Prelucrarea rezultatelor. Concentraţia soluţiilor de pectină s-a calculat reieşind din formula masei echivalente conform GOST 30707-2001:

$$M.E. = \frac{176 + 0{,}14E}{0{,}01Pu - 0{,}0001 \cdot Pu \cdot E} \qquad (5)$$

unde: E – gradul de eterificare a pectinei, %;

Pu – conţinutul de pectine, %.

2.2.4 Metodă de estimare a compatibilităţii pectinei cu alte ingrediente ale SABA

Pentru realizarea creării SABA – dezintoxicante pe bază de pectină şi materie primă vegetală este necesară aprecierea compatibilităţii, astfel şi aprecierea acţiunii materiei prime vegetale, a capacităţii pectinei de a fixa metalele toxice.

Metoda polarografică a fost extinsă în vederea evaluării compatibilității componentelor sistemelor adsorbante biologic active (SABA), destinate eliminării cationilor de metale grele din organismul uman (tab. 2.7)

Tabelul 2.7 Valorile $E_{1/2}$ ale cationilor de metale grele cu efect toxic

Nr	Cationul de metal	$E_{1/2}$, undele reducerii cationului în prezența soluției de fon KCl 0,1 M, V
1	Plumb	0,39
2	Cadmiu	0,60
3	Cupru	0,23
4	Mercur	0,32
5	Zinc	0,99

Din analiza polarografică au fost excluși acei cationi metalici a căror reducere pe electrodul cu picături de mercur generează unde polarografice distincte numai în medii apoase puternic acide sau puternic alcaline, având potențiale de semiundă ($E_1/_2$) semnificativ diferite, conform datelor prezentate în tab. 2.7.

Condiţiile principale de estimare a influenţei ingredientelor compoziţiei SABA asupra capacităţii pectinei de a fixa cationii de metale toxice sunt următoarele:

1. cationul de metal trebuie să se reducă reversibil pe electrodul cu picături de mercur şi să înregistreze o undă polarografică clară pe fonul de soluţie apoasă a KCl;

2. pectina nu trebuie să conţină impurităţi capabile să se reducă în domeniul potenţialelor de reducere a cationului de metal;

3. componentele solubile în apă ale ingredientelor compoziţiei SABA nu trebuie să se reducă în domeniul potenţialelor de reducere a cationului de metal.

Analiza acestor factori permite crearea algoritmului metodei polarografice de estimare a influenţei componentelor asociate asupra capacităţii de fixare a pectinei, după cum urmează:

a) Controlul purităţii fonului soluţiei de pectină şi suc sau extract

Pentru verificarea purității electrochimice a soluțiilor utilizate, în celula polarografică se introduce soluția de electrolit de fond (KCl 0,1 M). Oxigenul dizolvat se îndepărtează prin barbotare cu un gaz inert (hidrogen sau azot), după care se înregistrează polarograma electrolitului (fig. 2.5, curba 1).

Ulterior, în aceeași celulă se adaugă soluția de pectină. După degazare, se înregistrează o nouă polarogramă. Dacă forma și poziția undei polarografice rămân neschimbate față de fonul inițial, se consideră că soluția de pectină nu conține impurități electroactive în domeniul de potențial analizat.

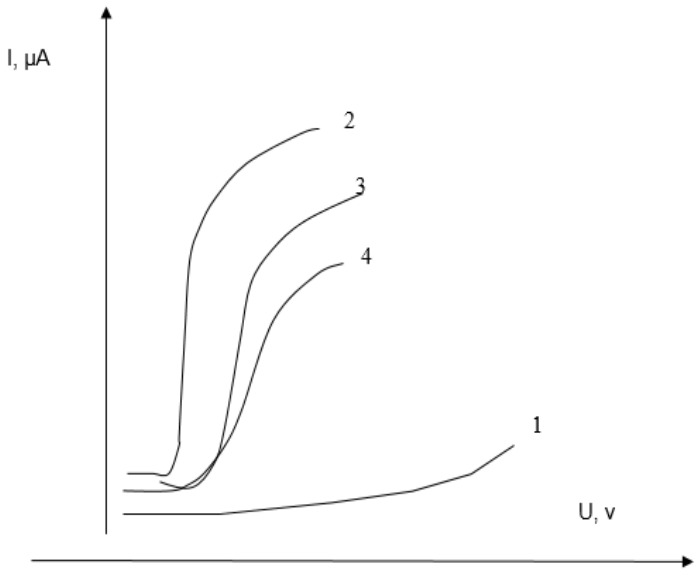


Fig. 2.5 Tipul polarogramelor de reducere a cationului de metal şi a electrolitului de fon: 1 – polarograma fonului; 2 – polarograma cationului de metal; 3– polarograma cationului de metal în prezenţa pectinei; 4 –polarograma cationului de metal în prezenţa pectinei şi sucului

În condițiile în care această cerință este îndeplinită, se adaugă în celulă proba de suc (fructe, pomușoare, legume) sau extract apos de plante medicinale.

După eliminarea oxigenului, se înregistrează polarograma sistemului rezultat. Absența modificărilor în polarogramă confirmă că sucul sau extractul respectiv nu conține specii electroactive care să interfereze cu determinarea cationilor metalici în domeniul potențialului lor de reducere.

În cazul în care, odată cu introducerea soluției de pectină, se observă apariția unor unde polarografice noi, aceasta indică prezența impurităților electroactive. În acest caz, preparatul de pectină se purifică prin reprecipitare cu etanol dintr-o soluție apoasă 5%. Sedimentul obținut este separat, uscat și mărunțit, apoi redizolvat pentru obținerea unei noi soluții, care este reevaluată din punct de vedere polarografic. De regulă, preparatele industriale de pectină sunt lipsite de astfel de impurități.

Dacă sucurile sau extractele vegetale conțin substanțe electroactive ale căror potențiale de semiundă ($E_1/_2$) coincid cu cele ale cationului analizat, interpretarea datelor polarografice devine semnificativ mai complexă, limitând posibilitatea unei evaluări corecte a capacității de fixare a metalelor grele.

b) Estimarea compatibilităţii pectinei şi componentelor asociate

După realizarea examinărilor prealabile s-a efectuat analiza obiectelor la compatibilitate. Pentru aceasta, în celula polarografică se adaugă un fon, după înlăturarea oxigenului se înregistrează polarograma fonului, apoi se adăugă soluţia cationului studiat, astfel ca ordinul concentraţiei lui în soluţie să constituie 10^{-4} M. După înlăturarea oxigenului se înregistrează polarograma de reducere a cationului (fig. 2.5, curba 2).

Soluțiile de cation metalic și pectină se amestecă separat într-un raport molar de 6:1 (pectină:metal), iar amestecul este lăsat în repaus timp de 30 de minute pentru a asigura formarea complexului. Ulterior, soluția obținută este introdusă în celula polarografică ce conține soluția suport, într-un volum reglat astfel încât concentrația cationului metalic să fie identică cu cea utilizată la înregistrarea polarogramei 2. După degazarea soluției prin îndepărtarea oxigenului dizolvat, se înregistrează polarograma (fig. 2.5, curba 3).

Separat, se prepară o soluție de pectină în sucul sau extractul apos analizat, având aceeași concentrație cu cea a soluției apoase utilizate anterior. Aceasta se amestecă cu soluția de cation metalic, menținând același raport molar de 6:1. După o perioadă de echilibrare de 30 de minute, amestecul este introdus în celulă în condiții care asigură păstrarea neschimbată a concentrației cationului metalic. După degazare, se înregistrează polarograma corespunzătoare (fig. 2.5, curba 4).

În funcție de efectul componentelor matricei asupra capacității de complexare a pectinei față de cationul analizat, înălțimea curbei 4 poate fi mai mică, egală sau mai mare decât cea a curbei 3. Aceste variații reflectă, respectiv, inhibarea, neutralitatea sau facilitarea procesului de complexare, indicând modul în care componentele matricei interferează cu interacțiunea dintre pectină și ionul metalic.

Analiza calitativă a compatibilităţii pectinelor şi componentelor însoţite este compusă în felul următor. Dacă înălţimea undei 4 este mai mică decât înălţimea polarogramei 3, componentele asociate sporesc fixarea cationilor, dacă polarogramele 3 şi 4 coincid, componentele asociate nu influenţează fixarea cationului de metal. În cazul, în care înălţimea polarogramei 4 este mai mare decât înălţimea polarogramei 3 (curba 4), componentele asociate diminuează fixarea.

Analiza calitativă a compatibilităţii pectinelor şi componentelor materiei vegetale include următoarele etape. În urma prelucrării polarogramelor obţinute 2,3,4, s-a determinat înălţimele: h_2, h_3, h_4, respectiv. Apoi se determină diferenţa înălţimilor $\Delta h_1 = h_2 - h_3$ şi $\Delta h_2 = | h_2 - h_4 |$. Diferenţa înălţimilor Δh_1 ale polarogramelor 2 şi 3 corespunde fixării cationului de metal cu pectină. Valoarea Δh_1 se consideră că este echivalentă cu 100%. Diferenţa Δh_2 dintre înălţimile polarogramelor 2 şi 4 corespunde fixării, în prezenţa componentelor asociate a cationului de metal cu pectină. Gradul de fixare L a cationului de metal, în %, se calculează conform formulei:

$$L = \frac{h_2 - h_4}{h_2} \cdot 100 \qquad (6)$$

Gradul de fixare L_1 a cationului de metal de către componentele materiei vegetale cu pectină, raportat la fixarea cationului de metal de către pectină, în % , se calculează conform formulei :

$$L_1 = \frac{\Delta h_2}{\Delta h_1} \cdot 100 \qquad (6')$$

În cazul coinciderii înălţimilor undelor 3 şi 4, adică în lipsa influenţei componentelor asociate asupra fixării cationului de metal $\Delta h_1 = \Delta h_2$, iar L = 100%. Depăşirea acestei valori dovedeşte despre influenţa pozitivă a componentelor asociate asupra fixării cationului de metal şi, invers, în cazul în care L < 100% se urmăreşte o influenţă negativă a componentelor asociate asupra fixării cationilor de metale.

c) Prelucrarea statistică a rezultatelor

Pentru interpretarea statistică a datelor experimentale a fost utilizat programul *Excel* din pachetul *Microsoft Office*, analiza fiind fundamentată pe următoarele determinări:

- valoarea medie a rezultatelor obţinute: $\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{n=1}^{n} x_i$ (7)

- devierea medie (eroarea probabilă a fiecărei determinări) Δx: $\Delta x_i = x_i - \bar{x}$ (8)

- devierea medie relativă: $\bar{d}_r = \frac{\bar{d} \cdot 100}{\bar{x}}\%$ (9)

- pătratul erorii probabile a fiecărei determinări: $\Delta X^2; \Delta X_1^2; \Delta X_2^2 \ldots \Delta X_n^2$ (10)

- eroarea medie pătratică S: $S = \sqrt{\frac{\sum \Delta X_n^2}{n-1}}$ (11)

- eroarea medie pătratică relativă: $\bar{S}_r = \frac{\bar{S} \cdot 100}{\bar{x}}\%$ (12)

- intervalul de încredere $\varepsilon(x)$: $\varepsilon(x) = \pm t \cdot S(\bar{x})$ (13)

unde: t – coeficientul Student (tabelar);

- valoarea reală A: $A = \bar{x} \pm \varepsilon(x)$ sau $\bar{x} - \varepsilon(x) \le A \ge \bar{x} + \varepsilon(x)$ (14).

Polarogramele au fost prelucrate utilizând metoda tradițională, prin măsurarea înălțimii undelor fie în milimetri (mm), fie în microamperi (μA). Se consideră că, în cazul undelor de reducere a cationilor metalici cu înălțimi ce depășesc 100 mm, eroarea grafică de prelucrare a rezultatelor nu depășește 3%, valoare care, în practică, nu influențează semnificativ asupra determinărilor.

2.2.5 Metoda de determinare a capacității de umflare

În păhar de sticlă se cântărește proba cu masa de 1,0 g, se adaugă 5,0 ml de apă la temperatura de 19-22ºC. Amestecul se agită și se supune procedurii de hidratare timp de 30 minute. Apa se scurge, iar sedimentul se cântărește. Coeficientul de umflare reprezintă raportul masei amestecului umflat către masa produsului inițial.

2.2.6 Metoda de determinare a activității antioxidante

Determinarea activității antioxidante a fost realizată prin metoda curbei de calibrare, utilizând standardele de referință corespunzătoare (Trolox sau quercetină). Datele experimentale obținute au fost înregistrate digital și ulterior prelucrate statistic cu ajutorul programului *Microsoft Excel 2007*. Pe baza valorilor absorbantei corespunzătoare diferitelor concentrații ale standardului a fost generată curba de calibrare, fiind determinată ecuația de regresie liniară. Această ecuație a fost utilizată pentru cuantificarea concentrației echivalente de Trolox sau quercetină în probele analizate, exprimată în μg/ml (fig. 2.6, 2.7)

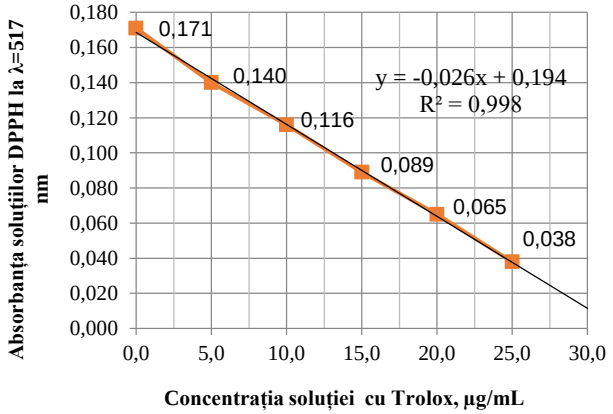


Fig. 2.6 Graficul curbei de calibrare şi ecuaţia de regresie pentru determinarea activității antioxidante echivalente soluțiilor cu Trolox

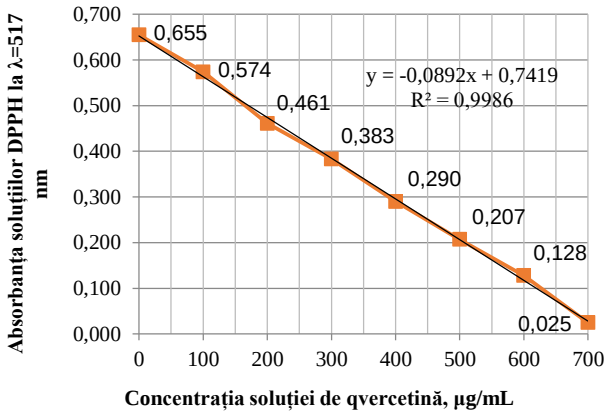


Fig. 2.7 Graficul curbei de calibrare şi ecuaţia de regresie pentru determinarea activității antioxidante echivalente quercetinei

În urma prelucrării datelor experimentale cu utilizarea programului *Microsoft Excel 2007,* au fost obţinute două ecuaţii de calcul a concentraţiei de trolox, şi respectiv de quercetină, cu ajutorul cărora s-a calculat capacitatea antioxidantă a extractelor.

2.2.7 Metoda de determinare a proteinei în cereale şi produse cerealiere (Procedură specifică PS 06 – DTA 1)

Principiul metodei. Reacţia dintre aminoacizi şi ionii de Cu^{2+} conferă soluției culoarea albastră (reacţia Biuret) cu maximum de absorbţie la 540 nm, însă complexul poate fi stabilizat prin adăugarea reactivului Folin-Ciocalteu care schimbă culoarea în albastru violet şi are maximum de absorbţie la 750 nm. Intervalul de măsurare a concentraţiei masice în soluţiile de lucru a proteinei este de la 0,010 mg pînă la 0,100 mg/ ml.

Prepararea soluției standard de proteină de origine vegetală. Pentru prepararea soluției standard de proteină de origine vegetală cu concentrația de 1,0 mg/ml în 100, se dizolvă cantitatea necesară de proteină în apă distilată. Soluția obținută se diluează ulterior pentru a obține concentrația de 0,1 mg/ml, adăugând cantitatea corespunzătoare de apă distilată până la atingerea concentrației dorite.

Extracția proteinei din cereale. Pentru extracția proteinei din materialul vegetal (cereale), se utilizează un eșantion mărunțit cu masa de 1,0 g, care se pune într-un vas de 50 ml cu apă distilată. Ulterior, se adaugă 30 ml de soluție NaOH 0,1 N, care favorizează distrugerea peretelui celular și facilitează procesul de extracție a proteinei din materialul vegetal. Amestecul obținut se încălzește la o temperatură de 40°C într-o baie de apă, asigurându-se agitarea constantă cu ajutorul unei palete magnetice până când materialul solid se dizolvă complet în soluție. După finalizarea procesului de dizolvare, amestecul se răcește la temperatura de 25°C. Soluția obținută se transferă într-un balon cotat de 100 ml şi se aduce pînă la cotă cu apă distilată.

Reactivul Biuret a fost pregătit prin dizolvarea a 1,5 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ și 6,0 g $C_4H_4O_8KNa$ în 500 ml apă distilată, urmată de adăugarea a 300 ml NaOH 10%. Volumul final a fost ajustat la 1000 ml cu apă distilată.

Pentru analiza proteinelor, au fost utilizate mostre de cereale omogenizate, supuse analizei prin metoda Kjeldahl pentru calibrarea sistemului. Spectrofotometrul a fost preîncălzit timp de 30 de minute, iar lungimea de undă a fost setată la 750 nm.

În scopul construirii curbei de calibrare, au fost pregătite 6 soluții standard cu volume de 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 și 6,0 ml dintr-o soluție standard de proteină (0,1 mg/ ml). Fiecare soluție a fost

completată cu apă distilată până la 10,0 ml. La fiecare soluție au fost adăugate 5,0 ml de reactiv Biuret, amestecul fiind agitat și lăsat în repaus timp de 30 de minute în întuneric. După acest interval, s-au adăugat 0,5 ml de reactiv Folin-Ciocalteu, lăsându-se încă 30 de minute la întuneric.

Solventele au format o colorație albastru-violet, a cărei intensitate este proporțională cu concentrația proteică. Absorbția acestora a fost măsurată la 750 nm, utilizând drept martor o soluție de apă distilată cu sulfat de cupru și reactiv Folin-Ciocalteu, care a fost păstrată în întuneric timp de 30 de minute.

Pe baza valorilor de absorbție obținute pentru soluțiile standard, s-a construit curba de calibrare. S-au observat variații între valorile de absorbție corespunzătoare aceleași concentrații de proteină, însă curba de calibrare bazată pe datele obținute din metoda Kjeldahl a fost validată ca având un grad înalt de veridicitate și a fost utilizată pentru determinarea concentrației de proteine în probele de cereale (fig. 2.8).

Pregătirea probelor de cereale pentru analiza proteinelor. Se prelevează o cantitate de 1 g de probă solidă (cereale), la care se adaugă 25 ml apă distilată pentru a obține o suspensie omogenă. Pentru procesul de degresare, se adaugă 20 ml de eter-petroleic**,** iar amestecul este agitat timp de 20 de minute pentru a permite extragerea componentelor grase.

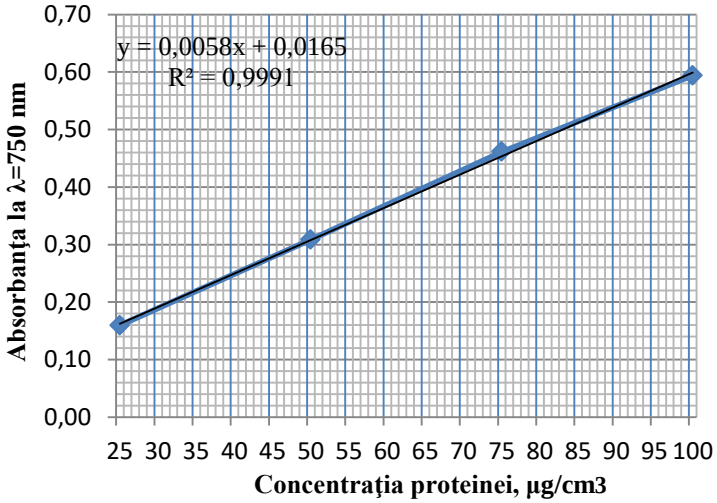


Fig. 2.8 Graficul de calibrare a soluţiilor de proteină

După aceasta, se lasă să se decanteze timp de 5 minute, iar stratul superior lipofil se îndepărtează. Soluția rămasă se completează la volum de 100 ml cu apă distilată. Din această soluție, se iau 1 ml care se transferă într-o eprubetă, la care se adaugă 5 ml reactiv Biuret. Amestecul se agită și se lasă la repaus timp de 30 de minute în întuneric. După acest interval, se adaugă 0,5 ml de reactiv Folin-Ciocalteu și se lasă încă 30 de minute.

Soluția obținută, de culoare albastru-violet, se măsoară la spectrofotometru. Ca mostră de control se utilizează apă cu soluție de sulfat de cupru și reactiv Folin-Ciocalteu, plasată în întuneric timp de 30 de minute. Absorbția mostrelor se determină la lungimea de undă de 750 nm.

Prelucrarea rezultatelor. Concentraţia masică de proteină, $X_{pr.}$ în g/100 produs, s-a calculat prin formula: $$X_{pr} = \frac{g*k*100}{m} \quad (15)$$

unde: g – valoarea determinată conform graficului de calibrare a proteinei în mg/ ml;

k – gradul final al diluţiei, echivalent cu 1000;

m – masa probei analizate, g ;

Calculul s-a efectuat pînă la a 2-a cifră zecimală. Rezultatul final al conţinutului proteinei s-a luat media aritmetică a rezultatelor (X) a 2 determinări paralele, diferenţa admisă nu nedepăşind 0,1%.

2.2.8 Metodă de determinare a conţinutului de amidon în cereale şi produse procesate (Procedură specifică PS 05 – DTA 1)

Principiul metodei. Metoda spectrofotometrică de determinare a conţinutului de amidon în produse cerealiere, este bazată pe reacţia de formare a complexului color dintre componentele amidonului şi ionii de iod în soluţii apoase. Intervalul de măsurare a concentraţiei masice în soluţiile de lucru a amidonului este de la 0,020 pînă la 0,200 mg/ ml.

Pregătirea soluțiilor. Au fost pregătite 2 tipuri de soluţii standard:

*a) soluţia de iod în iodură de potasiu cu concentraţia de 1,0 mg/*ml - pentru prepararea soluţiei de iod în iodură de potasiu, 12,70 g de iod cristalic s-au dizolvat în 60 ml de apă distilată, la care s-au adăugat 40 g de iodură de potasiu (KI). Amestecul a fost agitat până la dizolvarea completă a iodului cristalin. Ulterior, volumul soluţiei a fost ajustat la 1000 ml, utilizând apă distilată. Concentraţia soluţiei preparate este de 1,0 mg/ml.Această soluţie va fi utilizată pentru diferite analize, în special în titrările iodometrice, datorită capacităţii iodului de a reacţiona cu agenţi reducenţi, precum şi pentru stabilirea concentraţiei de substanţe prin reacţii de oxidare-reducere.

b) soluţia standard de amidon- pentru prepararea soluţiei standard de amidon, 0,1 g de probă de amidon a fost introdus într-un pahar de 100 ml, la care s-au adăugat 20 ml de soluţie de NaOH cu concentraţia 0,1 N. Amestecul a fost plasat într-o baie de apă fierbinte (80°C) timp de 5 minute, amestecând continuu. După această perioadă, soluţia a fost lăsată să se răcească, apoi a fost acidificată cu acid acetic până la un pH de 5,0 – 5,3. Volumul soluţiei a fost ajustat la 100 ml cu apă distilată. Soluţia standard de amidon astfel obţinută va fi utilizată pentru calibrarea spectrofotometrului, care a fost inclus cu 30 de minute înainte de măsurători, iar lungimea de undă a fost setată la 600 nm pentru a optimiza absorbţia.

Modul de lucru. Pentru construirea graficului de calibrare, s-a preparat soluțiile de amidon (0,2 mg/ ml) și iod în iodură de potasiu (0,6 mg/ ml). În 6 eprubete se adăugă volume variate de soluție de amidon (0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 ml), completate cu apă distilată până la 10 ml. Fiecărei soluții se adăugă 1,0 ml soluție de iod, formând complexul amidon-iod. Absorbanta fiecărei soluții se determină la lungimea de undă 600 nm, folosindu-se apă cu iodură de potasiu (3:1). ca probă de control. Graficul de calibrare se construiește pe baza valorilor obținute.

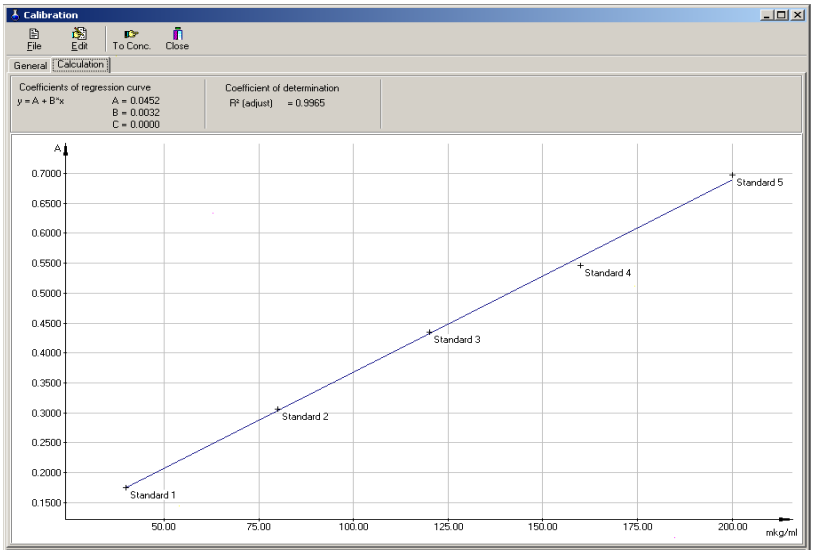


Fig. 2.9 Graficul de calibrare a soluţiilor de amidon

Pregătirea probelor. Proba mărunțită de 0,5 g se plasează într-o fiolă de 500 ml, la care se adaugă 300 ml apă distilată încălzită la 50°C. Amestecul se agită și se încălzește pe baia de apă până la 95°C, menținându-se această temperatură timp de 3 minute. După fierbere, soluția se răcește la temperatura camerei. Soluția obținută se transferă cantitativ într-o fiolă gradată de 500 ml și se completează cu apă distilată până la menisc.Soluția se filtrează printr-un filtru de hârtie cu densitate înaltă. La 10 ml din soluția filtrată, se adaugă 1 ml soluție de iod. Absorbanta soluției colorate în albastru se măsoară, iar soluția de control constă în 10 ml apă distilată și 1 ml soluție de iod. Conform graficului de calibrare, se determină conținutul de amidon din probă, exprimat în mg/10 ml.

Prelucrarea rezultatelor. Concentraţia masică de amidon, $X_{am.}$ în g/100g produs, s-a calculat prin formula:$X_{am} = \frac{g \cdot 100 \cdot V}{m \cdot 1000 \cdot 10}$(16)

unde: g – valoarea determinată conform graficului de calibrare a amidonului în mg/10 ml;

V – volumul total a soluţiei, ml;

m – masa probei analizate, g. Calculul s-a efectuat pînă la a 2-a cifră zecimală.

2.2.9 Metodă de determinare a acrilamidei în alimente tratate termic (Procedură specifică PS 08 – DTA 1)

Principiul metodei. Metoda constă în degradarea acrilamidei sub acțiunea hidroxidului de sodiu cu formare de amoniac, ulterior captarea acestuia cu acid boric. La reacția cu acid clorhidric,

s-a efectuat titrarea inversă cu verde de brom-cresol, similar metodei Kjeldahl pentru determinarea azotului total în alimente.

Echipament de analiză. Pentru analiză a fost utilizată următoarea instalație (fig. 2.10).

Modul de lucru.Inițial a fost supusă descompunerii o probă de acrilamidă pură, cu masa de 0,010g, care a fost transferată în balonul sferic de sticlă, unde s-a adăugat 80 ml apă distilată și 60 ml NaOH. La încălzire, procesul a derulat conform a trei etape:

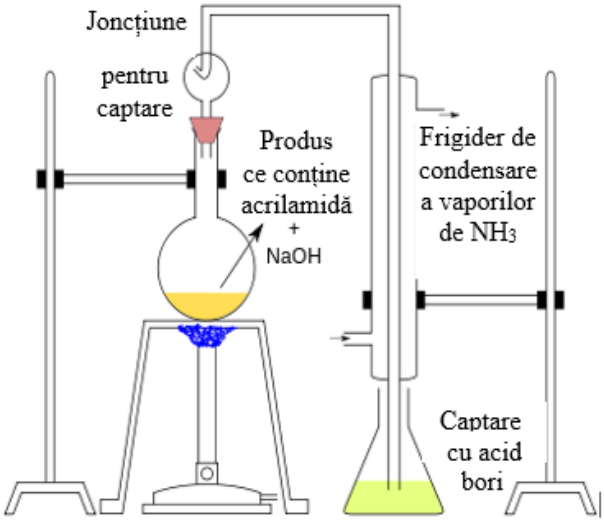


Fig. 2.10 Instalație de descompunere a acrilamidei

1) Reacția dintre acrilamidă și hidroxid de sodiu cu eliberarea de amoniac:

$$CH_2CHC(O)NH_2 + NaOH \rightarrow CH_2CH(O)ONa + NH_3\,(gaz)$$

2) Captarea amoniacului cu soluție de acid boric:

$$B(OH)_3 + H_2O + NH_3 \rightarrow NH_4B(OH)_4$$

3) Titrarea inversă cu acid clorhidric în prezența verde de brom-cresol :

$$NH_4B(OH)_4 + HCl \rightarrow B(OH)_3 + NH_4Cl + H_2O$$

Volumul soluției de acid clorhidric 0,2N, ce s-a consumat la titrare a fost de 1,06 ml.

După titrarea inversă derulată, a fost stabilit că volumul de amoniac eliberat corespunde descompunerii a 70% din cantitatea inițială de acrilamidă, prin urmare, reacția dintre această substanță și hidroxidul de sodiu are randamentul de 70% (0,70).

0,010 g acrilamidă x 0,70 = 0,007 g

Volumul balonului ce conține apă și soluție de hidroxid de sodiu:V = 80 ml + 60 ml = 140 ml

Concentrația acrilamidei ce s-a descompus cu eliberarea de amoniac:

$$C = 0{,}007\ g : 140\ ml = 0{,}00005\ g/\ ml = 50 \times 10^{-6}\ g/\ ml = 50\ \mu g/\ ml$$

Proba cu conținut de borat de amoniu $NH_4B(OH)_4$ ce corespunde descompunerii a 50 µg/ ml de acrilamidă, a fost transferată în chiuvetă de sticlă cu grosimea stratului de analizat 1 cm și a fost stabilit că energia maximă de absorbție se atestă la 430 nm (fig. 2.11). Absorbanța a avut valoarea de 0,15. În baza acestui experiment au fost pregătite soluții de calibrare care au avut valori ce

corespund conținutului de acrilamidă descompusă și măsurate spectrofotometric la aceeași lungime de undă 430 nm, a vedea tab. 2.8, respectiv fig. 2.12.

Tabelul 2.8 Valorile concentrațiilor echivalente acrilamidei și a absorbanțelor soluțiilor de borat de amoniu

Nr.	Numărul soluțiilor	1	2	3	4	5
1	$C_{Acrilamidă,}$ µg/ ml	10,00	25,00	50,00	75,00	100,00
2	Absorbanța, unit. optice	0,029	0,076	0,152	0,226	0,310

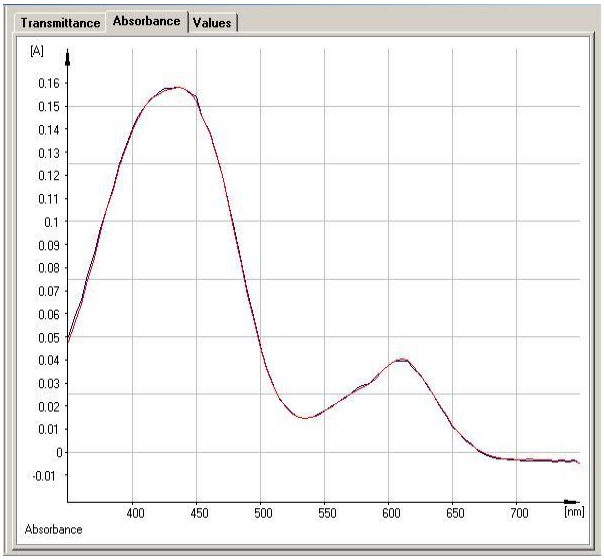


Fig. 2.11 Spectrul de absorbție a energiei pentru soluția de borat de amoniu

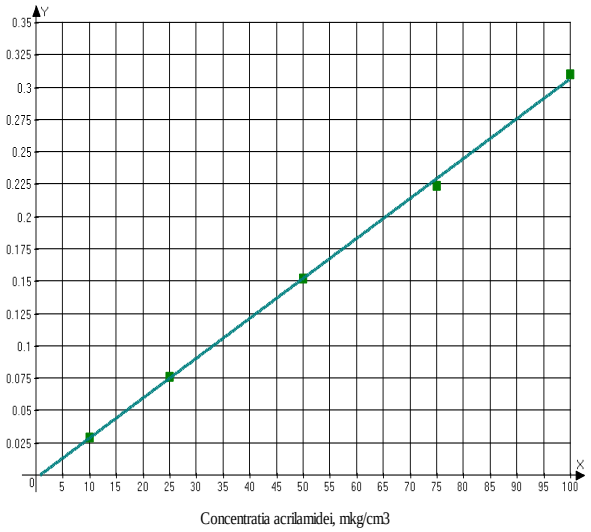


Fig. 2.12 Graficul de calibrare a soluțiilor borat de amoniu

Probe de cereale mărunțite de 10,0 g se transferă într-o colbă sferică a instalației Kjeldahl, la care se adaugă 80 ml apă distilată și 60 ml soluție de NaOH 25%. Acrilamida prezentă în produs, sub acțiunea bazei alcaline, se descompune cu degajare de amoniac. Amoniacul este condensat împreună cu vaporii de apă și captat de acidul boric, formând borat de amoniu. Soluțiile obținute sunt măsurate spectrofotometric pentru a determina concentrațiile corespunzătoare de acrilamidă.

Se stabilește că, în produsele în care concentrația de acrilamidă depășește 150 µg/kg, se poate aplica metoda de determinare bazată pe titrare cu verde de brom-cresol, iar în cazul concentrațiilor mai mici de 150 µg/kg, este recomandată aplicarea metodei spectrofotometrice.

Prelucrarea rezultatelor. Formula de calcul pentru metoda titrimetrică:

$C_{pr.} = V_{pr.} \times C_{st.} \times 1000 / V_{st.} \times m_{pr.}$(17)

Formula de calcul pentru metoda spectrofotometrică, la $\lambda = 430$ nm:

$$C_{pr.} = A / 0{,}003 \quad (18)$$

unde: $C_{pr.}$ – concentrația acrilamidei în proba de produs alimentar, µg/kg;

$V_{pr.}$ – volumul de soluție 0,2N HCl consumat la titrarea inversă soluției obținută din proba pentru analiză, ml;

$C_{St.}$ – conținutul de acrilamidă luată ca proba standard, g;

$V_{St.}$ – volumul de soluție 0,2N HCl consumat la titrarea inversă a probei standard, ml;

$m_{pr.}$ – masa probei luată la analiză, g;

A – absorbanța soluției obținute din proba pentru analiză;

0,003 – coeficientul de calcul stabilit conform graficului de calibrare.

2.2.10 Metodă de determinare a fibrelor alimentare (Procedură specifică PS 07 – DTA 1)

Principiul metodei. Metoda de determinare se bazează pe tratări enzimatice consecutive pentru descompunerea compușilor macromoleculari amidon, proteină și lipide; urmate de filtrare, uscare și determinare gravimetrică a fibrelor alimentare în produse vegetale.

Modul de lucru. Pentru produse cerealiere, ce conțin proteine de la 3,0% (porumb) pînă la 16,0% (ovăz) s-a constatat că sunt necesare 2 etape de macerare enzimatică:

a) proteică (scindare pînă la peptide în mediu puternic acid);

b) combinată (proteică, lipidică și amilolitică);

Pentru fructe/produse procesate din fructe ce conțin pectină de la 3,6% pînă la 9,8 % sunt necesare de asemenea 2 etape, obligatoriu ca prima să fie tratarea pectolitică, urmată de cea combinată. Probe de cereale și fructe au fost uscate în etuvă la 105°C pînă la umiditatea de 4-5%, apoi au fost mărunțite pînă la structură de pulberi.

Au fost pregătite următoarele soluții :

1) 5M HCl mediu pH=1,5 și preparat enzimatic Enzinorm ce conține pepsină;

2) 1M NaOH;

3) 0,05M soluție tampon fosfatică cu concentrația pancreatinei de 5mg/ ml;

4) preparat amilolitic cu concentrația de 1,0 g/L;

5) preparat pectolitic Enovin cu concentrația de 0,3 g/L.

Pulberile de cereale cu mase de 5,0g au fost degresate cu hexan timp de 20 min., apoi tratate cu soluția 5M HCl și preparat Enzinorm timp de 1 oră în termostat la temperatura de 40°C. În acest timp a avut loc descompunerea proteinelor și a parțial a amidonului. A urmat neutralizarea cu soluția de 1M NaOH pînă la valori pH=6,8 după care s-a adăugat soluţie de pancreatină de 5mg/ml în

0,05M soluţie tampon fosfatică și s-a menținut în termostat 1 oră la temperatura de 37°C. Dat fiind faptul că mostrele de cereale posedă conținut înalt de amidon, a fost necesar adiția soluției cu preparat amilolitic de 1,0 g/L și menținerea în termostat la temperatura de 37°C pe o durată de 12 ore.

Pulberile de fructe cu mase de 5,0g au fost tratate cu soluția de preparat pectolitic Enovin la temperatura de 47°C cu menținere în termostat timp de 1 oră. Scindarea pectinei în fragmente mai mici a fost necesară pentru a face substratul de fructe să fie accesibil pentru tratările ulterioare cu enzime. A urmat tratarea cu soluția tampon fosfatică 0,05M și concentrația pancreatinei de 5mg/ml timp de 1 oră la temperatura de 37°C, care a descompus proteina, lipidele și conținutul minor de amidon.

Soluțiile conținând mostrele de produs, după tratamentele enzimatice, au fost filtrate cu ajutorul hârtiei de filtru, apoi uscate în etuvă. Determinarea maselor sedimentelor s-a realizat utilizând balanțe analitice, cu o precizie de ±0,0001 g.

Pentru determinarea conținutului de fibre, s-a luat în considerare și fracția de masă a cenușii pentru fiecare mostră. În acest scop, a fost necesară mineralizarea prin arderea mostrelor în cuptor, la o temperatură de 600°C**.**

Prelucrarea rezultatelor. Formula de calcul pentru conținutul de fibre totale, în g/100g produs cercetat, a fost determinată după cum urmează:

$$M_{\text{Fibre totale}} = (m_1 \times 100 / m_2) - m_3 \quad (19)$$

unde: m_1 – masa produsului luată pentru analiză, pînă la uscare în etuvă, g;

m_2 – masa mostrei după tratări enzimatice și uscare, g;

m_3 – masa cenușii, după ardere în sobă de mineralizare, raportată la 100 g produs, g.

Metodele de analiză cu statut de Proceduri specifice **: *PS 05 – DTA 1*** (determinarea amidonului), ***PS 06 – DTA 1*** (determinarea proteinei), ***PS 07 – DTA 1*** (determinarea fibrelor alimentare) și ***PS 08 – DTA 1*** (determinarea acrilamidei) au fost adaptate pentru efectuarea cercetărilor în produse cerealiere în Laboratorul verificarea calității produselor alimentare, Direcția Tehnologii Alimentare, IP IȘPHTA, în perioada 2022-2023.

2.2.11 Metoda diferențiată de evaluare a calității produselor

Principiul metodei. Metoda diferențiată constă în compararea produselor analizate cu un model-etalon de referință, utilizând indicatori singulari de calitate (Pi) care caracterizează proprietăți specifice ale produsului. Această abordare permite aprecierea gradului în care produsul evaluat

atinge nivelul de calitate al modelului-etalon în ansamblu, identificarea indicatorilor individuali care depășesc sau nu corespund valorilor etalon și analizarea diferențelor dintre acești indicatori.

Metoda diferențială permite evaluarea cantitativă a unor proprietăți distincte ale produsului, furnizând astfel un suport obiectiv pentru luarea deciziilor privind gestionarea și optimizarea calității. Fiecare caracteristică de calitate este exprimată printr-o valoare absolută, reprezentând un indicator singular de calitate. Valoarea absolută a indicatorului de calitate pentru unitatea *i* a produsului, notată *Pi*, poate varia într-un interval determinat de valorile sale extreme: P_i^{min} și P_i^{max}

Evaluarea calității se realizează prin compararea valorii *Pi* cu valoarea de referință corespunzătoare, P_i^{baz}. Corelație dintre valoarea actuală și valoarea de bază a unui indicator de calitate singular este reprezentată de ecuație:

$$K_i = f(P_i / P_i^{baz}) \quad (20)$$

unde: Ki - indicator relativ adimensional al calității produsului.

La evaluarea calității prin metoda integrată au fost luați în considerare și coeficienții de ponderare Mi corespunzători indicatorilor de calitate. Coeficientul de pondere este perceput ca o anumită funcție a probabilității atingerii fiecărui indicator individual de calitate ***i*** valoarii sale de bază.

Metoda integrată este o metodă de evaluare a nivelului calității produsului cu utilizarea indicatorului de calitate generalizat:

$$K_i = f(K_i, M_i) \quad (21)$$

Indicatorul relativ Ki standardizază evaluarea calităţii, ceea ce vă permite compara proprietățile produsului, indiferent de unitățile de măsură ale acestora.

În lucrare au fost analizate diferite amestecuri de materii prime, cum ar fi cerealiere, vegetale și oleaginoase.Ca bază pentru determinarea calității produselor au fost utilizați următorii indicatori de calitate: coeficientul de extruzie K1; umiditatea (%) - K2; fracția masică (%) - K3; procentul de umectare a amestecurilor umede/uscare - K4; pentru care au fost stabilite valorile Pi min, Pi max, Pi baz, Pi, Ki și Mi.

Indicatorii de calitate au fost analizați în funcție de temperatura (T, °C), presiunea (P, atm), timpul (t, sec) și umiditatea amestecului (U, %). Conform datelor, a fost calculat indicatorul de calitate singular, utilizând formula:

$$K_i = 1 - \left[C_i - C_i \frac{P_i}{P_i^{baz}} \right] \quad (22)$$

$$C_i = \frac{P_i^{baz}}{P_i^{\max} - P_i^{\min}} \qquad (23)$$

Pentru obținerea indicatorului de calitate generalizat, s-a calculat media aritmetică ponderată pentru întregul set de indicatori relativi.

$$K = \frac{\sum_i^n M_i}{\sum_i^n M_i / K_i} \qquad (24)$$

Indicatorul de calitate generalizat reflecta calitatea produsului într-un interval de la 0 la 1, unde valoarea 1 indica un produs 100% calitativ. Pentru optimizarea procesului de determinare a calității produsului, a fost aleasă Metoda Brandon. Conform acestei metode, a fost determinat un model matematic pentru calcularea coeficientului de calitate integral, în funcție de temperatură (T), presiune (P), timp (t) și umiditatea amestecului (U). Această relație a avut o dependență de natură neliniară. $K = \lambda \cdot f_1(T) \cdot f_2(P) \cdot f_3(t) \cdot f_4(U)$ (25)

Verificarea modelului matematic la compatibilitatea are loc conform criteriilor statistici (criteriul Fisher). Ecuaţia are sens atunci când dispersia mediei parametrului la ieşire:

$$S_y^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{u=1}^{N}(y_u - \bar{y})^2 \qquad (26)$$

unde: S^2_y- dispersia mediei parametrului la ieşire;

y_u – valoarea experimentală a parametrului la ieşire K_u;

$\bar{y}$ - valoarea medie a parametrului la ieşire (K);

este mai mare decât dispersia remanentă S^2_{rem}, $S_y^2 > S_{rem}^2$

$$S^2_{rem} = \frac{m}{f}\sum_{u=1}^{N}(K_u - K_{u\,\mathrm{mod}})^2 \qquad (27)$$

unde: $f = N \cdot m - l$ - numărul gradelor de libertate;

N – numărul de repetări;

m – numărul de repetări paralele (m=1);

Nm – numărul total al experienţelor.

În acest caz valorile dispersiilor trebuie să difere esenţial şi criteriul semnificativ (criteriul Fisher) va reprezenta raportul dispersiilor:

$$F = \frac{S_y^2}{S_{rem}^2} > 1 \qquad (28)$$

Dacă a fost îndeplinită condiția (28), s-a putut afirma că modelul matematic aproximează corect datele experimentale.

2.3 Analiza și delimitarea problematicii

1. În calitate de obiect de studiu au fost selectate materia primă vegetală, cerealieră și deşeurile industriei alimentare, precum și produsele rezultate în baza metodelor inovative. Pentru elaborarea produselor alimentare cu valoare biologică sporită au fost alese materii prime indigene cu conținut sporit de fibre alimentare.

2. A fost stabilit, că pentru determinarea indicilor esenţiali de calitate ai produselor elaborate pot fi utilizate atât metode standardizate de analiză (determinarea conținutului de fibre alimentare, capacitatea de reținere a apei și uleiului, porozitatea, indicii microbiologici, etc.), cât şi cele specifice moderne metoda UV/Vis pentru calcularea conținutul total de acriamid, de polifenoli etc.

3. A fost determinată metodologia de cercetare a produselor alimentare funcționale obținute din materii prime vegetale, având ca obiectiv evaluarea calității acestora prin analize senzoriale, fizico-chimice și microbiologice. De asemenea, s-a stabilit procedura de determinare a termenului de valabilitate, luând în considerare factorii, care influențează stabilitatea și siguranța produselor pe parcursul depozitării.

4. Modelarea matematică a procesului de extrudare a materiei prime cerealiere în funcție de parametri de calitate a produsului finit s-a determinat conform metodei diferențiate de evaluare a calității produselor.

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

Procesul de uscare a tescovinelor vegetale a fost intens studiat datorită potențialului său semnificativ în valorificarea deșeurilor biologice generate de procesarea fructelor, având aplicații importante în industria alimentară. Tescovinele vegetale, compuse dintr-o combinație complexă de pulpă, semințe, coji și alte componente vegetale, reprezintă o sursă valoroasă de nutrienți și substanțe bioactive, precum fenolii, care pot fi utilizate ulterior pentru obținerea unor produse cu valoare adăugată. Procesul de uscare nu doar că contribuie la reducerea volumului de deșeuri, dar îmbunătățește, de asemenea, stabilitatea, durabilitatea și versatilitatea produsului final, făcându-l potrivit pentru stocare pe termen lung și pentru diverse aplicații în industria alimentară (Li și al., 2017).

Printre cele mai utilizate metode de uscare se numără uscarea cu aer cald, uscarea prin infraroșu și tehnologiile hibride care combină aceste două abordări. Fiecare dintre aceste tehnici prezintă atât avantaje, cât și limitări, în funcție de parametrii procesului, precum temperatura, umiditatea relativă și viteza fluxului de aer. Uscarea cu aer cald este, în general, considerată metoda cea mai economică și accesibilă, fiind utilizată pe scară largă în industria alimentară datorită costurilor reduse. Cu toate acestea, această metodă poate determina un timp de uscare mai îndelungat și poate afecta calitatea produsului final, în special în ceea ce privește conținutul de compuși bioactivi și culoarea acestuia.

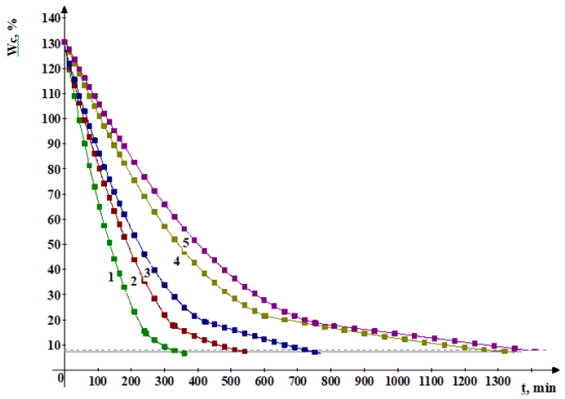
Uscarea prin infraroșu, în schimb, se distinge printr-o eficiență energetică superioară, având potențialul de a obține un produs final de calitate superioară, cu o retenție mai mare a substanțelor bioactive. Tehnologiile hibride, care presupun un pre-tratament cu aer cald urmat de uscarea prin infraroșu, oferă avantajul reducerii semnificative a timpului de uscare, concomitent cu îmbunătățirea transferului de umiditate. Aceste metode hibride permit obținerea unui produs mai uniform, cu o conservare nutrițională îmbunătățită și o stabilitate superioară (Iușan și al., 2020).

Optimizarea acestor tehnici de uscare poate fi realizată prin aplicarea unor modele matematice care descriu cinetica procesului de uscare, inclusiv modele empirice sau semi-teoretice, cum ar fi modelul Page și modelul Logaritmic. Aceste modele sunt esențiale pentru prezicerea comportamentului de uscare și pentru selecționarea parametrilor procesului care permit obținerea unor produse finale de înaltă calitate. În cadrul cercetărilor derulate, scopul principal este de a analiza detaliat caracteristicile procesului de uscare a tescovinelor vegetale utilizând aceste tehnici, evaluând modelele matematice cele mai adecvate și identificând parametrii critici pentru

optimizarea procesului de uscare, în vederea obținerii unui produs final cu proprietăți nutriționale și organoleptice îmbunătățite (Șleagun, 2024).

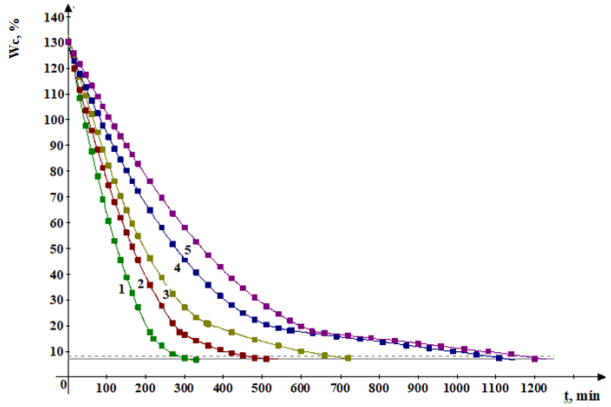
3.1 Cinetica procesului de uscare a tescovinei de mere, struguri, tomate prin convecție și convecție combinată cu IR în funcție de parametrii procesului

În cadrul cercetărilor efectuate, scopul principal a fost analiza procesului de uscare a tescovinei de mere, struguri și tomate, utilizând metode de convecție în flux paralel de aer și tehnici combinate, ce includ radiația infraroșie. Această cercetare vizează evaluarea influenței temperaturii aerului și a radiației infraroșii asupra eficienței procesului de uscare, precum și asupra calității produsului final. Prin studierea curbelor de uscare pentru diferite temperaturi, s-au urmărit parametrii esențiali care reglează viteza de uscare, conservarea compușilor nutriționali și eficiența energetică. Rezultatele obținute oferă o înțelegere mai profundă asupra impactului temperaturii și al radiației infraroșii, contribuind la optimizarea procesului în industria alimentară.



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

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



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

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

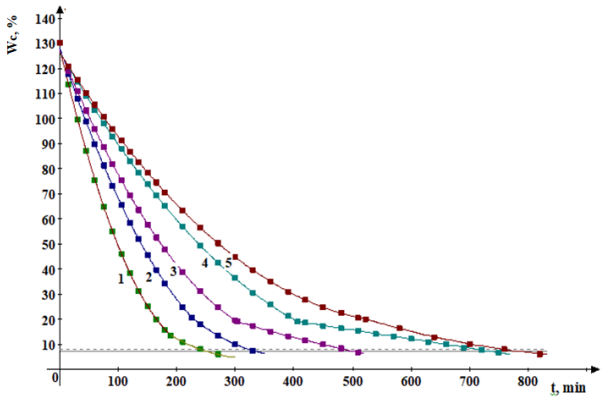
În fig.3.1-3.3 sunt prezentate dependențele grafice ale modificării umidității tescovinelor de struguri în funcție de timpul de uscare la diferite temperaturi și diferite surse de căldură: 1) aerul încălzit (convecție) – fig. 3.1; 2) aerul încălzit combinat cu radiația infraroșie cu o putere de 1,33 kW/m² - fig. 3.2; 3) aerul încălzit combinat cu radiația infraroșie cu o putere de 2,0 kW/m² - fig. 3.3.

Durata procesului de uscare a tescovinelor în intervalul de umiditate de la 130 pînă la 7% substanțe uscate a fost:

1) 24,05; 22,3; 12,5; 9,1; 5,7 ore.

2) 20,4; 18,8; 12,2; 8,75; 5,1 ore

3) 13,2; 12,3; 8,4; 5,6; 4,24 ore, la temperaturi ale aerului de 45 ºC, 55 ºC, 65 ºC, 75 ºC și 85 ºC, respectiv. Creșterea temperaturii aerului de uscare de la 45 ºC la 85 ºC reduce semnificativ durata totală a uscării: cu 76% (1), 75% (2) și 68% (3).



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

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

Analiza curbelor de uscare obținute pentru tescovinele de struguri demonstrează că, indiferent de temperatură și metoda de uscare, procesul se desfășoară în perioada de viteză de uscare descrescătoare și este caracterizat prin două zone: II-1 și II-2.

Punctul de tranziție între aceste zone reprezintă al doilea punct critic (WcrII) și, după cum a fost determinat pentru diferite regimuri de temperatură, se află în intervalul de umiditate de la 15% la 21% substanțe uscate (SU), ceea ce reprezintă doar 11,5-16% din umiditatea inițială a tescovinei de struguri. Zona II-2 corespunde etapei de uscare suplimentară a tescovinelor de struguri de la 15-21% SU la 7% SU, necesară pentru măcinarea ulterioară a produsului în pulbere.

Durata uscării în zona II-2 a fost:

1) 11,5; 12,2; 5,45; 3,7; 1,65 ore;

2) 9,8; 9,25; 6,2; 4,0; 1,47 ore

3) 4,45; 5,6; 3,35; 1,85; 1,03 ore la temperaturi ale aerului de 45 ºC, 55 ºC, 65 ºC, 75 ºC și 85 ºC, respectiv.

Durata zonei II-2, exprimată ca procent din durata totală de uscare pentru fiecare temperatură, a fost: Pentru intervalul de temperaturi 45-75 ºC – de la 44 la 55% (1, 2) și de la 33 la 45% (3); pentru temperatura de 85 ºC, respectiv 29% (1, 2) și 25% (3).

Datele obținute demonstrează că, odată cu creșterea temperaturii aerului, ponderea etapei de uscare suplimentară în durata totală a procesului scade.Scăderea maximă a duratei totale de uscare prin aplicarea radiației infraroșii de 2,0 kW/m² față de convecție a fost de 45% pentru temperaturi scăzute (45 ºC și 55 ºC), apoi de 33-38% pentru temperaturi medii (65 ºC și 75 ºC) și de 27% la 85ºC.

Astfel, se poate constata, că aplicarea radiației combinate (2,0 kW/m²) are un impact semnificativ asupra cineticii de uscare a tescovinelor de struguri, influențând durata zonei II-2, care este, de obicei, ineficientă din punctul de vedere al consumului de energie termică și poate afecta negativ calitatea aerului. Acest lucru poate fi explicat atât prin creșterea energiei termice totale, cât și prin penetrarea radiației infraroșii în produs, precum și prin fenomenul de încălzire selectivă a apei din produs sub acțiunea radiației infraroșii. O eficiență mai mare a utilizării radiației infraroșii se observă la temperaturi mai scăzute ale aerului de uscare.

Aceste concluzii sunt valoroase pentru optimizarea procesului de uscare în industria alimentară, în special în cazul produselor obținute din struguri, precum tescovina. Ele permit identificarea parametrilor tehnologici optimi, care asigură menținerea calității produsului final, reducerea consumului energetic și eficientizarea întregului proces tehnologic.

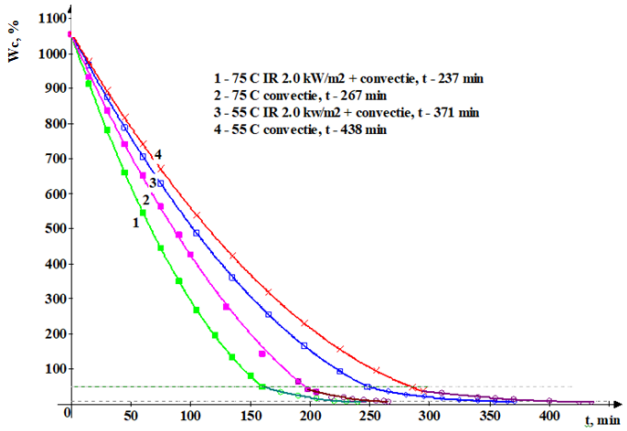
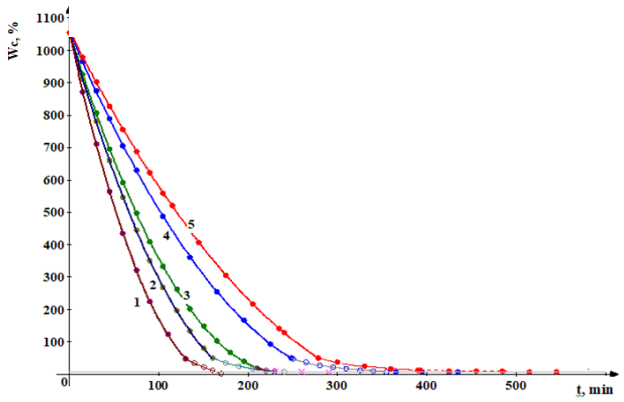


Fig. 3.4 Curbele de uscare ale tescovinei de tomate prin convecție în flux paralel de aer la temperaturi între 55-75°C



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

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

Fig. 3.4 ilustrează grafic variația conținutului de umiditate al tescovinei de roșii în timpul deshidratării acesteia sub acțiunea radiației infraroșii cu o intensitate de 2 kW/m², în flux de aer cald cu viteză constantă de 3 m/s, la temperaturi variabile între 45 și 85 °C (regim combinat).

Fig. 3.5 prezintă curbele de uscare ale tescovinei de roșii în flux de aer cald cu aceeași viteză de 3 m/s, la temperaturi de 55 °C și 75 °C (regim convectiv).

Durata uscării tescovinei de la un conținut inițial de umiditate de 1055 % raportat la substanța uscată (SU) până la un conținut final de 7 % în SU a fost, în minute: pentru regimul combinat – 546; 435; 290; 273 și 165, corespunzător temperaturilor de 45; 55; 65; 75 și 85 °C, iar pentru regimul convectiv – 284 și 196 minute, pentru temperaturile de 55 °C, respectiv 75 °C. Astfel, creșterea temperaturii aerului de uscare reduce semnificativ durata procesului de uscare în ambele regimuri analizate.

La aceeași temperatură a agentului de uscare, durata totală a uscării în regim combinat este mai scurtă comparativ cu metoda convectivă, cu 11,2 % (la 75 °C) și cu 15,3 % (la 55 °C), ceea ce indică eficiența mai ridicată a acțiunii radiației infraroșii la temperaturi mai reduse ale aerului.

Curbele de uscare prezentate, corespunzătoare intervalului analizat al conținutului de umiditate al tescovinei de roșii, reflectă perioada cu viteză descrescătoare a uscării și prezintă un punct de inflexiune – așa-numitul al doilea punct critic – ale cărui valori (WcrII) sunt: pentru regimul combinat – 51,35±1,17 % în SU, iar pentru regimul convectiv – 38 % (la 55 °C) și 44 % (la 75 °C) în SU. Nu s-a observat perioada cu viteză constantă de uscare. Al doilea punct critic separă perioada cu viteză descrescătoare a uscării în două zone: zona I, care reprezintă aproximativ 95 % din cantitatea totală de apă eliminată, și zona II, care contribuie cu doar 5 %. Totodată, durata zonei a II-a variază între 22 și 49 % din timpul total de uscare la temperaturile studiate, scăzând pe măsură ce temperatura aerului de uscare crește. Acest fapt evidențiază oportunitatea modificării condițiilor de deshidratare în zona de finisare a uscării, până la valori scăzute ale conținutului de umiditate.

Desfășurarea întregului proces de uscare a produselor din roșii în perioada cu viteză descrescătoare a uscării, durata îndelungată a acestei perioade necesară pentru atingerea unui conținut scăzut de umiditate și prezența punctului de inflexiune care împarte această perioadă în două zone au fost observate și de alți cercetători (Bucur și al., 2022). Modelele cinetice în două trepte s-au dovedit a fi cele mai precise în descrierea procesului de uscare a tescovinei de struguri, conform studiului realizat de A. Conte și colaboratorii (2024). Principalele rezultate ale cercetărilor noastre experimentale privind influența radiației infraroșii asupra cineticii uscării produselor alimentare sunt, de asemenea, confirmate de literatura de specialitate (Huang și al., 2021).

Datele experimentale obținute în cadrul studiului procesului de uscare a tescovinei de mere au fost reprezentate grafic sub diverse forme pentru a evidenția evoluția parametrilor esențiali. Astfel, au fost realizate curbe de uscare în coordonatele W–τ (fig. 3.6–3.8), unde W reprezintă conținutul de umiditate actual al produsului, exprimat procentual în substanță uscată (S.U.), iar τ indică timpul de uscare în minute.

Pentru analiza dinamicii procesului, s-au construit curbe ale vitezei de uscare în coordonatele dW/dτ–W (fig. 3.9–3.11), în care dW/dτ exprimă viteza de pierdere a umidității în %/min. De asemenea, variația temperaturii ponderate a produsului în funcție de umiditatea acestuia a fost reprezentată prin curbe în coordonatele θ–W (fig. 3.12–3.14), unde θ desemnează temperatura ponderată a masei de produs, exprimată în grade Celsius.

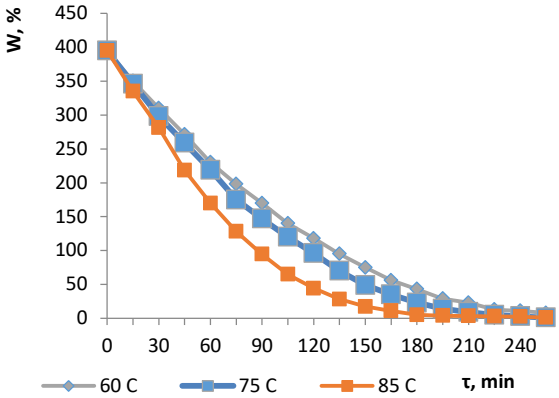


Fig. 3.6 Curbele de uscare a tescovinei de mere la viteza constantă (v=2m/s) și temperaturi variate de aer, ^{0}C: 60, 75, 85.

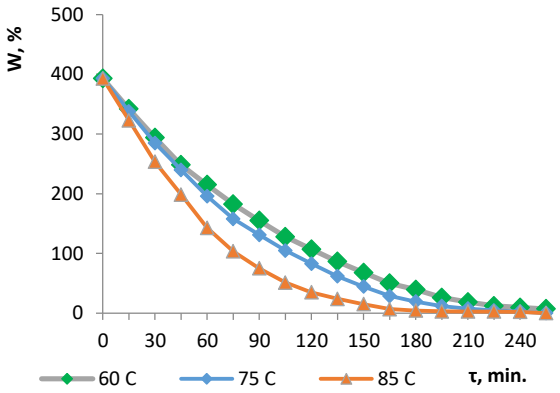


Fig. 3.7 Curbele de uscare a tescovinei de mere la viteza constantă (v=3m/s) și temperaturi variate de aer, ^{0}C: 60, 75, 85.

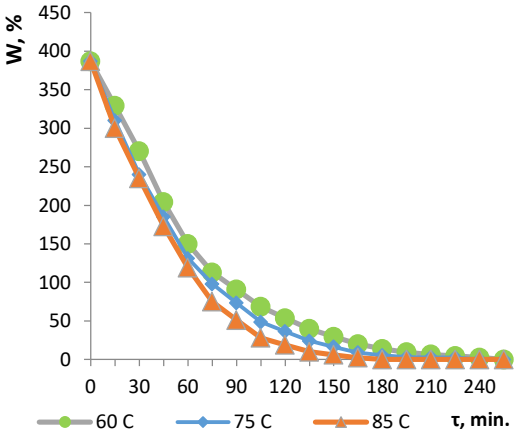


Fig. 3.8 Curbele de uscare a tescovinei de mere la viteza constantă (v=4m/s) și temperaturi variate de aer, ^{0}C: 60, 75, 85

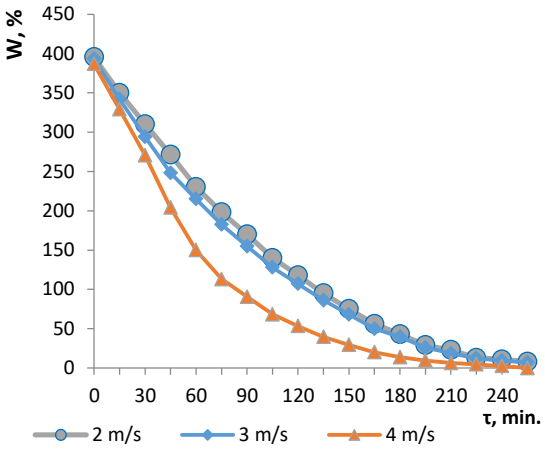


Fig. 3.9 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura 60°C

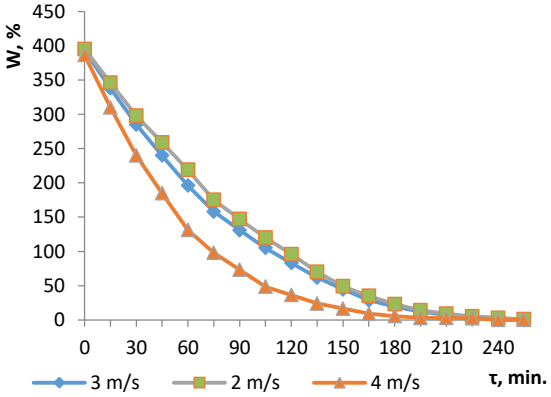


Fig. 3.10 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura 75°C

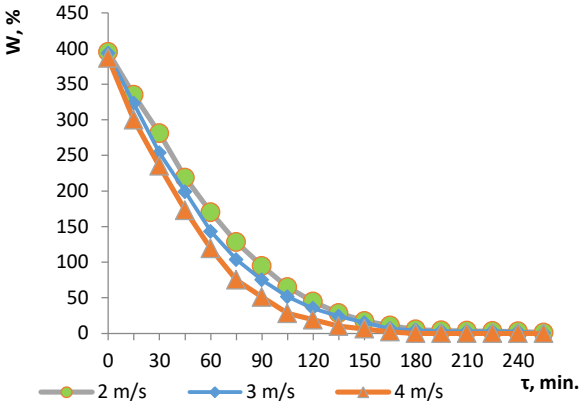


Fig. 3.11 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura 85°C

Analiza curbelor de uscare prezentate în fig.3.6–3.11, obținute pentru deșeurile de mere supuse procesului de deshidratare la viteze ale aerului de 2 m/s, 3 m/s și 4 m/s, respectiv la temperaturi de 60 °C, 75 °C și 85 °C, evidențiază influența semnificativă a parametrilor tehnologici asupra cineticii uscării.

Atât temperatura, cât și viteza aerului contribuie la reducerea duratei procesului de uscare, însă impactul fiecărui parametru variază în funcție de condițiile specifice ale procesului. Creșterea temperaturii de la 60 °C la 85 °C conduce la o reducere considerabilă a timpului total de uscare, cu un efect mai pronunțat observat în intervalul 75–85 °C. Acest fenomen indică o intensificare a transferului de căldură și a evaporării apei la temperaturi ridicate, favorizând reducerea semnificativă a procesului.

În ceea ce privește viteza aerului, creșterea acesteia de la 2 m/s la 3 m/s și ulterior la 4 m/s determină, în general, o reducere a timpului de uscare cu aproximativ 20 de minute la fiecare treaptă de viteză. Totuși, la o temperatură de 85 °C, efectul suplimentar al creșterii vitezei aerului devine mai puțin pronunțat, reducerea timpului fiind de doar aproximativ 15 minute. Acest comportament sugerează că, la temperaturi ridicate, procesul este deja limitat de difuzia internă a umidității și nu mai poate fi accelerat semnificativ prin creșterea vitezei fluxului de aer.

Compararea etapelor inițiale și finale ale procesului arată că influențele temperaturii și vitezei aerului sunt mai accentuate în prima fază a uscării, când umiditatea produsului este ridicată, iar evaporarea este intensă. Pe măsură ce procesul avansează și umiditatea reziduală devine mai puternic legată de matricea solidă, diferențele determinate de condițiile de uscare se atenuează.

Pe baza rezultatelor experimentale, regimul optim de uscare a deșeurilor de mere, din perspectiva echilibrului între eficiență energetică și reducerea duratei procesului, este atins la o temperatură de 75 °C și o viteză a aerului de 3 m/s. Acest regim asigură o reducere semnificativă a timpului de uscare comparativ cu temperaturile mai scăzute, fără a suprasolicita sistemul prin temperaturi foarte ridicate sau viteze excesive ale aerului, la care beneficiile suplimentare sunt marginale.

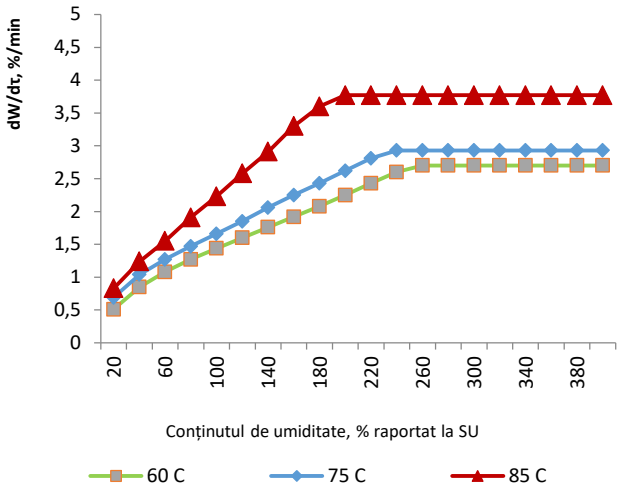


Fig. 3.12 Dinamica de uscare a tescovinei de mere la viteza constantă a aerului (v=2m/s) și diferite temperaturi, ^{0}C: 60, 75, 85

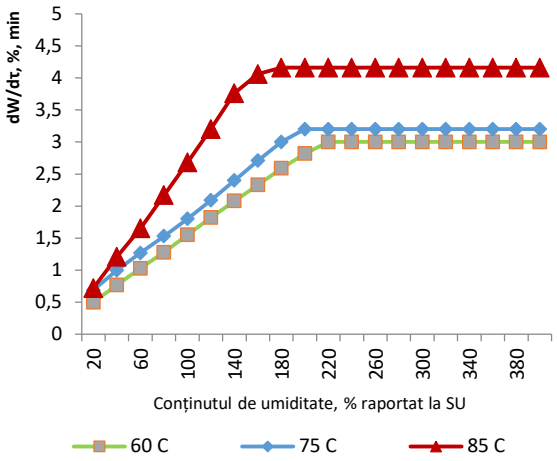


Fig. 3.13 Dinamica de uscare a tescovinei de mere la viteza constantă a aerului (v=3m/s) și diferite temperaturi, ^{0}C: 60, 75, 85

Fig. 3.12 prezintă dinamica procesului de uscare a tescovinei de mere la o viteză constantă a aerului de 2 m/s și la temperaturile de 60 °C, 75 °C și 85 °C. Se observă o corelație directă între creșterea temperaturii și intensificarea procesului de uscare, atingându-se o viteză maximă de deshidratare la temperatura de 85 °C.

Fig. 3.13 evidențiază același tip de relație la o viteză constantă a aerului de 3 m/s. În acest caz, procesul de uscare este accelerat suplimentar, în special pentru regimurile termice de 75 °C și 85 °C. Totuși, diferența de viteză de uscare dintre cele două temperaturi este mai redusă decât în cazul vitezei de 2 m/s, ceea ce sugerează o scădere a eficienței creșterii temperaturii la viteze de aer mai mari.

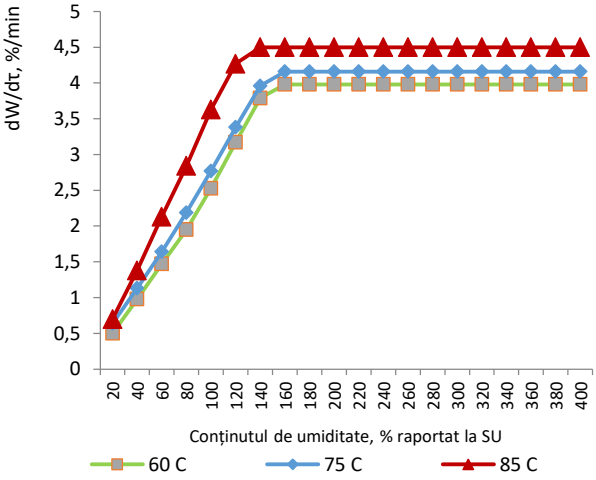


Fig. 3.14 Dinamica de uscare a tescovinei de mere la viteza constantă a aerului (v=4m/s) și diferite temperaturi, ^{0}C: 60, 75, 85

Fig. 3.14, corespunzătoare vitezei constante a aerului de 4 m/s, indică o reducere semnificativă a diferențelor dintre cele trei temperaturi analizate. În mod particular, la 85 °C, viteza de uscare nu mai prezintă o creștere notabilă în raport cu cea înregistrată la 75 °C, ceea ce indică atingerea unui prag critic dincolo de care creșterea vitezei aerului nu mai contribuie în mod eficient la accelerarea procesului.

Analiza comparativă a curbelor de uscare relevă faptul că, la temperatura de 85 °C, creșterea vitezei aerului peste 3 m/s nu mai aduce beneficii semnificative în ceea ce privește reducerea duratei procesului. Astfel, utilizarea unor viteze mai mari devine nejustificată din punct de vedere al eficienței energetice, conducând la un consum suplimentar de energie fără o îmbunătățire corespunzătoare a randamentului procesului de deshidratare.

Temperatura optimă identificată pentru uscarea tescovinei de mere este 75 °C, întrucât asigură un echilibru eficient între durata procesului și consumul energetic, iar la această valoare diferențele față de regimul de 85 °C devin marginale, mai ales la viteze ale aerului de 3–4 m/s. Această temperatură permite obținerea unei viteze ridicate de uscare, menținând în același timp un consum energetic rezonabil.

Se subliniază că eficiența creșterii temperaturii și a vitezei aerului este condiționată de regimul de umiditate al produsului: în fazele inițiale ale uscării, când umiditatea este ridicată, efectele acestor parametri sunt mai evidente, în timp ce în fazele finale, când apa este legată în mod capilar sau molecular, influența lor scade.

În concluzie, implementarea unei strategii de uscare în etape, corelată cu conținutul de umiditate al produsului în timp real, poate contribui semnificativ la optimizarea consumului energetic și la păstrarea calității finale a produsului uscat. Un regim optim ar include o fază inițială la temperatură și viteză ridicată (75 °C, 3 m/s), urmată de o etapă de finisare cu parametri ajustați pentru a evita degradarea componentelor sensibile.

3.2 Dependența duratei de uscare de încărcătura și temperatura în procesul de uscare a tescovinei de mere

Există numeroase lucrări care descriu procesul de uscare convectivă a merelor ședevaluează calitatea materialului uscat. Cu toate acestea, doar un număr limitat de lucrări iau în considerare procesul de uscare a tescovinei de mere. Modelarea procesului de uscare a tescovinei este foarte dificilă din cauza compoziției eterogene a tescovinei de mere, care conține pulpă, semințe, coji și pețioli de diferite dimensiuni și forme în proporții diferite (Aidigié și al., 2007).

În fig. 3.6-3.11 sunt prezentate curbele de uscare $W^u=f(\tau)$, dar în fig.3.12-3.14 sunt prezentate curbele vitezei de uscare $\frac{dW^u}{d\tau} = f(W^U)$ a tescovinei de mere cu vitezele de aer: 2, 3 și 4 m/s la temperaturi variate de aer: 60, 75 și 85 °C.

Analiza curbelor obținute a demonstrat prezența perioadei vitezei de uscare constante (prima perioadă) și perioadei cu viteza descrescatoare de uscare (a doua perioadă). Rezultatul se confirmă

prin concluziile lucrării Ceșko și alții (Cesko și al., 2022). Limita dintre perioada vitezei de uscare constante și perioada vitezei descrescatoare este conținutul critic de umiditate W_{cr}^{u} .

Modificarea temperaturii aerului de la 60 la 85 °C s-a rezultat în scăderea W_{cr}^{u}de la 230 la 170 % s.u. pentru viteza aerului 2 m/s; de la 215 la 143 % s.u. pentru viteza aerului 3 m/s și de la 150 la 119 % s.u. pentru viteza aerului 4 m/s. De asemenea, s-a evidențiat creşterea vitezei de uscare în prima perioadă (*N*, % s.u./min) de 1,4 ori (pentru 2-3 m/s) și 1,1 ori (4 m/s). Cum se vede din fig. 4.15, creșterea vitezei maximale în funcție de temperatură este mai accentuată între 75 și 85 °C decât între 60-75°C.

Modificarea vitezei fluxului de aer de la 2 m/s la 4 m/s s-a rezultat în scăderea W_{cr}^{u} de la 230 la 150 % s.u. pentru temperatura aerului 60°C; de la 219 la 131 % s.u. pentru temperatura aerului 75°C și de la 170 la 119 % s.u. pentru temperatura aerului 85°C. De asemenea, s-a evidențiat creşterea vitezei de uscare în prima perioadă de uscare (*N*, % s.u./min) de 1,5 ori (60-75°C) și 1,2 ori (85°C). Cum se vede din fig. 4.16, creșterea vitezei maximale la temperaturi 60 și 75 °C este mai accentuată între 3 și 4 m/s decât între 2 și 3 m/s. La o temperatură de 85 °C, se observă o dependență liniară a lui *N* de *V* pe întregul interval studiat de viteze ale aerului de 2-4 m/s.

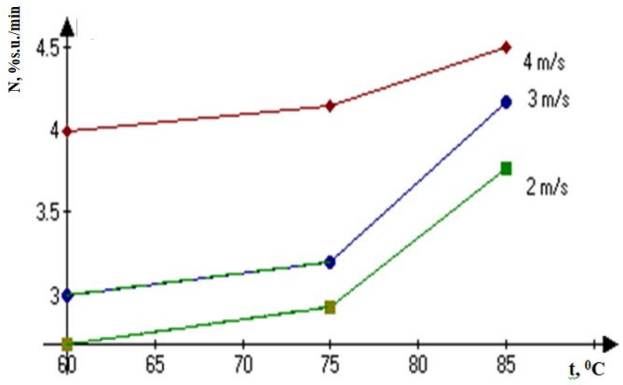


Fig. 3.15 Dependența vitezei de uscare maximale de temperatura aerului pentu diferite viteze de aer: 2, 3 și 4 m/s

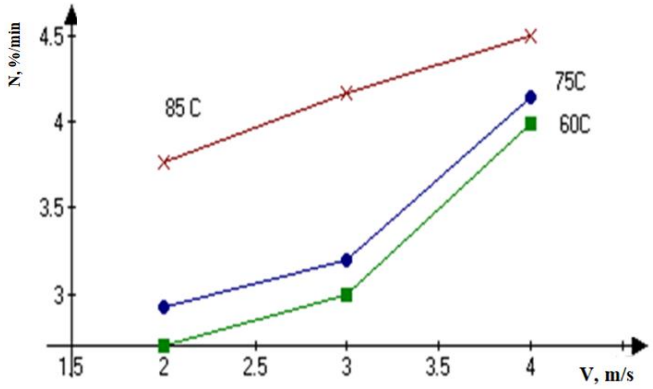


Fig. 3.16 Dependența vitezei de uscare maximale de viteza aerului pentu diferite temperaturi de aer: 60, 75 și 85 °C

Relațiile grafice prezentatea demonstrat, că atât temperatura cât și viteza aerului au un impact semnificativ asupra vitezei și timpului de uscare, însă influențele lor variază în funcție de condițiile specifice ale procesului.

În ceea ce privește temperatura, modificarea temperaturii aerului de la 60 la 75 și 85 °C a redus timpul total de uscare (de la $W_0^u = 393 \pm 3$ % până la W_f^u=8%), de 1:1,2:1,4 ori la viteza de aer 2 m/s; de 1:1,3:1,5 ori la viteza de aer 3 m/s și de 1:1,2:1,45 ori la viteza de aer 4 m/s.

Durata primei perioade în raport cu timpul total de uscare în intervalul de temperatură studiat a fost de 24-37% pentru o viteză a aerului de 2-3 m/s și, corespunzător, de 29-42% la 4 m/s. În această perioadă, cantitatea de umiditate evaporată în raport cu conținutul total de umiditate în produs a fost de 42-58% la o viteză a aerului de 2 m/s; 46-65% la o viteză a aerului de 3 m/s și 63-71% la o viteză a aerului de 4 m/s.

O analiză similară în ceea ce privește influența vitezei fluxului de aer a arătat că creșterea vitezei de la 2 m/s la 3 m/s și, respectiv, 4 m/s a dus la o reducere a timpului total de uscare: de 1:1,02:1,23 ori la temperatura de aer 60°C; 1:1,04:1,29 ori la 75°C și de 1:1,10:1,27 ori la 85°C.

O reducere relativ mai mare a timpului total de uscare a fost obținut atunci când s-a utilizat o viteză a fluxului de aer de 2-4 m/s. și temperatură a aerului cuprinsă între 75-85°C. Raportul duratei primei perioade cu timpul total de uscare în intervalul de viteze ale aerului utilizate a fost de 24-31% pentru o temperatură de 60°C, respectiv 28-35% la 75°C și 33-42% la 85°C. În această perioadă, cantitatea de umiditate evaporată în raport cu conținutul total de umiditate din produs a fost de 42-63% la o temperatură de 60°C; 45-68% la 75°C și 58-71% la 85°C.

În prima perioadă de uscare influența vitezei de aer este determinată de starea stratului de produs (grosimea și porozitatea stratului, distribuția dimensiunii particulelor), extinderea contactului al produsului cu agentul de uscare, fluxul de aer îmbunătățit în jurul suprafeței produsului, precum și de o scădere a grosimii și o modificare a parametrilor stratului limită al agentului de uscare deasupra produsului care se usucă.

Astfel, odată cu creșterea temperaturii și a vitezei fluxului de aer, crește proporția duratei primei perioade în timpul total de uscare și proporția de umiditate evaporată în prima perioadă în raport cu cantitatea totală de umiditate evaporată pe parcursul întregului proces. Deasemenea a fost demonstrat, că parametrii fluxului de aer au o influență decisivă asupra cineticii de uscare a tescovinei de mere în prima perioadă, în care se evaporă de la 42 % până la 71% din umiditatea, care trebuie să fie îndepărtată din produs.

În perioada de scădere a vitezei de uscare ea scade pe măsură ce conținutul de umiditate al materialului uscat scade, iar deoarece umiditatea legată este îndepărtată în această perioadă, scăderea vitezei de uscare se explică printr-o creștere a energiei de legare a umidității cu materialul. În intervalul de umiditate scăzută, produsul se află într-un stadiu de rezistență mai mare la transferul de umiditate în interiorul materialului, ceea ce apare datorită mișcării suprafeței de evaporare în material, apariției a două zone în material, umedă și uscată, la limita cărora are loc evaporarea,

mișcarea umidității sub formă de abur la suprafață prin difuzie prin zona uscată, a cărei grosime crește pe măsură ce materialul se usucă(Acevedo și al., 2006).

Rezultatele analizei cineticei uscării tescovinei de mere demonstrează, că perioadei a doua de uscare corespunde unele intervale diferite de conținut de umiditate, cauzate de diferiți parametri ai fluxului de uscare. Pentru evaluarea cineticii de uscare în a doua perioadă a fost selectată viteza medie de uscare *(ΔW/Δτ) = (W_cr^u-8)/(τ_f-τ_cr)*, ale cărei valori pentru parametrii studiați sunt prezentate în fig. 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 ridicată 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.

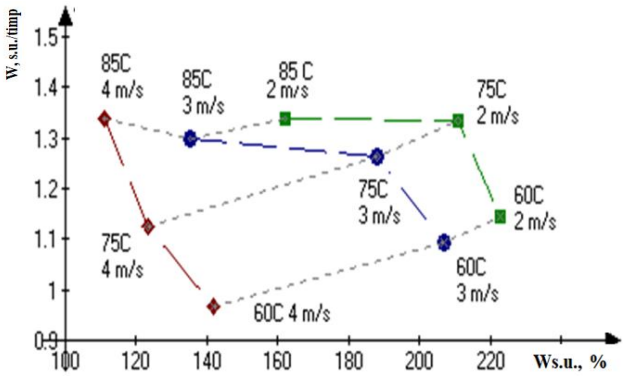
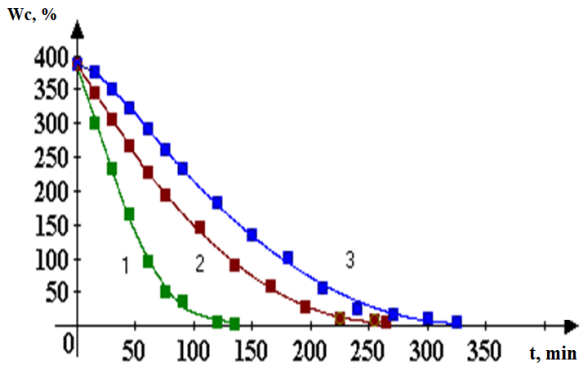


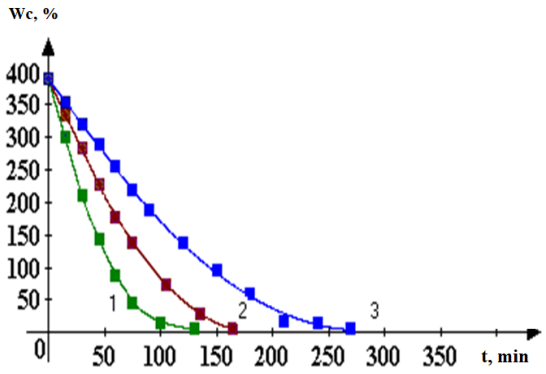
Fig. 3.17 Viteza medie de uscare a tescovinei de mere în perioada descrescătoare a vitezei de uscare în funcție de cantitatea de umiditate care trebuie îndepărtată în această perioadă, W, % SU

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 (5,7) kg/m^2; 10 (10,5) kg/m^2; 15 (15,2) kg/m^2 la parametri constanți: temperatura aerului 60^{0}C, 75^{0}C, 85^{0}C și viteza aerului 4 m/s (fig. 3.18-3.20).



1- 6 kg/m^2; 2- 10 kg/m^2; 3 - 15 kg/m^2

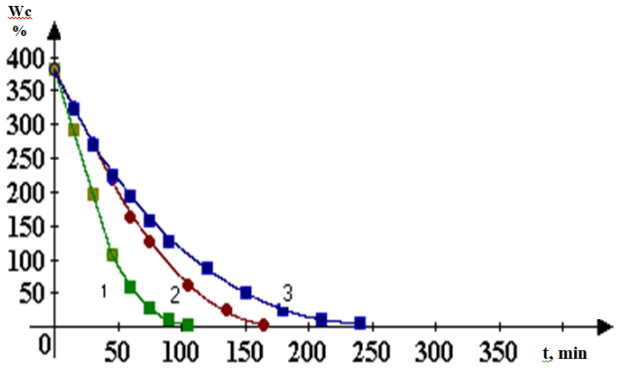
Fig. 3.18 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura de 60^{0}C și diferite încărcături.



1- 6 kg/m^2; 2- 10 kg/m^2; 3 - 15 kg/m^2

Fig. 3.19 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura de 75^{0}C și diferite încărcături.

În fig. 3.18-3.20 s-a observat că atât temperatura aerului, cât și încărcătura produsului au o influență semnificativă asupra timpului de uscare. Cu cât temperatura este mai ridicată, cu atât tescovina de mere atinge mai rapid conținutul de umiditate dorit. La temperaturi ridicate (>75ºC), în paralel cu procesul de uscare, se dezvoltă reacții ireversibile de distrugere și interacțiuni ale microelementelor cu oxigenul atmosferic. Aceste modificări influențează parametrii cinetici ai procesului, în special viteza de uscare. La o încărcătură mai mare, durata procesului de uscare se extinde semnificativ, indiferent de temperatura utilizată. Durata procesului de uscare, în funcție de parametrii tehnologici aplicați, este prezentată în tab.3.1.



1- 6 kg/m^2; 2- 10 kg/m^2; 3- 15 kg/m^2

Fig. 3.20 Curbele de uscare a tescovinei de mere la temperatura de 85^{0}C și diferite încărcături.

Tabelul 3.1 Durata procesului de uscare cu încărcătură și temperaturi variabile

Durata procsului 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 proporțională a timpului de uscare.

Cesco et al. (2023) menționează, că modificarea temperaturii aerului pe parcursul uscării convective de la 60 la 80 °C a redus durata de uscare de 1,6 ori, și a demostrat o creştere a vitezei de uscare de 1,4 ori. Uscarea optimă la 61°C cu o densitate de încărcare de 0,8 g/cm^3 arată 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

3.3.1 Dezvoltarea unui model matematic pentru optimizarea procesului de uscare a tescovinelor de mere

Un obiectiv în prezenta cercetare reprezintă stabilirea dependenței umidității *W* ce scade pe parcursul uscării, în raport cu durata procesului de uscare (τ), temperatura (t) și viteza fluxului de aer (v). A fost stabilit că valorile umidității au un profil liniar pe durata 0...60 min., prin urmare, vitezele de uscare pentru fiecare regim pe aceste segment de timp au valori constante. După 60 min. profilul diminuării umidității are o formă curbilinie, cu încetinirea vitezei de uscare. Ecuațiile de regresie cu profil liniar și de ordinul II au fost stabilite cu ajutorul programelor *Advanced Grapher 2.0* și *Microsoft Excel*. Ca excepție, nu au fost identificate ecuații pentru regimuri de uscare pe segmentul de durata 60...255 min., unde viteza fluxului a fost de 4 m/s, deoarece cele propuse de soft a avut profil cu grad mic de suprapunere cu datele experimentale.

În tab.3.2 sunt prezentate ecuațiile, unde parametrul variabil este durata procesului (τ). Datele obținute reprezintă o constatare a dependenței diminuării umidității în raport cu durata uscării.

Tabelul 3.2 Ecuații de regresie a dependenței procesului de uscare de durata de timp

Nr.	Viteza fluxului aerului m/s	Temperatura aerului în proces de uscare, °C	Forma ecuațiilor de regresie, unde este stabilită diminuarea valorilor umidității în raport cu durata	
			segmentul de timp 0... 60 min a procesului de uscare	segmentul de timp 60... 255 min a procesului de uscare
1.	2,0	60	$y(\tau) = -2{,}70 * \tau + 393{,}0$	$y(\tau) = 0{,}005696 * t^2 - 2{,}9392 * t + 387{,}2$
		75	$y(\tau) = -2{,}93 * \tau + 393{,}0$	$y(\tau) = 0{,}006957 * t^2 - 3{,}2677 * t + 385{,}6$
		85	$y(\tau) = -3{,}77 * \tau + 393{,}0$	$y(\tau) = 0{,}010900 * t^2 - 3{,}9905 * t + 370{,}0$
2.	3,0	60	$y(\tau) = -3{,}00 * \tau + 393{,}0$	$y(\tau) = 0{,}005442 * t^2 - 2{,}7758 * t + 360{,}7$
		75	$y(\tau) = -3{,}20 * \tau + 393{,}0$	$y(\tau) = 0{,}006300 * t^2 - 2{,}9600 * t + 347{,}9$
		85	$y(\tau) = -4{,}16 * \tau + 393{,}0$	$y(\tau) = 0{,}008650 * t^2 - 3{,}2000 * t + 300{,}0$
3.	4,0	60	$y(\tau) = -3{,}99 * \tau + 387{,}7$	-
		75	$y(\tau) = -4{,}15 * \tau + 380{,}0$	-
		85	$y(\tau) = -4{,}50 * \tau + 380{,}0$	-

Pentru a stabili dependența procesului de diminuare a umidității în dependență de temperatura de uscare, coeficienții numerici dinaintea parametrului τ (durata procesului) au fost divizați la valorile de temperatură care îi corespnd și sunt prezentate în tab. 3.3 respectiv au fost obținute un set de ecuații cu parametrii variabili τ * t.

În ecuațiile obținute, valorile coeficienților înaintea termenilor **t * τ** respectiv **t * τ ^{2}**,ce reprezintă efectul combinat al duratei și temperaturii (cu profil liniar și pătratic a duratei), au fost aproximați în așa mod ca să fie vizibilă o creștere corespunzătoare cu creșterea valorilor vitezei fluxului de aer a procesului de uscare. Ecuațiile obținute sunt prezentate în tab.3.4.

Tabelul 3.3 Ecuații de regresie a dependenței procesului de uscare de timpul și temperatură procesului

Nr.	Viteza fluxului aerului m/s	Temperatura aerului în proces de uscare, °C	Forma ecuațiilor de regresie, unde este stabilită diminuarea valorilor umidității în raport cu durata	
			segmentul de timp 0... 60 min a procesului de uscare	segmentul de timp 60... 255 min a procesului de uscare
1	2,0	60	$y = 393,0 – 0,045 * t * \tau$	$y = 0,000095 * t * \tau^2 - 0,049 * t * \tau + 387,2$
		75	$y = 393,0 – 0,039 * t * \tau$	$y = 0,000092 * t * \tau^2 - 0,043 * t * \tau + 385,6$
		85	$y = 393,0 – 0,044 * t * \tau$	$y = 0,000128 * t * \tau^2 - 0,046 * t * \tau + 370,0$
2	3,0	60	$y = 393,0 – 0,050 * t * \tau$	$y = 0,000091 * t * \tau^2 - 0,046 * t * \tau + 360,7$
		75	$y = 393,0 – 0,042 * t * \tau$	$y = 0,000084 * t * \tau^2 - 0,039 * t * \tau + 360,7$
		85	$y = 393,0 – 0,049 * t * \tau$	$y = 0,000101 * t * \tau^2 - 0,037 * t * \tau + 360,7$
3	4,0	60	$y = 393,0 – 0,066 * t * \tau$	-
		75	$y = 393,0 – 0,055 * t * \tau$	
		85	$y = 393,0 – 0,053 * t * \tau$	

Tabelul 3.4 Ecuații de regresie cu parametrii variabili a duratei și temperaturei procesului de uscare

Nr.	Viteza fluxului aerului m/s	Temperatura aerului în proces de uscare, °C	Forma ecuațiilor de regresie, unde este stabilită diminuarea valorilor umidității în raport cu durata	
			segmentul de timp 0... 60 min a procesului de uscare	segmentul de timp 60... 255 min a procesului de uscare
1	2,0	60...85	$y = 393,0 – 0,044 * t * \tau$	$y = 0,000100 * t * \tau^2 - 0,048 * t * \tau + 380$
2	3,0	60...85	$y = 393,0 – 0,049 * t * \tau$	$y = 0,000092 * t * \tau^2 - 0,042 * t * \tau + 360$
3	4,0	60...85	$y = 393,0 – 0,054 * t * \tau$	$y = 0,000086 * t * \tau^2 - 0,036 * t * \tau + 345$

La regimul de uscare cu viteza fluxului 4 m/s pe durata 60...255 min., a fost adăugată ecuația de regresie cu coeficienți ce urmează creșterea pe baza regimurilor cu 2 m/s și 3 m/s.

Deasemenea au fost stabilite dependența coeficienților numerici $t * \tau$ respectiv $t * \tau^2$ din ecuațiile liniare și polinomiale de gradul II de valorile vitezei fluxului de aer, care sunt prezentate în fig. 3.21-3.24.

$$k = f(v) = 0{,}034 + m * v,$$

unde: k – coeficientul de uscare (1/min), care caracterizează intensitatea procesului de eliminare a umidității din material;

v – viteza aerului de uscare (m/s), parametru tehnologic ce influențează transferul de masă și căldură;

0,034 – valoarea coeficientului de uscare la viteza zero, exprimând componenta de bază independentă de viteză;

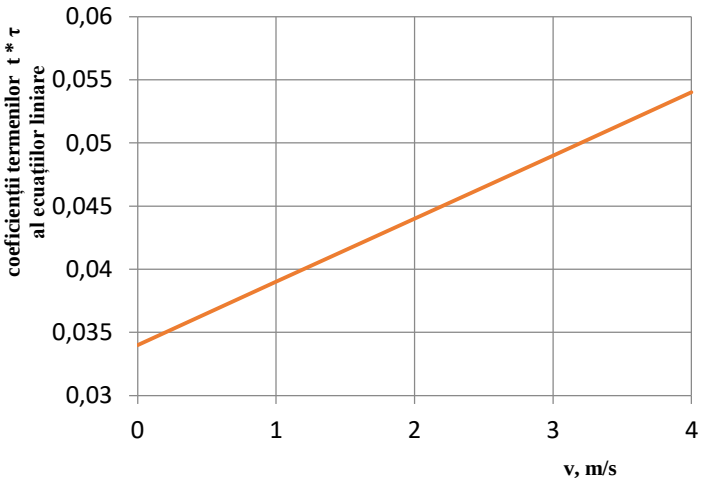


Fig. 3.21 Dependența valorii coeficienților numerici al termenilor t * τ de viteza fluxului de aer, în ecuațiile liniare v = 0 m/s, k = 0,034; v = 2 m/s, k = 0,044; v = 4 m/s, k = 0,054

m – panta funcției liniare, care exprimă gradul de influență al vitezei aerului asupra coeficientului de uscare (1/min·s/m).

$$m = (f(v = 4) - f(v = 2)) / (4-2) = (0{,}054 - 0{,}044) / 2 = 0{,}01/2 = 0{,}005$$

Conform calculelor efectuate, modelul matematic al procesului de uscare în intervalul de timp 0 ... 60 min obține forma unei ecuații liniare, unde valorile umidității scad cu creșterea valorilor duratei, temperaturii și vitezei fluxului de aer:

$$\mathbf{y = W(v, \tau, t) = 393 - (0{,}034 + 0{,}005 * v) * \tau * t}$$

unde: **W –** umiditatea, g/g substanță uscată;

v – viteza fluxului de aer, m/s;

t – temperatura aerului, °C;

τ – durata procesului, min.

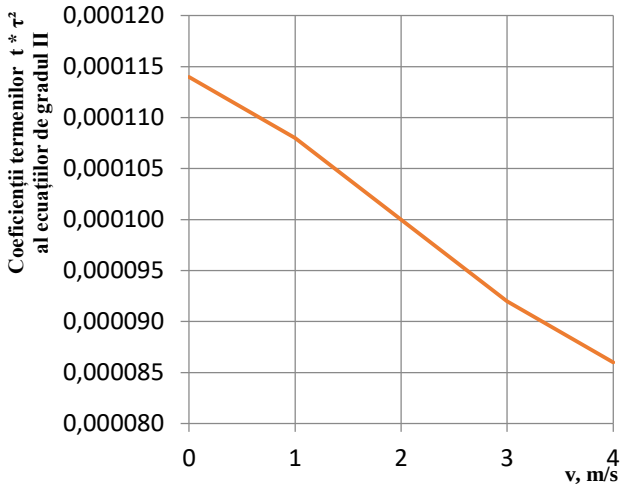


Fig. 3.22 Dependența valorilor coeficienților numerici al termenilor t * τ^2 de viteza fluxului de aer, în ecuațiile polinomiale de gradul II

v = 0 m/s, z = 0,000114
v = 2 m/s, z = 0,000100
v = 4 m/s, z = 0,000086

unde: z = f(v) = 0,000114 + ***n*** * v,
unde: ***n*** = (f (v = 4) – f (v = 2)) / (4-2) = (0,000086 - 0,000100) / 2 = - 0,000014/2 = - 0,000007

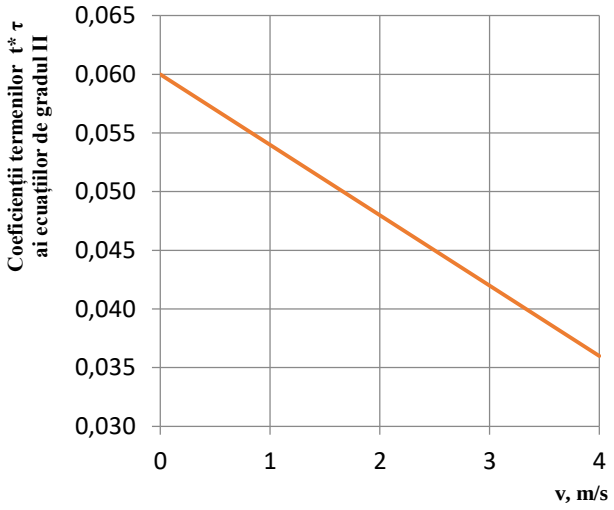


Fig. 3.23 Dependența valorilor coeficienților numerici al termenilor t * τ de viteza fluxului de aer, în ecuațiile polinomiale de gradul II

v = 0 m/s, x = 0,060
v = 2 m/s, x = 0,048
v = 4 m/s, x = 0,036

x = f(v) = 0,060 + ***p*** * v,
unde: ***p*** = (f (v = 4) – f (v = 2)) / (4-2) = (0,036 - 0,048) / 2 = - 0,012/2 = - 0,006

Datele obținute pe baza reprezentărilor grafice ale dependențelor coeficienților, precum și a calculelor efectuate, au fost utilizate pentru elaborarea ecuației complete a modelului matematic care descrie procesul de uscare în intervalul de timp 60...255 minute. Modelul are forma unei funcții polinomiale de gradul al doilea, cu trei variabile, în care dependența față de durata procesului este exprimată printr-un termen de ordinul al doilea.

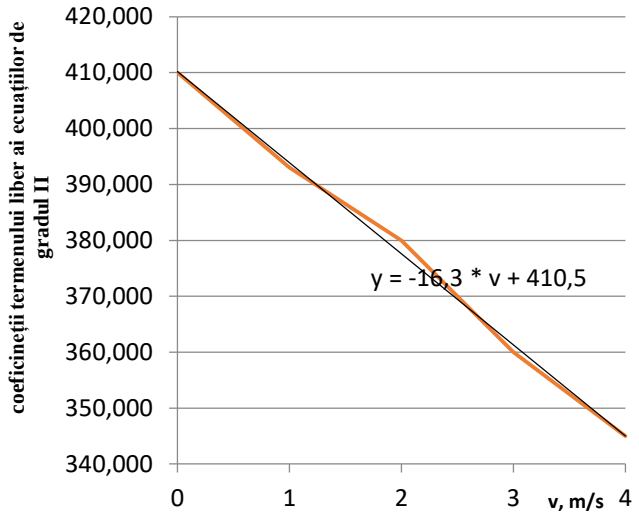


Fig. 3.24 Dependența valorii coeficienților termenilor liberi față de viteza fluxului de aer, în ecuațiile polinomiale de gradul II

$$y = W(v, \tau, t) = (114{,}0 - 7{,}0 * v) * 10^{-6} * t * \tau^2 - (60{,}0 - 6{,}0 * v) * 10^{-3} * t * \tau - 16{,}3 * v + 410{,}5$$

unde: **W –** umiditatea, g/g substanță uscată;

v – viteza fluxului de aer, m/s;

t – temperatura aerului, °C;

τ – durata procesului, min.

Ecuațiile obținute au fost implementate în programul *Microsoft Excel*, iar pe baza valorilor calculate au fost generate două reprezentări grafice tridimensionale (3D), care ilustrează evoluția procesului de uscare la viteze ale fluxului de aer de 2 m/s și 3 m/s. Aceste vizualizări sunt prezentate în fig.3.25 și 3.26.

Reprezentarea grafică din fig.3.25 ilustrează modelul matematic al procesului de uscare la o viteză a fluxului de aer de 2 m/s. Se observă o variație a conținutului de umiditate al materialului în funcție de durata uscării, evidențiind tendința de diminuare progresivă a umidității pe măsură ce timpul crește. Temperatura aerului are un impact semnificativ asupra procesului, indicând o corelație clară între creșterea temperaturii și intensificarea procesului de uscare. La temperaturi mai înalte, procesul de uscare este semnificativ mai rapid, ceea ce confirmă tendințele generale caracteristice uscării prin convecție.

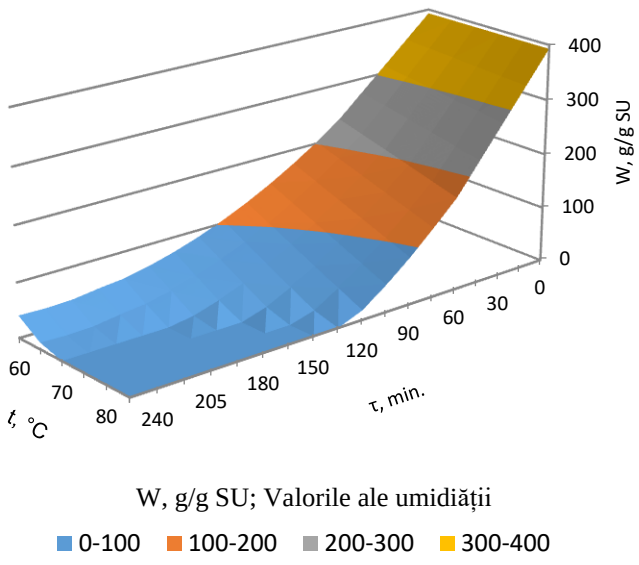


Fig. 3.25 Reprezentarea grafică a modelului matematic a uscării la viteza fluxului de 2 m/s

Fig.3.26 prezintă o evoluție similară cu cea din fig.3.25, dar pentru o viteză a fluxului de aer de 3 m/s. Se remarcă o accelerare mai pronunțată a procesului de uscare, ceea ce indică o influență sporită a vitezei aerului asupra coeficientului de transfer de masă.

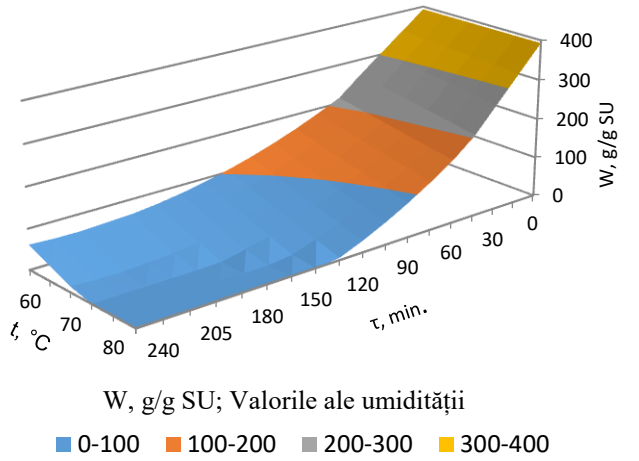


Fig. 3.26 Reprezentarea grafică a modelului matematic a uscării la viteza fluxului de 3 m/s

Creșterea temperaturii continuă să contribuie la îmbunătățirea eficienței procesului, însă, în comparație cu viteza de 2 m/s, efectul combinat al temperaturii și vitezei devine mai evident în fazele inițiale ale uscării, când umiditatea produsului este ridicată.

Analiza comparativă a reprezentărilor grafice din fig. 3.25 și 3.26 arată că majorarea vitezei aerului contribuie la o reducere mai accentuată a umidității în faza liniară a procesului, descrisă de funcția:

$$y=W(v,t,T)=393−(0,034+0,005\cdot v)\cdot t\cdot T,y = W(v, t, T) = 393 - (0{,}034 + 0{,}005 \cdot v) \cdot t \cdot T,y=W(v,t,T)=393−(0,034+0,005\cdot v)\cdot t\cdot T,$$

unde: suprafața funcției devine mai abruptă odată cu creșterea vitezei. În faza neliniară, exprimată prin ecuația:

$$y=W(v,t,T)=(114,0−7,0\cdot v)\cdot 10−6\cdot T\cdot t2−(60,0−6,0\cdot v)\cdot 10−3\cdot T\cdot t−16,3\cdot v+410,5,y = W(v, t, T) = (114{,}0 - 7{,}0 \cdot v) \cdot 10^{-6} \cdot T \cdot t^2 - (60{,}0 - 6{,}0 \cdot v) \cdot 10^{-3} \cdot T \cdot t - 16{,}3 \cdot v + 410{,}5,y=W(v,t,T)=(114,0−7,0\cdot v)\cdot 10−6\cdot T\cdot t2−(60,0−6,0\cdot v)\cdot 10−3\cdot T\cdot t−16,3\cdot v+410,5,$$

se observă o apropiere mai rapidă a valorii umidității de zero, în special la combinații favorabile de temperatură și viteză.

Creșterea temperaturii aerului conduce la o reducere semnificativă a duratei totale de uscare, însă acest efect este mai pronunțat la viteze ale aerului mai mici. Pe măsură ce viteza crește, influența adițională a temperaturii asupra accelerării procesului tinde să se diminueze, sugerând existența unui prag de eficiență în regimul de funcționare.

Joudi-Sarighayeh et al. (2023) au utilizat metodologia suprafeței de răspuns pentru a modela și prezice caracteristicile procesului de uscare, evidențiind rolul esențial al parametrilor de operare. Analiza detaliată a figurilor 3.25 și 3.26 subliniază că ajustarea vitezei aerului în funcție de temperatura selectată este necesară pentru a optimiza consumul de energie și pentru a menține calitatea superioară a produsului final. Adaptarea parametrilor tehnologici în funcție de faza procesului și caracteristicile produsului poate contribui semnificativ la eficientizarea procesului de uscare.

3.3.2 Model matematic pentru procesul de uscare a tescovinelor de struguri și tomate

Un obiectiv important al lucrării reprezintă stabilirea dependenței umidității (W) ce scade pe parcursul uscării, în raport cu durata procesului de uscare (τ) și temperatura fluxului de aer (t). Cu

ajutorul programelor *Advanced Grapher 2.0* și *Microsoft Excel* această dependență a fost exprimată prin ecuații de regresie.

A fost constat 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 (tab.3.5). 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 (tab.3.6).

Tabelul 3.5 Ecuații de regresie a duratei procesului de uscare cu regim intens

Nr.	**Temperatura aerului, °C**	**Segmente ale duratelor, unde sunt veridice ecuațiile de regresie, min.**	**Forma ecuațiilor de regresie a procesului de uscare cu diminuare intensă a valorilor umidității**
1	Uscarea tescovinei de struguri prin convecție		
	45	0 ... 750	$y(\tau) = 1{,}5016 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}2628 * t + 131{,}33$
	55	0 ... 600	$y(\tau) = 2{,}1308 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}3104 * t + 131{,}18$
	65	0 ... 420	$y(\tau) = 4{,}6224 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}4543 * t + 128{,}63$
	75	0 ... 320	$y(\tau) = 5{,}3354 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}5140 * t + 128{,}19$
	85	0 ... 240	$y(\tau) = 10{,}5660 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}7316 * t + 130{,}14$
2	Uscarea tescovinei de struguri prin convecție și cu unde infraroșii (1,33 kW/m^2)		
	45	0 ... 627	$y(\tau) = 1{,}8994 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}2985 * t + 130{,}41$
	55	0 ... 570	$y(\tau) = 3{,}0359 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}3665 * t + 128{,}40$
	65	0 ... 360	$y(\tau) = 6{,}7449 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}5546 * t + 132{,}91$
	75	0 ... 286	$y(\tau) = 7{,}0317 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}5888 * t + 128{,}56$
	85	0 ... 200	$y(\tau) = 12{,}4720 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}8050 * t + 131{,}48$
3	Uscarea tescovinei de struguri prin convecție și cu unde infraroșii (2,0 kW/m^2)		
	45	0 ... 520	$y(\tau) = 3{,}0810 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}3638 * t + 126{,}09$
	55	0 ... 400	$y(\tau) = 3{,}4183 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}4033 * t + 126{,}50$
	65	0 ... 300	$y(\tau) = 6{,}8984 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}5660 * t + 127{,}26$
	75	0 ... 225	$y(\tau) = 9{,}8890 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}6991 * t + 128{,}13$
	85	0 ... 190	$y(\tau) = 20{,}7370 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}9958 * t + 127{,}90$
4	Uscarea tescovinei de tomate prin convecție		
	55	0 ... 295	$y(\tau) = 78{,}0 * 10^{-4} * t^2 - 5{,}7652 * t + 1058{,}38$
	75	0 ... 198	$y(\tau) = 121{,}0 * 10^{-4} * t^2 - 7{,}4932 * t + 1052{,}43$
5	Uscarea tescovinei de tomate prin convecție și cu unde infraroșii (2,0 kW/m^2)		
	55	0 ... 250	$y(\tau) = 95{,}87 * 10^{-4} * t^2 - 6{,}4406 * t + 1058{,}00$
	75	0 ... 160	$y(\tau) = 218{,}00 * 10^{-4} * t^2 - 9{,}7708 * t + 1054{,}37$

Tabelul 3.6 Ecuații de regresie a duratei procesului de uscare cu regim lent

Nr	Temperatura aerului, °C	Segmente ale duratelor, unde sunt veridice ecuațiile de regresie, min.	Forma ecuațiilor de regresie a procesului de uscare cu diminuare lentă a valorilor umidității $y(\tau) = a * t^2 - b * t + c$
1	Uscarea tescovinei de struguri prin convecție		
	45	750 ... 1400	$y(\tau) = 3{,}5300 * 10^{-21} * t^2 - 0{,}0166 * t + 31{,}05$
	55	550... 1320	$y(\tau) = 8{,}4832 * 10^{-6} * t^2 - 0{,}0361 * t + 40{,}18$
	65	420 ... 750	$y(\tau) = 1{,}0580 * 10^{-5} * t^2 - 0{,}0493 * t + 38{,}10$
	75	320 ... 540	$y(\tau) = 0{,}9166 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}1277 * t + 49{,}46$
	85	240 ... 360	$y(\tau) = 3{,}4206 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}2752 * t + 61{,}22$
2	Uscarea tescovinei de struguri prin convecție și cu unde infraroșii prin convecție și cu unde infraroșii (1,33 kW/m^2)		
	45	627 ... 1200	$y(\tau) = -3{,}9265 * 10^{-6} * t^2 - 0{,}0105 * t + 25{,}74$
	55	570... 1140	$y(\tau) = -3{,}0964 * 10^{-6} * t^2 - 0{,}0144 * t + 27{,}23$
	65	360 ... 720	$y(\tau) = 5{,}4464 * 10^{-5} * t^2 - 0{,}0963 * t + 48{,}31$
	75	286 ... 510	$y(\tau) = 1{,}6979 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}1819 * t + 55{,}74$
	85	200 ... 330	$y(\tau) = 6{,}8611 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}4515 * t + 80{,}95$
3	Uscarea tescovinei de struguri prin convecție și cu unde infraroșii prin convecție și cu unde infraroșii (2,0 kW/m^2)		
	45	750 ... 1400	$y(\tau) = 7{,}9365 * 10^{-5} * t^2 - 0{,}1531 * t + 78{,}47$
	55	550... 1320	$y(\tau) = -1{,}3684 * 10^{-6} * t^2 - 0{,}0345 * t + 33{,}33$
	65	0 ... 420	$y(\tau) = 4{,}9603 * 10^{-5} * t^2 - 0{,}1002 * t + 44{,}88$
	75	320 ... 540	$y(\tau) = 5{,}7447 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}4463 * t + 92{,}14$
	85	240 ... 360	$y(\tau) = 5{,}6111 * 10^{-4} * t^2 - 0{,}3538 * t + 60{,}55$
4	Uscarea tescovinei de tomate prin convecție		
	55	295 ... 438	$y(\tau) = 13{,}8400 * 10^{-4} * t^2 - 1{,}2279 * t + 279{,}22$
	75	198 ... 270	$y(\tau) = 8672{,}93 * \exp(-0{,}0267 * t)$
5	Uscarea tescovinei de tomate prin convecție și cu unde infraroșii prin convecție și cu unde infraroșii (2,0 kW/m^2)		
	55	250 ... 370	$y(\tau) = 3{,}030 * 10^{13} * t^{(-4{,}91)}$
	75	160 ... 240	$y(\tau) = 60{,}6600 * 10^{-4} * t^2 - 2{,}9768 * t + 371{,}78$

În așa fel tab. 3.5 și 3.6 conțin seturi de ecuații, unde parametrul variabil este inclus doar durata procesului (τ) și este o constatare a dependenței diminuării umidității în raport cu durata uscării.

Pentru a stabili dependența procesului de diminuare a umidității de temperatura de uscare, coeficienții numerici ***a*** și ***b*** dinaintea parametrului τ (durata procesului) au fost divizați la valorile de temperatură care îi corespund, respectiv au fost obținute un set de ecuații cu parametrii variabili (tab. 4.7). Valorile coeficienților înaintea termenilor $\mathbf{t * \tau}$, $\mathbf{t * \tau^2}$, $\mathbf{t^2 * \tau}$,$\mathbf{t^2 * \tau^2}$, $\mathbf{t^3 * \tau^2}$ reprezintă efectul combinat al duratei și temperaturii. În ecuațiile polinomiale din tabelul 4.7, coeficienții numerici au fost calculți reieșind din obiectivul, că parametrul de ieșire - umiditatea, **W**, este exprimată în g/g

substanță uscată; iar parametrii de intrare temperatura aerului, **t** este exprimată în °C și durata procesului **τ**, este exprimată în min.

În așa fel au fost identificate 8 ecuații din 10 preconizate, deoarece la regimul lent de uscare a tescovinei de tomate (tab.3.7) ecuațiile parabolice nu pot fi asociate cu ecuațiile exponențiale.

Tabelul 3.7 Ecuații polinomiale a proceselor de uscare a tescovinelor din struguri și tomate sub influența temperatuii și duratei

Nr	Produs	Procedeu aplicat	Forma ecuațiilor polinomiale în dependența de regim
Regim intens			
1	tescovină din struguri	convecție	$W(\tau, t) = (6,08*10^{-7}*t^2 - 5,68*10^{-5}*t - 1,5*10^{-3})*\tau^2 - (1,29*10^{-4} * t^2 - 3,51*10^{-2}*t + 1,93)*\tau + 130$
2		convecție +unde infraroșii(1,33kWt/m^2)	$W(\tau, t) = (6,98*10^{-7}*t^2 - 6,57*10^{-5}*t + 1,7*10^{-3})*\tau^2 - (2,44*10^{-4} * t^2 - 1,94*10^{-2}*t + 0,68)*\tau + 129$
3		convecție +unde infraroșii(2,0kWt/m^2)	$W(\tau, t) = (1,61*10^{-6}*t^2 - 1,67*10^{-4}*t + 4,62*10^{-3})*\tau^2 - (4,17*10^{-4} * t^2-3,87*10^{-2}*t+1,26)*\tau +127$
4	tescovină din tomate	convecție	$W(\tau, t) = (2,15*10^{-4}*t - 4,03*10^{-3})*\tau^2 - (0,086*t + 1,0)*\tau + 1055,41$
5		convecție +unde infraroșii(2,kWt/m^2)	$W(\tau, t) = (6,11*10^{-4}*t - 24*10^{-3})*\tau^2 - (0,166*t - 2.72)*\tau + 1056,18$
Regim lent			
6	tescovină din struguri	convecție	$W(\tau, t) = (2,01*10^{-8}*t^3-3,62*10^{-6}*t^2+2,18*10^{-4}*t - 0,0044)*\tau^2 - (2,28*10^{-4}*t^2 - 0,023*t + 0,60)*\tau + 0,02*t^2 - 1,86*t + 74,40$
7		convecție +unde infraroșii(1,33kWt/m^2)	$W(\tau, t) = (7,49*10^{-7}*t^2 - 8,24*10^{-5}*t - 0,0022)*\tau^2 - (3,82*10^{-4}*t^2-0,0392*t+1,01)*\tau + 0,03*t^2 - 2,88*t + 89,23$
8		convecție + unde infraroșii(2,0kWt/m^2)	$W(\tau, t) = (5.89*10^{-7}*t^2 - 6.34*10^{-5}*t - 0.0017)*\tau^2 – (1.99*10^{-4}*t^2 - 0.0151*t + 0.28)*\tau + 0.02*t^2 - 3.80*t + 116,95$

Conform calculelor efectuate, modelul matematic are forma unor ecuații de ordinul II, unde valorile umidității scad cu creșterea valorilor duratei și temperaturii. Preponderent sunt funcții polinomiale, dar au fost identificate ecuații exponențiale la uscarea cu raze infraroșii a tescovinei de tomate și 1 ecuație de ordinul III la uscarea prin convecție a tescovinei de struguri(tab.3.7)

Ecuațiile obținute anterior au fost incluse în programul *Microsoft Excel* și pe baza valorilor calculate au fost elaborate 3 reprezentări grafice, ca funcții în vizualizare 3D (fig. 3.27-3.29).

Reprezentarea grafică din fig. 3.27, reprezintă modelul matematic al procesului de uscarea tescovinei de struguri prin convecție, în funcție de temperatura fluxului de aer și durata procesului de uscare. În fig. 3.27, se observă o reducere semnificativă a umidității materialului uscat pe măsură ce durata procesului de uscare crește. De asemenea, temperatura aerului joacă un rol important în acest proces, indicând la o corelație directă între creșterea temperaturii și scăderea umidității. La temperaturi mai înalte, uscarea se produce mai rapid, ceea ce confirmă tendințele generale observate în procesele de uscare convectivă.

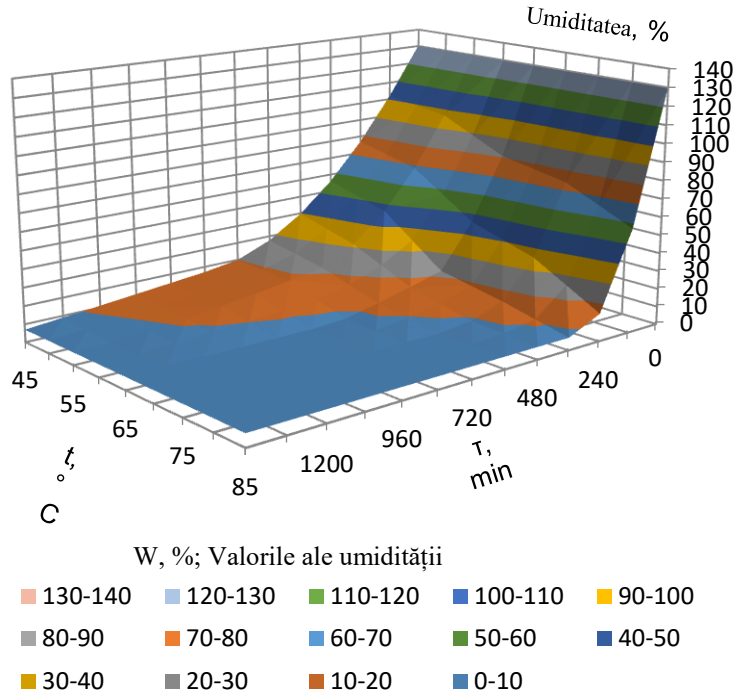


Fig. 3.27 Reprezentarea grafică a modelului matematic privind procesul de uscare a tescovinei de struguri prin convecție

Prezentarea grafică din fig. 3.28, reprezintă modelul matematic al uscării tescovinei de struguri printr-un proces combinat

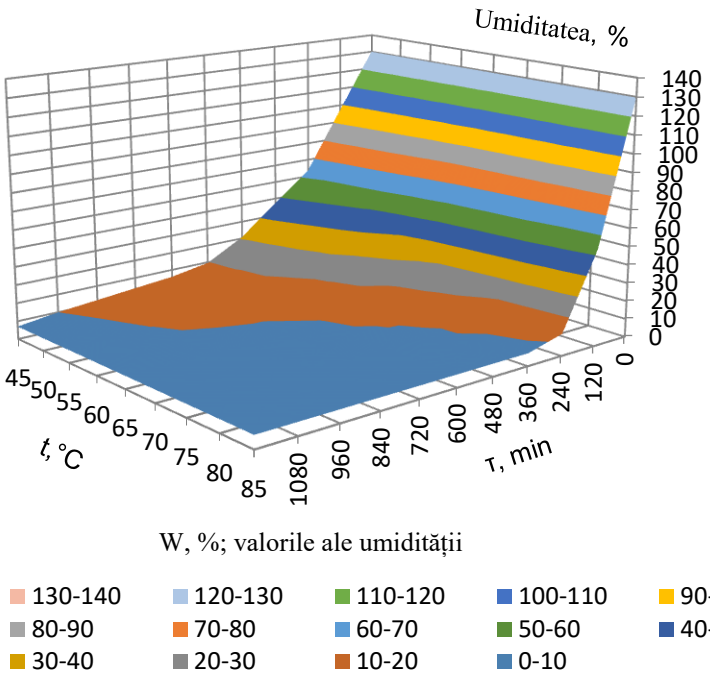


Fig. 3.28 Reprezentarea grafică a modelului matematic privind procesul de uscarea tescovinei de struguri prin convecție + unde infraroșii (1,33kWt/m^2)

de convecție și unde infraroșii (1,33kWt/m^2). Din fig. 3.28 se observă o reducere permanentă a umidității materialului pe măsură ce durata procesului de uscare crește. De asemenea, temperatura aerului influențează semnificativ rata de uscare, indicând la o corelație directă între temperatura aplicată și scăderea umidității. Utilizarea undelor infraroșii accelerează procesul, ceea ce confirmă tendințele generale observate în uscarea combinată prin convecție și radiație infraroșie.

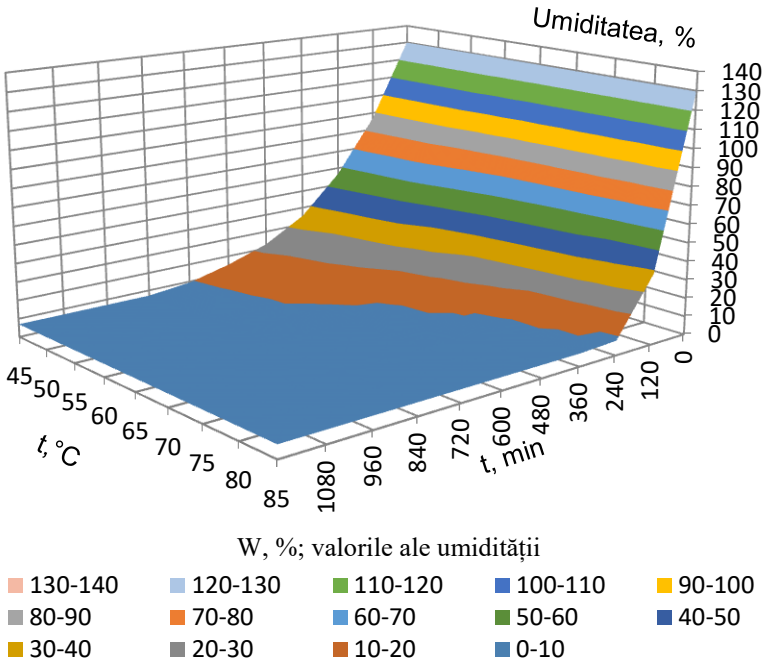


Fig. 3.29 Reprezentarea grafică a modelului matematic privind procesul de uscare a tescovinei de struguri prin convecție + unde infraroșii (2,0kWt/m^2)

Prezentarea grafică din fig. 3.29, evidențiază modelul matematic al uscării tescovinei de struguri utilizând exclusiv radiație infraroșie (100%). Huang (2021) arată 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) evidențiază avantajele acestei metode privind uniformitatea încălzirii și calitatea finală a produsului, inclusiv păstrarea compușilor bioactivi și a culorii naturale. Din fig 3.29 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 proces 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 energia radiativă permite o reducere semnificativă a duratei uscării și o eficiență energetică sporită. La temperaturi mai înalte, umiditatea scade mai rapid, confirmând eficiența ridicată a radiației infraroșii în procesele de uscare.

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 promițătoare pentru optimizarea procesului de uscare a tescovinei de struguri, reducând timpul necesar și îmbunătățind eficiența energetică. În Anexa 2 este prezentată evaluarea veridicității și aplicabilității metodelor matematice utilizate pentru modelarea procesului de uscare a tescovinelor, evidențiindu-se gradul de corelare între datele experimentale și cele simulate.

3.4 Influenţa termică asupra tescovinei de mere și tescovinei de struguri în procesul de uscare

În procesul de prelucrare a fructelor au loc diverse reacții chimice, ca rezultat fiind formarea compușilor de culoare de la gălbui-maro până la negru. Acest proces este denumit ca „întunecare" sau „brunificare". Brunificarea implică trei tipuri de reacții: reacții amino-carbonilice (reacția Maillard), caramelizare și reacții oxidative de natură neenzimatică și enzimatică. De obicei, chimia reacțiilor de brunificare implică mai multe faze succesive cu formarea produselor intermediare foarte active. În rezultatul acestor reacții complexe se formează polimeri colorați nesaturați cu una sau mai multe grupe carbonilice (Mi Moon și al., 2020; Bykova și al., 2015). Prezența acestor compuși determină, într-un grad sau altul, modificarea nu numai a culorii, ci și a gustului și aromei produsului, motiv pentru care indicele de întunecare (brunificare) a fost ales ca indicator integrat al calității tescovinei uscate. Intensitatea reacțiilor de brunificare este influențată de mulți factori: temperatură, durata tratamentului, conținutul de umiditate, prezența oxigenului, activitatea enzimelor oxidative și disponibilitatea substratului, ºC.

Mulţi savanți și specialişti în domeniul uscării sunt de părere, că criteriul decisiv, care determină alegerea regimului de uscare, este temperatura maximă admisibilă a procesul de eliminare a apei din produsul inițial. Temperatura produsului în procesul de uscare se determină în funcţie de parametrii agentului de uscare, modul de uscare şi caracteristicile materialului supus uscării (Petrescu și al., 2019).

Potrivit unor cercetători, calitatea finală a produsului uscat este influențată semnificativ de factorul combinat "temperatură–timp", care reflectă intensitatea și durata tratamentului termic aplicat în procesul de uscare.

Influența termică exercitată asupra produsului în cadrul procesului de uscare a fost determinată, conform studiilor realizate, prin calculul sarcinii termice și al temperaturii ponderate, indicatori esențiali pentru aprecierea intensității tratamentului termic aplicat.

Determinarea acţiunii termice şi a temperaturii ponderate permite studierea caracterului de modificare a diferitor substanţe în timpul uscării tescovinei de mere la diferite temperaturi şi compararea efecienței fiecărui regim de uscare.

În calitate de încărcătură termică a fost calculată integrala $\int_a^b f(x)dx$, unde *a* şi *b* reprezintă intervalul de timp în care s-a realizat procesul de uscare; *f*(*x*) este dependenţa temperaturii produsului în raport cu timpul de uscare; x-reprezintă perioada de uscare. Integrala respectivă este reprezentată de suprafaţa figurii, care este limitată de axa absciselor, dreptele *x*=*a*=0 şi *x*=*b*=τ finală şi graficul funcţiei: *t* produsului= *f*(*τ*). Suprafaţa figurii se determină în mod grafic.

Temperatura ponderată a produsului (*θ, °C)* în procesul de uscare este calculată după formula:

$$S/\tau = \theta,$$

unde: *S* – este suprafaţa figurii, *°C*min*; τ – durata de uscăre, *min.*

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.3.30–3.32.

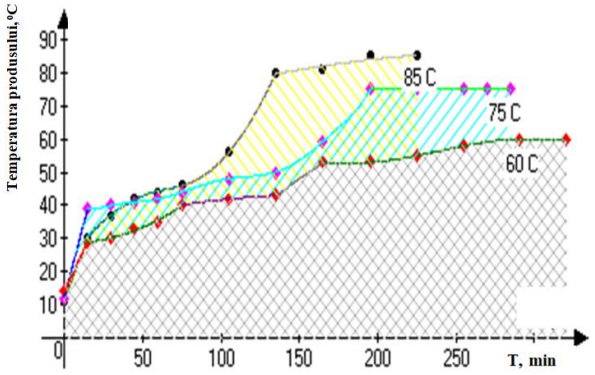


Fig. 3.30 Dependenţa temperaturii tescovinei de mere în funcţie de durata uscării la viteza constantăV=2m/s și temperaturi variate de aer, ^{0}C: 60, 75, 85

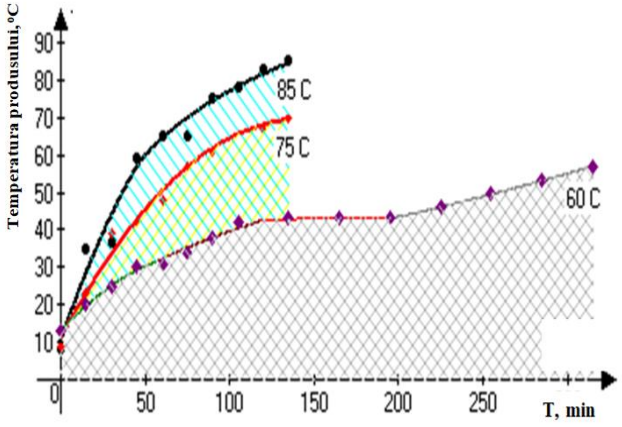


Fig. 3.31 Dependenţa temperaturii tescovinei de mere în funcţie de durata uscării la viteza constantă V=3 m/s și temperaturi variate de aer, ^{0}C: 60, 75, 85

Din analiza fig. 3.30–3.32 se poate evidenția faptul că temperatura produsului începe să crească rapid încă din primele momente ale procesului de uscare. După faza de încălzire, ilustrată în fig. 3.31, se observă că ritmul de creștere a temperaturii scade treptat, iar spre finalul procesului, temperatura produsului se apropie sau devine echivalentă cu temperatura aerului de uscare.

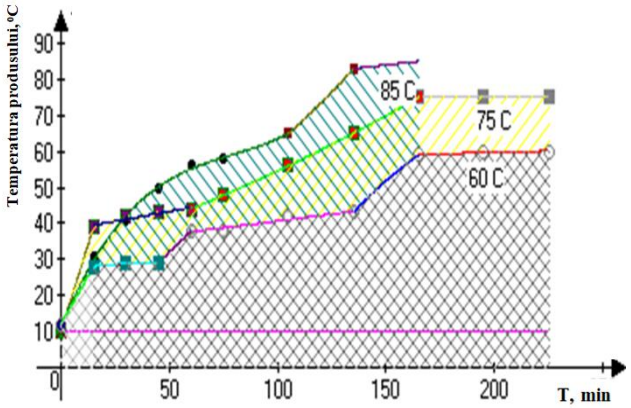


Fig. 3.32 Dependența temperaturii tescovinei de mere în funcţie de durata uscării la viteza constantă V=4m/s și temperaturi variate de aer, ^{0}C: 60, 75, 85

În tabelul 3.8-3.9 sunt prezentate rezultatele obținute în urma determinării valorilor sarcinii termice și a temperaturii ponderate pentru diferiți parametri ai procesului. De asemenea în tabel, sunt incluse date referitoare la calitatea tescovinei uscate după procesul de măcinare, prezentate sub formă de evaluări organoleptice și a indicelui de brunificare(A_{medie}).

Tabelul 3.8 Caracteristicile procesului de uscare a tescovinei de mere și proprietățile produsului finit

Nr.	V, m/s	T aer, °C	τ,min	S, grad* min	T_{pp}, °C	W, %	Culoare foto	Rang 1-cel mai deschis
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2,0	60	320	15026	47,0	6,6		9
		75	285	16053	56,3	4,0		7
		85	225	13693	60,7	2,8		6

Tabelul 3.8 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	3,0	60	315	12921	41,0	7,6		8
		75	135	6643	49,2	5,0		5
		85	135	8242	61,1	3,7		4
3	4,0	60	225	9830	43,7	5,3		3
		75	225	12547	55,8	2,4		2
		85	165	9505	67,6	2,2		1

Tabelul 3.9 Corelare între valorile indicelui de brunificare și temperatura ponderată la difererite regimuri de uscare

Nr.	V, m/s	T aer, °C	Funcția	Caracteristici statistice		IB
				Coeficientul de determinare R^2	Eroarea standardă	
1	2	3	4	5	6	7
1	2,0	60	y= -0.0036039*x+ 0.577482	0.9737	0.0041387	0,4096± 0,0002
		75				0,3699± 0,0010
		85				0,3619± 0,0004
2	3,0	60	y= - 0.0020649*x+ 0.4710736	0.9090	0.0066015	0.3909± 0,0001
		75				0.3619± 0,0004
		85				0.3480± 0,0005

Tabelul 3.9 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7
3	4,0	60	Y=- 0.0013331*x+ 0.4019184	0.9713	0.0027425	0,3421± 0,0001
		75				0,3307± 0,0001
		85				0,3102± 0,0002

Rezultatele obținute indică faptul că temperaturile ponderate reflectă influența combinată a temperaturii și duratei asupra indicelui de brunificare al tescovinei de mere, care variază liniar cu temperatura (fig. 3.33). Această corelație, confirmată de Li et al. (2022), evidențiază că utilizarea temperaturilor ponderate permite evaluarea și optimizarea brunificării, menținând în același timp calitatea produsului final.

Analizând fig. 3.33, se poate observa că, odată cu creșterea vitezei aerului de uscare și a temperaturii produsului (aerul de uscare), valoarea indicelui de brunificare scade, iar rata acestei scăderi crește pe măsură ce viteza agentului de uscare se reduce.

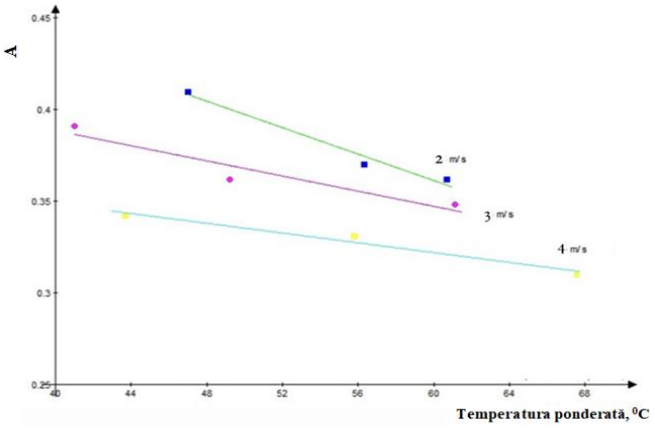
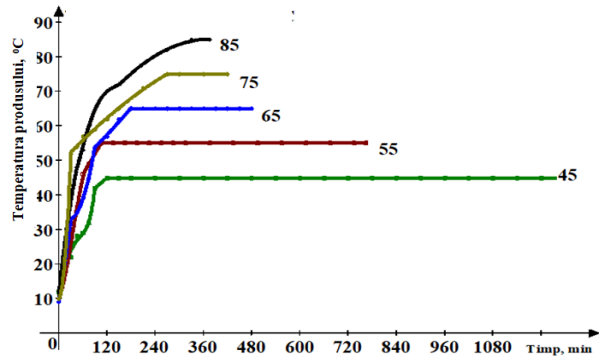


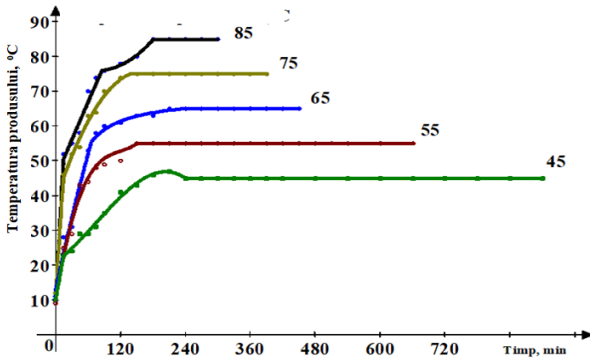
Fig. 3.33 Variația indicelui de brunificare în funcție de temperatura ponderată

Această evoluție a indicelui de brunificare sugerează apariția reacțiilor enzimatice de brunificare a tescovinei de mere pe parcursul procesului de uscare, atunci când se creează condiții favorabile (temperatură, umiditate) pentru activarea enzimei polifenoloxidaza. Acest fenomen conduce la formarea produselor de oxidare a polifenolilor din mere, în urma interacțiunii acestora cu oxigenul atmosferic. Oxidarea enzimatică a tescovinei de mere în timpul uscării este susținută de cercetările anterioare prezentate în lucrarea (Petrescu și al., 2019).

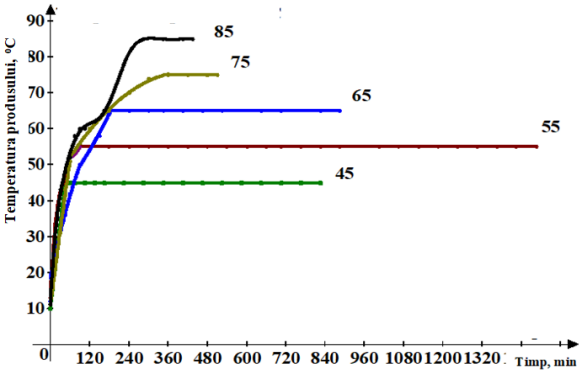
În fig.3.34 este prezentată modificarea temperaturii tescovinei de struguri în timpul uscării la diferite temperaturi ale aerului pentru trei metode de uscare: a) convectivă; b) combinată: convecție + IR *2,0 kW/m*^{2}; c) combinată: convecție + IR *1,33 kW/m*^{2}.



a)



b)



c)

Fig. 3.34 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.

În tab.3.10 sunt prezentate rezultatele procesului de deshidratare a tescovinei de struguri pentru trei metode diferite și regimuri de temperatură de uscare (3 m/s constant). Datele obținute din fig.3.35 demonstrează modificarea valorilor indicelui de brunificare în funcție de temperatura medie ponderată a produsului.

Tabelul 3.10 Parametrii procesului de deshidratare a tescovinei de struguri pentru diferite metode și regimuri termice la o viteză constantă a fluxului de aer de 3 m/s

t_{aer}, °C	Convecția +IR 2,0 *kW/m²*				Convecția + IR1,33 *kW/m²*				Convecția			
	IB	timp, min	min* °C	t pr. md. °C	IB	timp, min	min* °C	t pr. md. °C	IB	timp, min	min* °C	t pr. md. °C
45	0,316 ±0,0015	900	38529	42,8	0,339 ±0,00115	825	36349	44,1	0,428±0,000 58	1260	54965	43,6
55	0,248 ±0,0010	660	34524	52,3	0,306 ±0,00153	1485	80664	54,3	0,359 ±0,00058	765	40152	52,5
65	0,265 ±0,00058	450	26799	59,6	0,269 ±0,00058	885	52135	61,2	0,355 ±0,00153	480	27886	58,1
75	0,377 ±0,00100	390	27196	69,7	0,239 ±0,00153	510	33117	64,9	0,406 ±0,00100	420	27480	65,4
85	0,337 ±0,00100	300	20629	68,8	0,285 ±0,00153	435	30636	70,4	0,427 ±0,00058	375	26302	70,1

Analiza comparativă a metodelor de uscare aplicate tescovinei de mere (tab. 3.10, fig. 3.35) demonstrează, că metodele combinate reduc semnificativ indicele de brunificare față de uscarea convectivă tradițională. Valorile maxime ale brunificării au fost înregistrate la 45°C și aproximativ 70°C.

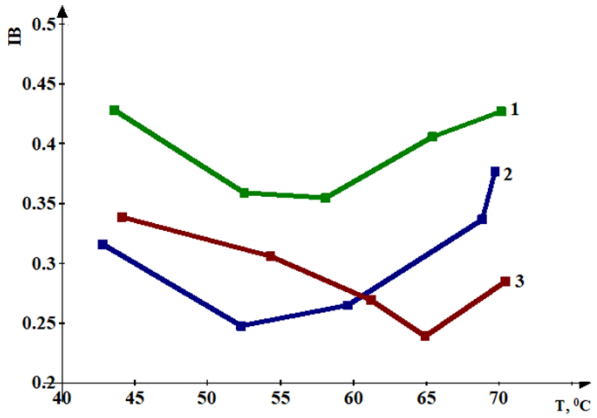


Fig. 3.35 Modificarea valorilor indicelui de brunificare în funcție de temperatura medie ponderată a produsului la deshidratarea tescovinei de struguri prin diferite metode de uscare:
1) convectivă;
2) combinată: convecție + IR 2,0 kW/m^2;
3) combinată: convecție + IR 1,33 kW/m^2.

Studiile anterioare confirmă aceste observații: Heras-Ramírez et al. (2011) au arătat că temperaturile mai ridicate reduc polifenolii și flavonoidele, intensificând brunificarea, în timp ce metodele combinate, cum ar fi blanchingul urmat de uscarea la temperaturi moderate, mențin calitatea produsului și conservă compușii bioactivi. Astfel, uscarea combinată reprezintă o strategie eficientă pentru optimizarea procesului, reducerea brunificării și păstrarea proprietăților nutriționale ale tescovinei de mere.

Aceste rezultate pot fi atribuite diferitelor tipuri de reacții de brunificare care predomină sau acționează sinergic în diverse etape ale procesului de deshidratare a tescovinei de struguri. Brunificarea la temperaturi reduse reprezintă, cel mai probabil, rezultatul activității intensificate a enzimelor oxidative în condiții favorabile, caracterizate prin:

- o viteză suficient de scăzută de eliminare a conținutului inițial de umiditate;
- o temperatură care stimulează procesul de oxidare, dar rămâne insuficientă pentru inactivarea enzimelor;
- efectele potențial benefice ale radiației infraroșii.

Odată cu creșterea temperaturii de uscare și, implicit, a temperaturii produsului, se observă următoarele fenomene:

- accelerarea vitezei de reducere a conținutului de umiditate
- diminuarea perioadei favorabile dezvoltării reacțiilor enzimatice oxidative
- scăderea sau inhibarea activității enzimelor

Reducerea conținutului de umiditate al tescovinei, împreună cu creșterea temperaturii produsului și menținerea acestuia la temperaturi ridicate pentru o perioadă suficient de lungă în

vederea obținerii unei umidități scăzute, declanșează reacții amino-carbonilice, procese de oxidare neenzimatică și, posibil, fenomene de caramelizare.

Se poate presupune că o intensitate mai mare a radiației IR determină supraîncălzirea locală a produsului în momentul în care conținutul său de umiditate devine redus.

3.5 Analiza și delimitarea problematicii

1. Studiul prezentat în acest capitol a urmărit investigarea și optimizarea procesului de uscare aplicat tescovinelor provenite din mere, struguri și tomate, utilizând metode convective, radiație infraroșie și regimuri combinate. Prin analiza influenței parametrilor tehnologici – temperatura, viteza aerului și încărcătura de produs – s-a realizat o caracterizare complexă a cineticii de uscare, a calității produsului obținut și a eficienței procesului tehnologic. În urma experimentelor efectuate și a interpretării datelor obținute, pot fi formulate următoarele concluzii generale:

2. Procesul de uscare este influențat în mod decisiv de temperatura aerului, viteza fluxului de aer și masa de produs introdus în uscător. Valorile optime pentru temperatură s-au situat între 75 și 85 °C, iar o viteză a aerului de 3 m/s s-a dovedit eficientă. Depășirea acestor praguri nu a condus la îmbunătățiri semnificative ale performanței tehnologice, dar a generat un consum energetic crescut.

3. Metodele hibride de uscare, care combină convecția cu radiația infraroșie, s-au dovedit superioare metodelor convenționale, reducând semnificativ timpul de procesare (cu până la 45% la temperaturi joase) și favorizând conservarea compușilor bioactivi, în special în cazul tescovinei de struguri și tomate.

4. Pentru tescovina de mere, regimul optim de uscare a fost identificat la 75 °C și 3 m/s, acesta asigurând un echilibru favorabil între eficiența procesului și păstrarea valorii nutriționale a produsului final.

5. Creșterea temperaturii aerului a determinat o reducere considerabilă a duratei de uscare – cu până la 76% în cazul tescovinei de struguri, în regim convectiv. Totuși, la temperaturi foarte ridicate (peste 85 °C), s-a constatat un risc crescut de degradare a compușilor bioactivi, în special în cazul tescovinei de mere.

6. Influența vitezei aerului s-a dovedit semnificativă până la un prag de 3 m/s, dincolo de care beneficiile suplimentare sunt minore, iar costurile energetice cresc. Alegerea unei viteze optime este, așadar, esențială pentru echilibrul între eficiența procesului și sustenabilitatea energetică.

7. Din punct de vedere cinetic, procesul de uscare se desfășoară în două etape distincte: prima – cu viteză constantă de evaporare, în care se elimină până la 71% din umiditatea produsului,

și a doua – cu viteză descrescătoare, influențată de difuzia internă a apei. Punctul de tranziție între aceste două etape a fost identificat la un conținut de 15–21% substanță uscată, variabil în funcție de tipul de tescovină.

8. Încărcătura de produs are un impact direct asupra duratei de uscare. La o temperatură de 60 °C, uscarea unei încărcături de 0,5 kg/m² a necesitat 120 de minute, în timp ce o încărcătură de 1,5 kg/m² a prelungit durata la 325 de minute. Această relație subliniază importanța optimizării raportului dintre masa produsului și suprafața activă de uscare.

9. Aplicarea radiației infraroșii a fost eficientă și în cazul tescovinei de tomate, înregistrându-se reduceri ale timpului de uscare cu 15,5% la 55 °C și 11,2% la 75 °C, în comparație cu regimul convectiv simplu. Aceste rezultate confirmă eficiența metodei IR, în special la temperaturi moderate.

10. Modelele matematice dezvoltate în cadrul studiului au permis descrierea precisă a comportamentului cinetic al uscării, reprezentând un instrument valoros pentru estimarea duratei procesului și pentru controlul regimului tehnologic. Aceste modele pot fi integrate în sistemele de automatizare și reglare din industria alimentară, în vederea optimizării procesului de deshidratare.

11. În ansamblu, rezultatele obținute demonstrează un potențial aplicativ semnificativ al metodelor analizate pentru valorificarea sustenabilă a subproduselor agroalimentare. Aplicarea tehnologiilor moderne de uscare permite reducerea pierderilor, prelungirea duratei de conservare și obținerea unor produse cu valoare biologică și economică ridicată, contribuind la dezvoltarea durabilă a industriei alimentare.

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

4.1 Elaborarea tehnologiilor de fabricare a produselor alimentare extrudate

Obiectivele și necesitățile de cercetare în domeniul produselor extrudate sunt extrem de importante pentru dezvoltarea unei alimentații sănătoase și diversificate. În acest context, cercetările se concentrează pe extinderea sortimentului de produse alimentare extrudate, în special din materia primă autohtonă, cum ar fi cerealele. De asemenea, procesul de extrudare permite obținerea unor produse alimentare mai accesibile și mai ușor de consumat, datorită procesării lor avansate, care îmbunătățește durabilitatea și conservarea acestora.

Unul dintre principalele obiective ale cercetărilor este diversificarea sortimentului de produse cerealiere extrudate, ținând cont de necesitățile nutriționale ale consumatorilor și de cerințele actuale de pe piața alimentară. Produsele extrudate obținute din materii prime cerealiere și deșeuri ale industriei de conserve pot fi fortificate cu ingrediente funcționale, cum ar fi fibrele alimentare, vitaminele, acizii grași nesaturați, substanțele minerale, probioticele și prebioticele. Aceste ingrediente au rolul de a îmbunătăți valorile nutriționale ale produselor și de a contribui la profilaxia unor afecțiuni, prin suplimentarea cu substanțe nutritive importante pentru organism (Iușan, 2023).

Totodată, cercetările vizează stabilirea unor standarde clare privind produsele, care conțin cantități semnificative de fibre alimentare, întrucât fibrele au un impact important asupra sănătății digestive și generale. Astfel, produsele ce conțin cel puțin 3g de fibre per 100 g sunt considerate surse bune de fibre, iar cele ce conțin mai mult de 6 g de fibre per 100 g sunt considerate bogate în fibre, conform reglementărilor internaționale de sănătate (Code of Federal Regulations 21 CFR 137.101.81, 2005). Aceste informații sunt esențiale pentru a asigura corectitudinea și transparența etichetării produselor alimentare, conform legislației Republicii Moldova în vigoare (Mihu, 2012; Iușan și al., 2022).

În așa fel, rețetele pentru produsele extrudate sunt elaborate în conformitate cu documentația normativă existentă, având în vedere reglementările privind informarea consumatorului, utilizarea aditivilor alimentari și prevenirea contaminanților din produsele alimentare. Rețetele conțin detalii precise despre ingredientele utilizate și raportul echilibrat al diferitelor tipuri de materie primă, iar procesul de elaborare a acestora se face conform standarde de siguranță alimentară și inovație tehnologică.

Prin urmare, cercetările în domeniul produselor extrudate vizează nu doar îmbunătățirea calității alimentelor, dar și creșterea disponibilității unor produse, care contribuie la o alimentație

sănătoasă, diversificată și adaptată cerințelor nutriționale moderne. Aceste cercetări sunt importante pentru dezvoltarea unor soluții inovative, care să răspundă necesităților consumatorilor și să asigure sănătatea acestora pe termen lung.

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

În Republica Moldova, industria alimentară se confruntă cu provocarea de a valorifica integral legumele și fructele, precum și alte materii prime agricole, în contextul unui consum sustenabil al acestora. Un obiectiv important este creșterea eficienței economice a produselor de conserve, prin utilizarea rațională a materiilor prime și minimizarea pierderilor pe parcursul procesării (Nicolaeva și al., 2004).

Studiile în domeniul utilizării raționale a materiilor prime se concentrează pe două direcții principale. Prima se referă la dezvoltarea tehnologiilor, care elimină sau reduc la minimum formarea deșeurilor, astfel încât să se obțină produse valoroase fără pierderi semnificative. A doua direcție implică procesarea deșeurilor pentru obținerea de produse alimentare sau de produse utilizate în alte domenii, astfel maximizând valoarea adăugată a materiilor prime disponibile.

În acest context, fabricarea produselor alimentare extrudate pe bază de materii prime cerealiere și deșeuri din industria conservelor de fructe și legume reprezintă o direcție de cercetare nouă, care contribuie la diversificarea sortimentului de produse alimentare. Extrudarea este un proces tehnologic eficient, care permite transformarea materiilor prime și deșeurilor într-un produs final cu valoare nutritivă și biologică înaltă, având aplicabilitate largă în obținerea unor produse funcționale, care pot fi integrate într-o dietă sănătoasă.

Astfel, tehnologia de producere a produselor extrudate din aceste surse de materie primă poate contribui la reducerea pierderilor în industria alimentară, valorificând resursele disponibile într-un mod sustenabil, în conformitate cu tendințele de eficiență economică și protecția mediului. De asemenea, acest proces contribuie la creșterea valorii adăugate și diversificarea ofertei de produse alimentare, răspunzând cerințelor pieței și promovând un consum mai echilibrat și sănătos.

Pentru fabricarea noilor produse extrudate și ameliorarea acestora în ceea ce privește calitățile gustative, au fost elaborate rețete inovative bazate pe materii prime vegetale autohtone și deșeuri provenite din industria conservelor de fructe și legume. Această abordare are la bază o viziune sustenabilă asupra valorificării resurselor locale și a minimizării pierderilor în cadrul proceselor industriale. Utilizarea materiilor prime autohtone, în combinație cu deșeurile alimentare,

permite nu doar diversificarea produselor, dar și maximizarea valorii adăugate, prin transformarea unor resurse nevalorificate într-o gamă variată de produse alimentare funcționale și ecologice.

În cadrul cercetărilor desfășurate, au fost elaborate rețetele pentru produsele extrudate utilizând metoda diferențiată de evaluare a calității produselor. Această metodă permite o analiză aprofundată a caracteristicilor individuale ale fiecărui ingredient utilizat, precum și impactul acestora asupra calității finale a produsului. În procesul de extrudare, fiecare materie primă adaugă o valoare specifică produsului final, iar evaluarea acestor caracteristici ajută la obținerea unor produse cu proprietăți nutritive și gustative îmbunătățite.

Materiile prime utilizate în cercetare au fost selectate în scopul oferirii produsului final atât a valoarii nutriționale înalte, cât și unui gust plăcut și echilibrat și au inclus:

1. porumb soiul 394;
2. pulbere din tescovină de mere;
3. pulbere din tescovină de tomate;
4. pulbere din tescovină de struguri.

Metoda diferențiată de evaluare a calității produselor, utilizată în cercetarea rețetelor, permite obținerea unui produs final cu caracteristici organoleptice și nutriționale optimizate, ținând cont de proprietățile fiecărei materii prime în parte.

Astfel, elaborarea rețetelor pentru produsele extrudate pe bază de materii prime autohtone și deșeurile de la industria conservelor de fructe și legume reprezintă o soluție inovativă și sustenabilă pentru dezvoltarea industriei alimentare din Republica Moldova, având un impact pozitiv asupra economiei locale și asupra sănătății consumatorilor.

4.1.1.1 Tehnologia de obținere a pulberilor din tescovină de mere, de struguri și de tomate

Procesul de uscare al materiilor prime secundare (tescovina de mere, struguri și tomate) a fost optimizat în funcție de condițiile de temperatură și viteză de uscare, având ca scop obținerea unor pulberi cu proprietăți prestabilite pentru utilizare ulterioară în producerea de alimente. Regimurile optime de uscare, care au fost elaborate în funcție de tipul de tescovină, sunt urmîtoarele:

tescovina de mere a fost uscată prin convecție în flux paralel de aer, la temperaturi de 60-85°C, timp de 3-4 ore;

tescovina de tomate a fost supusă unei metode combinate, folosind radiație infraroșie și convecție în flux paralel de aer, la temperaturi de 45-85°C, timp de 4-5 ore;

tescovina de struguri a fost uscată atât prin convecție în flux paralel de aer, cât și prin metoda combinată, radiație infraroșie și convecție, la temperaturi cuprinse între 45 și 85°C, timp de 4-5 ore.

După uscarea materialelor, deșeurile au fost răcite până la temperatura camerei, iar procesul de mărunțire a fost realizat în două etape, pentru a obține particule de dimensiuni optimale:

etapa I: mărunțirea inițială a fost efectuată până la dimensiuni de particule între 0,5-0,7 mm.

etapa II: mărunțirea finală a fost realizată până la dimensiuni de particule între 0,1-0,2 mm.

Mărunțirea materialelor s-a realizat la întreprinderea „Rovazena" SRL utilizând o moară de tip ZN-1000 (Seated Swing Type Medicine Grinder). Pulberile obținute au o înaltă capacitate higroscopică, motiv pentru care au fost ambalate imediat în borcane de sticlă, ermetic închise, pentru a preveni absorbția umidității din aer.

În pulberile obținute au fost determinați următorii indici fizico-chimici: umiditatea, aciditatea titrabilă, fracția masică a zahărului total, zaharuri reducătoare și conținutul de celuloză. Aceste analize sunt necesare pentru evaluarea calității produselor obținute și asigurarea utilizării acestora în condiții de siguranță și eficiență maximă în procesele ulterioare de extrudare, iar rezultatele obținute sunt prezentate în tab. 4.1.

Tabelul 4.1 Indicii fizico-chimici a pulberilor din tescovină de mere, struguri și tomate

Nr.	Denumirea indicelui	Pulbere din tescovină de mere	Pulbere din tescovină de struguri		Pulbere din tescovină de tomate
			Sauvignon	***Codrinschii***	
1.	Umiditatea, %	6,80	7,50	7,30	4,06
2.	Aciditatea titrabilă, %	0,27 (conform acidului malic)	0,30 (conform acidului tartric)	0,31 (conform acidului tartric)	0,60 (conform acidului citric)
3.	Fracția masică a zahărului total, %	26,10	30,20	31,60	58,00
4.	Zaharuri reducătoare, %	5,60	6,30	7,00	43,30
5.	Celuloză, %	12,00	9,80	8,90	16,50

Din datele prezentate în tab.4.1, se poate observa că umiditatea pulberilor din tescovină variază între 4,06% și 7,50%, ceea ce indică o uscare eficientă a materiilor prime. Aceste valori scăzute a umidității sunt necesare pentru prevenirea dezvoltării microorganismelor și pentru menținerea stabilității produsului pe termen lung.

Aciditatea titrabilă a pulberilor se încadrează într-un interval de la 0,27% până la 0,60%, un nivel relativ scăzut, ce indică la un indice a pH aproape neutru, favorabilă păstrării calităților organoleptice ale produsului. Conținutul de aciditate este optim pentru prevenirea fenomenelor de fermentație sau de alterare prematură a pulberilor, aspecte importante în fabricarea produselor alimentare.

Fracția masică a zahărului variază între 26,10% și 58,00%, ceea ce denotă o concentrație semnificativă de carbohidrați solubili, care contribuie la un aport energetic. Acest conținut de zaharuri este util pentru îmbunătățirea gustului și a valorii calorice a produselor alimentare, având un impact direct asupra energiei furnizate organismului.

De asemenea, pulberile din tescovină conțin o cantitate semnificativă de celuloză, între 8,90% și 16,50%. Celuloza, fiind un component esențial al fibrelor alimentare, contribuie la promovarea unui sistem digestiv sănătos, la reglarea tranzitului intestinal și la senzația de sațietate. Acest conținut înalt de celuloză este un factor important pentru dezvoltarea de produse alimentare funcționale și sănătoase, destinate menținerii unei alimentații echilibrate.

Astfel, analiza acestor date indică la calitățile favorabile ale pulberilor din tescovină care, datorită conținutului potrivit de umiditate, aciditate, zahăr și celuloză, pot fi utilizate cu succes în fabricarea produselor alimentare cu valoare nutritivă și funcțională sporită.

Pentru obținerea noilor produse extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor din industria conservelor din fructe și legume, au fost elaborate următoarele amestecuri:

1. porumb soiul 394 – 100% (control);
2. porumb soiul 394 – 90% și 10% pulbere din tescovină de mere;
3. porumb soiul 394 – 95% și 5% pulbere din tescovină de tomate;
4. porumb soiul 394 – 90% și 10% pulbere din tescovină de struguri: Sauvignon;
5. porumb soiul 394 – 80% și 20% pulbere din tescovină de struguri: Codrinschii.

În procesul de elaborare a produselor extrudate pe bază de materie primă cerealieră și deșeuri din industria conservelor de fructe și legume, au fost efectuate calculele respective pentru a determina conținutul de fibre alimentare și pentru a optimiza regimul de extrudare. Astfel, au fost stabilite condițiile tehnologice, care asigură o eficiență maximă în procesul de fabricație, având ca obiectiv final obținerea unor produse cu valoare nutrițională sporită.

Un factor important la determinarea parametrilor tehnologici este umiditatea materiei prime, care influențează direct procesul de extrudare. Umiditatea amestecurilor joacă un rol fundamental în obținerea unei structuri poroase a produselor extrudate. În acest sens, umiditatea optimă a amestecurilor a fost stabilită între 15% și 16%, în funcție de tipul de materie primă utilizată. Aceste valori de umiditate permit obținerea unui produs cu o structură poroasă sporită, caracterizată printr-o textură ușoară și crocantă, ceea ce conferă produselor o calitate superioară în comparație cu alte tipuri de produse extrudate.

Pentru producerea lotului experimental, a fost utilizată o cantitate optimă din fiecare amestec, în funcție de parametrii tehnologici stabiliți. Înainte de inițierea procesului, extruderul a fost preîncălzit pînă la o temperatură de 140-150ºC, asigurând condițiile necesare pentru o prelucrare eficientă a materiilor prime și a deșeurilor incluse în compoziție.

Temperatura de procesare a materiilor prime în extruder a variat între 90 și 120ºC, iar o creștere proporțională a temperaturii a fost observată odată cu majorarea cantității deșeurilor adăugate în amestec. Acest fenomen se explică prin proprietățile termice distincte ale fiecărei componente, care influențează conductivitatea termică și eficiența transferului de căldură în timpul extrudării.

Timpul de fabricare a produselor extrudate a fost cuprins între 13 și 20 de secunde, în funcție de compoziția amestecului cercetat. Acest parametru joacă un rol important în obținerea structurii produselor și în asigurarea unei omogenizări optimale a ingredientelor. De asemenea, presiunea din extruder a variat între 24 și 30 atm, care depinde direct de tipul și proporția materiilor procesate, influențând astfel formarea și calitatea produsului final.

După extrudare, produsele au fost răcite treptat până la temperatura 18-20ºC, prevenindu-se astfel modificările structurale și asigurînd stabilitatea proprietăților fizico-chimice. La etapa finală, produsele extrudate au fost ambalate în saci de polietilenă cu închidere ermetică, metodă care contribuie la menținerea calității și prospețimii acestora pe întreaga durată de depozitare și transportare.

4.1.1.2 Determinarea indicilor fizico-chimici a mostrelor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor

Studiul indicilor fizico-chimici ale mostrelor de produse extrudate, obținute din materii prime cerealiere și deșeuri rezultate din industria conservelor de legume și fructe, a fost realizat în conformitate cu indicatorii specifici pentru produsele extrudate.

Analiza acestor caracteristici este importantă pentru evaluarea calității produselor finite, influențând atât proprietățile tehnologice, cât și valoarea lor nutrițională. Parametrii fizico-chimici determină stabilitatea structurală a produselor, capacitatea de reținere a apei și a uleiului, gradul de porozitate, care influențează textura și acceptabilitatea produselor extrudate.

În tab.4.2 sunt prezentate datele obținute în urma analizelor fizico-mecanice a produselor extrudate. Rezultatele obținute permit identificarea amestecurilor optimale pentru obținerea unor

produse cu proprietăți funcționale și senzoriale, contribuind astfel la valorificarea eficientă a materiilor prime și a subproduselor din industria alimentară.

Tabelul 4.2. 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 394 (control)	6,3	4,60	4,30	1,00	3,80	4,90
2	Porumb soiul 394 + 10% pulbere de tescovină de mere	6,35	4,10	3,80	0,95	3,50	4,80
3	Porumb soiul 394 + 20% pulbere de tescovină de mere	6,20	4,40	3,95	1,00	3,30	4,90
4	Porumb soiul 394 + 5% pulbere de tescovină de tomate	5,95	3,95	4,05	0,85	3,70	4,50
5	Porumb soiul 394 + 15% pulbere de tescovină de tomate	6,00	4,30	4,95	0,95	3,60	4,30
6	Porumb soiul 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri Sauvignon	6,60	4,25	3,90	1,00	3,50	4,40
7	Porumb soiul 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri Sauvignon	6,75	4,60	4,00	1,05	3,20	4,35
8	Porumb soiul 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri Codrinschii	6,40	4,05	4,00	0,95	3,40	4,40
9	Porumb soiul 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri Codrinschii	6,50	4,45	4,10	1,00	3,20	4,30

Analiza datelor prezentate în tab.4.2 indică la variațiile coeficienților fizico-mecanici ai produselor extrudate în funcție de compoziția amestecurilor utilizate. Coeficientul de dilatare al produselor extrudate se află în intervalul 3,20-3,70, evidențiind o dependență directă de proporția pulberii de tescovină adăugate. Astfel, produsele cu un conținut de 10% pulbere de tescovină au demonstrat o porozitate mai mare, cu valori ale coeficientului de dilatare cuprinse între 3,40 și 3,70. Pentru cele cu un conținut mai înalt de pulbere de tescovină (20%), acest parametru s-a menținut la valori mai reduse de 3,20-3,30, ce indică o influență a componentelor fibrogene asupra gradului de expansiune.

Coeficientul de gonflare al produselor extrudate variază între 3,95 și 4,60, iar în amestecurile cu adaos de 20% pulbere de tescovină se observă o tendință de creștere moderată, influențată de tipul de tescovină utilizat. Această evoluție poate fi atribuită capacității variabile a fibrelor vegetale de a reține umiditatea și de a interacționa cu matricea amidonului în timpul procesului de extrudare.Un alt parametru important analizat este capacitatea de reținere a apei, care se află între 3,80 și 4,30. Se observă, că produsele cu un conținut mai înalt de pulbere de tescovină (20%) manifestă o creștere a acestui coeficient cu 3-5% față de cele care conțin doar 10% pulbere de tescovină (tab. 4.2). Această tendință indică la o interacțiune mai intensă între componentele hidrofobe și cele hidrofile ale amestecului, influențând capacitatea produsului final de a reține umiditatea.

Coeficientul de reținere a uleiului în amestecurile analizate variază între 0,85 și 1,05. Se observă o tendință de creștere a acestuia cu 5% în cazul produselor extrudate cu un conținut de 20% pulbere de tescovină, în funcție de tipul de tescovină utilizat. Această creștere poate fi corelată cu structura fibrelor și gradul lor de porozitate, care influențează interacțiunea cu lipidele și retenția acestora în produsul final.

În așa fel, rezultatele obținute indică faptul că adăugarea pulberii de tescovină în proporții diferite modifică semnificativ parametrii fizico-mecanici ai produselor extrudate. În special, cantitățile mai mari de tescovină influențează gradul de umflare, capacitatea de reținere a apei și a uleiului, ceea ce poate avea efecte importante asupra caracteristicilor tehnologice și nutriționale ale produselor finale.

Determinarea valorii nutritive a produselor extrudate fabricate în condiții industriale a evidențiat un conținut înalt de fibre alimentare, care este un aspect important pentru îmbunătățirea profilului nutrițional al acestora. Analiza compoziției chimice a produselor extrudate, obținute pe baza materiilor prime cerealiere și a deșeurilor rezultate din industria conservelor de fructe și legume, este prezentată în tab.4.3-4.5. Datele obținute reflectă impactul pozitiv al utilizării acestor ingrediente asupra conținutului de macronutrienți, inclusiv a proteinelor, carbohidraților și lipidelor, precum și asupra îmbogățirii produselor cu substanțe bioactive valoroase.

Tabelul 4.3 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 394+ 5% pulbere de tescovină de tomate	Produs extrudat din 85% porumb soiul 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 și pulbere de tescovină de tomate (85% porumb soiul 394 și 15% tescovină) arată că adăugarea tescovinei crește semnificativ valoarea biologică a produsului (tab. 4.3). 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.

Datele obținute confirmă observațiile din literatură: Brighina et al. (2024) au raportat conținuturi ridicate de licopen, β-caroten și fibre dietetice în tescovina de tomate, iar Yagci et al. (2022) au demonstrat că adăugarea pulberii de tescovină în produsele extrudate crește conținutul de fenolici individuali și licopen, îmbunătățind astfel valoarea nutrițională și funcțională a produselor.

Prin urmare, integrarea pulberii de tescovină de tomate în produsele extrudate reprezintă o strategie eficientă pentru creșterea caracterului bioactiv și nutrițional al produsului final, fără a compromite proprietățile tehnologice esențiale.

Tabelul 4.4. 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 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri Sauvignon	Produs extrudat din 80% porumb soiul 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri albi Sauvignon	Produs extrudat din 90% porumb soiul 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri roșii Codrinschii	Produs extrudat din 80% porumb soiul 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. 4.4 relevă faptul, că adaosul de pulbere de tescovină provenită din struguri roșii și albi nu contribuie la creșterea semnificativă a valorii biologice a produselor extrudate. Această constatare indică faptul, că ambele tipuri de tescovină contribuie în mod similar la îmbunătățirea profilului nutrițional al produsului final, dar oferă un aport important de compuși bioactivi esențiali.

Adăugarea de 20% de tescovină de struguri albi sau roșii în amestecurile utilizate pentru extrudare permite obținerea unor produse cu un conținut mai ridicat de fibre alimentare și compuși fenolici. Rezultatele noastre sunt în concordanță cu cele raportate de Fontana et al. (2013), care au arătat că încorporarea tescovinei de struguri în formulele pentru produse extrudate determină o creștere semnificativă a conținutului de fibre și antioxidanți, contribuind la obținerea unor alimente cu proprietăți funcționale sporite. De asemenea, Altan et al. (2008) au demonstrat că adaosul de tescovină de struguri îmbunătățește valoarea nutrițională și stabilitatea oxidativă a produselor extrudate, oferind o alternativă sustenabilă pentru valorificarea subproduselor vitivinicole.

Tabelul 4.5 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 394+10% tescovină de mere	Produs extrudat din 80% porumb soiul 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

Din datele prezentate în tab. 4.5 se observă, că toate produsele extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor din tescovină de mere fabricate au un conținut înalt de fibre alimentare. Această caracteristică permite să fie încadrate în categoria produselor alimentare bogate în fibre, având un impact benefic asupra sănătății consumatorilor.

În acest scop, a fost elaborată o schemă tehnologică de fabricare a produselor extrudate în baza materiei prime cerealiere și a deșeurilor industriei conservelor din fructe și legume, care este prezentată în fig. 4.1. Aceasta schemă tehnologică include toate etapele de procesare, începînd de la pregătirea și formularea amestecurilor până la extrudare, răcire și ambalare, asigurând un proces eficient și sustenabil.

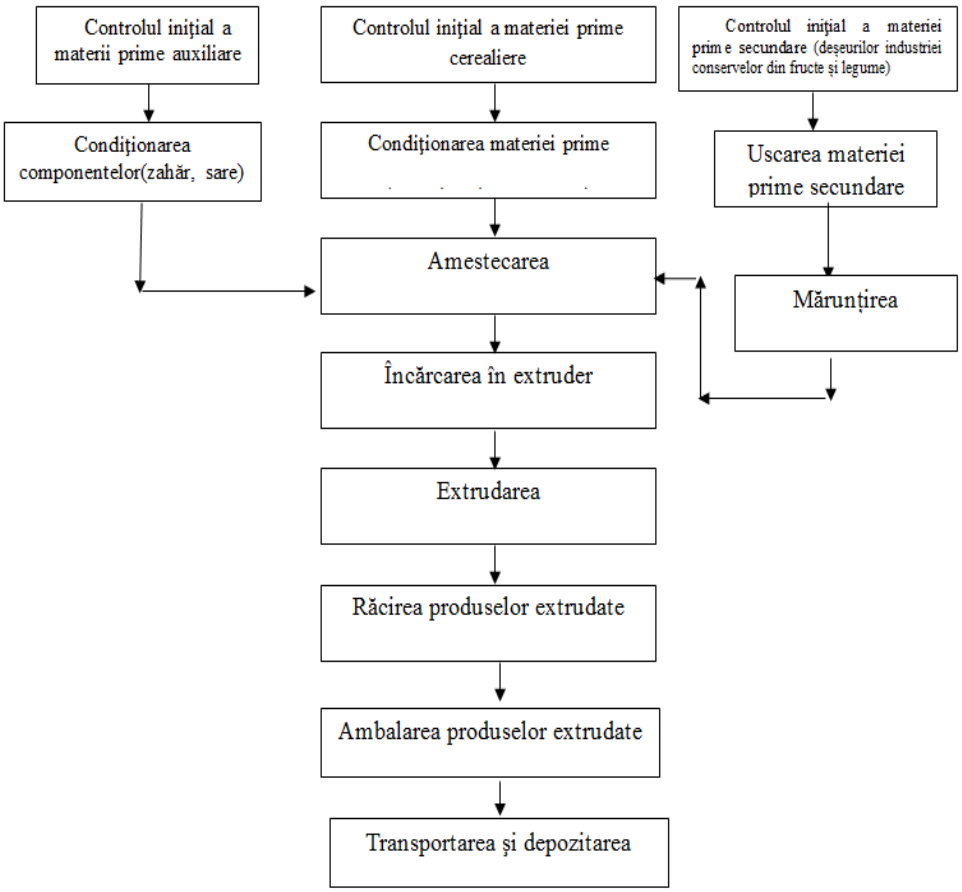


Fig. 4.1 Schema tehnologică de fabricare a produselor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor din fructe și legume

Astfel, schema tehnologică elaborată reprezintă o soluție viabilă pentru obținerea produselor extrudate inovatoare, cu valoare nutritivă îmbunătățită și impact ecologic redus, în concordanță cu rezultatele raportate de Altan și Maskan (2011) și Foschia et al. (2013), care subliniază potențialul tehnologiilor de extrudare în dezvoltarea alimentelor funcționale sustenabile și adaptate cerințelor consumatorilor.

Implementarea schemei tehnologice de fabricare a produselor extrudate pe baza materiei prime cerealiere și a deșeurilor din industria conservelor de fructe și legume prezintă multiple efecte pozitive, atât din punct de vedere nutrițional, cât și tehnologic.

Rețetele noi pentru produse extrudate au fost implementate în cadrul mai multor întreprinderi din industria alimentară, inclusiv „Policom-Prim” SRL, „Biocom” SRL, „Triodor” SRL și „Randuel” SRL, care au aplicat noile tehnologii de fabricație pentru producerea acestor produse inovative (Anexa 3, 4, 5).

Tehnologia aplicată în cadrul acestor întreprinderi garantează obținerea unor produse de calitate, cu conținut înalt de fibre alimentare și substanțe bioactive benefice pentru sănătate.

Mostrele experimentale de produse extrudate, fabricate în condiții industriale, pe baza materiilor prime cerealiere și a deșeurilor din industria conservelor de legume și fructe, sunt prezentate în fig. 4.2.

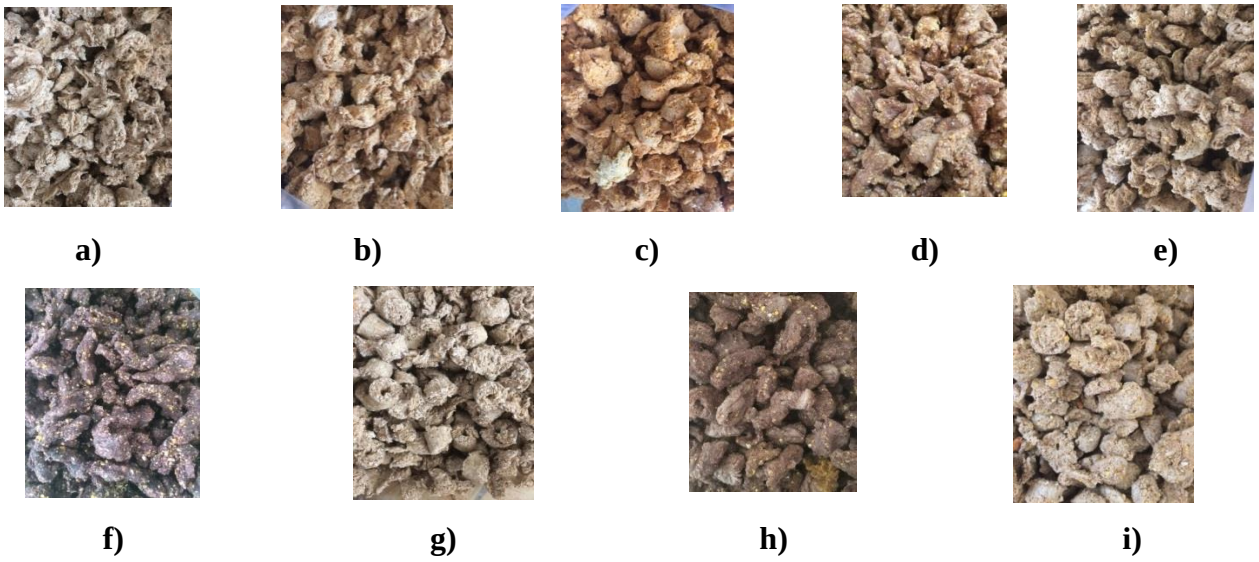


Fig. 4.2. Mostre de produse extrudate pe baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor din fructe și legume:

LEGENDĂ:

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

Aceste mostre reflectă aplicarea cu succes a rețetelor elaborate și a proceselor tehnologice, demonstrând potențialul lor în domeniul industriei alimentare, din perspectiva valorificării resurselor naturale.

4.1.2 Elaborarea tehnologiei de fabricare a produselor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor din industria de morărit

Extrudarea este un proces termomecanic utilizat în industria alimentară pentru îmbunătățirea digestibilității amidonului și proteinelor, reducerea factorilor antinutriționali și creșterea biodisponibilității nutrienților. De asemenea, studiile au demonstrat că acest proces îmbunătățește textura și stabilitatea produselor extrudate, făcându-le mai atractive pentru consumatori (Ostrofet, 2019).

În acest context, valorificarea deșeurilor din industria de morărit, precum tărâțele de grâu, orez sau porumb, reprezintă o soluție de perspectivă pentru ameliorarea profilului nutrițional al produselor extrudate. Tărâțele de grâu sunt recunoscute pentru conținutul înalt de fibre insolubile, polifenoli și cationi de metale, precum fierul și zincul. Studiile efectuate au stabilit, că încorporarea a 10-20% tărâțe de grâu în produsele extrudate îmbunătățesc conținutul de fibre fără a compromite acceptabilitatea senzorială (Olieira et al., 2021). De asemenea, tărâțele de orez conțin tocoferoli și tocotrienoli cu proprietăți antioxidante, iar integrarea acestora în compoziția produselor extrudate contribuie la creșterea conținutului de vitamina E și la îmbunătățirea stabilității oxidative. A fost stabilit, că tărâțele de porumb sunt o sursă valoroasă de xilo-oligozaharide, care au efecte prebiotice și favorizează dezvoltarea unei microbiote intestinale benefice (United Nations Official Document, 2015).

În așa fel, adăugarea deșeurilor din industria de morărit în procesul de extrudare contribuie la beneficii nutriționale. Creșterea conținutului de fibre alimentare cu 15-30% permite ameliorarea digestivă și la reglarea tranzitului intestinal (WHO/UNICEF, 2003). În același timp, profilul mineral al produselor este îmbunătățit, fiind observată o creștere semnificativă a conținutului de fier, magneziu și zinc, esențiale pentru metabolismul celular (Liu și al., 2017). Conținutul înalt de fibre din aceste produse contribuie la încetinirea absorbției glucidelor, determinând astfel un indice glicemic mai scăzut, aspect benefic pentru persoanele care suferă de diabet zaharat (Karpov, 2004). În așa fel, utilizarea subproduselor din industria de morărit în fabricarea produselor extrudate constituie o abordare eficientă pentru obținerea unor alimente funcționale, cu o valoare nutritivă superioară.

Produsele extrudate obținute din diferite tărâțe de cereale (Anexa 6) prezintă o valoare nutritivă sporită. Iar pentru a stabili încadrarea acestora în diferite grupe de produse, în funcție de conținutul de fibre alimentare, au fost efectuată analiza datelor, iar rezultatele obținute sunt prezentate în tab.4.6.

Tabelul 4.6 Valoarea biologică a produselor extrudate obținute în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor din industria de morărit, în 100 g de produs.

Nr.	Indicii determinați	Produs extrudat din tărâțe de grâu	Produs extrudat din tărâțe de grâu–crupă de porumb soiul 394	Produs extrudat din tărâțe de grâu–făină de porumb soiul 394	Produs extrudat din tărâțe de grâu-hrișcă	Produs extrudat din tărâțe de grâu-tărâțe de porumb	Produs extrudat din tărâțe de porumb	Produs extrudat din tărâțe de porumb–hrișcă
1	Proteine,%	15,21±0,00	13,41±0,02	12,38±0,14	14,62±0,04	12,94±0,02	10,41±0,01	10,72±0,01
2	Grăsimi,%	4,22±0,02	3,91±0,01	3,22±0,03	3,98±0,03	4,08±0,10	3,72±0,02	9,61±0,02
3	Carbohidrați,% inclusiv: fibre alimentare,%	63,21±0,01 42,70±0,01	62,58±0,05 30,72±0,02	63,59±0,01 29,60±0,05	61,66±0,11 36,33±0,08	61,30±0,07 42,92±0,02	57,13±0,04 43,15±0,07	56,37±0,06 35,25±0,05
Vitamine, mg								
4	Vitamina B_4	72,91±0,02	67,52±0,04	37,24±0,07	48,00±0,06	45,32±0,01	17,21±0,02	24,63±0,04
5	Vitamina B_2	0,99±0,01	0,21±0,01	0,26±0,01	0,23±0,01	0,19±0,01	0,11±0,02	0,08±0,01
6	Vitamina B_5	2,21±0,01	1,62±0,01	0,35±0,01	1,50±0,06	1,10±0,02	-	0,08±0,01
7	Vitamina B_6	1,28±0,01	0,93±0,01	0,86±0,02	0,87±0,01	0,72±0,02	0,14±0,01	0,21±0,03
8	Vitamina B_9	77,41±0,01	51,42±0,03	60,34±0,05	57,75±0,06	40,65±0,03	3,62±0,44	9,42±0,03
9	Vitamina E	10,22±0,01	7,10±0,01	7,06±0,09	6,92±0,03	5,07±0,07	-	0,19±0,03
10	Vitamina PP	13,21±0,01	9,72±0,02	9,69±0,03	10,15±0,06	6,62±0,02	2,62±0,02	3,54±0,03
Macroelemente, mg								
11	K	1260,00±2,06	984,60±0,72	882,00±1,03	1100,00±2,92	652,30±0,22	44,12±0,04	113,00±0,20
12	Ca	150,60±0,69	105,67±0,27	104,95±0,70	123,63±1,01	96,42±0,14	42,17±0,07	43,58±0,04
13	P	950,00±1,31	775,90±0,13	697,27±1,44	976,03±1,31	512,03±1,37	72,43±0,08	115,82±0,99
14	Mg	448,13±0,16	445,33±0,31	324,00±1,31	358,80±0,94	255,70±0,79	64,50±0,14	91,47±0,30
15	Si	-	18,18±0,09	-	16,22±0,03	-	-	16,28±0,03
Microelemente, mg								
16	Fe	14,14±0,08	10,92±0,03	10,61±0,03	14,85±0,28	8,47±0,05	2,82±0,02	3,60±0,03
17	Se	78,23±0,10	55,51±0,13	55,57±0,20	60,93±5,81	47,26±0,16	16,52±0,01	14,23±0,07
18	Zn	7,29±0,04	5,28±0,05	5,18±0,10	6,22±0,16	4,37±0,10	1,54±0,03	1,58±0,08
19	Cu	-	87,58±0,12	22,97±0,20	124,53±1,10	-	-	128,37±0,72

Analiza tab.4.6 oferă o comparație detaliată a compoziției chimice pentru diverse produse extrudate obținute din tărâțe și făinuri de cereale, evidențiind conținutul de macronutrienți, vitamine și substanțe minerale. Conținutul de proteine variază între 10,40% și 15,20%, atingând cele mai înalte valori în produsele pe bază de tărâțe de grâu. Lipidele sunt prezente în proporții cuprinse între 3,70% și 9,63%, cele mai mari concentrații fiind în produsele extrudate din porumb și hrișcă. Carbohidrații predomină în compoziția analizată (51,30%-63,60%), iar fibrele alimentare se regăsesc în cantități semnificative în tărâțele de grâu.

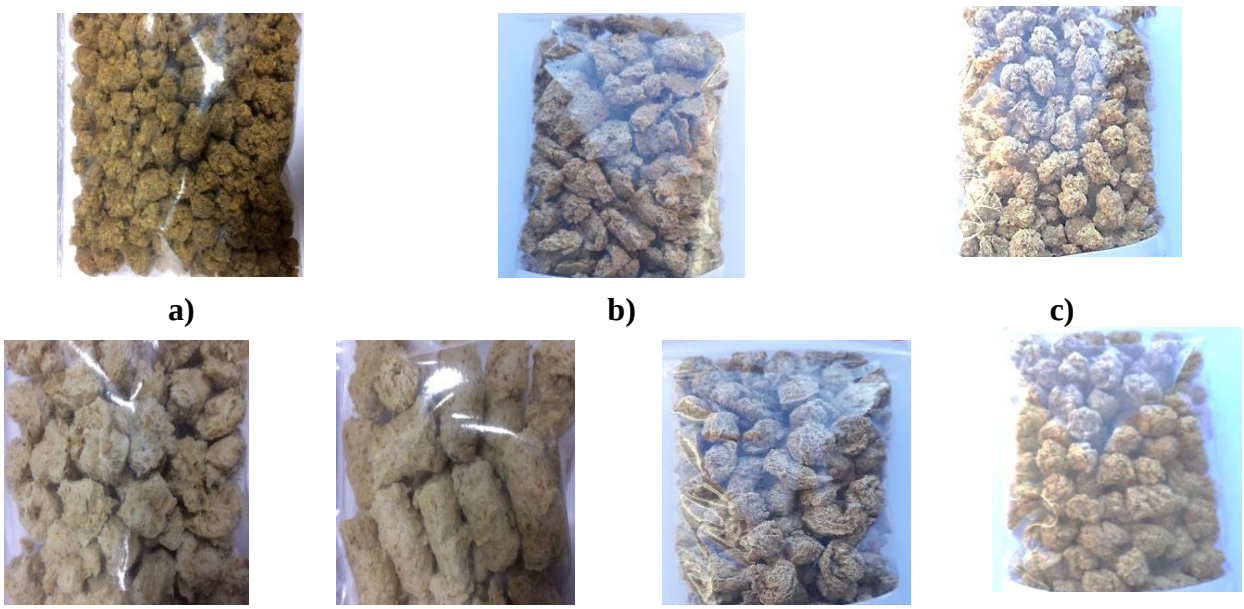
Vitaminele din grupul B sunt bine reprezentate, remarcându-se un conținut înalt de vitamina B_4, care atinge valori de până la 72,90 mg. Vitaminele din grupele E și PP sunt prezente în cantități variabile, contribuind la profilul nutrițional al produselor. Referitor la substanțele minerale, tărâțele de grâu se disting printr-un conținut considerabil de potasiu, fosfor, calciu și magneziu, în timp ce microelemente precum fierul, zincul și siliciul sunt distribuite diferit între produsele analizate.

Produsele extrudate analizate au profiluri nutriționale diferite, în funcție de ingredientele utilizate. Cele obținute din tărâțe de grâu au cel mai înalt conținut de proteine și de fibre, i-ar cele din porumb și hrișcă au valori mai înalte ale unor minerale și vitamine specifice.

Rețetele echilibrate ale produselor extrudate pe bază de tărâțe permit obținerea unor produse alimentare nutritive, optimizând în același timp eficiența industriei de prelucrare. De exemplu, produsele extrudate din tărâțe de grâu (conțin până la 15,20% proteine și 42,70% fibre alimentare) contribuie la o dietă echilibrată. Deasemenea, sunt reduse pierderile în procesul de prelucrare a cerealelor. Valorificarea componentelor nutritive, cum ar fi potasiul (1260 mg), fosforul (950 mg) și magneziul (448 mg), conduce la obținerea unui produs final cu o valoare adăugată ridicată. Aceasta abordare răspunde astfel nevoii de prelucrare complexă a cerealelor, contribuind la îmbunătățirea calității alimentelor și la maximizarea beneficiilor nutriționale pentru consumatori.

Rezultatele obținute sunt concordante cu observațiile lui Boakye et al. (2023), care au raportat creșterea conținutului de proteine și fibre în snackurile extrudate cu tărâțe de grâu, precum și cu studiul lui Sinaki et al. (2024), care confirmă îmbunătățirea valorii nutriționale și funcționale prin adaosul de tărâțe. Aceste constatări susțin potențialul utilizării tărâțelor de grâu ca ingredient funcțional pentru dezvoltarea de produse extrudate sănătoase și sustenabile.

Mostrele experimentale de produse extrudate fabricate în condiții industriale sunt prezentate în fig. 4.3.



a) **b)** **c)**

d) **e)** **f)** **g)**

Fig. 4.3 Mostre experimentale de produse extrudate pe bază de tărîțe fabricate în condiții industriale la SRL ”Policom-Prim”

LEGENDĂ: a) Produs extrudat din tărâțe de grâu;b) Produs extrudat din tărâțe de grâu-crupă de porumb soiul 394;c) Produs extrudat din tărâțe de grâu-făină de porumb soiul 394;d)Produs extrudat din tărâțe de grâu-hrișcă; e) Produs extrudat din tărâțe de grâu-tărâțe de porumb; f) Produs extrudat din tărâțe de porumb; g) Produs extrudat din tărâțe de porumb-hrișcă.

4.1.2.1 Determinarea indicilor fizico-chimici a produselor extrudate în baza materiei prime vegetale autohtone și materiei prime secundare cerealiere

Produsele extrudate constituie o categorie semnificativă de alimente, obținute prin metode moderne de prelucrare a cerealelor și a materiilor prime vegetale locale. Calitatea acestor produse este influențată de o serie de indici fizico-chimici, care sunt analizați pentru a evalua impactul asupra proprietăților tehnologice, valorii nutriționale și acceptabilității produsului final. Studiul acestor parametri este crucial pentru optimizarea procesului de producție și pentru îmbunătățirea caracteristicilor funcționale ale produselor extrudate.

Evaluarea produselor alimentare extrudate s-a efectuat prin examinarea unor indici fizico-chimici esențiali, care influențează atât calitatea tehnologică, cât și caracteristicile funcționale ale acestora. Indicii fizico-chimici determinați sunt: umiditatea produselor extrudate, %; coeficientul de umflare; coeficientul de reținere a apei; coeficientul de reținere a uleiului;masa specifică în vrac, g/cm³.

Indicii de umiditate a produselor extrudate în baza materiei prime vegetale autohtone și materiei prime secundare cerealiere sunt prezentați în fig. 4.4 și 4.5.

Analiza datelor prezentate în figura 4.4 evidențiază o scădere semnificativă a umidității în urma procesului de extrudare, de la valori inițiale cuprinse între 13,7% și 14,8% la valori finale situate între 4,8% și 6,0%. Această reducere, corespunzătoare unei pierderi de umiditate de 58–68%, este esențială pentru stabilitatea microbiologică și pentru prelungirea duratei de valabilitate a produselor.

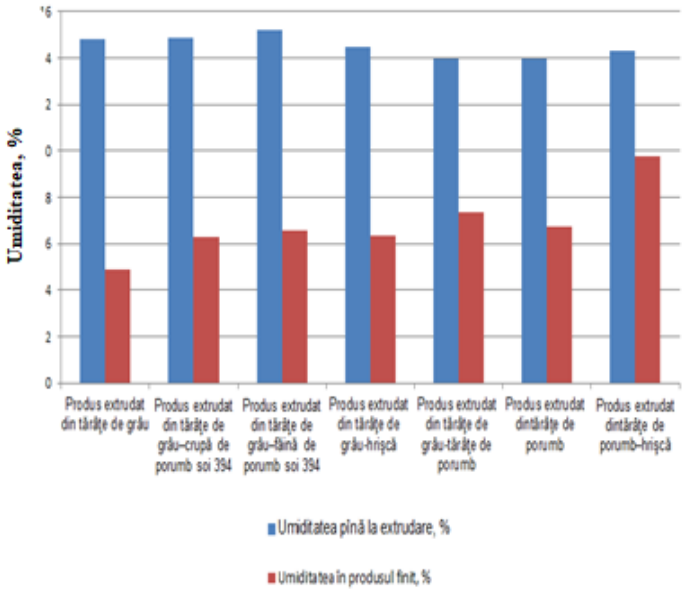


Fig. 4.4 Indicii de umiditate a produselor extrudate în baza materiei prime vegetale autohtone și materiei prime secundare cerealiere

Rezultatele obținute sunt în concordanță cu observațiile raportate de Altan, McCarthy și Maskan (2008), care au demonstrat, că reducerea conținutului de umiditate în timpul extrudării amestecurilor cerealiere determină o îmbunătățire a stabilității și o textură mai crocantă a produsului final. În mod similar, Sinaki et al (2024) au arătat că un control eficient al umidității în procesul de extrudare contribuie la menținerea proprietăților fizico-mecanice optime și la limitarea activității microbiene pe durata depozitării.

Astfel, reducerea semnificativă a umidității observată în studiul de față confirmă faptul că extrudarea reprezintă o etapă tehnologică eficientă nu doar pentru modificarea structurii și texturii produsului, ci și pentru asigurarea stabilității sale microbiologice și extinderea termenului de valabilitate.

Toate probele analizate respectă cerința tehnologică de menținere a umidității sub 10%, interval considerat optim. Cea mai eficientă deshidratare a fost observată la produsul din tărâțe de grâu, iar cea mai redusă – la combinația porumb–hrișcă, ambele încadrându-se în limitele acceptabile. Rezultatele confirmă eficiența procesului tehnologic și adecvarea rețetelor utilizate pentru obținerea unor produse extrudate stabile și sigure.

Analiza datelor prezentate în fig. 4.5 permite de a stabili unele concluzii privind influența compoziției materiei prime asupra proprietăților fizico-chimice ale produselor extrudate:

- coeficientul de reținere a apei, coeficientul de reținere a uleiului și coeficientul de umflaresunt cu 35% mai mari în cazul extrudatului din tărâțe de grâu, comparativ cu cea obținută din tărâțe de porumb și făină de porumb;

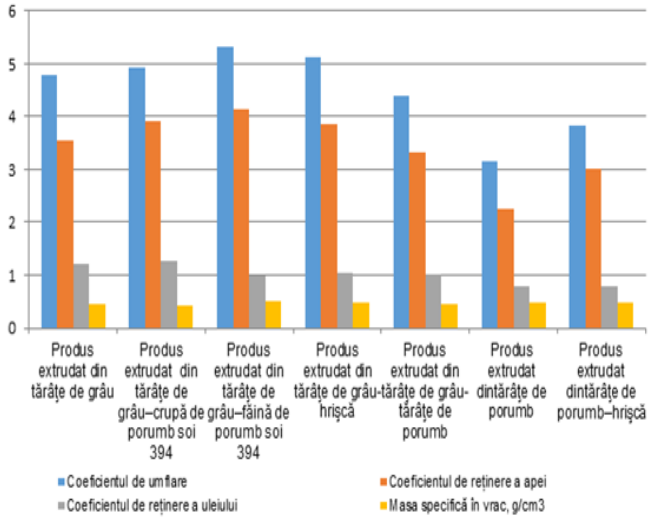


Fig. 4.5 Indicii fizico-chimici ai produselor extrudate în baza materiei prime vegetale autohtone și materiei prime secundare cerealiere

- adaosul de crupe de hrișcă în compoziția produselor extrudate a influențat semnificativ caracteristicile acestora. Astfel, în cazul produsului extrudat din tărâțe de grâu și hrișcă, a fost stabilită o creștere de 28% a indicilor fizico-chimici menționați, în raport cu varianta obținută din tărâțe de porumb și hrișcă;

- efectul adaosului de făină de porumb soiul 394 a fost semnificativ asupra calității produsului finit. În cazul extrudatului din tărâțe de grâu și făină de porumb soiul 394, s-a observat o îmbunătățire cu 5-7% a indicilor de calitate (coeficientul de umflare, coeficientul de reținere a apei);

- masa specifică în vrac a extrudatelor care conțin tărâțe de porumb este cu 11% mai mare decât cea a produselor obținute din tărâțe de grâu, ceea ce indică o structură mai densă, considerată mai puțin favorabilă pentru produsele extrudate, unde de regulă se urmărește o textură aerată și crocantă;

- coeficientul de reținere a uleiului în toate probele analizate este relativ scăzut, cu valori cuprinse între 0,78 și 1,27, indicând o interacțiune redusă cu lipidele, aspect favorabil în obținerea unor produse extrudate cu un conținut mai scăzut de grăsimi.

Rezultatele obținute indică importanța compoziției materiei prime asupra proprietăților tehnologice și funcționale ale produselor extrudate, oferind informații utile pentru optimizarea proceselor de producție și îmbunătățirea caracteristicilor calitative. Conform lui Olieira et al. (2021), compoziția inițială a amestecului (raportul proteine–amidon–fibre) influențează semnificativ comportamentul la extrudare, afectând expansiunea, textura și capacitatea de reținere a apei. În mod

similar, Altan și Maskan (2011) au arătat că selecția și proporția materiilor prime bogate în fibre și compuși bioactivi pot îmbunătăți valoarea funcțională a produselor extrudate, fără a compromite proprietățile senzoriale sau stabilitatea lor.

În baza cercetărilor efectuate a fost elaborată schema tehnologică de prelucrare a materiei prime. În fig. 4.6 sunt prezentate etapele procesului de fabricare a produselor extrudate.

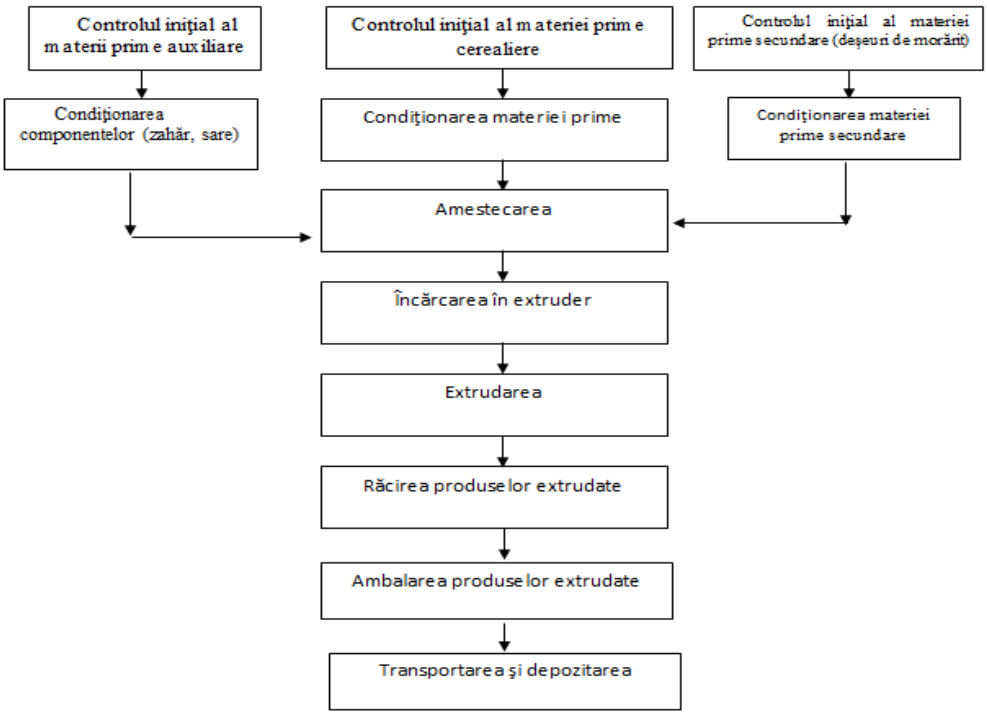


Fig. 4.6 Schema tehnologică de fabricare a produselor extrudate în baza utilizării materiei prime cerealiere și deșeurilor din industria de morărit

În fig. 4.6 este redată schema tehnologică de fabricare a produselor extrudate, având la bază utilizarea materiei prime cerealiere și a deșeurilor din industria de morărit. Procesul tehnologic începe cu controlul inițial al materiilor prime, inclusiv al componentelor auxiliare și al deșeurilor cerealiere, urmat de condiționarea și amestecarea acestora, după ce amestecul este supus extrudării, care determină structura și proprietățile produsului finit.

Un element inovativ al acestei scheme tehnologice constă în integrarea deșeurilor din industria de morărit în procesul de producție, contribuind astfel la valorificarea resurselor secundare și la dezvoltarea unui sistem alimentar sustenabil, ce reduce impactul asupra mediului.

4.1.3 Elaborarea tehnologiei de fabricare a produselor alimentare pentru persoane cu intoleranță la gluten

Înrăutățirea situației ecologice globale, stresul cotidian și alimentația dezechilibrată au condus la o creștere alarmantă a unui grup de afecțiuni caracterizate prin disfuncții în procesele

metabolice ale organismului și a alergiilor alimentare. Printre acestea, boala celiacă, determinată de intoleranța la gluten, a devenit o problemă majoră de sănătate publică, cu o incidență în continuă creștere, afectând aproximativ 1% din populația mondială. Această afecțiune este larg răspândită în Europa, cu prevalențe semnificative în Irlanda, Italia, Elveția și Austria, dar și în unele țări din Africa de Nord (Dickey și al., 2008).

Studiile demonstrează, că intoleranța la gluten poate influența negativ dezvoltarea fizică și cognitivă, favorizând afecțiuni precum osteoporoza, anemia, sterilitatea, afecțiuni dermatologice și digestive. În absența unei diete stricte fără gluten, pot apărea complicații severe, inclusiv tulburări neurologice, diabet zaharat și afecțiuni hepatice (FAO, 2008).

Singura metodă eficientă de tratament contra bolii celiaceestedieta fără gluten, care trebuie respectată pe parcursul întregii vieți. Aceasta exclude complet cerealele ce conțin gluten, precum grâul, secara, orzul și ovăzul, și impune un consum riguros de alimente sigure, precum orezul, hrișca, porumbul, carnea, legumele și fructele. O provocare majoră o reprezintă glutenul ascuns, care este prezent în produse procesate precum conservele, sosurile, dulciurile și unele lactate.

Industria alimentară a răspuns acestei necesități prin elaborarea unui segment extins de produse aglutenice, care include paste, produse de panificație, dulciuri, supe, sosuri și alimente destinate copiilor. Principalii producători europeni de produse aglutenice sunt Glutanov (Germania), Dr. Schor (Italia), Gullon (Spania) și Bezgluten (Polonia).

În prezent, Republica Moldova nu dispune de reglementări stricte privind nivelul glutenului în produsele alimentare, ceea ce limitează accesul consumatorilor la produse sigure. Conform standardelor internaționale (Codex Stan 118, 1979), nivelul maxim de gluten admis în alimentele aglutenice este de 20 mg/kg. Astfel, o direcție prioritară pentru industria alimentară autohtonă o constituie elaborarea unor tehnologii inovative pentru producerea alimentelor fără gluten, conform normelor europene.

Un domeniu de perspectivă este fabricarea produselor extrudate pe bază de cereale precum sorizul,porumbul, hrișca și năutul. Aceste produse, îmbogățite cu ingrediente naturale precumdovleacul, merele și morcovii, oferă nu doar o alternativă sigură pentru persoanele cu intoleranță la gluten, ci și o soluție nutritivă, care contribuie la diversificarea ofertei alimentare pe piața națională (Iușan și al., 2018a).

În așa fel, una dintre principalele direcții a industriei alimentare din Republica Moldova este elaborarea unor noi tehnologii de fabricare a produselor policomponente aglutenice, cu un termen de păstrare extins.

În scopul diversificării sortimentului de produse aglutenice extrudate din soriz, precum și a ameliorării caracteristicilor organoleptice, au fost elaborate amestecuri (rețete) complexe pe bază de soriz, în combinație cu porumb, hrișcă și năut (Anexa 7).

În vederea diversificării gamei de produse aglutenice extrudate pe bază de soriz și a îmbunătățirii calităților organoleptice, au fost formulate rețete complexe care combină sorizul cu alte materii prime valoroase din punct de vedere nutrițional, precum porumbul soiul 394, hrișca decorticată și năutul decorticat. Materiile prime au fost selectate și prelucrate în cadrul unor linii tehnologice specializate, care includ etape de pregătire și extrudare. În cadrul cercetărilor, s-au obținut patru tipuri principale de extrudate: din soriz simplu, din soriz cu porumb, soriz cu hrișcă și soriz cu năut, utilizate ulterior în formularea terciurilor instant aglutenice.

În compoziția acestor terciuri au fost incluse sare și zahăr, adăugate în proporții prestabilite, pentru echilibrarea gustului și îmbunătățirea caracteristicilor senzoriale ale produsului final. Pentru îmbunătățirea caracteristicilor gustative și sporirea valorii biologice, produsele au fost îmbogățite cu suplimente naturale, precum bucăți de dovleac, mere și morcovi.

Raportul componentelor din amestecuri a fost determinat în conformitate cu Regulamentul Sanitar privind mențiunile nutriționale și de sănătate înscrise pe produsele alimentare, aprobat prin Hotărârea Guvernului nr. 196 din 25.03.2011.

Având în vedere cerințele privind valoarea nutritivă și biologică a produsului, au fost elaborate amestecuri complexe îmbogățite cu:

- fibre alimentare;
- surse de proteine.

Determinarea valorii nutritive și energetice a acestor amestecuri complexe pe bază de cereale a fost realizat pe baza datelor inițiale prezentate în tabelul 4.7.

Tabelul 4.7 Valoarea nutritivă și energetică a cerealelor (McCance and Widdowson´s Handbook, 2006)

Nr.	Denumirea indicilor	Porumb	Soriz	Năut	Hrișcă
1	Apă, %	14,00	15,00	14,00	14,00
2	Glucide, %	69,90	64,60	50,00	62,00
3	Fibre alimentare, %	9,60	1,50	11,20	10,00
4	Grăsimi, %	4,90	3,70	2,00	3,40
5	Proteine, %	10,30	10,50-13,50	21,00	13,25
6	Amidon, %	58,20	74,00	43,20	-
7	Valoarea energetică, kcal	369,19	333,30	302,00	331,60

Pentru determinarea raportului componentelor în amestec și stabilirea corespunderii produsului celui cu conținut sporit de fibre alimentare sau proteine au fost efectuate calculele respective, care sunt prezentate în tab. 4.8.

Tabelul 4.8 Valoarea nutritivă a amestecurilor cerealiere obținute

Nr.	Amestecuri cerealiere	Valoarea nutritivă, g/100g produs			Fibre alimentare, g/100g produs	Valoarea energetică, kcal
		Proteine	Grăsimi	Glucide		
1	Soriz/porumb soiul 394 (70/30)	11,94	1,89	74,50	3,13	362,77
2	Soriz/năut (80/20)	14,82	2,61	72,06	3,92	372,45
3	Soriz/hrișcă (80/20)	13,45	2,43	73,20	3,94	369,90

Conform datelor prezentate în tab.4.8, s-a constatat că amestecurile cerealiere au un conținut de fibre alimentare cuprins între 3,13 și 3,94 g per 100 g de produs, iar conținutul de proteine este situat în intervalul 13,45 – 48,95 g per 100 g de produs.

Principalii parametri fizico-chimici a terciurilor instant sunt: umiditatea, capacitatea de reținere a apei, capacitatea de reținere a grăsimii, masa specifică în vrac și gradul de umflare.

Una dintre caracteristicile esențiale ale produselor extrudate, care le determină proprietățile tehnologice, a fost capacitatea de reținere a apei și a uleiului.

Conform datelor bibliografice, produsele extrudate pot fi utilizate atât ca alimente de sine stătătoare, cât și ca ingrediente în procesul de elaborare a altor produse alimentare. Pentru a determina această posibilitate, a fost analizată capacitatea de reținere a uleiului în extrudatele cerealiere.

Capacitatea de reținere a apei a fost definită ca abilitatea produsului de a reține apa liberă, care nu poate fi eliminată prin metode convenționale de separare.

Rezultatele studiului privind proprietățile funcționale și tehnologice ale pulberii obținute prin măcinare mecanică și prin extrudare sunt prezentate în tab. 4.9-4.10.

Tabelul 4.9 Capacitatea de reținere a apei a produselor extrudate din soriz

Nr	Denumirea produsului extrudat	Proba, g	Eprubetele cu probă		Greutatea apei		K, coefientul de reținere a apei	ΔK
			apă, g	după scurgerea apei, g	neînbibată, g	înbibată, g		
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	Produs extrudat din soriz /porumb, soiul 394 (70/30)	0,5	10,18 10,00	7,00 6,85	3,18 3,15	1,82 1,85	3,64 3,70	3,67

Tabelul 4.9 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Produs extrudat din soriz (umiditatea-13,5%)	0,5	10,51 10,75	7,38 7,63	3,13 3,12	1,87 1,88	3,74 3,76	3,75
3	Produs extrudat din soriz (umiditatea-16,5%)	0,5	10,80 10,79	7,76 7,76	3,04 3,03	1,96 1,97	3,92 3,94	3,93
4	Produs extrudat din soriz /hrișcă (80/20)	0,5	10,18 10,00	7,32 7,09	2,86 2,91	2,14 2,09	4,28 4,18	4,23
5	Produs extrudat din soriz /năut (80/20)	0,5	10,50 10,62	7,34 7,50	3,16 3,12	1,84 1,88	3,68 3,76	3,72

Conform datelor prezentate în tab. 4.9 a fost stabilit, că extrudatele pe bază de soriz/porumb soi 394 (raport 70/30) au avut o capacitate de reținere a apei (K_a) între 3,64 și 3,70, iar diferența dintre coeficienți (ΔK) a fost de 3,67. Aceasta a indicat o reținere moderată a apei, fiind comparabilă cu alte amestecuri.

În cazul extrudatului din soriz cu umiditate de 13,5%, coeficientul de reținere a apei (K_a) a variat între 3,74 și 3,76, cu o diferență de 3,75, ceea ce a demonstrat o creștere a capacității de hidratare față de compoziția anterioară. Creșterea umidității inițiale pînă la 16,5% a determinat o îmbunătățire a coeficientului de reținere a apei (K_a între 3,92 și 3,94), iar diferența ΔK a fost de 3,93.

Adăugarea hrișcăi în raport de 80/20 a condus la o creștere semnificativă a capacității de reținere a apei, coeficientul K_a fiind între 4,18 și 4,28, iar ΔK a atins 4,23. Aceasta a indicat o capacitate superioară de absorbție a apei, probabil datorită conținutului înalt de fibre solubile și amidon din hrișcă.

În cazul produsului extrudat din soriz/năut (80/20), s-a observat o capacitate de reținere a apei mai scăzută față de hrișcă, cu K_a între 3,68 și 3,76, iar ΔK de 3,72. Aceasta a fost asociată cu structura proteică a năutului, care influențează interacțiunea cu apa.

În așa fel, s-a constatat, că produsul extrudat din soriz/ hrișcă au avut cea mai mare capacitate de reținere a apei, urmate de cele cu năut și soriz cu umiditate înaltă (16,5%). Aceste rezultatele demonstrează importanța compoziției amestecurilor asupra proprietăților funcționale ale produselor extrudate, influențând potențialul lor de utilizare în industria alimentară.

Capacitatea de reținere a uleiului a produselor extrudate pe bază de soriz este evidențiată în tab. 4.10, reflectând comportamentul acestora în raport cu componenta lipidică și influența compoziției materiei prime asupra acestei proprietăți funcționale.

Tabelul 4.10 Capacitatea de reținere a uleiului a produselor extrudate din soriz

Nr.	Denumirea produsului extrudat	Proba, g	Eprubetele cu probă		Greutatea uleiului		K, coefientul de reținere a uleiului	*Δ*K
			apă, g	după scurgerea apei, g	neînbibat, g	înbibat, g		
1	Soriz /porumb, soiul 394 (70/30)	0,5	7,68 7,50	6,12 5,97	1,56 1,53	0,94 0,97	1,88 1,94	1,90
2	Soriz (umiditatea-13,5%)	0,5	8,01 8,25	6,54 6,78	1,47 1,47	1,03 1,03	2,06 2,06	2,06
3	Soriz (umiditatea-16,5%)	0,5	8,29 8,28	6,78 6,73	1,51 1,55	0,99 0,95	1,98 1,90	1,94
4	Soriz /hrișcă (80/20)	0,5	7,68 7,50	6,08 5,90	1,60 1,60	0,90 0,90	1,80 1,80	1,80
5	Soriz /năut (80/20)	0,5	8,13 7,50	6,12 5,49	2,01 2,01	0,49 0,49	0,98 0,98	0,98

În urma analizei tab. 4.10 și anume a capacității de reținere a uleiului în produsele extrudate din soriz, s-a constatat că produsul extrudat din soriz cu umiditatea de 13,5% și 16,5% a demonstrat cea mai mare capacitate de retenție a uleiului, cu coeficienți cuprinși între 1,94 și 2,06. Stabilitatea lipidică se referă la capacitatea de a menține o structură uniformă și de a preveni afectarea calității produsului. În contrast, produsul extrudat din soriz/năut (80/20) a înregistrat cea mai scăzută capacitate de reținere a uleiului (0,98). Aceste rezultate evidențiază importanța compoziției materiilor prime asupra proprietăților funcțional-tehnologice ale produselor extrudate și permit optimizarea rețetelor în funcție de cerințele specifice ale industriei alimentare.

Analiza indicilor fizico-chimici ai terciurilor instant obținute din materii prime cerealiere fără gluten (fig. 4.7–4.8) confirmă importanța acestor parametri în evaluarea proprietăților funcționale și nutriționale, permițând optimizarea procesului tehnologic și îmbunătățirea calității finale. Conform lui Boucheham et al. (2019), analiza proprietăților fizico-chimice — precum umiditatea, solubilitatea și capacitatea de reținere a apei — este esențială pentru stabilitatea și textura produselor instant fără gluten, influențate semnificativ de natura și proporția materiilor prime. De asemenea, Foschia et al. (2021) au demonstrat că adaptarea compoziției amestecurilor din pseudocereale și leguminoase permite obținerea unor produse cu profil nutritiv superior, optimizând atât digestibilitatea, cât și funcționalitatea acestora.

Fig. 4.7 prezintă parametrii de umiditate a terciurilor instante obținute din materii prime cerealiere fără gluten. Analiza comparativă a acestor rezultate a evidențiat, că umiditatea în materia primă umedă a variat într-un interval relativ unic între diferitele tipuri de terciuri. De asemenea, umiditatea în produsul extrudat a fost mai redusă, ceea ce indică un proces eficient de deshidratare și stabilitate a produsului finit. Se poate observa faptul, că terciurile care conțin amestecuri de soriz cu hrișcă și năut au prezentat valori de umiditate similare celor obținute pentru terciurile cu adaos de porumb, confirmând influența compoziției materiilor prime asupra retenției de apă în timpul procesului tehnologic.

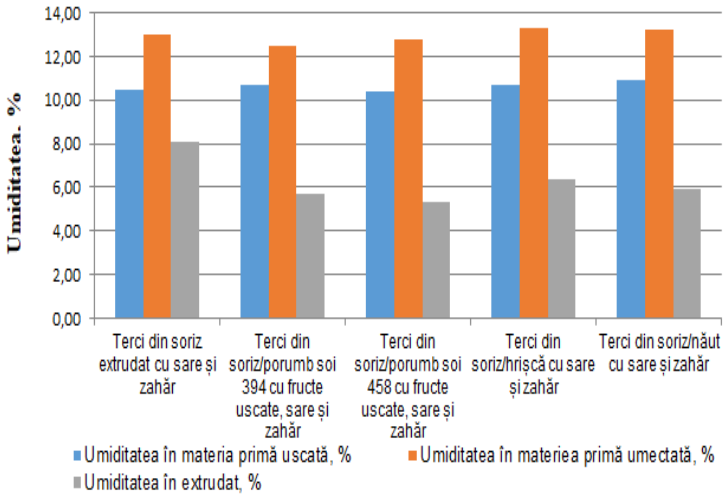


Fig. 4.7 Parametrii de umiditate a terciurilor instante în baza materiei prime cerealiere fără gluten

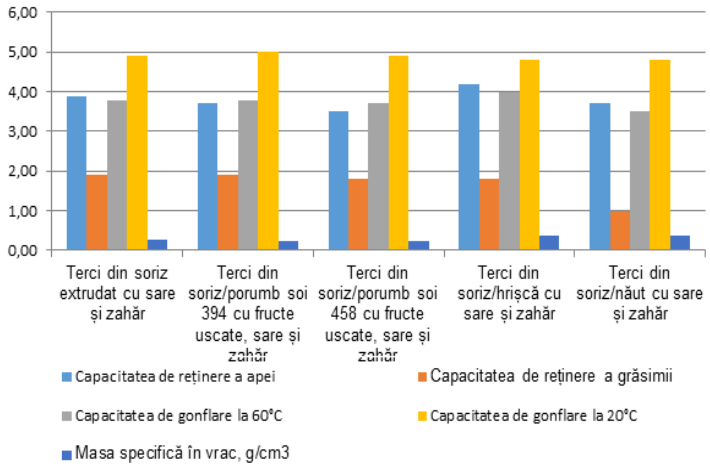


Fig. 4.8 Indicii fizico-chimici ai terciurilor instante obținute în baza materiei prime fără gluten

Analiza datelor din fig. 4.8 confirmă că temperatura de proces influențează semnificativ gradul de gonflare și masa specifică în vrac a produselor extrudate. La temperaturi mai ridicate (60°C), s-a observat o reducere a gradului de gonflare (3,50–4,00) și o creștere a densității aparente (0,23–0,38 g/cm³), ceea ce sugerează o structură mai compactă și o expansiune limitată a produsului. Aceste tendințe sunt în concordanță cu studiul lui Alam et al. (2016), care arată că creșterea temperaturii de procesare determină o scădere a expansiunii datorită gelatinizării rapide a amidonului și a pierderii capacității de reținere a gazelor.

Pentru elaborarea tehnologiei de fabricare a produselor extrudate aglutenice și anume terciuri instante, este propusă o schemă tehnologică de procesare a materiei prime. Conform acestei scheme, etapele procesului tehnologic a terciurilor instante sunt prezentate în fig.4.9.

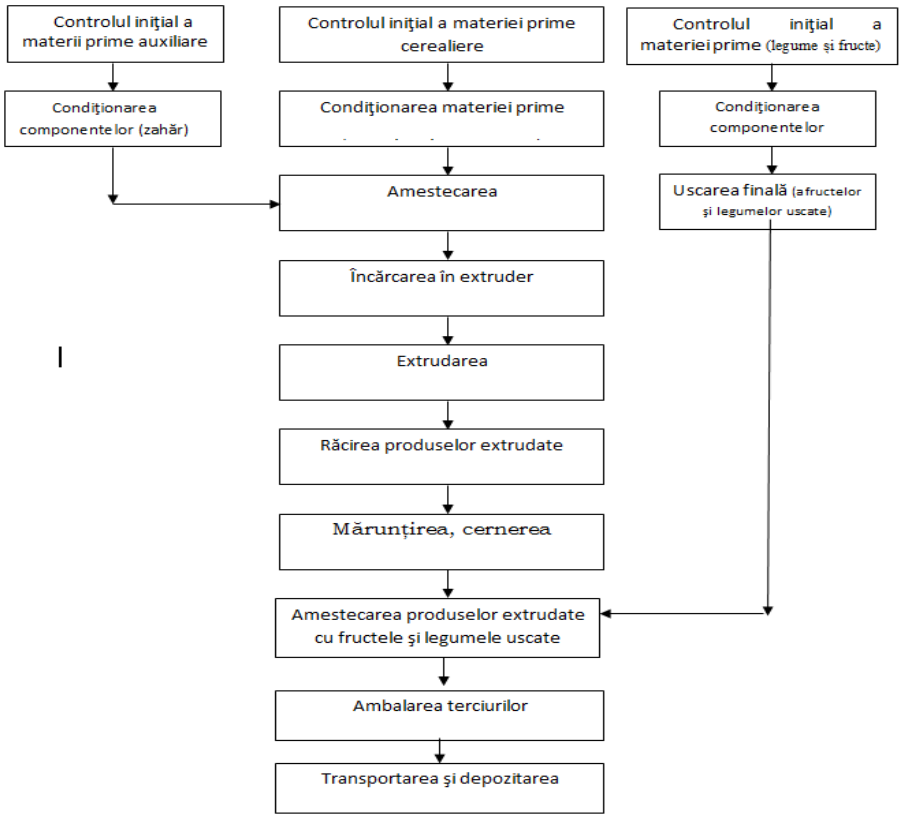


Fig. 4.9 Schema tehnologică de fabricare a terciurilor instante

Schemă tehnologică elaborată asigură obținerea unui produs instant cu proprietăți nutriționale optime, siguranță alimentară înaltă și caracteristici funcționale îmbunătățite.

4.1.4 Determinarea indiciilor microbiologici a mostrelor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei alimentare

Pentru determinarea termenului de valabilitate al produselor extrudate, a fost studiată dinamica indicilor microbiologici a acestora. Inițial, cercetările au vizat evaluarea stabilității bacteriologice și a indicilor igienico-sanitari a produselor extrudate, obținute pe baza materiilor prime vegetale autohtone și a materiilor prime secundare cerealiere. Mostrele experimentale de produse extrudate au fost supuse unui proces de păstrare în condiții controlate (temperatura 15–25 °C, ferite de surse directe de căldură, și umiditatea relativă a aerului sub 60%, pentru a preveni absorbția de umiditate și pierderea texturii crocante), având ca scop stabilirea termenului de valabilitate al acestora.Valoarea alimentară a unui produs este determinată de caracteristicile sale nutritive, senzoriale și de gradul de inocuitate, care se referă la absența microorganismelor patogene,

substanțelor toxice microbiene și a altor organisme dăunătoare. Microbiota alimentelor se definește ca totalitatea microorganismelor prezent în produse, iar microbiota specifică reprezintă acele microorganisme, care sunt în mod natural prezente în materiile prime, care se multiplică pe parcursul procesării și care contribuie, prin metabolizarea lor, la caracteristicile senzoriale și compoziționale ale alimentului, având un impact pozitiv asupra calității acestuia.

Indicii microbiologici a produselor extrudate, obținute din materii prime vegetale autohtone și materii prime secundare cerealiere, sunt evaluați în funcție de următorii parametri microbiologici:

- numărul de microorganisme mezofile aerobe și facultativ-anaerobe, UFC/g;
- prezența microorganismelor patogene, inclusiv *Salmonella,* în 25g*;*
- bacterii coliforme, în 1,0 g;
- *Bacillus cereus,* în 0,1 g*;*
- Drojdii, UFC/g.

Studiile realizate sunt esențiale pentru evaluarea siguranței, calității produselor extrudate și pentru determinarea condițiilor optime de păstrare și termenului de valabilitate al acestora și sunt prezentate în tab. 4.11-4.13.

Tabelul 4.11 Indicii microbiologici a produselor extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor din legume și fructe

Nr.	Denumirea produsului extrudat	Denumirea indicelui	Periodicitatea controlului			
			Fon	1 lună	4 luni	6 luni
1	2	3	4	5	6	7
1	Porumb soiul 394 + 10% pulbere de tescovină de mere	- Microorganisme mezofile aerobe şi facultativ-anaerobe, UFC/g	$4{,}1 \times 10^2$	$4{,}3 \times 10^2$	$4{,}0 \times 10^2$	$4{,}2 \times 10^2$
		- Bacterii coliforme în 1,0g;	n/d	n/d	n/d	n/d
		- Bacterii *Salmonela* 25g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- B, cereus 0,1g	n/d	n/d	n/d	n/d
		-Drojdii UFC/g	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10
2	Porumb soiul 394 + 20% pulbere de tescovină de mere	- Microorganisme mezofile aerobe şi facultativ-anaerobe, UFC/g	$4{,}5 \times 10^2$	$4{,}8 \times 10^2$	$4{,}6 \times 10^2$	$4{,}4 \times 10^2$
		- Bacterii coliforme în 1,0g;	n/d	n/d	n/d	n/d
		- Bacterii *Salmonela* 25g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- B, cereus 0,1g	n/d	n/d	n/d	n/d
		-Drojdii UFC/g	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10

Tabelul 4.11 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7
3	Porumb soiul 394 + 5% pulbere de tescovină de tomate	- Microorganisme mezofile aerobe şi facultativ-anaerobe, UFC/g	$3,7 \times 10^2$	$4,0 \times 10^2$	$3,9 \times 10^2$	$4,1 \times 10^2$
		- Bacterii coliforme în 1,0g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- Bacterii *Salmonela* 25g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- B, cereus 0,1g	n/d	n/d	n/d	n/d
		-Drojdii UFC/g	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10
4	Porumb soiul 394 + 15% pulbere de tescovină de tomate	- Microorganisme mezofile aerobe şi facultativ-anaerobe, UFC/g	$4,0 \times 10^2$	$4,2 \times 10^2$	$4,1 \times 10^2$	$3,9 \times 10^2$
		- Bacterii coliforme în 1,0g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- Bacterii *Salmonela* 25g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- B, cereus 0,1g	n/d	n/d	n/d	n/d
		-Drojdii UFC/g	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10
5	Porumb soiul 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri Sauvignon	- Microorganisme mezofile aerobe şi facultativ-anaerobe, UFC/g	$5,1 \times 10^2$	$5,4 \times 10^2$	$5,3 \times 10^2$	$4,9 \times 10^2$
		- Bacterii coliforme în 1,0g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- Bacterii *Salmonela* 25g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- B, cereus 0,1g	n/d	n/d	n/d	n/d
		-Drojdii UFC/g	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10
6	Porumb soiul 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri Sauvignon	- Microorganisme mezofile aerobe şi facultativ-anaerobe, UFC/g	$5,8 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$	$6,0 \times 10^2$	$5,7 \times 10^2$
		- Bacterii coliforme în 1,0g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- Bacterii *Salmonela* 25g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- B, cereus 0,1g	n/d	n/d	n/d	n/d
		-Drojdii UFC/g	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10
7	Porumb soiul 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri Codrinschii	- Microorganisme mezofile aerobe şi facultativ-anaerobe, UFC/g	$3,9 \times 10^2$	$4,4 \times 10^2$	$4,2 \times 10^2$	$4,0 \times 10^2$
		- Bacterii coliforme în 1,0g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- Bacterii *Salmonela* 25g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- B, cereus 0,1g	n/d	n/d	n/d	n/d
		-Drojdii UFC/g	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10

Tabelul 4.11 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7
8	Porumb soiul 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri Codrinschii	- Microorganisme mezofile aerobe şi facultativ-anaerobe, UFC/g	$4,2 \times 10^2$	$4,4 \times 10^2$	$4,0 \times 10^2$	$3,9 \times 10^2$
		- Bacterii coliforme în 1,0g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- Bacterii *Salmonela* 25g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- B, cereus 0,1g	n/d	n/d	n/d	n/d
		-Drojdii UFC/g	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10
9	Porumb soiul 394	- Microorganisme mezofile aerobe şi facultativ-anaerobe, UFC/g	$1,7 \times 10^2$	$2,1 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	$1,8 \times 10^2$
		- Bacterii coliforme în 1,0g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- Bacterii *Salmonela* 25g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- B, cereus 0,1g	n/d	n/d	n/d	n/d
		-Drojdii UFC/g	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10

Indicii microbiologici ai produselor extrudate pe bază de materii prime vegetale autohtone și materii prime secundare cerealiere sunt prezentați în tab.4.12, oferind o evaluare a siguranței alimentare și a conformității cu standardele de igienă. Acești indici sunt esențiali pentru asigurarea calității și durabilității produselor pe termen lung.

Tabelul 4.12 Indicii microbiologici a produselor extrudate în baza materiei prime vegetale autohtone şi materiei prime secundare cerealiere

Nr.	Denumirea produsului	Denumirea indicelui	Periodicitatea controlului			
			Fon	1 lună	4 luni	6 luni
1	2	3	4	5	6	7
1	Produs extrudat din tărâțe de grâu	- Microorganisme mezofile aerobe şi facultativ-anaerobe, UFC/g	$2,3 \times 10^2$	$2,5 \times 10^2$	$2,8 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$
		- Bacterii coliforme în 1,0g;	n/d	n/d	n/d	n/d
		- Bacterii *Salmonela* 25g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- B, cereus 0,1g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- Drojdii UFC/g	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10

Tabelul 4.12 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7
2	Produs extrudat din tărâţe de grâu–crupă de porumb	- Microorganisme mezofile aerobe şi facultativ-anaerobe, UFC/ - Bacterii coliforme în 1,0g; - Bacterii *Salmonela* 25g - B, cereus 0,1g -Drojdii UFC/g	2,1 x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10	2.3x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10	2,5x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10	2,5x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10
3	Produs extrudat din tărâţe de grâu–făină de porumb	- Microorganisme mezofile aerobe şi facultativ-anaerobe, UFC/g - Bacterii coliforme în 1,0g; - Bacterii *Salmonela* 25g - B, cereus 0,1g -Drojdii UFC/g	1,8 x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10	2,0 x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10	1,9 x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10	2,3x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10
4	Produs extrudat din tărâţe de grâu-hrişcă	- Microorganisme mezofile aerobe şi facultativ-anaerobe, UFC/g - Bacterii coliforme în 1,0g; - Bacterii *Salmonela* 25g - B, cereus 0,1g -Drojdii UFC/g	2,0 x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10	2,2 x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10	2,5 x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10	2,6 x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10
5	Produs extrudat din tărâţe de grâu-tărâţe de porumb	- Microorganisme mezofile aerobe şi facultativ-anaerobe, UFC/g - Bacterii coliforme în 1,0g; - Bacterii *Salmonela* 25g - B, cereus 0,1g -Drojdii UFC/g	2,4x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10	2,7x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10	2,6x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10	2,5x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10
6	Produs extrudat din tărâţe de porumb	- Microorganisme mezofile aerobe şi facultativ-anaerobe, UFC/g - Bacterii coliforme în 1,0g; - Bacterii *Salmonela* 25g - B, cereus 0,1g -Drojdii UFC/g	1,9 x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10	2,1x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10	2,0x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10	2,3x 10^2 n/d n/d n/d <1 x 10

Tabelul 4.12 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7
7	Produs extrudat din tărâțe de porumb–hrișcă	- Microorganisme mezofile aerobe și facultativ-anaerobe, UFC/g	2,2 x 10^2	2,5x 10^2	2,7x 10^2	2,4x 10^2
		- Bacterii coliforme în 1,0g;	n/d	n/d	n/d	n/d
		- Bacterii *Salmonela* 25g	n/d	n/d	n/d	n/d
		- B, cereus 0,1g	n/d	n/d	n/d	n/d
		-Drojdii UFC/g	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10

Indicatorii microbiologici ai terciurilor instant obținute din materii prime fără gluten sunt detaliați în tab.4.13, oferind informații relevante privind siguranța microbiologică și conformitatea produsului cu standardele igienico-sanitare.

Tabelul 4.13 Indicii microbiologici a terciurilor instante obținute în baza materiei prime fără gluten

Nr.	Denumirea produsului	Denumirea indicelui	Periodicitatea controlului			
			Fon	1 lună	4 luni	6 luni
1	2	3	4	5	6	7
1	Terci din soriz extrudat cu sare și zahăr	- Microorganisme mezofile aerobe și facultativ-anaerobe, UFC/g	2,0 x 10^2	1,5 x 10^2	7,0 x 10^1	7,0 x 10^1
		- Bacterii coliforme în 0,1g; 0,01g.	n/d	n/d	n/d	n/d
		- Drojdii, UFC/g	< 1 x 10^4	< 1 x 10^1	< 1 x 10^1	< 1 x 10^1
		- Mucegai, UFC/g	< 1 x 10^4	< 1 x 10^1	< 1 x 10^1	< 1 x 10^1
2	Terci din soriz/porumb soiul 394 cu fructe uscate, sare și zahăr	- Microorganisme mezofile aerobe și facultativ-anaerobe, UFC/g	3,5 x 10^2	3,0 x 10^2	1,0 x 10^2	8,5 x 10^2
		- Bacterii coliforme în 0,1g; 0,01g.	n/d	n/d	n/d	n/d
		- Drojdii, UFC/g	< 1 x 10	< 1 x 10	< 1 x 10^1	< 1 x 10^1
		- Mucegai, UFC/g	20	10	< 1 x 10^1	< 1 x 10^1
3	Terci din soriz/porumb soiul 498 cu fructe uscate, sare și zahăr	- Microorganisme mezofile aerobe și facultativ-anaerobe, UFC/g	1,5 x 10^2	1,2 x 10^2	7,0 x 10^1	7,2 x 10^1
		- Bacterii coliforme în 0,1g; 0,01g.	n/d	n/d	n/d	n/d
		- Drojdii, UFC/g	< 1 x 10^1	< 1 x 10^1	< 1 x 10^1	< 1 x 10^1
		- Mucegai, UFC/g	< 1 x 10^1	< 1 x 10^1	< 1 x 10^1	< 1 x 10^1

Tabelul 4.13 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7
4	Terci din soriz/hrișcă cu sare și zahăr	- Microorganisme mezofile aerobe și facultativ-anaerobe, UFC/g	$8,0 \times 10^2$	$8,5 \times 10^2$	$7,5 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$
		- Bacterii coliforme în 0,1g; 0,01g.	n/d	n/d	n/d	n/d
		- Drojdii, UFC/g	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$
		- Mucegai, UFC/g	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$
5	Terci din soriz/năut cu sare și zahăr	- Microorganisme mezofile aerobe și facultativ-anaerobe, UFC/g	$2,2 \times 10^2$	$2,5 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$
		- Bacterii coliforme în 0,1g; 0,01g.	n/d	n/d	n/d	n/d
		- Drojdii, UFC/g	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$
		- Mucegai, UFC/g	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$	$< 1 \times 10^1$

Conform datelor prezentate în tab. 4.11-4.13**,** indicii microbiologici sunt utilizați ca referință în evaluarea stabilității produselor de-a lungul perioadei de păstrare. Procesul de fabricație, desfăşurat la temperaturi înalte (139-154 °C) şi presiuni ridicate (25-30 MPa), susține inactivarea microorganismelor patogene, așa cum este susținut și de Ali et al. (2024). De asemenea, menținerea unui conținut scăzut de umiditate combinată cu ambalarea ermetică contribuie semnificativ la stabilitatea microbiologică a produselor extrudate — observație susținută de Kim et al. (2012).

Rezultatele obținute în urma analizelor microbiologice arată, că valorile acestora se încadrează în limitele admisibile. Nu au fost identificate bacterii saprofite sau patogene, ceea ce confirmă că produsele sunt inofensive din punct de vedere microbiologic. Contaminarea totală cu microorganisme este nesemnificativă, iar acest fapt poate fi atribuit atât regimului de procesare prin extrudare (care presupune expunerea produsului la temperaturi și presiuni înalte, ce duc la distrugerea microflorei inițiale a materiei prime), cât și microflorei specifice a materiei prime utilizate.

În perioada de păstrare, de la 1 lună până la 6 luni, indicii microbiologici a produselor extrudate rămân practic constanți, evidențiind astfel stabilitatea înaltă a acestora.

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

Acest studiu este necesar pentru a înțelege 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.4.14 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. Studiile realizate cuprind mai multe categorii de produse, printre care:

1. produse extrudate pe bază de materii prime cerealiere și deșeuri din industria conservelor;
2. produse extrudate pe bază de materii prime și deșeuri din industria de morărit;
3. produse extrudate pe bază de materii prime fără gluten.

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

Parametrii de bază analizați în studii includ:

- conținutul de proteine (g/100 g), care variază în funcție de tipul materiei prime utilizate;
- temperatura de extrudare (°C), un factor esențial în formarea acrilamidei;
- concentrația acrilamidei (µg/kg) determinată prin mai multe replici experimentale, cu prezentarea valorii medii;
- reducerea concentrației de acrilamidă (%) în cazul utilizării soluției de acid citric.

Tabelul 4.14 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, ^{0}C	Concentrația acrilamidei, µg/kg	Concentrația acrilamidei în produse cu adaos soluție 3% acid citric, µg/kg	Diminuarea concentrației în %
Produse extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor						
1	Porumb soiul 394 + 10% pulbere de tescovină de mere	7,56±0,15	139	119,33±0,75	98,33±0,75	-17,6
2	Porumb soiul 394 + 20% pulbere de tescovină de mere	7,80±0,07	139	135,33±0,75	114,33±0,75	-15,5
3	Porumb soiul 394 + 5% pulbere de tescovină de tomate	7,40±0,04	140	117,33±0,75	94,33±0,75	-19,6
4	Porumb soiul 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 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 394 + 20% pulbere de tescovină de struguriSauvignon	7,92±0,07	140	137,00±1,31	113,00±1,31	-17,5
7	Porumb soiul 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 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 soi 394.	7,43±0,04	139	91,00±1,31	75,67±0,75	-17,6
Produse extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor din industria de morărit						
10	Produs extrudat din tărâțe de grâu	16,32±0,03	124	142,67±0,75	115,33±0,75	-19,0
11	Produs extrudat din tărâțe de grâu-crupă de porumb soiul 394	13,45±0,03	122	125,33±0,75	102,00±1,31	-18,4
12	Produs extrudat din tărâțe de grâu-făină de porumb soiul 394	11,78±0,21	120	117,67±0,75	98,33±0,75	-16,9
13	Produs extrudat din tărâțe de grâu-hrișcă	14,69±0,08	125	132,00±1,31	111,33±0,75	-15,9
14	Produs extrudat din tărâțe de grâu-tărâțe de porumb	12,35±0,07	120	126,33±0,75	100,00±1,31	-20,6
15	Produs extrudat din tărâțe de porumb	8,24±0,02	120	100,67±0,75	80,33±0,75	-20,0
Produse extrudate în baza materiei prime fără gluten						
16	Terci din soriz extrudat cu sare și zahăr	11,03±0,10	143	126,00±1,31	101,33±0,75	-19,2
17	Terci din soriz/porumb soiul 394 cu fructe uscate, sare și zahăr	8,20±0,07	139	118,33±0,75	97,33±0,75	-17,8
18	Terci din soriz/hrișcă cu sare și zahăr	11,98±0,14	143	126,00±1,31	103,33±0,75	-18,2
19	Terci din soriz/năut cu sare și zahăr	12,57±0,04	141	138,00±1,31	109,00±1,31	-21,0

Analiza rezultatelor obținute indică faptul că conținutul de acrilamidă în produsele extrudate depinde semnificativ de tipul materiei prime utilizate, de compoziția chimică a acesteia și de parametrii tehnologici ai procesului de extrudare. În concordanță cu literatura de specialitate, produsele extrudate din tărâțe de grâu au fost identificate ca având concentrații mai ridicate de acrilamidă comparativ cu cele obținute din porumb, ceea ce se explică prin conținutul mai mare de asparagină și zaharuri reducătoare din tărâțele de grâu, factori care favorizează reacțiile de formare a acestui compus contaminant în timpul procesului de extrudare (Gökmen, 2012)

În plus, rezultatele noastre evidențiază că adaosul de soluție de acid citric determină o reducere semnificativă a conținutului de acrilamidă, cu procente cuprinse între 15,9% și 21,1%. Această constatare este susținută de studii anterioare, care au demonstrat eficiența acidului citric în inhibarea formării acrilamidei în produsele extrudate, prin scăderea pH-ului și interferența cu reacțiile de Maillard responsabile pentru generarea acestui compus (Low și al., 2006).

Aceste rezultate au implicații practice semnificative pentru optimizarea proceselor de producție a extrudatelor, atât din perspectiva siguranței alimentare, cât și a calității nutriționale. Alegerea materiei prime adecvate, împreună cu ajustarea parametrilor tehnologici și aplicarea tratamentelor chimice sigure, cum este acidul citric, poate contribui la obținerea unor produse extrudate cu un conținut redus de acrilamidă, respectând standardele de siguranță alimentară și cerințele consumatorilor.

4.1.6 Studiul conținutului de fibre alimentare în produse extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei alimentare

Aceste cercetări au fost efectuate pentru a perfecționa și valida 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. 5.15 și oferi 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 4.15 Conținutul de fibre alimentare în produsele extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei alimentare

Nr.	Denumirea mostrelor	Fracția masică de fibre, %		Conținut total de fibre, %
		solubile	insolubile	
		pectină+ inulină+ fracții de hemiceluloză	lignină+celuloză + hemiceluloză	
Produse extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor				
1.	Porumb soiul 394 + 10% pulbere de tescovină de mere	3,05±0,01	12,06±0,02	15,11±0,02
2.	Porumb soiul 394 + 20% pulbere de tescovină de mere	4,85±0,04	13,74±0,06	18,59±0,05
3.	Porumb soiul 394 + 5% pulbere de tescovină de tomate	1,58±0,05	11,59±0,05	13,17±0,05
4.	Porumb soiul 394 + 15% pulbere de tescovină de tomate	2,14±0,01	14,13±0,01	16,27±0,01
5.	Porumb soiul 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri Sauvignon	1,64±0,03	13,13±0,16	14,77±0,02
6.	Porumb soiul 394 + 20% pulbere de tescovină de struguriSauvignon	2,15±0,06	16,28±0,03	18,43±0,05
7.	Porumb soiul 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri Codrinschii	1,75±0,01	13,54±0,03	15,29±0,02
8.	Porumb soiul 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri Codrinschii	2,25±0,01	13,82±0,08	16,07±0,05
9.	Porumb soiul 394.	1,23±0,01	10,30±0,02	11,53±0,02
Produse extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor din industria de morărit				
10.	Produs extrudat din tărâțe de grâu	8,26±0,05	32,33±0,10	40,59±0,08
11.	Produs extrudat din tărâțe de grâu-crupă de porumb soiul 394	7,62±0,03	31,20±0,07	38,82±0,05
12.	Produs extrudat din tărâțe de grâu-făină de porumb soiul 394	7,17±0,06	31,10±0,05	38,27±0,06
13.	Produs extrudat din tărâțe de grâu-hrișcă	7,84±0,01	28,46±0,06	36,30±0,04
14.	Produs extrudat din tărâțe de grâu-tărâțe de porumb	7,13±0,03	30,39±0,17	37,52±0,01
15.	Produs extrudat din tărâțe de porumb	6,12±0,03	28,04±0,12	34,16±0,08
Produse extrudate în baza materiei prime fără gluten				
16.	Terci din soriz extrudat cu sare și zahăr	2,75±0,05	6,16±0,09	8,91±0,07
17.	Terci din soriz/porumb soiul 394 cu fructe uscate, sare și zahăr	2,55±0,01	6,91±0,05	9,46±0,03
18.	Terci din soriz/hrișcă cu sare și zahăr	2,28±0,02	6,50±0,01	8,78±0,02
19.	Terci din soriz/năut cu sare și zahăr	2,95±0,02	6,24±0,03	9,19±0,03

Analiza compoziției fibrelor alimentare în produsele extrudate, prezentată în tabelul 4.15, evidențiază variații semnificative în funcție de tipul materiei prime utilizate și de adaosul subproduselor industriei alimentare. Produsele extrudate obținute din tărâțe de grâu prezintă cel mai înalt conținut total de fibre, atingând 40,59%, datorită concentrației ridicate de hemiceluloze și lignină. În schimb, produsele extrudate din porumb soiul 394 au un conținut mai scăzut de fibre, variind între 11,53% și 18,59%. Creșterea valorilor fibrelor în produsele pe bază de porumb este atribuită adaosului de tescovină de mere sau struguri, subproduse care contribuie la îmbogățirea profilului fibros al acestora.

Studiile anterioare susțin aceste observații. De exemplu, un studiu publicat în *Food Research International* a evidențiat că produsele extrudate din tărâțe de grâu conțin un procent semnificativ mai mare de fibre comparativ cu cele obținute din porumb, ceea ce se datorează conținutului mai ridicat de hemiceluloze și lignină în tărâțele de grâu. În ceea ce privește adaosul de subproduse, un alt studiu a demonstrat că integrarea tescovinei de mere în formulările pentru produse extrudate poate crește semnificativ conținutul de fibre, în special fibrele insolubile, fără a compromite calitatea produsului final (Kauser și al., 2021).

Din punct de vedere structural, fibrele insolubile predomină în majoritatea produselor, având cele mai mari valori în tărâțele de grâu (32,33%) și de porumb (28,15%). Fibrele solubile sunt prezente în cantități mai reduse, cea mai mare concentrație fiind înregistrată în terciurile din soriz cu adaos de sare și zahăr (6,93%). Aceste date sunt susținute de cercetări care au arătat că procesul de extrudare poate modifica structura fibrelor, crescând solubilitatea acestora și influențând astfel profilul fibros al produsului final (Li și al., 2020)

.Rezultatele obținute demonstrează influența semnificativă a tipului de materie primă și a ingredientelor auxiliare asupra conținutului și structurii fibrelor alimentare în produsele extrudate. Utilizarea tărâțelor de grâu și a subproduselor precum tescovina de mere sau struguri poate contribui la obținerea unor produse cu un profil nutrițional îmbunătățit, având un conținut mai ridicat de fibre alimentare. Aceste informații sunt esențiale pentru dezvoltarea unor produse alimentare funcționale, care să răspundă cerințelor consumatorilor privind sănătatea și nutriția.

4.2 Analiza și delimitarea problematicii

Cercetările prezentate în acest capitol demonstrează, că tehnologiile inovatoare de fabricare a produselor extrudate, bazate pe cereale și deșeuri din industria alimentară (tescovină de mere, struguri, tomate, tărâțe de grâu, porumb și hrișcă), prezintă o abordare eficientă, sustenabilă și benefică pentru sănătate. Prin procesul de extrudare au fost obținute produse cu valoare nutritivă sporită, bogate în fibre alimentare (până la 40,56%), proteine, vitamine (B_1, B_2,

E), minerale (potasiu, calciu, magneziu) și compuși bioactivi (polifenoli, carotenoizi, tocoferoli), care contribuie la prevenirea afecțiunilor metabolice și digestive.

Adăugarea deșeurilor alimentare, precum tescovina de mere sau tărâțe de grâu, a îmbunătățit proprietățile fizico-chimice ale produselor, crescând coeficienții de gonflare (3,95-4,60), reținere a apei (3,80-4,95) și uleiului (0,85-1,05), precum și conținutul de fibre. Procesul de extrudare, realizat la temperaturi înalte (139-154°C) și presiuni mari (25-30 MPa), asigură siguranța microbiologică, cu valori ale microorganismelor mezofile în limita admisibilă (1,7 x 10^2 – 6,1 x 10^2 UFC/g) și absența microorganismelor patogene (*Salmonella, Bacillus cereus*).

Adaosul de acid citric a redus semnificativ conținutul de acrilamidă cu 15,9-21,1%, contribuind la siguranța alimentară.

Astfel, tehnologiile elaborate oferă soluții de perspectivă pentru valorificarea resurselor secundare, reducerea risipei alimentare și producția de alimente funcționale, sustenabile și sigure, răspunzând cerințelor pieței moderne și promovând un consum responsabil. Aceste rezultate confirmă potențialul industriei alimentare de a contribui la sănătatea consumatorilor și protecția mediului.

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

Modelul matematic utilizat în această lucrare are un rol esențial în evaluarea calității produselor, permițând o analiză detaliată și obiectivă a diferiților indicatori de calitate. Metoda diferențiată de evaluare compară produsele cu un model-etalon, determinând dacă acestea îndeplinesc standardele dorite și în ce măsură indicatorii lor individuali se abat de la valorile de referință.

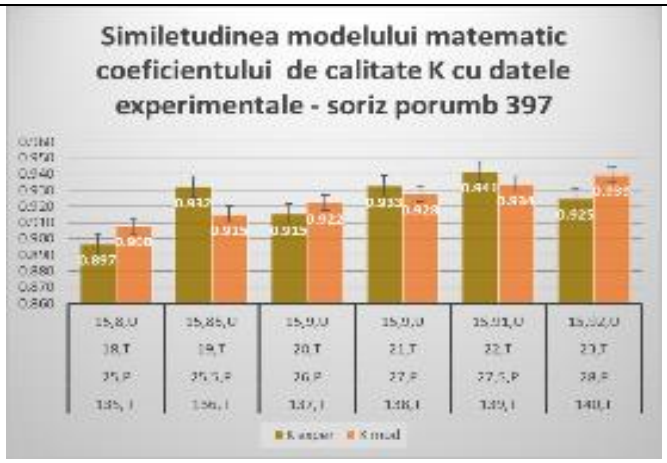
5.1 Modelarea procesului de extrudare în vederea optimizării parametrilor tehnologici

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.

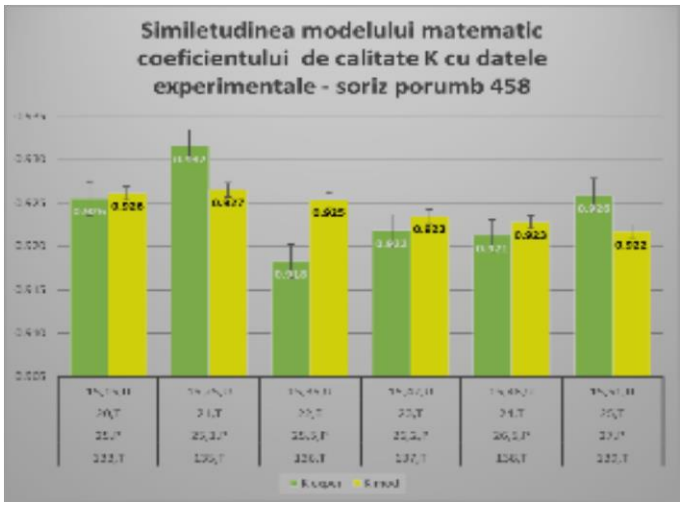
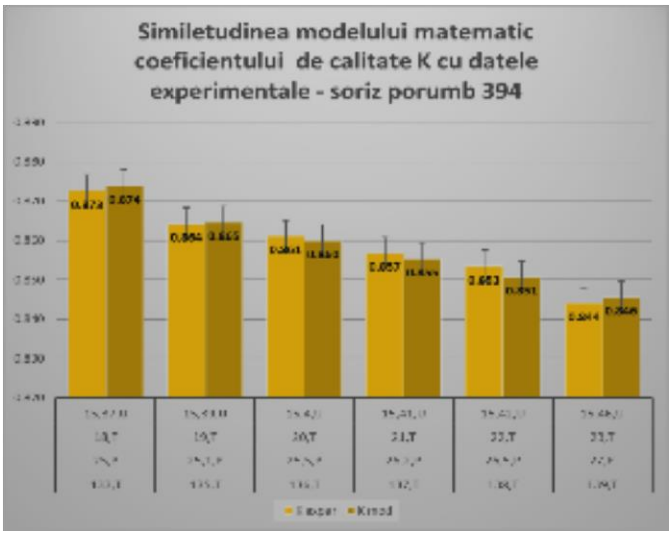
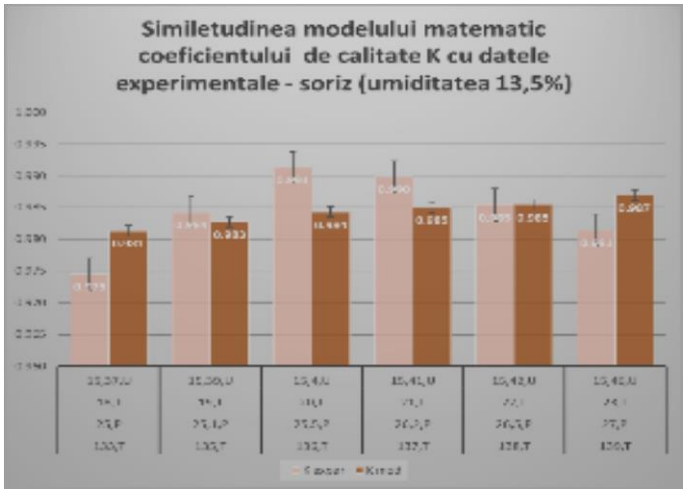
Pentru optimizarea procesului de determinare a calității, a fost utilizată metoda Brandon, care permite formularea unei relații matematice între calitatea produsului și factorii esențiali care o influențează: temperatura, presiunea, timpul și umiditatea amestecului. Această relație neliniară este validată 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. 5.1-5.2.

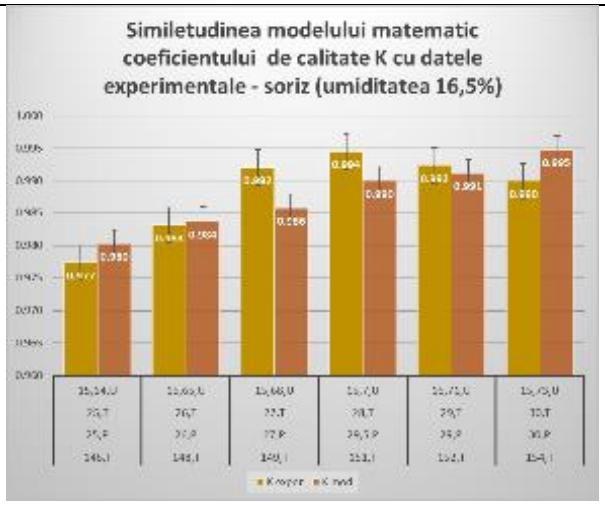
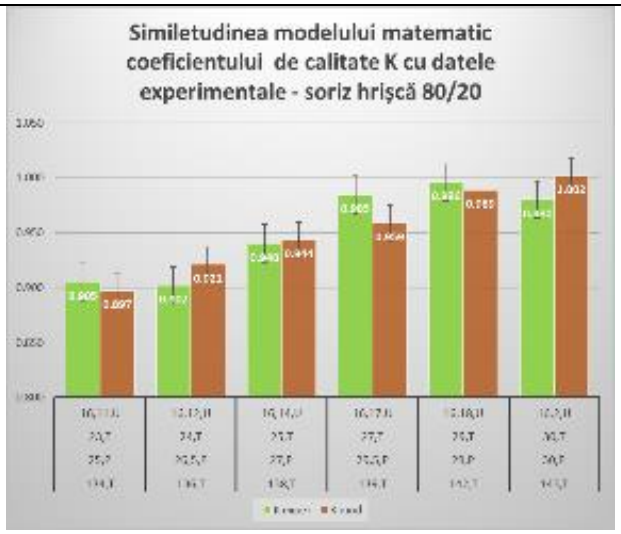
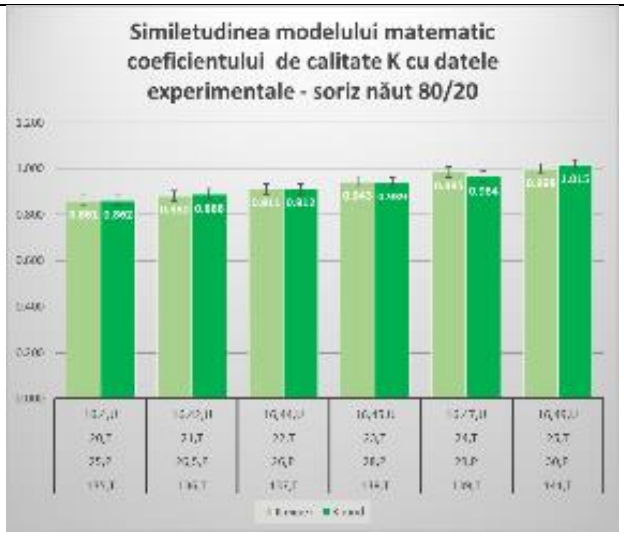
Tabelul 5.1 Produse extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor din industria de morărit

Nr.	Denumirea produsului	Modelul matematic	Similitudenea modelului matematic coeficientului de calitate
1	2	3	4
1	Produs extrudat din soriz și porumb soiul 397 MR1	$K_{Soriz\ Porumb\ 397\ MR1} = 0{,}954 * (0{,}0057T * + 0{,}211) * (0{,}0003 * P + 0{,}9963) * (-0{,}0001 * t + 1{,}0039) * (0{,}0418 * U + 0{,}336)$	

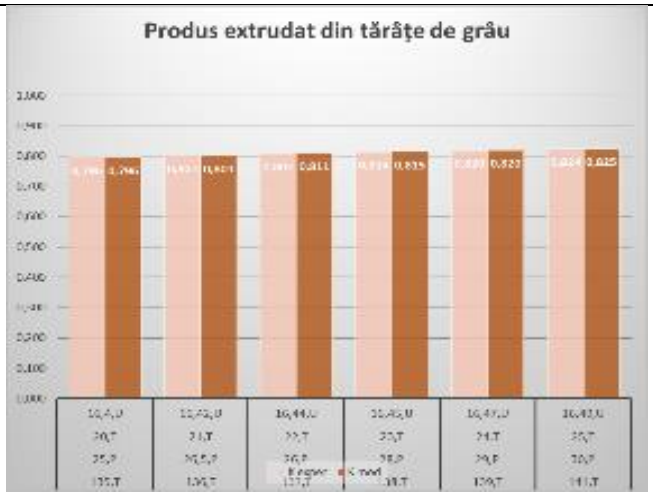
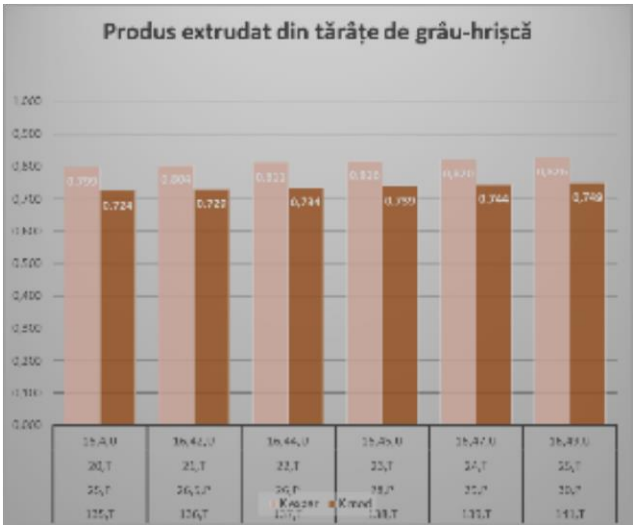
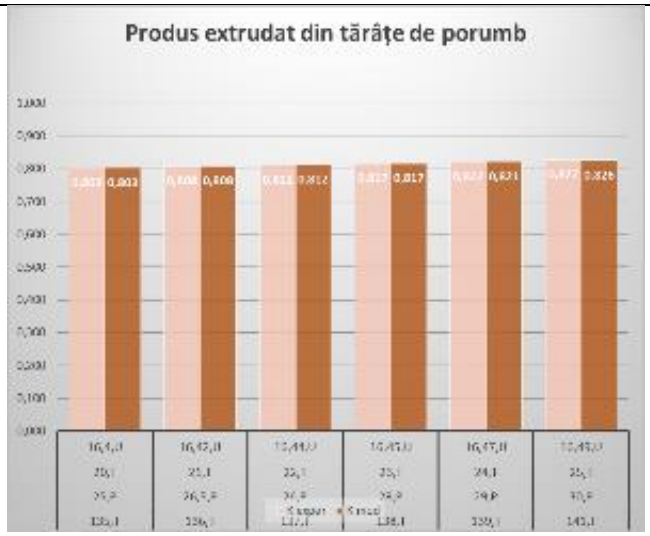
Tabelul 5.1 (continuare)

1	2	3	4
2	Produs extrudat din soriz și porumb soiul 458 MR1	$K_{Soriz\ Porumb\ 458\ MR1} = 0{,}924 * (-0{,}0007 * T * +1{,}0902) * (-0{,}0028 * P + 0{,}9151) * (-0{,}00005 * t + 1{,}0021) * (-0{,}0042 * U + 1{,}0648)$	
3	Produs extrudat din soriz și porumb soiul 394 MR1	$K_{Soriz\ Porumb\ 394\ MR1} = 0{,}859 * (-0{,}0052 * T * +1{,}7034) * (-0{,}0001 * P + 1{,}084) * (-0{,}00005 * t + 0{,}9987) * (-0{,}0172 * U + 1{,}2646)$	
4	Produs extrudat din soriz (umiditatea-13,5%)	$K_{Soriz\ umiditatea\ 13{,}5} = 0{,}984 * (0{,}0009 * T * +0{,}8775) * (-0{,}0001 * P + 0{,}9946) * (-0{,}00004 * t + 1{,}0107) * (0{,}0002 * U + 0{,}9973)$	

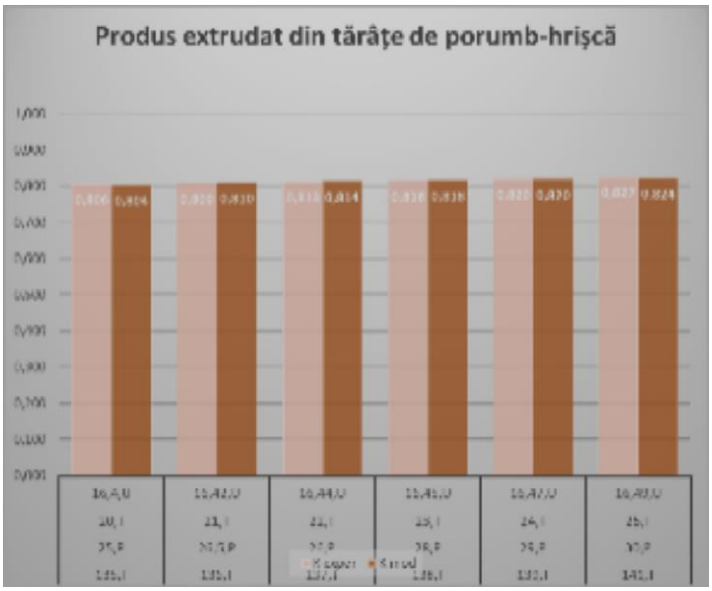
Tabelul 5.1 (continuare)

1	2	3	4
5	Produs extrudat din soriz (umiditatea-16,5%)	$K_{Soriz\ umiditatea\ 16,5} = 0,988 * (0,0017 * T * +0,7436) * (0,0004 * P + 0,9908) * (-0,00004 * t + 1,0092) * (0,0118 * U + 0,8156)$	
6	Produs extrudat din soriz/ hrișcă, 80/20	$K_{Soriz\ hrisca\ 80/20} = 0,951 * (0,0113 * T * -0,5697) * (0,0022 * P + 0,9402) * (-0,0009 * t + 1,0254) * (0,0339 * U + 0,4526)$	
7	Produs extrudat din soriz/ năut, 80/20	$K_{Soriz\ naut\ 80/20} = 0,930 * (0,0268 * T * -2,6952) * (0,0008 * P + 0,9847) * (0,0002 * t + 0,9951) * (-0,01550 * U + 1,2547)$	

Tabelul 5.1 (continuare)

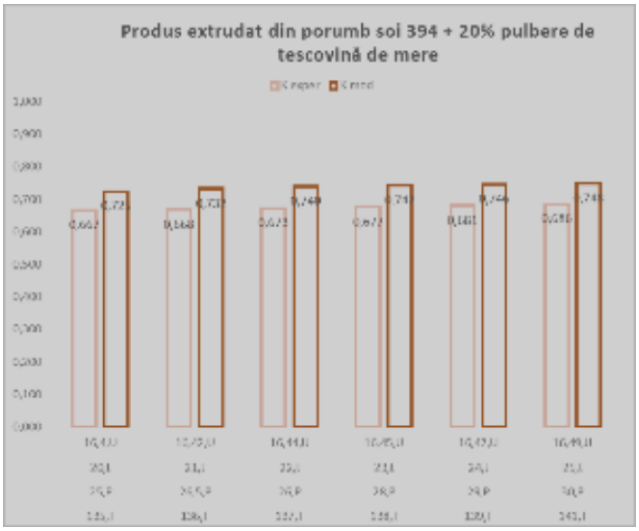
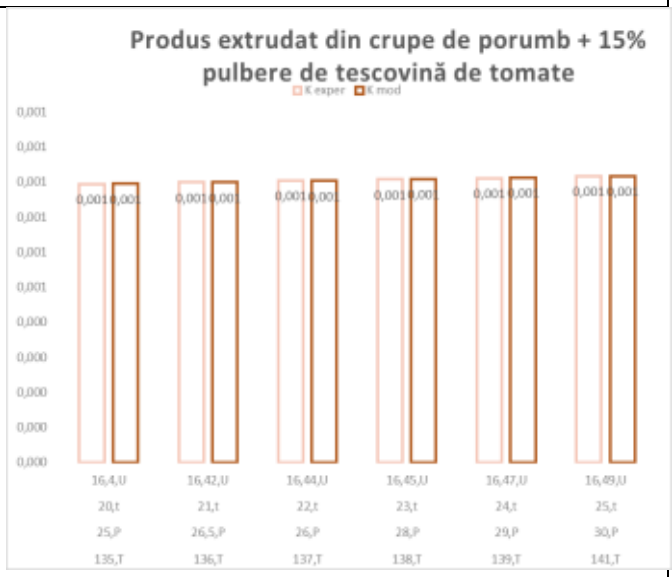
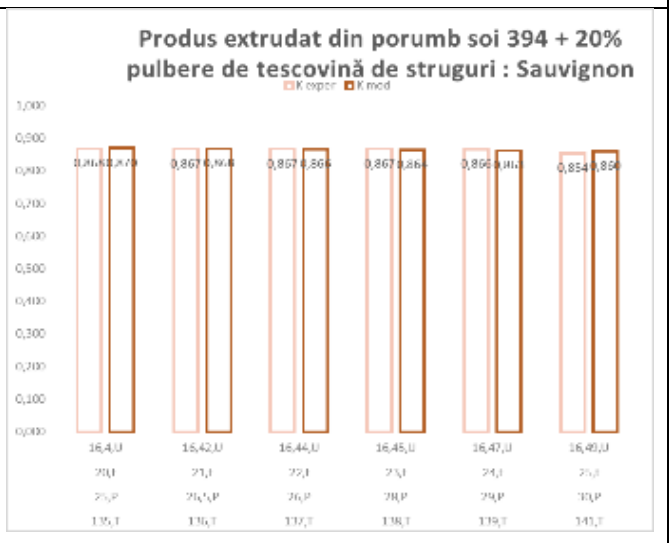
1	2	3	4
8	Produs extrudat din tărâțe de grâu	$K_{extrudat\ din\ tărîță\ de\ grîu} = 0{,}675 * (0{,}0058 \cdot T + 0{,}2991) * (8 \cdot 10^{-5} P + 0{,}9979) * (5 \cdot 10^{-5} t + 0{,}9972) * (10^{-4} U + 1{,}0017)$	
9	Produs extrudat din tărâțe de grâu-hrișcă	$K_{extrudat\ din\ tărîță\ de\ grîu\ hriș} 0{,}813 * (0{,}0068 \cdot T + 0{,}1704) * (4 \cdot 10^{-5} P + 0{,}9978) * (7 \cdot 10^{-5} t + 0{,}9995) * (0{,}0067 \cdot U + 0{,}9052)$	
10	Produs extrudat din tărâțe de porumb	$K_{extrudat\ din\ tărîță\ de\ porumb} 0{,}815 * (0{,}0057 \cdot T + 0{,}3563) * (3 \cdot 10^{-5} P + 1{,}0015) * (7 \cdot 10^{-5} t + 1{,}0018) * (0{,}0094 \cdot U + 0{,}869)$	

Tabelul 5.1 (continuare)

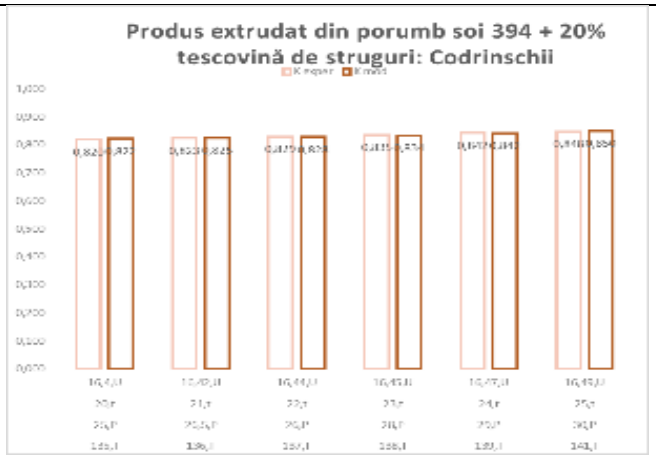
1	2	3	4
11	Produs extrudat din tărâțe de porumb-hrișcă	$K_{extrudat\ din\ tărîță\ de\ porumb-}$ $= 0{,}815$ $*\ (\ 0{,}0025 \cdot T + \ 0{,}7385)$ $*\ (\ -0{,}0002\ \cdot P$ $+\ 1{,}0022\ )$ $*\ (\ 0{,}0002t\ +\ 0{,}997\ )$ $*\ (-0{,}0069\ \cdot U$ $+\ 1{,}1087)$	

Datele prezentate în tab. 5.1 evidențiază faptul, că umiditatea joacă un rol esențial în similitudinea modelului matematic utilizat. În mod particular, combinațiile care includ hrișcă și năut demonstrează o îmbunătățire semnificativă a exactității predicției modelului, datorită caracteristicilor lor mai constante în procesul de extrudare. Aceste tipuri de materii prime se comportă într-un mod previzibil și uniform, ceea ce permite o estimare mai exactă a rezultatelor. Pe de altă parte, modelele standarde aplicate pentru tărâțe sunt mai puțin precise, înregistrând abateri mai mari în comparație cu cele pentru hrișcă și năut. Acest lucru sugerează faptul, că tărâțele prezintă un comportament mai variabil în timpul procesului de extrudare, ceea ce face necesar un ajustaj suplimentar al modelului pentru fiecare compoziție specifică. În aceste cazuri, este nevoie de optimizări adiționale pentru a obține o concordanță mai mare între rezultatele experimentale și modelele matematice aplicate. Astfel, se poate concluziona, că fiecare tip de materie primă influențează diferit procesul de extrudare, iar modelele matematice trebuie adaptate corespunzător pentru a reflecta acest comportament variabil.

Tabelul 5. 2 Produse extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor din legume și fructe

Nr.	Denumirea produsului	Modelul matematic	Similitudenea modelului matematic coeficientului de calitate
1	2	3	4
1	Produs extrudat din porumb soiul 394/pulbere de tescovină de mere, 80/20	$K_{extrudat\ porumb\ 394/\ tes.mere,80/20} = 0{,}675 * (\ 0{,}0018 \cdot T\ + 0{,}8014) * (0{,}0006 \cdot P\ + 0{,}9857) * (0{,}0006 \cdot t\ + 0{,}9905) * (-0{,}0069 \cdot U\ + 1{,}1051)$	
2	Produs extrudat din crupe de porumb /pulbere de tescovină de tomate, 85/15	$K_{extrudat\ porumb/tesc.tomat,}85/15 = 0{,}805 * (\ 0{,}0055 \cdot T\ + 0{,}4392) * (-0{,}0002\ \cdot P\ + 1{,}0012) * (-0{,}0003 \cdot t\ + 1.006) * (0{,}0135 \cdot U\ + 0{,}7971)$	
3	Produs extrudat din porumb soiul 394 / pulbere de tescovină de struguri : Sauvignon, 80/20	$K_{extrudat\ porumb\ 394/\ tesc.Savignon,} 20 = 0{,}865 * (\ -0{,}0012 \cdot T\ + 1{,}1417) * (\ -0{,}0008 \cdot P\ + 1{,}0201) * (0{,}0008 \cdot t\ + 0{,}984) * (\ 0{,}004 \cdot U\ + 0{,}9386)$	

Tabelul 5. 2 (continuare)

1	2	3	4
4	Produs extrudat din porumb soiul 394 /tescovină de struguri: Codrinschii, 80/20	$K_{extrudat\ porumb\ 394/\ tesc.Condrinsc}$ /20 $= 0{,}833$ $*(\ \ 0{,}0033 \cdot T + 0{,}6358)$ $*(\ \ 0{,}0007 \cdot P + 0{,}9856)$ $*(-0{,}0004 \cdot t + 1{,}006)$ $*(\ \ 0{,}0051 \cdot U + 0{,}9207)$	

Criteriile de similitudine sunt utilizate pentru a evalua cât de bine un model matematic reprezintă datele experimentale în procesul de extrudare a materiilor prime (Anexa 8). Aceste criterii se bazează pe comparații cantitative și statistice, incluzând analiza prin criteriul Fisher (F)**,** care determină semnificația diferențelor dintre valorile experimentale și cele modelate.

Analiza produselor extrudate pe bază de materii prime cerealiere și deșeuri provenite din industria conservelor de legume și fructe, prezentate în tab. 5.2, evidențiază influența semnificativă a tescovinei asupra texturii și umidității produsului final. În mod special, tescovina de struguri contribuie la o similitudine ridicată a modelului matematic utilizat, datorită prezenței polifenolilor, compuși 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 și 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 și al., 2020).

Aceste date sugerează că tescovina de struguri poate acționa ca un agent de stabilizare în procesul de extrudare, contribuind la obținerea unor produse cu o textură îmbunătățită și o umiditate controlată. Incorporarea acestui subprodus în formulările pentru produse extrudate poate reprezenta o strategie eficientă pentru valorificarea deșeurilor din industria conservelor de legume și fructe, având în același timp beneficii pentru calitatea și stabilitatea produselor finale.

Pe de altă parte, tescovina de tomate introduce un grad semnificativ de aciditate în compoziția amestecului, ceea ce influențează negativ stabilitatea modelului. Aciditatea suplimentară afectează comportamentul materialului în timpul procesului de extrudare, determinând o variație mai mare a proprietăților fizico-chimice ale produsului final.

Astfel, este evident că deșeurile din industria conservelor de legume și fructe, inclusiv tescovina de struguri și tescovina de tomate, influențează în mod semnificativ comportamentul procesului de extrudare, iar modelele matematice utilizate pentru a stabili calitatea produsului trebuie adaptate în funcție de caracteristicile specifice ale fiecărei materii prime utilizate.

Modelele matematice pot fi utilizate pentru determinarea calității produselor extrudate, precizia acestora depinde de tipul materiei prime și de ajustările necesare pentru compoziții complexe. Implementarea acestor modele în industrie ar putea îmbunătăți eficiența procesului și stabilitatea produsului finit.

5.2 Studiul de fezabilitate a fabricării produselor extrudate alimentare

Stabilirea costurilor economice referitoare la achiziționarea și procesarea materiei prime pentru fabricarea produselor extrudate a fost realizată conform studiului de fezabilitate (Chernykh, 2012), adaptat la modelele utilizate în cadrul întreprinderilor de panificație și cofetărie. În calculele efectuate au fost utilizate datele furnizate de Ministerul Agriculturii și Industriei Alimentare (MAIA) și Biroul Național de Statistică (BNS) din anul 2024.

Procedeul de fabricare al produsului extrudat presupune utilizarea materiilor prime cerealiere cu conținut de amidon, alături de materii prime secundare provenite din industria alimentară, i-ar materia primă este furnizată de către furnizorii de cereale. Produsele extrudate urmează să fie obținute într-o secție de fabricare cu o capacitate de procesare de 150 kg cereale pe oră, echipată cu instalații specifice, ale căror parametri de consum energetic sunt detaliați în tab. 5.3.

Tabelul 5.3 Utilajul tehnologic necesar pentru fabricarea produselor extrudate

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

Tabelul 5.3 (continuare)

1	2	3	4	5
7.	Transportor	-	1,50	8300,0
8.	Uscător DKX-III	-	1,50	115000,0
9.	Cântar	-	-	2000,0
10.	Aparat de ambalare ED-2	-	0,75	10200,0
	Total costul utilajului tehnologic			470747,0

În rezultat a fost realizat calculul economic al costului total direct, care include prețurile materiilor prime, auxiliare și energetice, precum și costurile manoperei necesare pentru fabricarea produsului extrudat din soriz/porumb soiul 394, i-ar costurilesunt prezentate în tab.5.4. De asemenea, a fost evaluat costul de fabricare pentru produsul extrudat din porumb soi 394, amestecat cu 20 % pulbere de tescovină de mere (prețurile utilizate sunt actualizate la data de 29.11.2023).

Tabelul 5.4. Costul estimativ al resurselor materiale și energetice pentru fabricarea produsului extrudat din soriz și porumb soiul 394 (prețuri a.2024)

Nr.	Tipul de resurse	Unit. de măsură	Preț unitar, lei	1 tonă produs finit	Costul	
				Norma de consum	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	m^3	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 electică	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	

În ceea ce privește calculul estimativ al ambalajului necesar pentru 1 tonă de produs finit, produsul se ambalează în folie stretch cu o masă de 110 g. Pentru fiecare unitate de ambalaj se utilizează 3 g de folie stretch, ceea ce înseamnă că pentru ambalarea unei tone de produs finit sunt necesare 9091 unități de ambalaj. Astfel, cantitatea totală de folie stretch necesară pentru ambalarea unei tone de produs este de 27,273 kg. Având în vedere prețul de 53 lei pe tonă de folie, costul pentru ambalajul necesar pentru 1 tonă de produs va fi de 1445,5 lei.

În plus, costul unei etichete pentru fiecare unitate de ambalaj este de 0,25 lei. Prin urmare, costul total al etichetelor pentru 1 tonă de produs va fi de 2273,0 lei.

Costul final al ambalajului și al etichetei pentru 1 tonă de produs finit este de 3718,5 lei, calculat ca sumă a costurilor individuale ale ambalajului și etichetelor (1445,5 lei + 2273,0 lei).

Tabelul 5.5 Costul estimativ al resurselor materiale și energetice pentru fabricarea produsului extrudat din porumb soiul 394 + 20% pulbere de tescovină de mere (prețuri a. 2024)

Nr.	Tipul de resurse	Unit. de măsură	Preț unitar, lei	1 tonă produs finit	Costul	
				Norma de consum	lei	%
1.	Soriz	tone	4000,00	0,80	3200,00	23,82
2.	Porumb	tone	5000,00	0,20	1000,00	7,44
3.	Apă potabilă	m^3	25,00	2,70	67,50	0,50
4.	Costul ambalajului	unit.	0,40	9091,00	3718,50	27,67
5.	Cutii de carton	unit.	9,00	300,00	2700,00	20,09
6.	Energie electică	kW	3,20	225,00	720,00	5,36
7.	Manopera (2 pers.)	om*ore	200,00	10,00	2000,00	14,88
8.	Materiale de igienizare	kg	100,00	0,30	30,00	0,22
Total cost direct estimativ, lei/1 tonă					13436,00	

Pe baza datelor prezentate în tab. 5.4-5.5, au fost determinate costurile directe estimative de fabricare pentru produsele extrudate, cu următoarele valori:

23501,50 lei/1000 kg pentru produsul extrudat din soriz și porumb soiul 394;

13436,00 lei/1000 kg pentru produsul extrudat din porumb soiul 394 + 20% pulbere de tescovină de mere.

Ponderea costurilor în cazul produsului extrudat din porumb soiul 394 + 20% pulbere de tescovină de mere se distribuie astfel:

Materia primă (porumb și pulbere de tescovină de mere) reprezintă aproximativ 31,26% din costul total;

Ambalajul și cutiile de carton constituie aproximativ 47,76%;

Manopera reprezintă aproximativ 14,88%.

Diferența de cost direct între cele două tehnologii de fabricare este de 10065,50 lei/1000 kg, care poate fi explicată prin economia obținută la costul materiei prime, datorită utilizării pulberii de tescovină de mere.

În ceea ce privește cheltuielile indirecte, secția de producere este luată în arendă, iar costul acesteia este de 3000,00 lei pe lună. Astfel, pentru un an, costul arendei se estimează la 36000,00 lei.

De asemenea, uzura utilajului tehnologic este estimată la 470742,00 lei pentru o perioadă de 5 ani, ceea ce înseamnă un cost anual de 94148,40 lei.

Prin urmare, costul total anual al arendei și al amortizării utilajului este 130148,40 lei.

Volumul anual preconizat de producere a produselor extrudate este calculat astfel: pentru produsul extrudat din soriz și porumb soiul 394, se estimează o producție de 1 tonă pe schimb, 1 schimb pe zi, 22 zile pe lună și 12 luni pe an, ceea ce conduce la un total de 264 tone anual.

Costul total indirect a fost calculat pe baza cheltuielilor pentru arendă, uzura utilajului, salariile corpului administrativ și cheltuielile administrative, conform detaliilor din tab. 5.6.

Tabelul 5.6 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 adiminstrative 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 valori 19,9 % și a fost stabilit care pot fi prețurile de comercializare a produselor extrudate (tab.5.7).

Tabelul 5.7 Estimarea costurilor și prețurilor produselor extrudate (prețuri a. 2024)

Nr.	Denumirea indicilor economici	Produse preconizate spre fabricare	
		Produs extrudat din soriz și porumb soi 394	Produs extrudat din porumb soi 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

Prețul unei unități de produs a fost calculat în felul următor:

$$P = \left(\frac{1000000g}{110g}\right)^{-1} * Preț\ total$$

$$P = \frac{Preț\ total}{\frac{masa\ convențională}{masa\ unei\ unități\ ambalate}} = \frac{31000}{\frac{1000000}{110}} = \frac{31000}{9090,9} = 3,14\ lei/unitate$$

În concluzie, prețul de 3,14 lei pe unitate este un preț accesibil pentru o gamă largă de consumatori, ceea ce face produsul competitiv pe piață și favorizează accesibilitatea acestuia pentru diverse segmente de populație. De asemenea, acest preț reflectă eficiența în gestionarea costurilor de producție și ambalare, având în vedere dimensiunea lotului și prețul total estimat. Aceasta poate contribui la succesul comercial al produsului, asigurându-se totodată că rămâne în limitele unei piețe accesibile.

5.3 Analiza și delimitarea problematicii

1. Modelul matematic utilizat pentru evaluarea calității produselor extrudate permite o analiză obiectivă, exprimând calitatea produsului printr-un indicator numeric situat între 0 și 1. Această metodă asigură comparabilitatea între produse cu caracteristici diferite și facilitează optimizarea procesului de extrudare.

2. Factori precum temperatura, presiunea, timpul și umiditatea influențează semnificativ calitatea produsului final. Modelul matematic validat prin criterii statistice, precum criteriul Fisher, poate fi utilizat pentru a prezice și îmbunătăți performanțele procesului de extrudare.

3. Compozițiile pe bază de hrișcă și năut oferă o precizie mai mare a predicțiilor modelului datorită unui comportament mai stabil în procesul de extrudare. În schimb, tărâțele prezintă o variabilitate mai mare, necesitând ajustări suplimentare pentru obținerea unor rezultate fiabile.

4. Adăugarea de tescovină modifică proprietățile fizico-chimice ale produsului extrudat. Tescovina de struguri contribuie la o stabilitate mai bună a modelului datorită prezenței polifenolilor, în timp ce tescovina de tomate introduce un grad înalt de aciditate, afectând negativ predictibilitatea modelului.

5. Modelele matematice propuse pot fi implementate în industrie pentru a îmbunătăți eficiența procesului de extrudare și stabilitatea produsului finit. Ajustarea modelului în funcție de caracteristicile specifice ale materiei prime este esențială pentru creșterea preciziei și pentru standardizarea calității produselor extrudate.

6. Studiul de fezabilitate a confirmat viabilitatea economică durabilă a tehnologiei propuse, cu o rentabilitate situată între 19,1% și 20,6%. Costurile directe, evaluate la 13 436,00–23 501,50 lei per tonă, indică o utilizare eficientă a resurselor și o bună optimizare tehnologică. Prețul de vânzare accesibil, de 3,14 lei per unitate (110 g), asigură atractivitatea produsului și sustenabilitatea financiară a producției. În ansamblu, rezultatele obținute demonstrează oportunitatea și competitivitatea implementării tehnologiei, capabile să genereze beneficii economice pe termen lung.

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

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

Studiul realizat se remarcă prin actualitatea sa, fiind motivat de gradul înalt de poluare a mediului ambiant cu metale grele, în special cu cationi de plumb și cadmiu. Aceste elemente, provenite predominant din activități antropogene precum procesele industriale, transportul și practicile agricole, reprezintă o amenințare semnificativă pentru echilibrul ecosistemelor și sănătatea umană (Raport al comisiei UE, 2018).

Plumbul și cadmiul reprezintă o amenințare majoră pentru sănătatea umană, fiind asociate cu disfuncții ale organismului, precum afectarea sistemului nervos central, deteriorarea funcției renale și slăbirea sistemului imunitar. Sursele antropogene generează emisii de plumb și cadmiu în biosferă în niveluri mai înalte decât cele naturale, ceea ce duce la contaminarea lanțului trofic și la expunerea accentuată a populației.

Capacitatea pectinei de a forma legături stabile cu cationii de plumb și cadmiu oferă o direcție de perspectivă pentru diminuarea efectelor toxice ale acestor elemente, justificând necesitatea aprofundării cercetărilor în domeniu.

Studiul bazat pe utilizarea metodei polarografice pentru studiul interacțiunii dintre pectine și cationii metalelor grele poate contribui la identificarea unor soluții eficiente pentru reducerea poluării și protejarea sănătății umane.

6.1.1 Studiul fixării cationilor de plumb cu pectinele

Cercetarea utilizării metodei polarografice pentru analiza interacțiunii dintre pectine și cationii de plumb poate contribui la dezvoltarea unor soluții inovatoare pentru detoxifierea mediului și a organismului uman.

Un exemplu de polarograme obținute în rezultatul reducerii electrolitice a cationilor de plumb, atât în absența, cât și în prezența pectinei, este prezentat în fig. 6.1. În soluția apoasă de clorură de potasiu 0,1 mol/L, procesul de reducere electrolitică a cationilor de plumb se desfășoară fără interferențe generate de apariția vre-o unui maxim.

Creșterea concentrației de pectină pînă la $1{,}0*10^{-4}$ mol/L, indiferent de gradul său de eterificare, determină o reducere liniară a intensității curentului (I) a undei polarografice la o concentrație constantă a cationului de plumb (fig. 6.2).

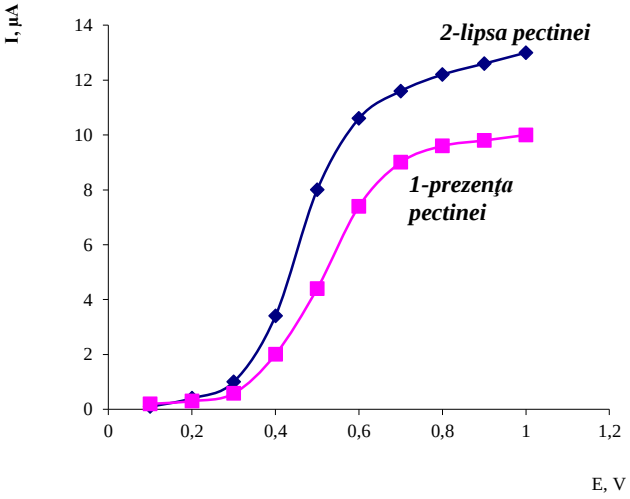


Fig. 6.1 Polarograme de reducere electrolitică a cationilor de plumb

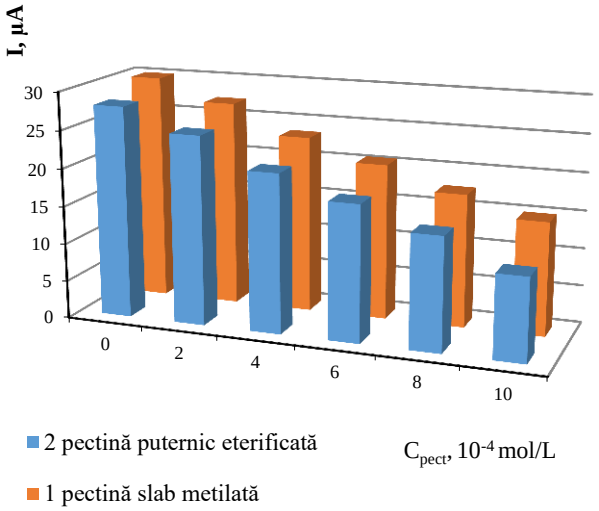


Fig. 6.2 Influența concentrației pectinei (Cpect) asupra intensității curentului(I) la fixarea cationului de plumb

O ușoară deviere a potențialului de semiundă ($E_{1/2}$) al undei polarografice a cationilor de plumb se observă doar când concentrația de pectină este de 8–10 ori mai mare decât cea a cationului de plumb (tab. 6.1). ezultatele obținute indică formarea unui complex între plumb și pectină la concentrații de pectină mai mari de $7 \cdot 10^{-4}$ mol/L, ceea ce sugerează un efect direct asupra procesului electrochimic al sistemului studiat. În intervalul concentrațiilor de pectină între 1,0 și $6{,}0 \cdot 10^{-4}$ mol/L, complexarea nu se produce, ceea ce evidențiază existența unui prag minim de concentrație necesar pentru inițierea interacțiunii între ionii de plumb și grupările carboxilice ale pectinei.

Analiza integrată a literaturii sprijină aceste concluzii. Minzanova et al. (2015) au demonstrat că pectina formează complexe reversibile cu metale grele, inclusiv plumb, iar complexarea influențează semnificativ proprietățile electrochimice ale sistemului, ceea ce este concordant cu observațiile noastre privind modificarea răspunsului electrochimic la concentrații ridicate de pectină. În mod similar, studiul realizat de Khotimchenko et al. (2007) a arătat că pectina are o capacitate specifică de legare a plumbului, cu valori maxime dependente de intervalul de pH și concentrația pectinei, confirmând existența unui prag critic de concentrare pentru formarea complexului.

Prin integrarea acestor date, se poate concluziona că formarea complexului pectină-plumb depinde atât de concentrația pectinei, cât și de condițiile chimice ale mediului, ceea ce are implicații semnificative în studiul interacțiunilor metal-polizaharidă și în optimizarea proceselor electrochimice pentru detectarea sau eliminarea metalelor grele din soluții.

Tabelul 6.1 Valoarea potențialului $E_{1/2}$ al undei 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 pectinei, menținută la o valoare constantă de $1{,}0*10^{-4}$mol/l, determină o creștere liniară a înălțimii undei de reducere a cationilor de plumb (fig. 6.3). Abaterea de la această relație liniară indică la o modificare semnificativă a reversibilității procesului de reducere electrolitică a cationilor de plumb.

Micșorarea intensității undei polarografice asociate cationilor de plumb, împreună cu o deviere nesemnificativă a potențialului $E_{1/2}$ spre domeniul catodic, indică, că complexe formate între pectină și plumb nu prezintă activitate polarografică în intervalul analizat de concentrații ale pectinei și cationilor de plumb. Astfel, diminuarea intensităţii undei polarografice a cationilor de plumb se datorează reducerii concentrației libere a acestora, ca urmare a formării complexelor cu pectina. Diferența dintre intensitatea undei 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

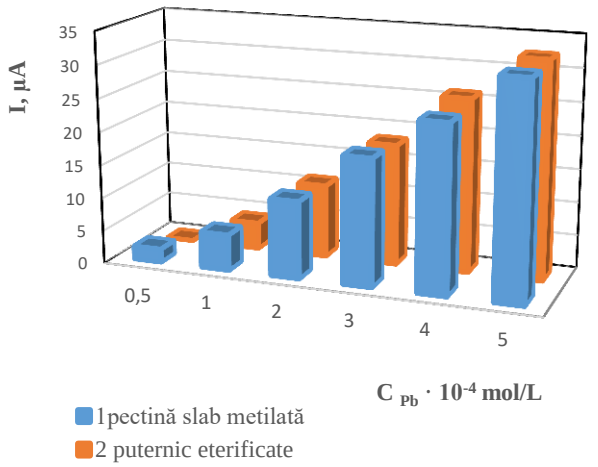


Fig. 6.3 Influenţa concentraţiei cationilor de plumb(C_{Pb}) asupra intensităţii undei polarografice (I) în prezenţa pectinei

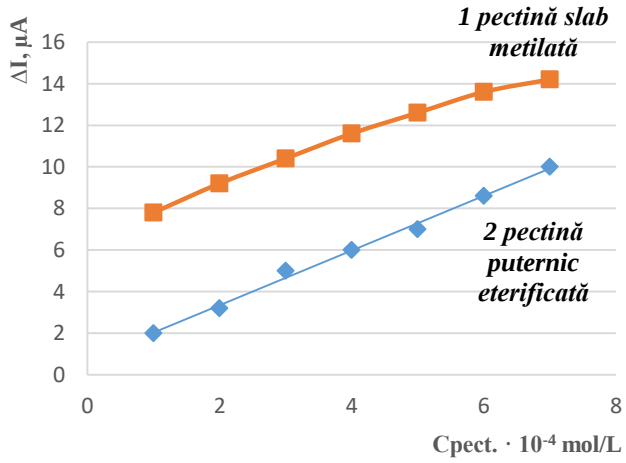


Fig.6.4 Influenţa concentraţiei pectinelor (Cpect) asupra fixării cationului de plumb

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 potențiometrice (CSPI, 2016) și tehnici de dializă (Codex Stan 118, 1979).

6.1.2 Studiul fixării cationilor de cadmiu cu pectine

Analiza undelor polarografice ale cationilor de cadmiu în soluția apoasă 0,1 M de clorură de potasiu indică că, în intervalul de concentrații studiat, acestea nu sunt afectate de prezența interferențelor polarografice ale altor substanțe. Un exemplu tipic de polarogramă este prezentat în fig. 6.5.

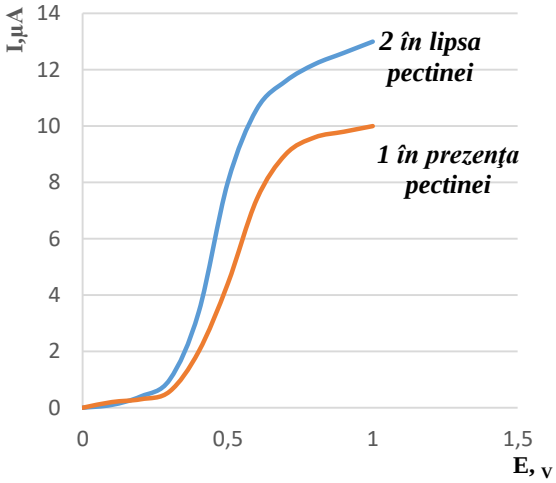


Fig. 6.5 Polarograme de reducere electrolitică a cationilor de cadmiu

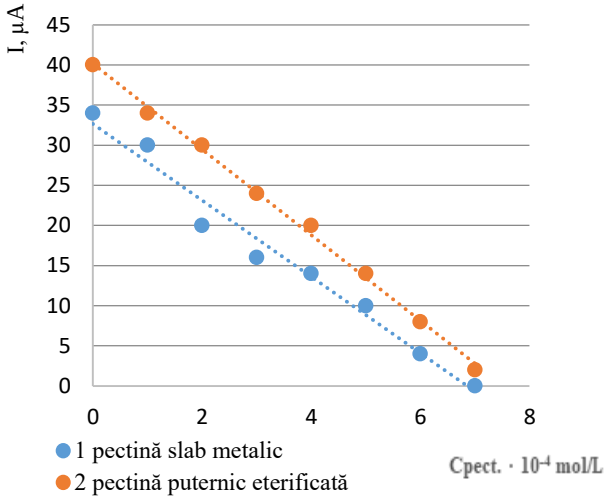


Fig. 6.6 Influența concentrației pectinelor (Cpect.) asupra intensității curentului (I) cationilor de Cd (μA)

Rezultatele prezentate în figura 6.5 indică o scădere a intensității curentului în procesul de reducere a cationilor de cadmiu în prezența pectinei, această scădere fiind direct proporțională cu concentrația pectinei în intervalul analizat. Acest comportament sugerează că pectina interacționează cu cationii de cadmiu, reducând concentrația lor liberă și, implicit, intensitatea curentului măsurat electrochimic.

Studiile recente sprijină aceste observații. Lersanansit et al. (2024) au dezvoltat un electrolit pe bază de gel de pectină pentru determinarea electrochimică a cadmiului și plumbului, demonstrând că prezența pectinei influențează semnificativ semnalele electrochimice ale metalelor grele, confirmând rolul său în complexarea cationilor. În mod similar, Gołębiowski et al. (2020) au analizat modificările fracțiunilor de pectină după gelificarea cu cationi de cadmiu, evidențiind interacțiunile între pectină și cationi care afectează proprietățile electrochimice ale sistemului.

Aceste rezultate susțin ipoteza conform căreia pectina acționează ca un agent de complexare și stabilizare pentru cationii de cadmiu, influențând direct măsurătorile electrochimice și contribuind la reducerea concentrației ionilor liberi în soluție (fig. 6.6).

De asemenea, devierea nesemnificativă apotențialului $E_{1/2}$ spre domeniul catodic este similară cu cea observată în cazul cationilor de plumb și devine evidentă atunci când concentrația pectinei depășește de 8-10 ori concentrația cationilor de cadmiu (tab. 6.2). Această relație confirmă interacțiunea dintre pectină și cationii de cadmiu, influențând caracteristicile electrochimice ale acestora.

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

Nr.	$E_{1/2}$, V	$C_{pect.} \cdot 10^4$, mol/l	$E_{1/2}$, V	$C_{pect.} \cdot 10^4$, 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 din fig. 6.7 arată, că fixarea cationilor de cadmiu și plumb de către pectine crește odată cu concentrația acestora. Gradul de eterificare al pectinei influențează mai mult această fixare decât natura cationului. Pectinele cu conținut scăzut de metoxil (PSM) fixează cationii de cadmiu de 1,5–3,7 ori mai eficient decât pectinele cu conținut înalt de metoxil (PPE), iar pentru cationii de plumb raportul este 1,1–1,2.

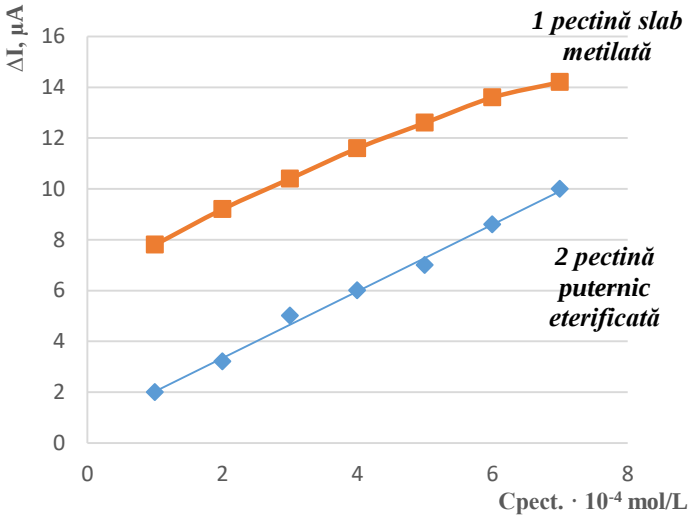


Fig. 6.7 Influența concentrației pectinelor (Cpect) asupra fixării cationului de cadmiu

Aceste observații sunt susținute de literatura de specialitate. Khotimchenko et al. (2020) au arătat că pectinele cu conținut scăzut de metoxil leagă mai eficient metalele grele, inclusiv plumbul, comparativ cu pectinele cu conținut înalt de metoxil. Un alt studiu evidențiază același efect pentru cadmiu și plumb, subliniind rolul gradului de esterificare în fixarea metalelor grele (Blaurock-Busch, P., 2020). Astfel, gradul de esterificare este un factor determinant în

capacitatea pectinei de a fixa cationii de cadmiu și plumb, pectinele cu conținut scăzut de metoxil fiind mai eficiente.

Această influență majoră a gradului de eterificare poate fi explicată prin faptul, că complexul format între pectină și cationii de cadmiu este mai puțin stabil comparativ cu cel dintre pectină și cationii de plumb. Reducerea gradului de eterificare, care crește numărul grupelor carboxilice libere disponibile pentru legarea cationilor de cadmiu, intensifică procesul de fixare. Rezultatele obținute corespund cu datele publicate anterior și cu concepțiile generale desprecomplexometria pectinelor cu cationii metalici, obținute prin utilizarea altor metode de cercetare. Concordanța dintre informațiile din literatură și datele experimentale obținute de noi demonstrează corectitudinea acestora. Aceste rezultate permit de a constata, că metoda polarografică este fiabilă pentru evaluarea fixării cationilor de plumb și cadmiu de către pectine și poate fi extinsă cu succes pentru studiul proceselor de fixare a metalelor în sisteme naturale mult mai complexe.

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

Din literatura de specialitate relevă că, pentru fabricarea suplimentelor alimentare biologic active și a produselor destinate nutriției funcționale, pectinele sunt utilizate frecvent în combinație cu semifabricate din fructe și legume, precum și cu plante medicinale (Tutel'yan și al., 2010).

În procesul de elaborare a alimentelor cu scop curativ și profilactic ce includ pectină, s-au conturat două direcții principale. Prima direcție presupune utilizarea pectinei în producerea alimentelor tradiționale, precum marmelada, jeleurile, sucurile sau băuturile (Tutel'yan, 2001). Totuși, un dezavantaj major al acestei abordări este limitarea cantității și a caracteristicilor fizico-chimice ale pectinei, care îndeplinește simultan cîteva roluri tehnologice, cum ar fi cel de agent de gelatinizare, stabilizator sau aglutinant. Această situație complică semnificativ armonizarea proprietăților tehnologice cu dozele recomandate zilnic de pectină și cu parametrii fizico-chimici necesari pentru obținerea unui efect terapeutic concret,i-ar soluționarea acestor probleme se face în detrimentul beneficiilor curativ-profilactice ale produsului.

A doua direcție vizează utilizarea pectinei sub formă individuală sau în combinație cu alte suplimente biologic active, sub formă de pulbere, capsule sau tablete (Tutel'yan, 2001, Iușan și al., 2025). Această abordare elimină neajunsurile asociate primei direcții e utilizare a pectinei.

În ambele cazuri, sucurile, pulpa de fructe și legume, precum și plantele medicinale, sunt utilizate fie ca bază, fie ca ingrediente suplimentare. Alegerea materiei prime depinde de

compoziția sa, de conținutul de vitamine, de proprietățile benefice ale fructelor și legumelor utilizate, precum și de efectele curative ale plantelor medicinale.

Componentele fructelor, legumelor și plantelor medicinale influențează capacitatea complexometrică a pectinei. Este bine cunoscut faptul, că proteinele, substanțele fenolice, acizii organici și alți compuși au abilitatea de a fixa cationii metalici în structuri complexe, iar proteinele și substanțele fenolice pot interacționa direct cu pectinele, modificându-le proprietățile (Skurikhin, 1987).

6.2.1 Studiul influenţei componentelor materiei prime vegetale asupra fixării cationilor metalici

Analiza influenței componentelor din sucuri asupra înălțimii undei polarografice a cationilor de cadmiu a evidențiat, că o creștere a concentrației sucurilor determină o diminuare a acesteia. În intervalul de concentrații studiat (4–16%), s-a observat o legătură liniară între fixarea cationilorde cadmiu și componentele sucurilor (fig. 6.8). Este important de remarcat, că fixarea maximă a cadmiului a fost înregistrată în prezența sucului de morcovi.

De asemenea, componentele din sucuri și extracte determină o reducere semnificativă a intensității undei polarografice a cationilor de plumb (de exemplu, Pb, suc de ardei în fig.6.8). La fel ca în cazul cationilor de cadmiu, fixarea cationilor de plumb variază liniar în funcție de conținutul sucurilor în sistemul polarografic, iar interacțiunea dintre cationii de plumb și componentele sucurilor sau extractelor este semnificativă (fig. 6.8).

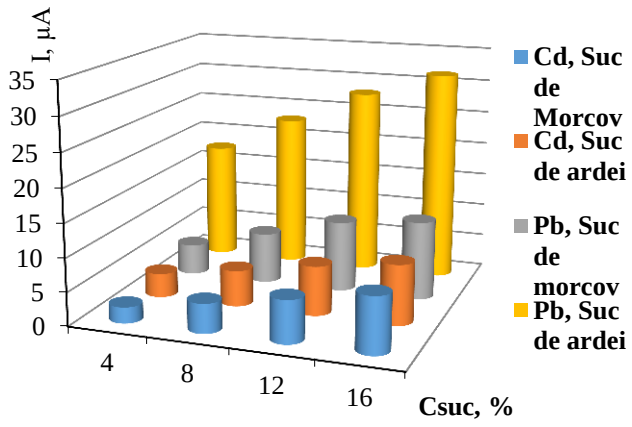


Fig. 6.8 Influenţa concentraţiei sucurilor (Csuc.) asupra fixării cationilor Pb şi Cd (I)

Rezultatele experimentale confirmă faptul, că în sistemele de tip cation – suc sau extract are loc un proces complexometric, formându-se complexe polarografic inactivi, ceea ce face posibilă utilizarea metodei polarografice pentru estimarea acestora. Se poate considera,că substanțele fenolice, datorită grupelor hidroxilice capabile să formeze complexe cu metalele, joacă un rol esențial în procesul de fixare a cationilor metalici (Satterfield și al., 2000).

Undele polarografice ale cationilor de plumb și cadmiu (Anexa 9, 10) nu prezintă modificări semnificative în prezența sucurilor și extractelor, iar efectul acestora asupra valorii $E_{1/2}$ este relativ mic. În cadrul sistemelor metal – pectină și metal – substanțe fenolice, se observă

o relație liniară între fixarea cationilor și concentrația complexului format, ce sugerează, că formarea complexului depinde de natura cationului și de caracteristicile complexului format.

6.2.2 Influenţa componentelor materiei prime vegetale asupra fixării cationilor cu pectinele

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).

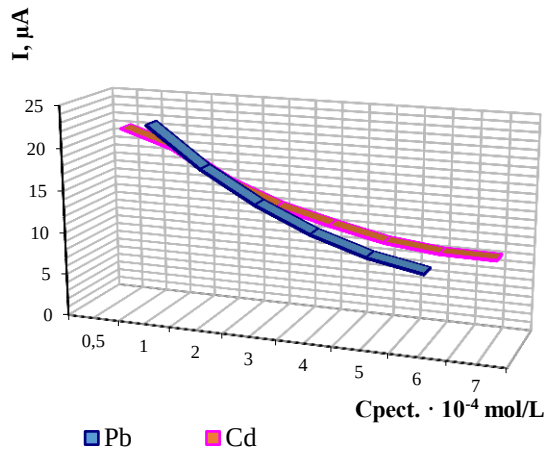


Fig. 6.9 Influenţa concentraţiei pectinei asupra fixării cationilor de plumb şi cadmiu (I) în prezenţa sucului de ardei

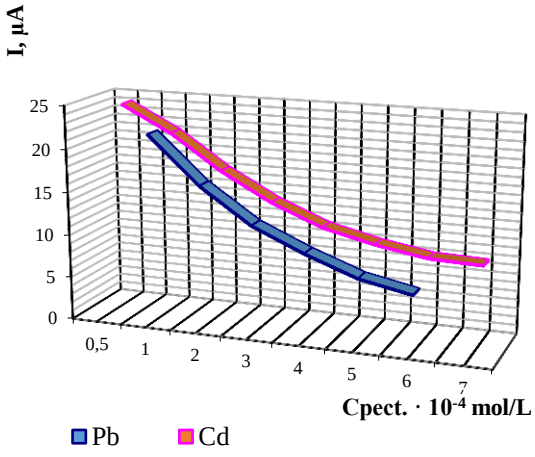


Fig. 6.10 Influenţa concentraţiei pectinei asupra fixării cationilor de plumb şi cadmiu (I) în prezenţa sucului de bostan

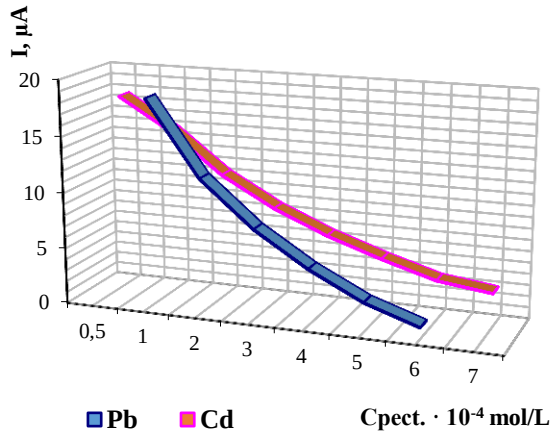


Fig. 6.11 Influenţa concentraţiei pectinei asupra fixării cationilor de plumb şi cadmiu (I) în prezenţa sucului de dovlecel

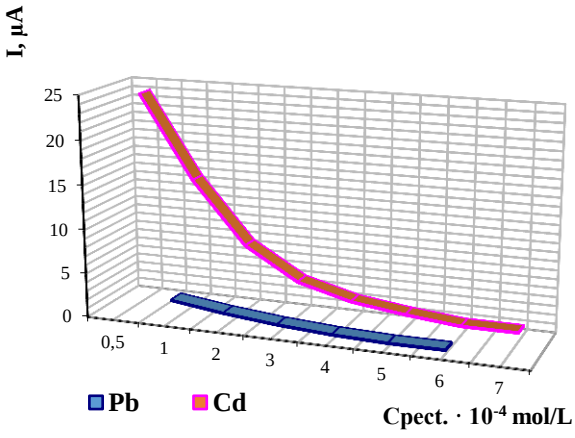


Fig. 6.12 Influenţa concentraţiei pectinei asupra fixării cationilor de plumb şi cadmiu (I) în prezenţa sucului de morcov

Interacțiunile complexe dintre pectine și componentele alimentare, în special substanțele fenolice, influențează semnificativ fixarea cationilor metalici în sistemele triple. Datele experimentale din figura 6.9–6.13 sugerează că pectina, în combinație cu fenolii, contribuie la stabilizarea metalilor, iar eficiența acestei interacțiuni depinde de structura chimică a pectinei și de natura substanțelor fenolice. Studiul realizat de Liu et al. (2021) evidențiază că interacțiunile dintre pectină și flavonoide sunt influențate de structura flavonoidelor, ceea ce afectează gradul de complexare al metalelor. În mod complementar, cercetarea lui G. Rocchetti et al. (2022) subliniază rolul pectinei în interacțiunile cu compușii fenolici din fibrele alimentare, evidențiind implicațiile funcționale ale acestor legături și impactul asupra capacității de fixare a cationilor metalici. Astfel, capacitatea pectinelor de a fixa cationi metalici în medii alimentare care conțin diferite concentrații de substanțe fenolice este influențată semnificativ de prezența și natura acestora, observându-se o creștere a eficienței de fixare cu până la 25–30% în cazul matricelor bogate în compuși fenolici, comparativ cu cele sărace în astfel de compuși.

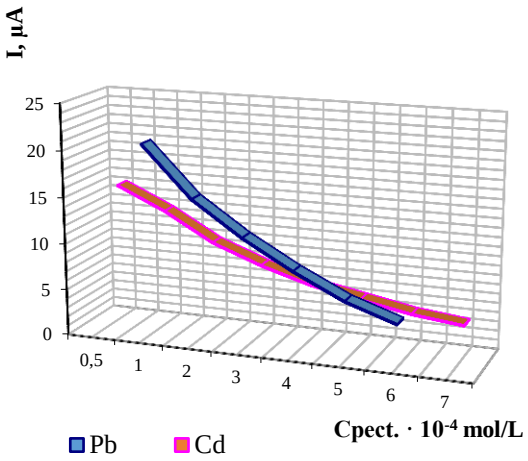


Fig. 6.13 Influența concentrației pectinei asupra fixării cationilor de plumb şi cadmiu (I) în prezenţa extractului de stejar

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 conceptul 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).

Tabelul 6.3 Gradul de fixare al cationilor de plumb şi cadmiu cu pectinele în prezenţa sucurilor şi extractelor

Nr. crt.	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	l,41±0,04	l,10±0,04	l,25±0,05	3,71±0,15	l,77±0,09	2,64±0,l 1	l,80±0,09
3	1 + dovlecei	l,45±0,04	2,ll±0,08	l,18±0,05	l,48±0,05	2,86±0,14	0,89±0,04	l,76±0,07	l,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	l,08±0,04	0,95±0,04	l,57±0,06	0,55±0,02	l,48±0,06	l,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	l,39±0,06	2,44±0,10	l,74±0,07
7	1 + caise	0,95±0,04	l,06±0,06	0,86±0,03	0,80±0,03	-	-	-	-
8	1 + vișine	l,15±0,06	l,18±0,05	1,01 ±0,05	0,92±0,04	-	-	-	-
9	1 + coacăză neagră	l,40±0,05	l,35±0,06	0,82±0,04	0,69±0,04	-	-	-	-
10	1 + gălbenele	l,45±0,05	l,76±0,08	l,15±0,05	l,06±0,05	l,43±0,06	0,39±0,02	l,36±0,05	0,86±0,04
11	1 + aronie	l,60±0,05	l,5±0,06	l,15±0,05	0,89±0,04	3,71±0,15	0,50±0,03	2,28±0,08	2,43±0,ll
12	1 + coaja de stejar	l,10±0,04	l,06±0,05	l,03±0,04	l,03±0,05	2,43±0,ll	0,94±0,05	l,92±0,08	l,37±0,06
13	1 + morcovi	3,95±0,16	5,41±0,16	l,28±0,05	l,49±0,06	9,43±0,47	3,52±0,09	3,84±0,19	2,77±0,13
14	1 + sunătoare	l,60±0,06	l,82±0,07	l,21±0,05	l,14±0,05	2,14±0,l1	0,61±0,03	0,16±0,01	l,23±0,06
15	1 + maceș	l,05±0,04	l,06±0,05	l,06±0,05	l,0±0,05	l,86±0,09	0,39±0,02	l,48±0,06	0,80±0,04
16	1 + tomate	l,40±0,04	l,65±0,06	l,27±0,05	l,25±0,05	0,29±0,01	0,33±0,02	l,44±0,06	l,03±0,05
17	1 + piersici	0,95±0,05	l,47±0,07	0,91±0,04	0,86±0,04	2,29±0,09	0,44±0,03	l,52±0,07	0,91 ±0,04
18	1 + zmeură	l,85±0,07	1,88 ±0,08	l,21±0,05	l,20±0,05	8,71±0,35	2,55±0,10	3,28±0,16	l,91±0,10

PPE 1:1 -pectină puternic eterificată (proporție pectină:metal 1:1)
PPE 1:1 -pectină slab metoxilată (proporție pectină:metal 1:1)
PPE 1:1 -pectină puternic eterificată (proporție pectină:metal 6:1)
PPE 1:1 -pectină slab metoxilată (proporție pectină:metal 6:1)

Gradul de fixare a cationilor de metale cu pectina reprezintă un indicator general al impactului componentelor sucurilor și extractelor asupra acestui proces. Tot odată, substanțele fenolice reprezintă principalul factor responsabil pentru fixarea cationilor metalici în materialele vegetale.În baza acestor studii, au fost elaborate grafice, care demonstrează dependența gradului de fixare a cationilor metalici cu pectinele în raport cu conținutul de substanțe fenolice, i-ar rezultatele obținute sunt prezentate în fig. 6.14-6.16.

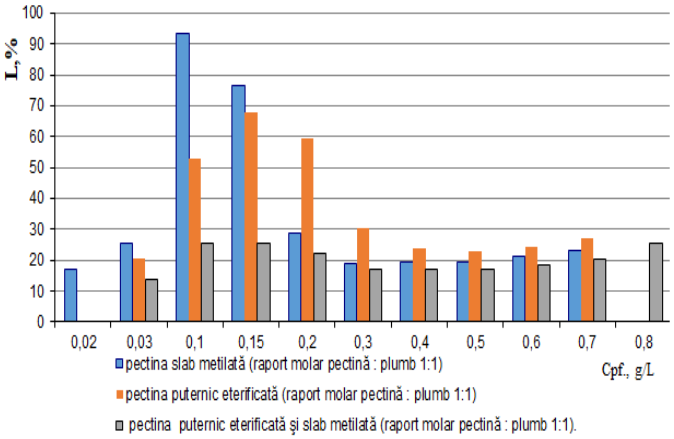


Fig. 6.14 Influența concentrației substanțelor fenolice (Cpf) asupra gradului de fixare a plumbului (L) în prezența pectinelor

Deși diferite componente ale sucurilor și extractelor influențează semnificativ gradul de fixare, graficele obținute evidențiază tendința generală a efectului substanțelor fenolice asupra fixării cationilor metalici cu pectinele. În cazul pectinelor și cationilor metalici examinați, precum și pentru diferitele rapoarte molare. A fost observat un tipar caracteristic al dependențelor L = f (Cpf.).

Conținutul de substanțe fenolice din sistemele alimentare are un impact semnificativ asupra gradului de fixare a cationului de plumb cu pectinele, fiind caracterizat prin două intervale distincte. Primul interval, marcat de o schimbare bruscă în influența concentrației substanțelor fenolice, se manifestă într-un domeniu relativ îngust, cu un pic aproximativ la 100 mg/l de substanțe fenolice. Al doilea interval reflectă o influență nesemnificativă a concentrației de substanțe fenolice asupra sistemului alimentar.

Analiza dependențelor obținute indică faptul că, în primul domeniu (I), gradul de fixare al cationului de plumb (fig. 6.14) este influențat de gradul de eterificare al pectinei și de raportul molar pectină - plumb. Valoarea L pentru PSM, în raportul molar pectină : plumb (1 : 1) cu un conținut de aproximativ 18 mg/L de substanțe fenolice în sistemele alimentare, este mai mare decât pentru PPE, acest fapt este în concordanță cu datele din literatura de specialitate (CSPI, 2016; Codex Stan 118, 1979) și cu rezultatele prezentate în punctul 6.1. Este important de menționat, că nu există o corelație semnificativă între L și E.

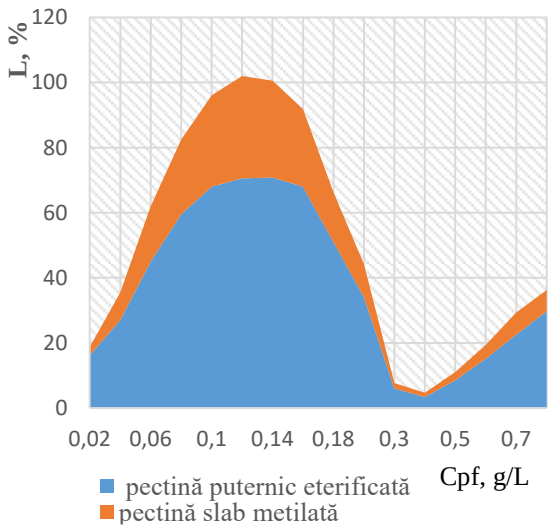


Fig. 6.15 Variația gradului de fixare a ionilor de cadmiu (L) în funcție de concentrația polifenolilor (Cpf) (raport molar pectină : cadmiu – 1:1)

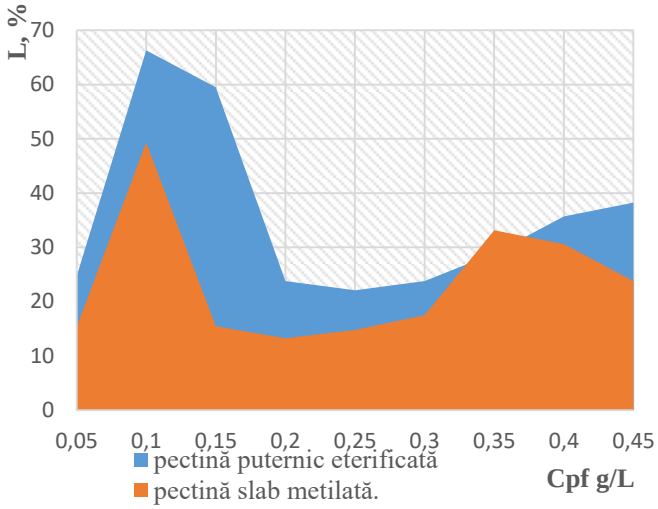


Fig. 6.16 Variația gradului de fixare a ionilor de cadmiu (L) în funcție de concentrația polifenolilor (Cpf) (raport molar pectină : cadmiu – 6:1)

Creșterea concentrației de pectină (raportul pectină : plumb 6 : 1) reduce valoarea maximă a gradului de fixare din domeniul (I), iar curbele pentru ambele tipuri de pectină devin asemănătoare. În intervalul (II), gradul de fixare a cationilor de plumb practic nu depinde de raportul pectină : plumb și de gradul de eterificare al pectinei. O analiză similară a dependenței fixării cationilor de cadmiu cu PSM și PPE relevă un interval de concentrație a substanțelor fenolice din sistemele alimentare de la 0 la 50 mg/L, unde există o creștere semnificativă a valorii L în funcție de concentrația substanțelor fenolice (fig. 6.15-6.16).

Analiza datelor din fig. 6.7 arată, că fixarea cationilor de cadmiu și plumb de către pectine depinde de conținutul de metoxil și de raportul molar pectină : metal. Pectinele cu conținut scăzut de metoxil (PSM) prezintă o capacitate mai mare de a lega metale grele, inclusiv plumb și cadmiu, comparativ cu pectinele cu conținut înalt de metoxil (PPE), diferența fiind explicată prin prezența grupărilor carboxil libere care facilitează formarea complexelor stabile (Khotimchenko et al., 2017). Totodată, cercetările lui Sinaki et al. (2024) demonstrează că pectina formează complexe stabile cu cationii de cadmiu și cupru în soluții apoase, iar raportul molar pectină : metal influențează stabilitatea complexului. La un raport de 6:1, complexele rămân stabile, însă valoarea fixării poate scădea ușor din cauza saturației punctelor de legare.

6.2.3 Studiul fixării a cationilor de metale cu pectinele în prezența componentelor vegetale

Rezultatele experimentale obținute în timpul studiului fixării cationilor metalelor de către pectine în prezența componentelor materiei prime indică lipsa corelației între gradul de eterificare a pectinei și capacitatea acesteia de a fixa cationii de plumb și cadmiu. De asemenea,

gradul de fixare a cationilor de cadmiu este mai mare decât cel al cationilor de plumb, ceea ce contravine unor rezultate din literatura de specialitate și nu poate fi explicat doar prin interacțiunea directă dintre pectină și cationul metalic. Având în vedere aceste inconsecvențe, este necesar pe baza analizei datelor experimentale și a proprietăților chimice ale cationilor de plumb și cadmiu, precum și ale diferitelor tipuri de pectină (PPE și PSM), un mecanism al interacțiunii acestora. Mecanismul propus de noi include trei reacții concurente ce influențează procesul de fixarea metalelor de către pectine:

$$Me^{2+} + Pe \rightarrow (MePe); \quad (1)$$

$$Me^{2+} + Pf \rightarrow (MePf); \quad (2)$$

$$Pe + Pf \rightarrow (PePf); \quad (3)$$

unde: Me^{2+} reprezintă cationul de metal;

Pe – pectină;

Pf – substanţe fenolice.

Lipsa unei corelații între gradul de eterificare a pectinelor și capacitatea lor de a fixa cationii metalelor poate fi explicată prin reacția (2). În condițiile unui raport pectină–plumb de 1:1 și cu un conținut scăzut de substanțe fenolice (sub 100 mg/L), creșterea gradului de fixare a plumbului este cel mai probabil rezultatul reacțiilor (1) și (2), cu prevalența reacției (1), având în vedere afinitatea mare a cationilor de plumb către pectină. Pe măsură ce concentrația de substanțe fenolice crește, interacțiunea acestora cu pectina devine mai intensă (reacția (3)). Ca urmare, atât pectinele cât și substanțele fenolice își pierd parțial capacitatea de a fixa cationii de plumb, iar gradul de fixare scade brusc, așa cum se vede în graficele din figura 6.17, curbele 1 și 2. Un efect similar apare și când raportul pectină–plumb este 6:1 (fig. 6.17, curbele 3 și 4), dar în acest caz, gradul de fixare maxim este mult mai mic și nu depinde de gradul de eterificare. În acest context, reacția (1) este predominantă, însă interacțiunea cu substanțele fenolice poate fi observată atunci când indice pH sucului sau extractului se modifică (fig.6.17, curbele 1 și 2).

Pentru a stabili rolul grupelor carboxilice în fixarea cationilor de metale, a fost studiată influența pH-ului asupra acestui proces. Rezultatele au demonstrat că, indiferent de tipul de pectină, mecanismul de fixare a plumbului se modifică în funcție de concentrația substanțelor fenolice. Când concentrația acestora este mai mică de 100 mg/l, creșterea pH-ului conduce la o creștere liniară a fixării plumbului, evidențiind că fixarea se face în principal prin interacțiunea cu grupele carboxilice ale pectinei. Acest fenomen se datorează faptului, că o valoare mai mare a indicelui pH favorizează disocierea grupelor carboxilice ale pectinei, facilitând schimbul ionilor de hidrogen cu cationii de metale. Astfel, interacțiunile ionice devin esențiale în acest proces. În schimb, atunci când indice pH crește se reduce aciditatea pectinelor cu grupuri hidroxilice și

substanțe fenolice, gradul de fixare a plumbului cu PPE scade, datorită intensificării interacțiunii dintre aceste grupuri și cationii de plumb.

Reducerea capacității PPE de a lega cationii de plumb determină o creștere a competitivității procesului de fixare a acestora cu substanțele fenolice, în conformitate cu reacția (2). Astfel, curba 1 prezintă o înclinație inversă – valoarea L scade pe măsură ce indice pH crește. În acest caz fracțiunea cationilor de plumb fixați de substanțele fenolice în prezența PPE este mai mare decât în prezența PSM. Această ipoteză este susținută și de analiza curbelor 3 și 4 (fig.6.17). O creștere a concentrației de substanțe fenolice (cum se observă în curbele 3 și 4 din fig.6.17) reduce influența pH-ului asupra fixării cationilor de plumb de către pectină. Abia la valori ale indicelui pH mai mari de 4 (curba 3) sau 5 (curba 4) gradul de fixare a cationilor de plumb de către ambele tipuri de pectină începe să crească ușor. Acest fenomen reflectă impactul reacției (2) asupra procesului de fixare a ionilor de plumb.

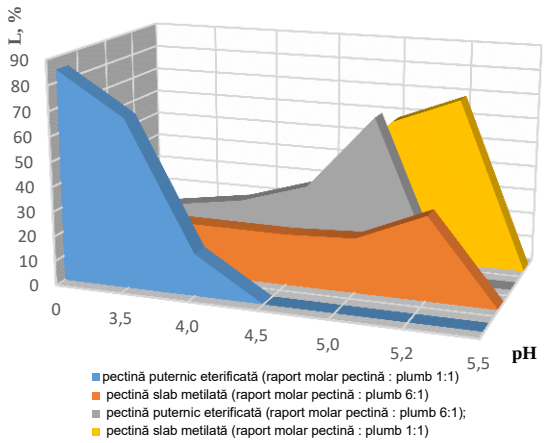


Fig. 6.17 Variația capacității de fixare a plumbului de către pectină L în funcție de indicele pH

Referitor la cationii de cadmiu, stabilitatea fixării acestora cu pectinele este considerabil mai redusă decât în cazul cationilor de plumb. Din acest motiv, reacția (2) devine predominantă în procesul de fixare a cadmiului. Creșterea concentrației de substanțe fenolice până la 100 mg/L determină o creștere bruscă a gradului de fixare a cationilor de cadmiu de către pectine. Acest lucru indică că, similar situației fixării cationilor de plumb, pectinele și substanțele fenolice interacționează într-o măsură limitată între ele, conform reacției (3), păstrând libere locurile de legare necesare interacțiunii cu cationii de cadmiu. În aceste condiții, cationii de cadmiu sunt fixați atât de către pectine, prin reacția (1), cât și de substanțele fenolice, prin reacția (2), rezultând un efect cumulativ. Conform datelor experimentale, substanțele fenolice din sucurile și extractele analizate sunt responsabile pentru fixarea unei cantități de cationi de cadmiu de 2 până la 8 ori mai mare decât PPE.

Mărirea raportului pectină-cadmiu pînă la 6:1 determină o schimbare semnificativă a mecanismului de fixare a cationilor de cadmiu. Această schimbare constă într-o creștere a ponderii fixării prin mecanismul reacției (1), în care cationii de cadmiu interacționează cu grupările carboxilice ale pectinei, și o reducere a contribuției mecanismului reacției (2), care implică substanțele fenolice. Această reorientare a mecanismului de fixare este cauzată de competitivitatea sporită a pectinei în raport cu substanțele fenolice la concentrații mai mari. În

aceste condiții, efectul sumar al fixării cationilor de cadmiu scade datorită diminuării contribuției mecanismului reacției (2), care este mai eficient în formarea complexelor stabile.

În ceea ce privește contradicțiile observate privind fixarea mai intensă a cadmiului cu PPE în condițiile unei influențe minime a reacției (3), acestea pot fi explicate prin stabilitatea relativ scăzută a complexului cadmiu–PPE. Această stabilitate redusă permite cationilor de cadmiu să fie mai ușor substituiți sau redistribuiți către substanțele fenolice, care joacă un rol esențial în fixarea conform reacției (2). Totodată, stabilitatea mai mare a complexului cadmiu–PSM limitează interacțiunea acestuia cu substanțele fenolice, ceea ce determină o reducere a efectului de fixare prin reacția (2) și, implicit, o scădere a gradului total de fixare.

Creșterea conținutului de pectină (raportul pectină–cadmiu 6:1) conduce la o saturare a grupărilor carboxilice disponibile pentru fixare, reducând astfel numărul de puncte active de legare competitive pentru substanțele fenolice. Această dinamică explică reducerea fracției de cadmiu fixată conform mecanismului reacției (2) și contribuția mai mare a mecanismului reacției (1). În mod deosebit, acest efect este observat în toate sucurile și extractele analizate, cu excepția sucului de tomate (raport pectină–cadmiu 1:1) și a extractului de pojarniță (raport pectină–cadmiu 6:1), unde particularitățile chimice ale acestor sisteme influențează distribuția mecanismelor de fixare.

Analiza datelor din figura 6.18 indică faptul că gradul de fixare a cadmiului depinde semnificativ de pH-ul soluției. Studiul realizat de Jakóbik-Kolon et al. (2014) arată că adsorbția cadmiului pe biosorbentele pe bază de pectină este eficientă în soluții cu pH ≥ 2, ceea ce sugerează că interacțiunile cu grupările fenolice ale pectinei sunt esențiale în fixarea cadmiului la pH scăzut. În mod complementar, cercetarea lui Goncharuk et al. (2023) evidențiază rolul compușilor fenolici în protecția plantelor împotriva efectelor cadmiului, indicând că interacțiunile dintre fenoli și cadmiu pot fi determinante pentru capacitatea de fixare a metalului. Aceste rezultate susțin ipoteza că fixarea cadmiului este influențată preponderent de substanțele fenolice, în timp ce grupările carboxilice ale pectinei joacă un rol secundar. Spre deosebire de cationii de plumb, cationii de cadmiu prezintă o afinitate mai mică pentru grupările carboxilice, ceea ce explică preferința pentru formarea

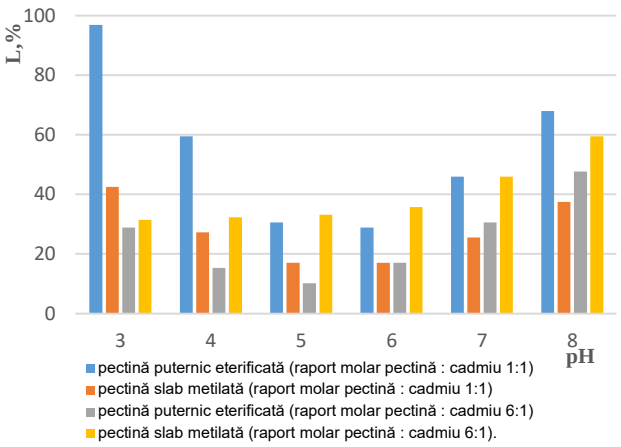


Fig. 6.18 Variația capacității de fixare a ionilor Cd^{2+} de către pectină L în funcţie de indicele pH

complexelor cu substanțele fenolice și confirmă mecanismul predominant al reacției (2) în sistemele studiate.

Creșterea conținutului de pectină în raport cu substanțele fenolice minimizează influența acestora din urmă asupra procesului de fixare a cationilor de metale cu afinitate înaltă față de pectină, cum este plumbul, în timp ce pentru metale cu afinitate mai redusă, cum ar fi cadmiul, substanțele fenolice joacă un rol important în interacțiuni.

Gradul de eterificare al pectinei are un efect redus asupra fixării plumbului în condiții de exces de pectină, dar este determinant în cazul fixării cadmiului. Natura complexelor formate de pectină cu metalele grele indică faptul, că pectina acționează ca un ligand polidentat, iar stabilitatea acestora este influențată de natura grupărilor funcționale implicate. Concurența între liganzi pentru cationii metalelor, în special în condiții biologice, subliniază importanța selectării unor agenți chelanți cu o afinitate și o stabilitate superioară, având relevanță directă în contextul chelării metalelor toxice și al eliminării acestora din organism.

Metoda polarografică demonstrează utilitatea sa în evaluarea materiei prime vegetale pentru producerea SABA, alimentației funcționale și nutriției speciale pe bază de pectină, confirmând astfel posibilitatea aplicării acestui instrument în identificarea și optimizarea agenților chelanți pentru utilizări specifice în medicină.

6.3 Argumentarea principiilor de producere a suplimentelor alimentare biologic active cu proprietăţi prestabilite

6.3.1 Elaborarea principiilor generale de construire a SABA cu proprietăţi prestabilite

Cercetările efectuate au demonstrat că dezvoltarea SABA eficiente necesită proiectarea produselor cu proprietăți biologice prestabilite. Totuși, literatura de specialitate evidențiază o abordare limitată, concentrată pe activitatea biologică a ingredientului principal și pe rolul vitaminelor, macro- și microelementelor sau substanțelor fenolice.

Rezultatele experimentale proprii subliniază importanța caracterizării ingredientului activ principal, prin determinarea concentrației optime, a dozelor corespunzătoare și a condițiilor de utilizare, pentru sporirea eficacității și reducerea riscurilor. Optimizarea dozelor și combinarea cu alte ingrediente funcționale permit controlul efectelor secundare, sprijinind crearea unor SABA sigure și eficiente. Aceste concluzii confirmă necesitatea unei abordări integrate, în care fiecare componentă contribuie la eficacitatea produsului.

În cazul în care în compoziția unui supliment alimentar biologic activ sunt incluse și alte ingrediente, este esențială cunoașterea structurii acestora pentru a putea identifica substanțele benefice și a asigura o acțiune sinergică și complexă a produsului final.

Un studiu recent a investigat efectul diverselor combinații de pectine, sucuri și extracte asupra capacității de fixare a cationilor de cadmiu și plumb. Analiza rezultatelor (tab. 6.4) relevă că ingredientele adăugate pot influența semnificativ procesul de fixare a metalelor toxice. Unele dintre acestea nu prezintă un impact semnificativ asupra procesului de fixare, în timp ce altele pot contribui la intensificarea fixării, iar altele pot reduce eficiența acestui mecanism. De exemplu, componentele solubile în apă din cătina albă și bostan reduc semnificativ capacitatea pectinelor de a fixa cationul de plumb, în timp ce substanțele din morcov pot stimula considerabil fixarea cationilor de cadmiu și plumb.

Tabelul 6.4 Influenţa materiei prime vegetale asupra capacităţii pectinei de a fixa cationii de plumb şi cationii de cadmiu

Nr.	Efectul influenţei sucurilor şi 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 vişine coacăză neagră aronie zmeură gălbenele pojarniţă	ardei morcovi dovlecei bostan tomate vişine 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 măceş	ardei dovlecei bostan morcovi tomate prune piersici cătină-albă aronie zmeură măceş gălbenele coajă de stejar
2	Nu influenţează asupra fixării	prune caise coajă de stejar măceş piersici	caise coajă de stejar măceş	ardei prune vişine coajă de stejar măceş	prune cătină-albă vişine gălbenele coajă destejar măceş	–	–
3	Reduce fixarea	bostan cătină-albă	prune cătină-albă	bostanicătină-albă caise coacăză neagră piersici	bostan caise coacăză neagră aronie piersici	tomate	sunătoare

Reieşind din datele prezentate în tab. 6.4 se poate observa, că pentru realizarea unui supliment alimentar biologic activ cu proprietăți prestabilite, este esențial să se ia în considerare influența componentelor asociate asupra activității biologice a ingredientului principal. Astfel, evaluarea compatibilității dintre componentul principal și celelalte ingrediente asociate devine importantă pentru prevenirea pierderii eficienței SABA. Acest principiu al compatibilității ingredientelor este deja implementat cu succes în formularea preparatelor medicamentoase (Ushkalova, 2001), având ca scop obținerea unor remedii cu efecte optime asupra organismului uman. De asemenea, în prezent, se acordă o atenție deosebită compatibilității dintre medicamente și produsele alimentare, având în vedere faptul că anumite componente ale alimentelor pot influența negativ proprietățile curative ale medicamentelor.

Pe baza acestor constatări, principiile fundamentale pentru construirea SABA cu proprietăți prestabilite sunt următoarele:

- selectarea substanței biologic active principale care garantează proprietățile stabilite ale SABA;
- alegerea ingredientelor asociate care contribuie la realizarea efectelor dorite ale SABA;
- evaluarea compatibilității între componentul principal și ingredientele asociate.

6.3.2 Argumentarea principiilor de construire a SABA dezintoxicante în baza pectinei

Pectina este cunoscută, ca un dezintoxicant eficient, fără a induce efecte secundare indezirabile, fiind aplicată cu succes în formularea suplimentelor alimentare biologic active pentru fixarea și eliminarea metalelor toxice din organism, cum ar fi plumbul, cuprul, cobaltul, mercurul, cesiului și stronțiului radioactiv. Un parametru esențial în evaluarea eficienței pectinei ca dezintoxicant este gradul de eterificare, care reflectă numărul grupelor carboxilice libere ce facilitează fixarea cationilor metalici. Pectina slab metilată s-a demonstrat a fi mult mai eficientă ca dezintoxicant, acest aspect fiind confirmat prin rezultatele cercetărilor realizate.

Aceste constatări sunt valabile în contextul SABA care conține exclusiv pectină ca component structural. Totuși, introducerea altor ingrediente vegetale poate modifica eficiența pectinei în procesul de detoxifiere. Analiza datelor din tabelul 6.4 arată că, atunci când pectina este combinată cu ardeii într-un raport pectină-cation de plumb de 1:1, eficiența acestora este semnificativ mai scăzută decât în cazul combinației cu alte ingrediente vegetale precum coacăza neagră, aronia, măceșul sau zmeura, în care eficiența este aproape echivalentă cu cea a pectinelor pure (PPE). Aceeași tendință este observată și în cazul fixării cationilor de plumb la un raport de 6:1, deși, în general, se poate observa o creștere graduală a eficienței PSM.

În ceea ce privește fixarea cationilor de cadmiu, combinațiile de pectină cu ingrediente vegetale au arătat că PPE este mult mai eficientă decât PSM, indiferent de raportul dintre pectină

și cationul de cadmiu. În crearea SABA cu pectină și ingrediente vegetale, este esențial să se ia în considerare parametrii fizico-chimici ai materiei prime și impactul acestora asupra procesului de fixare a metalelor toxice. În baza cercetărilor efectuate, au fost identificate trei categorii de ingrediente vegetale, cu efecte diferite asupra fixării cationilor de plumb și cadmiu.

Este evident, că selecția materiei prime vegetale pentru crearea SABA ca dezintoxicante pe bază de pectină ar trebui să se facă din acele ingrediente care contribuie la intensificarea fixării metalelor toxice sau care nu au un efect semnificativ asupra acestui proces. În formularea acestor SABA, indiferent de gradul de eterificare a pectinei utilizate, se recomandă combinarea acesteia cu ingrediente precum ardeii, morcovii, dovleceii, zmeura, florile de gălbenele și coaja de stejar.

În schimb, pentru formularea de SABA cu proprietăți detoxifiante, se va evita utilizarea ingredientelor precum bostanii, cătina-albă, prunele, caisele, coacăza neagră, scorușul cu fructe negre, piersicile sau tomatele, care nu sunt favorabile în procesul de detoxifiere cu pectină.

Prin urmare, principiile fundamentale pentru elaborarea SABA detoxifiante pe bază de pectină sunt următoarele:

1. selectarea pectinei cu caracteristici fizico-chimice adecvate (gradul de eterificare, conținutul de poliuronizi, conținutul de cationi de calciu etc.);
2. alegerea materiilor prime în funcție de efectele lor asupra organismului (conținutul de vitamine, microelemente, prezența fibrelor alimentare etc.);
3. evaluarea compatibilității dintre pectină și ingredientele asociate.

6.4 Protocol de validare a metodei de estimare a compatibilităţii pectinei cu materia primă vegetală

Evaluarea exactității rezultatelor obținute pentru determinarea gradului de fixare a cationilor de cadmiu și plumb cu pectinele în sistemele alimentare a fost realizată prin prelucrarea statistică a datelor obținute din 10 determinări paralele. Având în vedere volumul mare de material experimental, determinările paralele au fost selectate pentru fiecare tip de pectină, având în vedere fiecare cation în intervalul maxim al dependenței L = f(Cpf), cu concentrația de pectină (Cpf) ≥ 100 mg/L, în sucuri variate și extracte apoase de plante. Acest lucru a permis obținerea unor rezultate precise în analiza interacțiunii dintre pectină și cationii metalici în diverse matrice alimentare.

I – PPE, cation de plumb, proporţia pectină : plumb 1 : 1, suc de morcov;
II – PPE, cation de plumb, proporţia pectină : plumb 1 : 1, extract de măceș;
III – PSM, cation de plumb, proporţia pectină : plumb 1 : 1, suc de morcov;
IV – PSM, cation de plumb, proporţia pectină : plumb 1 : 1, suc de caise;
V – PPE, cation de plumb, proporţia pectină : plumb 6 : 1, extract de coajă de stejar;
VI – PPE, cation de cadmiu, proporţia pectină : cadmiu 1 : 1, suc de zmeură;

VII – PPE, cation de cadmiu, proporţia pectină : cadmiu 1 : 1, suc de tomate;
VIII – PSM, cation de cadmiu, proporţia pectină : cadmiu 1 : 1, suc de morcov;
IX – PSM, cation de cadmiu, proporţia pectină : cadmiu 1 : 1, extract de gălbenele;
X – PPE, cation de cadmiu, proporţia pectină : cadmiu 6 : 1, suc de morcov;
XI – PPE, cation de cadmiu, proporţia pectină : cadmiu 6 : 1, suc de tomate.

Interpretarea statistică a datelor experimentale a fost realizată cu ajutorul programului *Excel* din pachetul *Microsoft Office*. Analiza a avut la bază determinările descrise în subcapitolul 2.2.4 (c), iar rezultatele obținute au fost centralizate și sunt prezentate în Anexa 11, ceea ce a permis fundamentarea concluziilor pe criterii cantitative și comparative.

Rezultatele prezentate în Anexa 11 indică faptul că valoarea relativă a devierii medii și a devierii relative standard variază între 1,0 și 3,0 %, în funcție de valoarea semnificației reduse a indicatorului L, comparativ cu eroarea metodei polarografice (1%). Aceasta determină o creștere a erorii prelucrării grafice a polarogramelor, reflectată în diferența nesemnificativă a intensităţii curentului undei (I). Totodată, devierea standardă obținută nu influențează semnificativ această valoare în cadrul altor metode fizico-chimice, inclusiv metoda fotocolorimetrică.

6.4.1 Evaluarea proprietăților SABA

Metodologia de cercetare a suplimentelor alimentare biologic active este fundamentată pe principiile enunțate în documentul normativ *„Cerințele generale privind certificarea suplimentelor alimentare biologic active”*, aprobat de Ministerul Sănătății al Republicii Moldova. Mostrele experimentale ale SABA au fost cercetate conform următorilor indici de calitate:

1. determinarea indicilor fizico-chimici a SABA, care include: fracţia masică a umidităţii, fracţia masică a pectinei, gradul de eterificare a pectinei;
2. analiza toxicologică a SABA, care include: determinarea conţinutului metalelor toxice, pesticidelor, indicilor microbiologici);
3. determinarea capacităţii SABA de fixare a metalelor toxice *în vitro*;
4. determinarea activităţii biologice a SABA-dezintoxicante în experiențe pe animale și aprobarea clinică a SABA.

Pentru realizarea studiilor menționate, în cadrul IP INCAAMV a fost produs un lot experimental de suplimente alimentare biologic active (SABA). Au fost analizați indicatorii fizico-chimici și s-a efectuat evaluarea toxicologică. De asemenea, a fost determinată capacitatea complexometrică a pectinei în mostrele de SABA, iar rezultatele obținute sunt prezentate în tab.6.5.

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

Nr.	Denumirea indicelor	Control	SABA experimentale pe baza:	
			pectinei şi a florilor de sunătoare	pectinei şi a florilor de gălbenele
	Indicii fizico-chimici:			
1.	Fracţia masică a umidităţii, %	8,2	8,50	7,91
2.	Gradul de eterificare a pectinei, %	23,37	23,37	23,37
3.	Fracţia masică a pectinei, calculată în raport cu poliuronidele, %	37,15	42,56	56,00
4.	Capacitatea complexometrică, %	75,0	87,50	86,10
	Indicii microbiologici:			
1.	Microorganisme mezofile aerobe şi 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)	Absenţa	Absenţa	Absenţa
3.	Microorganisme patogene, inclusiv *Salmonella*	Absenţa	Absenţa	Absenţa
4.	Drojdii şi ciuperci de mucegai, UFC la 1 g	Absenţa	Absenţa	Absenţa
5.	Fracţia masică a impurităţilor metalice (particulelor), max. 0,3 mm în dimensiune lineară maximă 1%, max.	Absenţa	Absenţa	Absenţa
6.	Elemente chimice toxice (fracţia masică, mg/kg):			
	plumb	2,0	1,0	0,8
	arsen	3,0	Absenţa	Absenţa
	cupru	5,0	5,0	5,3
	zinc	5,0-10,0	7,7	7,9
	cadmiu	1,0	urme	urme
	mercur	1,0	urme	urme

Evaluarea și aprobarea Clinică a SABA – dezintoxicante a fost efectuat la Centrul de Medicină radioactivă din or. Kiev (Ucraina). Loturile experimentale ale produselor au fost supuse unei evaluări detaliate pe animale de laborator. Prin expunerea acestora la contaminare cu cesiu radioactiv și includerea compozițiilor de SABA în rația alimentară a grupului experimental, s-a constatat o reducere semnificativă, cuprinsă între 19 și 25%, a acumulării cesiului în organismul animalelor, comparativ cu grupul martor. Această constatare evidențiază potențialul compușilor din SABA de a reduce acumularea substanțelor radioactive în organism.

Rezultatele cercetărilor clinice au evidențiat că includerea compozițiilor de suplimente alimentare biologic active în rația alimentară a copiilor proveniți din regiuni afectate de contaminarea radioactivă, în urma accidentului nuclear de la Cernobîl, a determinat o accelerare semnificativă a eliminării cesiului radioactiv din organism. Ritmul de eliminare a fost de aproximativ 1,5 ori mai rapid comparativ cu cel observat în grupul martor (Anexa 12). După 21 de zile de administrare continuă a compozițiilor SABA, s-a constatat o reducere medie a

nivelului de radioactivitate în organismul copiilor din grupul experimental de circa 12,5%, diferență semnificativă în raport cu valorile înregistrate la lotul de control. Specialiștii Centrului de Medicină Radioactivă al Academiei de Științe din Ucraina recomandă utilizarea SABA în alimentația populației din regiunile contaminate radioactiv, în doze de 1–2 g pe zi pentru copii și 5 g pe zi pentru adulți. De asemenea, s-a subliniat și efectul terapeutic general al compușilor SABA (Anexa 13).

Studiile experimentale și clinice au demonstrat eficiența SABA în reducerea acumulării de cesiu radioactiv în organism și în accelerarea eliminării acestuia, în special în rândul copiilor din zonele contaminate de radioactivitate. Recomandările specialiștilor sugerează utilizarea acestor compuși în alimentația populației din zonele afectate, având beneficii terapeutice generale și un impact semnificativ asupra sănătății publice.

6.4.2 Studiul calității produselor cu SABA – dezintoxicante

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 şi plante

Nr.	Denumirea indicelor	Pectină + flori de sunătoare	Pectină + flori de gălbenele
1	2	3	4
1	Consistenţa	Pulbere friabilă cu fracţia de 0,01 mm	Pulbere friabilă cu fracţia de 0,01 mm
2	Culoarea	de la nuanță sur-verzuie pînă la nuanța sur-brună	nuanța sur-galbenă
3	Fracţia masică a umidităţii, %, max.	10	10
4	Gradul de eterificare a pectinei, %, max.	25	25
5	Fracţia masică a pectinei calculată în raport cu poliuronidele, max.	45	60
6	Fracţia masică a impurităţilor metalice (particulelor), max. 0,3 mm în dimensiune lineară maximă 1%, max.	Absente	Absente
7	Microorganisme mezofile aerobe şi facultativ anaerobe, UFC/g, max.	$5 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^4$
8	Bacterii din grupa colibacililor (bacterii coliforme)	1,0	0,1

Tabelul 6.6 (continuare)

1	2	3	4
9	Microorganisme patogene, inclusiv *Salmonella*	25	25
10	Drojdii şi ciuperci de mucegai, UFC la 1 g	50	100
11	Elemente toxice: Plumb Arsen Cupru Zinc Cadmiu Mercur	Niveluri admisibile, mg/kg, max. 10,00 3,00 50,00 25,00 0,05 0,02	

Indicii de calitate identificați 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 (Anexa 14, 15).

6.5 Elaborarea compoziţiilor produselor funcţionale şi tehnologiei de producere a acestora

6.5.1 Elaborarea compoziţiilor produselor funcţionale

Elaborarea produselor funcționale destinate fixării și eliminării cationilor metalelor toxice din organism a fost realizată conform unei tehnologii speciale, având în vedere fundamentarea științifică detaliată în cadrul lucrării (Ugolev, 1991).

Produsele alimentare funcționale trebuie să manifeste nu doar efecte benefice asupra organismului uman, dar săconvocacerințele în ceea ce privește caracteristicile organoleptice. 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 îmbogăţit cu pectină	Fracţia masică a substanţelor uscate, cel puţin %	Fracţia masică a substanţelor pectinice, cel puţin %
1	2	3	4
1.	Dovlecei tocaţi	14	1,5
2.	Morcovi tocaţi	20	1,5
3.	Ardei tăiat cu melanj de legume în sos de tomate	14	1,5

Tabelul 6.7 (continuare)

1	2	3	4
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 din tab. 6.7 indică faptul,că în componența produselor îmbogățite cu pectină sunt incluse două forme: SABA, care au efecte de fixarea metalelor toxice, și componentele vegetale, care conferă produsului proprietăți organoleptice. Componentele vegetale se disting printr-un conținut scăzut de substanțe uscate, iar produsul finit are un conținut redus de pectină. În acest context, doza profilactică de pectină poate fi atinsă prin consumul unei cantități semnificative de produs: 330–530 g de produse cu fracția masică a pectinei de 1,5%, 500–800 g de produse cu fracția masică a pectinei de 1%, iar sucurile, băuturile și fructele în jeleu trebuie consumate zilnic pentru a satisface norma stabilită de consum a pectinei, în medie la 1 kg. Acest volum de consum poate duce la modificări nedorite în rația alimentară, ceea ce face utilizarea conservelor cu pectină ca produse alimentare funcționale o opțiune problematică.

Majorarea concentrației de pectină în produsul funcțional este posibilă exclusiv prin integrarea acesteia în componentul vegetal cu un conținut crescut de substanțe uscate. De aceea, pentru materie primă au fost selectate legume și fructe uscate, cu gust, culoare și miros pronunțate, cum prune, caise și morcovi. Aceste ingrediente vegetale au o valoare biologică și energetică înaltă.

Calculul ingredientelor din rețetele produselor funcționale a fost realizat ținând cont de doza zilnică recomandată de pectină (5 g), care trebuie să fie prezentă într-o cantitate de 40-50 g de produs. De asemenea, a fost luată în considerare umiditatea normată a pectinei de 10% și conținutul de poliuronizi din preparat (conform specificațiilor firmei Herbstreit and Fox, cel puțin 70%). Fracția masică de pectină în produsul funcțional trebuie să fie de 20%. Calculul raporturilor de flori de gălbenele și florilor de sănătoare a fost realizat conform rețetei și parametrilor stabiliți.

Prin intermediul metodei experimentale au fost stabilite proporțiile ingredientelor vegetale (caise, prune, morcovi) și de zahăr. Proporțiile calculate și testate experimental sunt prezentate în tab.6.8.

Tabelul 6.8 Proporțiile ingredientelor incluse în produse funcţionale (%)

Nr	Ingredientul	Batonaş de caise		Batonaş de prune		Batonaş de morcovi	
		Varianta 1	Varianta 2	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 1	Varianta 2
1	Caise uscate fără sâmburi	32,20	37,50	–	–	–	–
2	Prune uscate fără sâmburi	–	-	32,20	37,50	–	–
3	Morcovi uscaţi	–		–		17,00	20,00
4	Pectină	19,20	20,02	19,20	20,20	19,20	20,02
5	Flori de sunătoare	8,30	–	8,30	–	8,30	–
6	Flori de gălbenele	–	2,23	–	2,23	–	2,23
7	Zahăr	30,30	30,45	31,30	32,35	44,40	45,45
8	Apă	10,00	9,80	9,00	7,90	11,10	12,30
TOTAL		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Reieşind din analiza tipurilor de bomboane a fost stabilit,că formă optima a produsului functional poate fi forma batonaşelor, care prevede mărunţirea ingredientelor vegetale, amestecarea lor şi modelarea. În scopul controlării posibilităţii modelării masei obţinute s-au efectuat încercări tehnologice, care au permis optimizarea procesului de fabricație.

6.5.2 Regimuri tehnologice de obținere a produselor funcţionale cu utilizarea pectinei

6.5.2.1 Studiul indicilor fizico-chimici a pectinei

Studiul indicilor fizico-chimici ai pectinei are ca scop evaluarea caracteristicilor sale fundamentale, precum conținutul de substanțe uscate, umiditatea și fracția masică de pectină. Aceste date sunt esențiale pentru optimizarea proceselor de producție și pentru garantarea eficienței pectinei în diverse aplicații alimentare și farmaceutice. Necesitatea obținerii produselor funcționale cu un conținut de pectină, care depășește semnificativ nivelurile sale de utilizare în produsele alimentare a determinat realizarea următoarelor cercetări. Prin metoda eterogenă de eterificare a pectinei într-un mediu alcool-apoasă acid (pH 2,65, la 95°C), mostrele inițiale de pectină au fost modificate, reducându-se E la 23%. În cadrul procesului de modificare, au fost selectate mostre cu grade intermediare de eterificare. Ulterior, masa moleculară a mostrelor inițiale și obținute a fost determinată utilizând metoda dezvoltată în cadrul IP IŞPHTA. Rezultatele obținute sunt prezentate în tab. 6.9.

Tabelul 6.9 Indicii fizico-chimici ai pectinelor iniţiale şi celor purificate

Nr.	Mostra	E*, %	Pu**, %	Masa moleculară D x 10^{-3}
1.	Pectina iniţială	57,39±0,43	68,01	22,90
2.	Pectină modificată 1	42,81±0,19	68,97	21,10
3.	Pectină modificată 2	37,09±0,37	73,48	15,40
4.	Pectină modificată 3	28,77±0,16	76,90	10,80
5.	Pectină modificată 4	23,18±0,13	81,00	5,50
* - Gradul de eterificare al pectinei ** - Fracția masică de poliuronizi				

În urma cercetărilor tehnologice ale procesului de obținere a produsului funcțional, a fost obținută o mostră de pectină cu masa moleculară de 5,5 mii Daltoni. Au fost studiate caracteristicile viscozimetrice ale mostrelor obținute. În acest scop, viscozitatea soluțiilor de 2,5% ale mostrelor a fost măsurată pe viscozimetrul Reotest, utilizând diverse tensiuni de mișcare, i-ar datele obținute sunt prezentate în tab. 6.12 și fig. 6.19.

Analiza curbelor de curgere ale soluției concentrate de pectină permite de a stabili, că curgerea mostrelor 1, 2 și 3 este pseudoplastică și dilatantă, deoarece pentru acestea se observă o creștere disproporționată a viscozității pe măsură ce viteza de deplasare crește. Totuși, reducerea masei moleculare la 5,5 mii Daltoni modifică comportamentul soluției, așa cum este evidențiat de curba 4, care indică faptul că soluția de pectină devine o soluție ideală de tip Newtonian, având o viscozitate constantă la temperatura și tensiunea specificate.

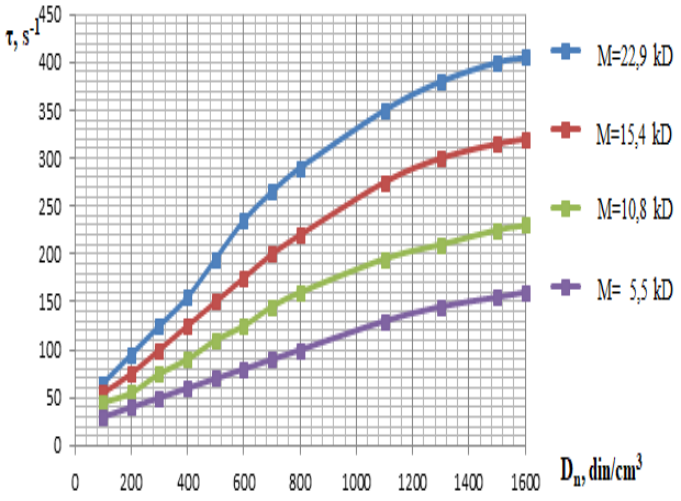


Fig. 6.19 Curbele de curgere a soluţiilor concentrate ale pectinelor iniţiale şi modificate (concentraţia pectinei 2,5%)

Tabelul 6.10 Determinarea viscozităţii mostrelor de pectină

Nr.	Gradul de eterificare al pectinei (E), %	Valoarea indicatorului	Gradientul tensiunii, t_n, C^{-1}	Tensiunea tangenţială, Dr, din cm^2	Viscozitatea, Pa·s
1.	57,35	12a	416	1312	32
		11a	254	729	35
		10a	162	437	37
		9a	98	243	40
		8a	64	146	44
		7a	40	81	49
2.	37,00	12a	318	1312	24
		11a	185	729	25
		10a	116	437	26
		9a	69	243	28
		8a	46	146	32
		7a	40	81	49
3.	28,00	12a	214	1312	16
		11a	124	729	17
		10a	75	437	17
		9a	52	243	21
		8a	40	146	27
		7a	23	81	28
4.	23,18	12a	127	1312	10
		11a	75	729	10
		10a	46	437	10
		9a	29	243	12
		8a	17	146	12

Notă: Valorile marcate cu „a” (ex. 12a–7a) corespund treptelor indicatorului viscozimetrului Reotest, scala „a”, utilizată pentru măsurarea viscozității soluțiilor de pectină.

Pe baza rezultatelor prezentate în tab. 6.10, se poate concluziona că, pentru utilizarea pectinei ca materie primă în producerea produselor funcționale, este necesar de a stabili o limită a masei moleculare de nu mai mult de 10 mii Daltoni. Modificarea pectinei prin reducerea gradului de eterificare duce la o distrugere semnificativă a structurii acesteia, ceea ce provoacă o scădere bruscă a masei moleculare și o schimbare a caracteristicilor viscozimetrice ale soluțiilor. Prin urmare, produsele alimentare îmbogățite cu pectină având masă moleculară redusă pot fi utilizate în concentrații mai ridicate, fără a afecta negativ caracteristicile tehnologice sau senzoriale ale produsului finit.

6.5.2.2 Studiul compoziţiei fracţionate a fructelor şi legumelor mărunţite

Din literatură este cunoscut, că procesul de modelare a masei de bomboane este influențat de gradul de mărunțire a ingredientelor (Skurikhin, 1987). În acest context, au fost efectuate

studii privind gradul de mărunțire a prunelor, caiselor și morcovilor uscați. Pentru aceasta, ingredientele vegetale au fost spălate în apă, uscate prin vibrație pentru a îndepărta picăturile și apoi mărunțite, folosind un dezintegrator electric cu plase de schimb, având ochiuri de 2, 3 și 4 mm. Mostrele de 30 g obținute prin utilizarea fiecărei plase au fost supuse fracționării umede pe sită, utilizând mărimile standard ale acțiunilor. Compoziția fracționată a masei mărunțite este prezentată în tab.6.11.

Tabelul 6.11 Compoziția fracționată a materiei prime mărunțite

Nr.	Dimensiunea ochiurilor	Conținutul deșeului rămas pe sită, %								
		Prune			Caise			Morcovi		
		Plasa 2mm	Plasa, 3 mm	Plasa, 4 mm	Plasa, 2 mm	Plasa, 3 mm	Plasa, 4 mm	Plasa, 2 mm	Plasa, 3 mm	Plasa, 4 mm
1.	5 mm	10	20	30	10	10	20	-	10	20
2.	4 mm	10	20	50	20	20	50	10	20	60
3.	3 mm	20	40	10	20	60	20	40	60	10
4.	2 mm	60	20	10	50	20	10	60	20	10

Fiecare dintre mostrele de ingrediente mărunțite a fost studiată în compoziția masei de bomboane, obținută conform rețetei elaborate, prin evaluarea capacității lor de modelare. Capacitatea de modelare a masei obținute prin amestecarea ingredientelor, conform proporțiilor din rețetă, a fost studiată experimental utilizând echipamente semi-industriale pentru producerea batonașelor. A fost stabilit, că masa de bomboane, care poate fi ușor modificată și modelată conform rețetei, se obține doar atunci când fracția de particule cu dimensiune mai mică de 4 mm nu depășește 20% din masa totală, având dimensiunea maximă liniară. În cadrul schemei tehnologice, utilizarea dezintegratorului impune ca mărimea ochiurilor sitei să nu depășească 2 mm.

Pentru a obține o masă de bomboane cu proprietăți optime de modelare, este esențial ca proporția particulelor cu dimensiuni sub 4 mm să nu depășească 20% din masa totală, iar în cadrul procesului tehnologic, utilizarea dezintegratorului trebuie să asigure o granulație adecvată, impusă prin site cu ochiuri de maximum 2 mm.

6.5.2.3 Elaborarea tehnologiei de producere a batonaşelor cu SABA

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 corpului batoanelor prin presare în formă

de cordoane sau fâșii, răcirea cordoanelor modelate, tăierea acestora în batoane separate, împachetarea și ambalarea în ambalaj comercial. Cu toate acestea, cercetările experimentale tehnologice au demonstrate, că procesul de producere a batonașelor pentru alimentație funcțională prezintă anumite particularități, determinate de specificul materiei prime utilizate și al produsului finit.

Schema tehnologică elaborate include, de asemenea, procesul de pregătire a pectinei, florilor de sunătoare și al florilor de gălbenele (fig. 6.20), sau, în etapa de amestecare, se poate utiliza SABA deja pregătit.

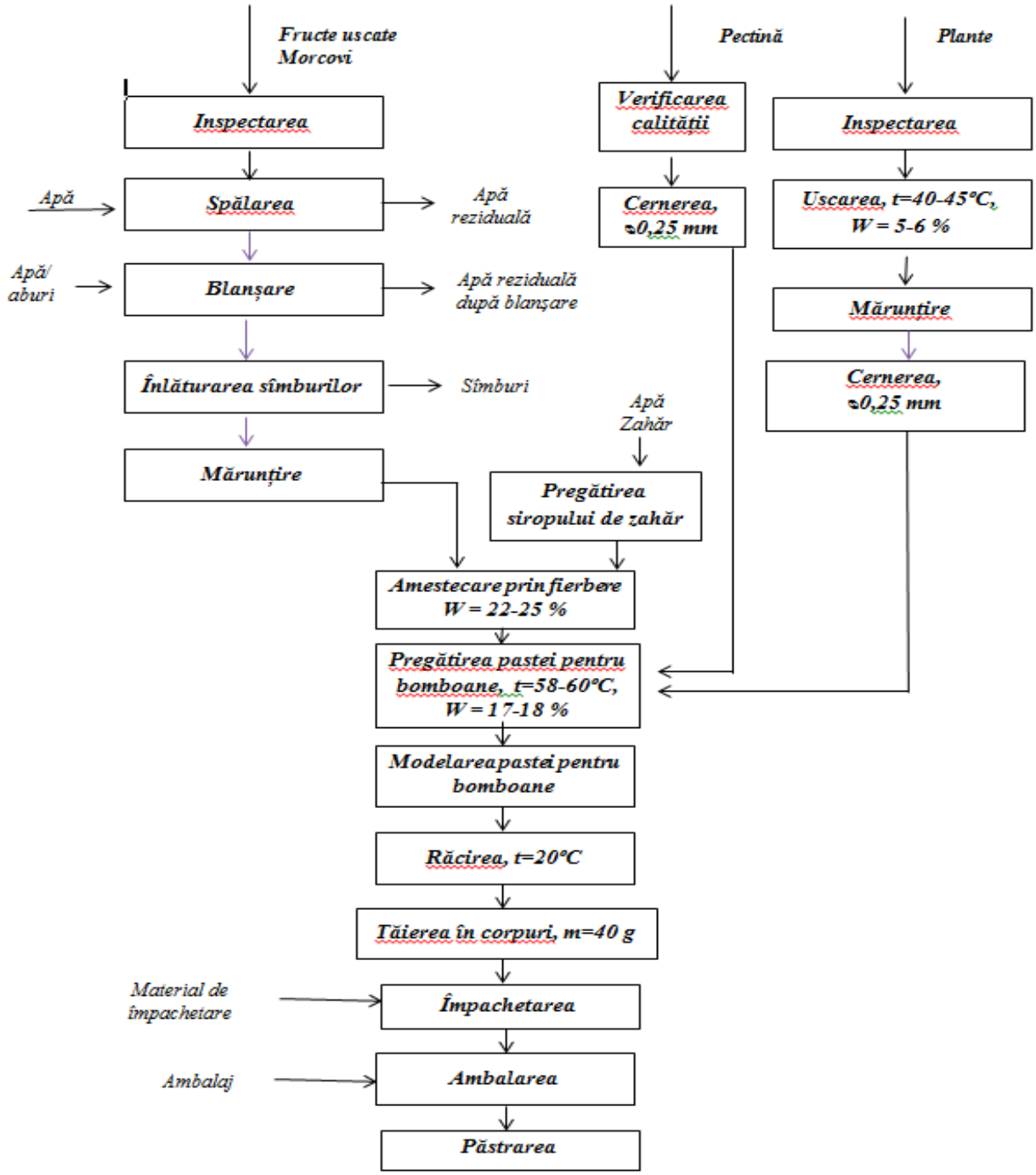


Fig. 6.20 Schema tehnologică de producere a batonaşelor cu SABA

Schema tehnologică de producere a batonaşelor de SABA, din fig. 6.20, include următoarele etape ale procesului:

- recepţionarea şi 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.

Colectarea, recepționarea, depozitarea materiei prime și controlul calității acesteia se realizează pe baza cerințelor standardizate și a procedurilor specifice fiecărei etape tehnologice.

Pregătirea ingredientelor. Pregătirea plantelor medicinale implică procesul de mărunţire urmat de cernerea acestora și tratarea ulterioară în instalaţii magnetice. În primul rând, plantele medicinale sunt supuse unei inspecţii riguroase, iar, în funcţie de caz, sunt uscate la o temperatură controlată de 40–45°C pentru a se atinge un conţinut de umiditate maxim de 8%. După uscare, plantele sunt mărunţite prin intermediul concasoarelor de diverse construcţii sau al micromorilor. Produsele rezultate în urma concasării sunt supuse unui proces de separare pe site cu ochiuri de 0,25 mm. Materialul rămas pe sită este redirecţionat către o măcinare suplimentară, urmată de tratarea în instalaţia magnetică, pentru a fi utilizat ulterior în procesul tehnologic.

Ulterior cernării de control, pectina și plantele medicinale prelucrate sunt pregătite pentru obţinerea pastei destinate producţiei de bomboane.

Fructele și morcovul uscat sunt supuse unei inspecţii preliminare, îndepărtându-se orice impurităţi, iar produsele sunt spălate temeinic cu apă rece. Prunele uscate sau caisele uscate cu sâmburi, după o spălare atentă, sunt supuse unui proces de blanşare la temperaturi cuprinse între 90–95°C, timp de 5–15 minute. La o temperatură de cel puţin 80°C, sâmburii sunt îndepărtaţi cu ajutorul unei maşini specializate pentru acest proces. După pregătirea corespunzătoare, fructele sau morcovii sunt mărunţite. Masa mărunţită trebuie să conţină cel mult 20% particule cu dimensiuni mai mari de 4 mm în latura maximă. Ulterior, masa mărunţită este destinată procesului de amestecare.

Amestecarea. Fructele mărunţite sau morcovul sunt supuse unui proces de amestecare cu sirop de zahăr cu concentraţie de 75±2%, la o temperatură de 60°C, pe parcursul a 30 de minute.

În cazul în care prunele sau caisele au fost prelucrate prin blanşare, amestecul de fructe şi zahăr trece ulterior printr-un tratament termic de concentrare, astfel încât umiditatea să ajungă la un nivel cuprins între 22-25%. După finalizarea acestui proces, amestecul obţinut este direcţionat către prepararea masei destinate fabricării bomboanelor.

Pregătirea pastei de bomboane. În amestecul vegetal şi zahăr se introduce cantitatea calculată de pectină şi plante şi se amestecă la temperatura nu mai mare de 60°C, până la obţinerea unei mase omogene conform compoziţiei. Pasta de bomboane se îndreaptă la modelare, umiditatea ei fiind de 17-20%.

Modelarea pastei pentru bomboane. Modelarea masei de bomboane se realizează prin presare. Pasta destinată producerii bomboanelor este prelucrată în formă de cordoane continue, care sunt apoi avansate pentru a fi răcite la o temperatură de 6–8°C. După această etapă, cordoanele sunt tăiate în segmente de dimensiunea corespunzătoare, având masa de 45 g fiecare, formându-se astfel batonașele. Aceste batonașe sunt ulterior împachetate și ambalate în ambalajul comercial corespunzător.

Produsul finit este supus unui control riguros, în conformitate cu criteriile de calitate și inofensivitate, care includ analize microbiologice și toxicologice. Controlul se realizează în conformitate cu documentația normativ-tehnică specifică procesului de producere a batonașelor (Anexa 16, 17).

6.5.3 Calculul reţetelor produselor

Calculul reţetelor produselor a fost efectuat prin metoda calculului „de la substanţa uscată faţă de cel natural” (Lee și al., 2020).

Pentru calcularea reţetelor au fost utilizate proporţiile elaborate ale componentelor, incluse în produs, norma pierderilor de materie primă (în industria de cofetărie – 1,50%), părţile calculate de substanţe uscate în materia primă şi produs. Datele despre conţinutul de substanţe uscate în materia primă au fost prevăzute conform îndrumărilor, conţinutul substanţelor uscate în produs se considerau ca fiind datele cercetărilor realizate.

Rețete calculate și normele de consum ale materiilor prime și materialelor pentru fabricarea produselor alimentare funcționale sunt prezentate în tab. 6.12.

Tabelul 6.12 Rețete și norme de consum a materiilor prime și materialelor pentru fabricarea produselor alimentare funcționale

Nr	Denumirea materiei prime	Fracţia substanţelor uscate în materia primă	Fracția masică a ingredientelor, %	Norma consumului de materie primă la 1000 kg de produs finit	
				natural	substanţe uscate
1	2	3	4	5	6
	Batonaşe de caise (varianta 1)				
	Caise uscate	0,798	32,20	328,34	262,02
2	Pectină	0,900	19,20	194,88	175,39
3	Flori de sunătoare	0,870	8,30	84,24	73,29
4	Zahăr	0,9985	30,30	307,54	307,08
5	Apă	0,000	10,00	100,00	0,00
	TOTAL	-	100,00	1015,00	817,78
	Batonaşe de caise (varianta 2)				
	Caise uscate	0,798	37,50	380,63	303,74
2	Pectină	0,900	20,02	203,22	182,90
3	Flori de gălbenele	0,860	2,23	22,66	19,49
4	Zahăr	0,9985	30,45	309,02	308,56
5	Apă	0,000	9,80	98,00	0,00
	TOTAL	-	100,00	1013,53	814,69
	Batonaşe de prune (varianta 1)				
	Prune uscate	0,750	32,20	326,83	245,12
2	Pectină	0,900	19,20	194,88	175,39
3	Flori de sunătoare	0,870	8,30	84,23	73,28
4	Zahăr	0,9985	31,30	317,66	317,18
5	Apă	0,000	9,00	90,00	0,00
	TOTAL	-	100,00	1013,60	810,97
	Batonaşe de prune (varianta 2)				
1	**Prune uscate**	0,750	37,50	381,09	285,82
2	Pectină	0,900	20,02	203,22	182,90
3	Flori de gălbenele	0,860	2,23	22,66	19,49
4	Zahăr	0,9985	32,35	328,34	327,85
5	Apă	0,000	7,90	79,00	0,00
	TOTAL	-	100,00	1014,31	816,0
	Batonaşe de morcov (varianta 1)				
	Morcovi uscaţi	0,860	17,00	172,55	148,39
2	Pectină	0,900	19,20	194,88	175,38
3	Flori de sunătoare	0,870	8,30	84,23	73,28
4	Zahăr	0,9985	44,40	450,63	449,95
5	Apă	0,000	11,10	111,00	0,00
	TOTAL	-	100,00	1013,29	847,01
	Batonaşe de morcov (varianta 2)				
1	**Morcovi uscaţi**	0,860	20,00	203,00	174,58
2	Pectină	0,900	20,02	203,22	182,90
3	Flori de gălbenele	0,860	2,23	22,60	19,49
4	Zahăr	0,9985	45,45	461,30	460,61
5	Apă	0,000	12,30	123,00	0,00
	TOTAL	-	100,00	1013,12	837,58

Tab. 6.12 prezintă compoziția formulativă și analiza costurilor de producție pentru batonașele alimentare pe bază de caise, prune și morcovi, evidențiind fracția substanțelor uscate din materiile prime utilizate. Au fost analizate două variante pentru fiecare tip de batonaș, diferențiate prin prezența florilor de sunătoare sau a florilor de gălbenele, alături de pectină, zahăr și apă, în proporții variabile. De asemenea, sunt cuantificate cheltuielile aferente producției a 1000 kg de produs finit, atât în masă naturală, cât și în substanță uscată, precum și randamentul final al fiecărei rețete.

Rezultatele obținute indică diferențe semnificative între variantele analizate, atât din punct de vedere al eficienței utilizării materiilor prime, cât și al valorificării componentelor funcționale. Formulele care includ extracte din flori au demonstrat o adaptabilitate tehnologică satisfăcătoare și potențial economic competitiv. Totodată, corelarea proporției ingredientelor cu conținutul de substanță uscată a permis identificarea variantelor cu conversie superioară a materiei prime în produs finit. Aceste constatări susțin selecția optimă a compoziției în funcție de criteriile de performanță dorite – nutriționale, tehnologice și economice.

6.5.4 Studiul termenilor de păstrare a produselor funcţionale

Produsele de cofetărie cu un conținut înalt de substanțe uscate aparțin categoriei produselor conservate prin metoda anabiozei, în special prin reducerea activității apei (*Aw*). 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 *Aw* influențează procesele oxidative ale lipidelor, formarea melanoidinelor, precum și activitatea enzimatică, fermentativă și microbiologică în timpul depozitării.

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

mucegaiurilor. Pentru a valida această ipoteză, au fost efectuate o serie de studii experimentale, ale căror rezultate sunt prezentate în tab. 6.13.

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: în folie de aluminiu, hârtie cerată, peliculă de polipropilenă cu sistem twist-off și ambalaj de tip flow-pack cu sigilare termică.

Tabelul 6.13 Indicii fizico-chimici şi microbiologici a batonaşelor la păstrare

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

Analiza rezultatelor prezentate în tab. 6.13 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 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.

6.5.5 Studiu de fezabilitate a tehnologiei de fabricare a batonașelor

La obținerea batonașelor funcționale au fost utilizate materii prime vegetale cu un conținut înalt de pectină, furnizate de unități specializate, conform standardelor de calitate specifice. Procesul de fabricare a fost desfășurat în cadrul secției de fabricare a bomboanelor, având o capacitate de 3000 unități/oră.

Pentru realizarea acestui proces, a fost utilizat un ansamblu de echipamente tehnologice, a căror componență și consum de resurse energetice sunt prezentate în tab. 6.14. Parametrii

operaționali ai echipamentelor sunt monitorizați și optimizați pentru a asigura un consum minim de energie și o productivitate maximă, respectând normele tehnice și cerințele de siguranță alimentară.

Tabelul 6.14 Utilajul tehnologic necesar pentru fabricarea batonașelor (prețuri a.2023)

Nr.	Denumirea utilajului tehnologic	Consum de resurse energetice		Preț de achiziție, lei
		Apă, m^3/h	Energia electrică, kW*h	
1	Separator magnetic		1,50	4592
2	Uscătorie convectivă		7,10	169400
3	Moară de măcinat MU-100		1,10	2330
4	Transporter		0,80	12000
5	Mașină de spălat cu barbotaj	0,25	5,00	10200
6	Mașina de scos sîmburi AR-103		3,20	180000
7	Tocător electric pentru fructe și legume BEAR		0,80	12150
8	Două cazane electrice cu mixer CK-KK-100	2*0,15	2*1,1	2*35000
9	Aparat pentru modelarea produsului MFB-1		0,90	95000
10	Camera de răcire KHAȘ-630		0,92	120000
11	Mașina de ambalat Bronco ALD-250D		2,40	100000
	Total		25,92	775672

În cadrul studiului, a fost realizat calculul economic al costului direct asociat producției batonașelor din prune și morcovi, incluzând prețurile materiilor prime, materialelor auxiliare, consumului energetic și costurilor cu manopera. Prețurile de referință utilizate în calcul sunt aferente lunei noiembrie an. 2023.

Estimarea costurilor de ambalare. Batonașele au fost ambalate utilizând peliculă stretch cu o masă de 45 g/unitate. Pentru ambalarea fiecărui batonaș se utilizează 1,2 g de peliculă, ceea ce determină un necesar total de 26,7 kg de peliculă pentru ambalarea unei tone de produs (22.222 unități). Costul unitar al peliculei este de 53 lei/kg, rezultând un cost total de **1.415,1 lei** pentru ambalarea unei tone de batonașe.

Costul etichetelor este de **0,25 lei/unitate**, ceea ce generează un cost total de **5.555,5 lei** pentru etichetarea unei tone de produs.

Astfel, costul total al ambalajului, incluzând atât pelicula stretch, cât și etichetele, este determinat prin următoarea relație:

1.415,1 lei+5.555,5 lei=6.970,6 lei

Costul final al ambalajului per unitate de produs este obținut prin raportarea costului total la numărul de unități ambalate:

6970,6/22222 = 0,31 lei/unitate

Costul resurselor materiale și energetice pentru fabricarea batonașelor din prune este prezentat în tab. 6.15.

Tabelul 6.15 Costul estimativ al resurselor materiale și energetice pentru fabricarea batonașelor din prune (prețuri a.2022)

Nr.	Tipul de resurse	Unit. de măsură	Preț unitar, lei	1 tonă produs finit	Costul	
				norma de consum	lei	%
1.	Prune uscate	tone	45000,00	0,38	17100,00	10,04
2.	Pectină	kg	189,00	194,88	36832,32	21,62
3.	Flori de sunătoare	kg	1031,70	84,23	91953,90	53,98
4.	Zahăr	tone	20000,00	0,45	9000,00	5,28
5.	Apă potabilă	m^3	25,00	6,60	162,50	0,10
6.	Costul ambalajului	unit.	0,31	22222,00	6888,82	4,04
7.	Cutii de carton	unit.	9,00	720,00	6480,00	3,80
8.	Energie electică	kW	3,20	165,90	530,90	0,31
9.	Manopera (2 pers.)	om*ore	200,00	6,70	1340,00	0,79
10.	Materiale de igienizare	kg	100,00	0,45	45,00	0,03
Total, lei/1 tonă					170333,40	

Tabelul 6.16 Costul estimativ al resurselor materiale și energetice pentru fabricarea batonașelor de morcov (prețuri a. 2022)

Nr.	Tipul de resurse	Unit. de măsură	Preț unitar, lei	1 tonă produs finit	Costul	
				norma de consum	lei	%
1.	Morcovi uscat	tone	55000,00	0,20	11000,00	11,15
2.	Flori de galbenele	kg	1090,00	22,60	24634,00	24,96
3.	Pectină	kg	189,00	203,22	38408,58	38,92
4.	Zahăr	tone	20000,00	0,46	9200,00	9,32
5.	Apă potabilă	m^3	25,00	6,60	162,50	0,16
6.	Costul ambalajului	unit.	0,31	22222,00	6888,82	6,98
7.	Cutii de carton	unit.	9,00	720,00	6480,00	6,56
8.	Energie electică	kW	3,20	165,90	530,90	0,54
9.	Manopera (2 pers.)	om*ore	200,00	6,70	1340,00	1,36
10.	Materiale de igienizare	kg	100,00	0,45	45,00	0,04
Total, lei/1 tonă					98689,80	

Luând în considerare prețul unitar și norma de consum, costul direct estimativ pentru producerea batonașelor este de 170.333,4 lei/tonă în cazul batonașelor de prune și de 98.689,8 lei/tonă pentru batonașele din morcovi.

Secția de producție funcționează în regim de arendă, cu un cost lunar de 4.000,0 lei, ceea ce conduce la un total anual de 48.000,0 lei. Astfel, cheltuielile aferente arendei secției de producție sunt de 48.000,0 lei/an.

Calculul amortizării utilajului, raportat la o perioadă de utilizare de 5 ani, se realizează conform relației:775672,0/5 ani = 155134,4 lei/an. Astfel, suma totală aferentă arendei și amortizării utilajului tehnologic este de 203.134,4 lei/an.

Estimarea volumului de producție este următoarea:

Batonașe din prune:

0,5 tone/schimb*1 schimb/zi*22 zile/lună*12 luni/an=132 tone

Batonașe din morcovi:

0,5 tone/schimb*1 schimb/zi*22 zile/lună*12 luni/an=132 tone.

Pe baza costurilor asociate arendei încăperii, uzurii utilajului tehnologic, salariilor personalului administrativ și cheltuielilor administrative, a fost determinat costul total indirect, prezentat în tab. 6.17.

Tabelul 6.17 Structura costurilor indirecte la fabricarea batonașelor

Nr.	**Tipul de cheltuieli indirecte**	**Valoarea costurilor**
1	Arenda încăperii și echipamentul tehnologic, lei	203134,40
2	Salariul angajaților din administrație, 12 luni, lei	138000,00
3	Cheltuieli adiminstrative și alte cheltuieli, lei	47000,00
4	Total cost indirect, lei	388134,40
5	Volum preconizat de fabricare, tone	264,00
	Total cost indirect estimativ, lei/tonă	1470,20

Respectiv, au fost calculate costurile totale directe și indirecte per tonă produs finit, astfel fiind stabilite costurile totale de fabricare a batonașelor și s-a determinat prețurile de comercializare a batonașelor (tab. 6.18).

Tabelul 6.18 Estimarea costurilor și prețurilor batonașelor

Nr.	Denumirea indicilor economici	Produse preconizate spre fabricare	
		Batonașe de prune	Batonașe de morcovi
1	Cost direct, lei/1 tonă	170333,40	98689,80
2	Cost indirect, lei/1 tonă	1470,20	1470,20
3	Cost total, lei/1 tonă	171803,60	100160,00
4	Rentabilitatea, lei/1 tonă	43196,40	27840,00
5	Rentabilitatea, %	20,09	21,75
6	Preț total, lei/ 1 tonă	215000,00	128000,00

Determinarea prețului de vânzare pentru batonașele analizate s-a realizat pe baza costului unitar de producție. În urma efectuării calculelor, s-au obținut următoarele valori:

1. Batonașe de prune: $$P = \frac{215000}{\frac{1000000}{110}} = 23{,}65\ lei/unitate$$

23,65 lei/unitate, acest preț este relativ ridicat, însă reflectă costurile aferente fabricării unui produs cu o valoare nutrițională superioară, justificând astfel nivelul său economic.

2. Batonașe de morcov. Prețul de vânzare s-a determinat astfel:

$$P = \frac{128000}{\frac{1000000}{110}} = 14{,}08\ lei/unitate$$

Rezultatul obținut - 14,08 lei/unitate – preț moderat.

Acest preț este considerat moderat, asigurând o competitivitate crescută pe piață și accesibilitate sporită pentru consumatori. Stabilirea acestor prețuri asigură atât acoperirea costurilor de producție, cât și viabilitatea economică a produselor, contribuind la sustenabilitatea procesului de fabricație și la promovarea alimentelor cu beneficii nutriționale semnificative.

În așa fel, analiza economică a procesului de producție a batonașelor funcționale din prune și morcovi a evidențiat structura detaliată a costurilor directe și indirecte, permițând determinarea prețurilor de vânzare în funcție de cheltuielile aferente materiei prime, procesului tehnologic, ambalajului și costurilor operaționale.

Costul de producție pe tonă este semnificativ mai înalt pentru batonașele din prune (170333,40 lei/tonă) comparativ cu cele din morcovi (98689,80 lei/tonă), reflectând diferențele în costurile materiilor prime și ale procesului tehnologic. În acest context, prețurile de vânzare stabilite sunt de 23,65 lei/unitate pentru batonașele din prune și 14,08 lei/unitate pentru cele din morcovi. Aceste valori asigură acoperirea cheltuielilor de producție și mențin competitivitatea produselor pe piață, susținând totodată promovarea unui aliment cu valoare nutrițională ridicată.

În concluzie, studiul de fezabilitate demonstrează sustenabilitatea economică a producției, printr-o gestionare eficientă a resurselor și optimizarea proceselor tehnologice. Totodată, prețurile stabilite permit integrarea acestor produse funcționale într-un segment de piață favorabil, contribuind la diversificarea opțiunilor alimentare sănătoase disponibile consumatorilor.

6.6 Analiza și delimitarea problematicii

1. Pectinele slab metoxilate (PSM) fixează cationii de plumb de până la 1,2 ori mai eficient decât pectinele puternic eterificate (PPE), iar în cazul cadmiului eficiența este de 1,5–3,7 ori mai mare. Această superioritate se datorează numărului crescut de grupe carboxilice libere, care participă la complexarea ionilor metalici toxici.

2. Componentele vegetale bogate în substanțe fenolice, precum sucul de morcov (cu ~100 mg/L fenoli), sporesc gradul de fixare al plumbului de la 18% (referință) până la 65% în combinație cu PSM. Aceste ingrediente exercită o influență semnificativă asupra eficienței detoxifiante a pectinei, în funcție de natura și concentrația lor.

3. Fixarea cadmiului în prezența PSM și a substanțelor fenolice poate crește de până la 8 ori comparativ cu PPE, în cazul unor extracte precum cele din zmeură sau gălbenele, demonstrând o afinitate mai mare a cadmiului pentru liganzi fenolici decât pentru pectină. Acest comportament confirmă predominanța reacției $Me^{2+} + Pf \rightarrow (MePf)$ în mecanismul de complexare.

4. Raportul pectină:metal influențează puternic capacitatea de fixare – de exemplu, la un raport 6:1 între pectină și cadmiu, capacitatea complexometrică a SABA atinge 86,10%, față de

75,0% în produsul de control fără adaos vegetal. Totodată, valoarea maximă a gradului de fixare (L) în sistemele cu 18 mg/L fenoli se înregistrează doar în cazul concentrației optime de pectină și pH favorabil.

5. Metoda polarografică aplicată în 10 determinări paralele a evidențiat o abatere relativă standard de 1,0–5,5% și un interval de încredere de 95%, confirmând precizia evaluării fixării cationilor în sisteme vegetale. Astfel, diferențele nesemnificative dintre valorile undelor polarografice reflectă validitatea metodei pentru screening-ul compozițional al SABA.

6. SABA formulate cu pectină și plante medicinale (sunătoare, gălbenele) prezintă valori ale indicilor sanitari excelente, cu absența microorganismelor patogene și conținut redus de metale toxice (plumb: 0,8–1,0 mg/kg; cadmiu: urme), încadrându-se în limitele reglementărilor internaționale.

7. Testele clinice pe copii expuși la radionuclizi (Cernobîl) au arătat că administrarea SABA timp de 21 de zile a redus radioactivitatea internă cu ~12,5% și a accelerat eliminarea cesiului radioactiv de 1,5 ori mai rapid comparativ cu grupul martor. Astfel, SABA pe bază de pectină se dovedesc eficiente în prevenirea bioacumulării metalelor grele și radionuclizilor în organism.

8. Studiul de fezabilitate a demonstrat, că fabricarea batonașelor funcționale din prune este tehnologic și economic viabilă, cu un cost total estimat al resurselor materiale și energetice de 22,11 lei per unitate de produs, în condițiile utilizării unor materii prime accesibile și a unei tehnologii simple de uscare și ambalare. Batonașele au prezentat o stabilitate fizico-chimică și microbiologică adecvată pe parcursul păstrării timp de 4, 6 și 8 luni, conform metodologiilor standardizate, ceea ce confirmă potențialul acestora pentru integrarea în alimentația funcțională și extinderea pe piața produselor sănătoase cu valoare adăugată.

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 au fost caracterizate printr-un conținut ridicat de fibre (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 ridicat al cerealelor, leguminoaselor și subproduselor agroalimentare (tescovină, tărâțe, șroturi). Adaosurile vegetale au determinat 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 2.1, Iușan, 2018).

3. Optimizarea procesului de uscare a tescovinei prin tehnologii hibride (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 până la 45%, conservarea compușilor bioactivi și creșterea eficienței energetice. Modelarea matematică a confirmat validitatea acestor soluții (Capitolul 3, Iușan și al., 2020).

4. Rețetele optimizate pentru produse alimentare funcționale, fundamentate pe modelare matematică și principii nutriționale, au demonstrat combinații echilibrate de ingrediente. Studiul a demonstrat că rețetele pe bază de hrișcă și năut au prezentat cea mai bună stabilitate și predictibilitate a modelului, în timp ce adaosurile de tescovină au relevat rolul polifenolilor și al acidității în comportamentul tehnologic (Capitolul 4, Anexa 3, Yushan, 2024).

5. Evaluarea complexă a calității produselor alimentare a demonstrat siguranță microbiologică deplină și parametri superiori de textură și hidratare. Adaosul de acid citric 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, 4.1.5 și 5.2; 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 încărcăturii asupra cineticii de deshidratare (Subcapitole 3.1 și 3.2; Iușan și al., 2020).

7. Au fost elaborate scheme tehnologice moderne pentru producerea alimentelor funcționale, care includ etapele de prelucrare, selecția materiilor prime și definirea parametrilor esențiali. Acestea au demonstrat sustenabilitate și eficiență, orientând procesarea spre obținerea unor produse cu valoare nutrițională și senzorială ridicată (Subcapitole 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 și 6.5.2.3; Iușan 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 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 și 6.4.1, Iușan, 2023).

9. Fezabilitatea și aplicabilitatea tehnologiilor propuse au fost confirmate experimental și industrial, prin colaborarea cu 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 5.2 și 6.5.5, Anexa 4, 5, 14, 15, 16, 17 și 18; 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 hibride de uscare la parametri optimi de 75-85°C și viteza aerului de 3 m/s va asigura 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 formulări 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 semi-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 dezintoxicante. 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. Totodată, rezultatele obținute evidențiază premise favorabile pentru lansarea pe piață a acestor produse la un nivel competitiv al prețului. În paralel, protecția mediului, asigurată prin implementarea tehnologiilor ecologice de procesare, contribuie la consolidarea principiilor dezvoltării durabile în sectorul alimentar.

Tehnologiile elaborate reprezintă o soluție de perspectivă pentru industria alimentară 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 (Anexa 18, 19).

Rezultatele științifice obținute pot servi drept baza unor cercetări aplicative de 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

ABILMAZHINOV, Y., BEKESHOVA, G., NESTERENKO, A. et al. (2023) A review on the Improvement of Extruded Food Processing Equipment: Extrusion Cooking in Food Processing. *Food Science & Technology*, 43, https://doi.org/10.5327/fst.80621

ABRAMOV, O. (2007) Issledovanie osnovnykh zakonomernostey protsessa ekstruzii pri proizvodstve kombinirovannykh produktov pitaniya. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya*, 6, pp. 69–72. (in Russian)

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

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

ADEBOWALE, A., SANNI, L. et al. (2005) Effect of texture modifies on the physicochemical and sensory properties of dried fufu. *Food Science and Technology Inernațional,* 11(5), pp.373–385, https://doi.org/10.1177/1082013205058531

AIDIGIÉ, C., ZONSZAIN, F. (2007) *Biochimie structurale*. Doin, Rueil-Malmaison, 1 vol., XI–p.266

AIKEN, K. (2018) Vegetarian Protein Is Just As 'Complete' As Meat, Despite What We've Been Taught. Available at: https://www.huffpost.com/entry/vegetarian-protein-complete-meat_n_5a90357ae4b01e9e56bb3224 [Accessed 25 August 2025]

AKANDA, M.J.H. et al. (2012) Applications of Supercritical Fluid Extraction (SFE) of Palm Oil and Oil from Natural Sources. *Molecules*, 17(2), pp.1764–1794, https://doi.org/10.3390/molecules17021764

ALAHMARI, L.A. (2024) Dietary fiber influence on overall health, with an emphasis on CVD, Diabetes, obesity, colon cancer, and inflammation. *Frontiers in nutrition*, 13(11):1510564. DOI: 10.3389/fnut.2024.1510564

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

ALBA, K., BINGHAM, R.J. et. al. (2018) Pectin conformation in solution. *The Journal of Physical Chemistry*, 122 (29), pp.7286–7294, https://doi.org/10.1021/acs.jpcb.8b04790

ALEXANDER, R.J. (1997) Moving toward low-calorie dairy products. *Food Products Design*, 7(1), pp.74–98

ALI, I.M., FORSIDO, S.F. et al. (2024) Effects of extrusion process conditions on nutritional, anti-nutritional, physical, functional, and sensory properties of extruded snack: A review. *Food Science & Nutrition*, 12(11), pp.8755–8761, DOI: 10.1002/fsn3.4472

ALI, I.M., FORSIDO, S.F., KUYU, C.G. (2024) Effect of extrusion process conditions on nutritional, anti-nutritional, physical, functional, and sensory properties of extruded snacks A review. *Food Science and Nurtition*, 12(11):8755-8761. doi: 10.1002/fsn3.4472

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

ALTAN, A., McCARTHY, K.L. et al. (2008) Twin-screw extrusion of barley–grape pomace blends: Extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions. *Journal of Food Engineering*, 89(1), p. 24–32, https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.03.025

ANON, G. (2001) The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World*, 46, pp.112–126, https://www.cerealsgrains.org/resources/definitions/Documents/DietaryFiber/DFDef.pdf

ANTIMONOV, S.V. (2008) Pshenichnye otrubi v tekhnologii polucheniya ekstrudirovannykh ekologicheski chistykh kormov iz otkhodov krupyanykh predpriyatiy. *Izvestiya vuzov. Seriya "Pishchevaya tekhnologiya"*, 4, pp.8–10. (in Russian)
ARENDT, E., HOBOKEN, K. et al. (2007) Gluten-free cereal products as a functional food. In: *Handbook of food manufacturing*. Inc., pp.118–130, https://www.academia.edu/28281667/Gluten_Free_Cereal_Products_and_Beverages_pdf
ARSHAD, Z. et al. (2025) Functional Foods Enriched With Bioactive Compounds: Therapeutic Potential and Technological Innovations. *Food Science & Nutrition*, 13(10) https://doi.org/10.1002/fsn3.71024
ARYAL, S. (2023) Proteins: Properties, Structure, Types, Functions. *Microbe Notes*. Available at: https://microbenotes.com/amino-acids-proteins/ [Accessed 15 August 2025]
AUGUSTIN, L.S.A. et al. (2015) Glycemic index, glycemic load and glycemic response: An International Scientific Consensus Summit from the International Carbohydrate Quality Consortium (ICQC). *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Disease*. [Online], 1-21. Available at: https://www.carbquality.org/wp-content/uploads/2018/09/2015-ICQC-consensus-statement-on-GI-GL-GR-NMCD.pdf [Accessed 20 October 2025]
AZAD, S. (2018) Amino acids: Its types and uses. *International Journal of Clinical and Diagnostic Pathology*, 1(1), pp. 13–16, https://www.patholjournal.com/archives/2018/vol1issue1/PartA/1-1-3-181.pdf
BANTEA-ZAGAREANU, V. (2012) *Analize fizico-chimice ale alimentelor: produse de panificație și ambalaje*. Chișinău: UTM, p.92, https://ru.scribd.com/doc/296014314/Analize-Fizico-chimice-Ale-Alimentelor
BANU, C. (2003) *Aprecierea calității de panificație a făinii de secară.* Buletinul AGIR, 3, p.19–22
BELORIO, M., GOMEZ, M. (2022) Psyllium: a useful functional ingredient in food systems, *Food Research International*, 62(2), pp. 527-538, https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2020.1822276
BESPALOV, V., NEKRASOVA, V. (2000) *Biologicheski aktivnye dobavki k pishche: sovremennoe sostoyanie i problemy. Obzor.* Sankt-Peterburg, p. 10 (in Russian)
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
BLANCO-PÉREZ, F., STEIGERWALD, H., SCHÜLKE, S. et al. (2021) The Dietary Fiber Pectin: Health Benefits and Potential for the Treatment of Allergies by Modulation of Gut Microbiota. *Current Allergy and Asthma Reports,* 21(10):43, DOI: 10.1007/s11882-021-01020-z
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
BOAKYE, P.J., OKYERE, A.Y.., BHARATHI, R. et al. (2023) Physicochemical and nutritional properties of extruded products from cereals of the *Triticeae* tribe – A review. Food Chemistry Advances, 3:100379. https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100379
BOERMA, J., BORK, R., HAGEMAN, R. (1998) *Nutritional composition containing fiber.* Int. Cl. 6: A61K31/715; A61K31/70. Patent USA, 5792754,
BOLLINGER, H. (2001) Functional drinks with dietary fibre. *Fruit Process*, 12, p.252–254, https://www.sciepub.com/reference/11623
BOUCHEHAM, N., GALET, L., PATRY, S., et al. (2019) Physicochemical and hydration properties of different cereal and legume gluten-free powders. *Food Science and Nutrition*, 7(1), DOI:10.1002/fsn3.1170
BOUCHON, P. (2009) Understanding oil absorption during deep-fat frying. *Advances in Food and Nutrition Research*, 57, pp. 209-234, https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)57005-2
BOYELDIEU, J. (2022) Le grain des céréales et ses utilisations. *Techniques Agricoles*, fascicule nr. 2022, Paris, pp. 45–50

BREKHOV, A.F. (2005) Prognozirovanie biologicheskoy i pishchevoy tsennosti gotovoy produkty pri ekstruzionnoy obrabotki rastitel'nogo syr'ya. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya*, 3, pp.38–42. (in Russian)
BRENNAN, C.S., BRENNAN, M.A., TORRICO, D.D. et al. (2021) Nutritional, physicochemical, and textural properties of gluten-free extruded snacks containing cowpea and whey protein concentrate. *International Journal of Food Science and Technology*, 57(7), p.3903-3913, https://doi.org/10.1111/ijfs.15462
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
BUCUR, M. and DIMITRIU, I. (2022) *Cinetica uscării și optimizarea parametrilor de proces în industria alimentară.* Iași: Editura Academica
BULGARU, V. (2011) Influența raportului amiloză/amilopectină asupra proprietăților funcționale ale amidonului. *Meridian Ingineresc*, Editura UTM, (3), p.62–64, https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/13_Articol_Bulgaru_V.pdf
BULGARU, V. (2013) Proprietățile higroscopice ale amidonului. In: *Conferința Tehnico-Științifică a studenților și doctoranzilor, Chișinău, UTM,* p.53-56, https://repository.utm.md/bitstream/handle/5014/17118/Conf-UTM-2013-Vol-2-p53-56.pdf?sequence=1&isAllowed=y
BULGARU, V. et al. (2011) Polimerii amidonului de soriz. In: *Conferința Tehnico-Științifică a studenților și doctoranzilor,* Chișinău: UTM, vol. 2, p. 35-37, https://www.repository.utm.md/handle/5014/3411?show=full
BURTSEV, A.V. (2003) *Sovershenstvovanie tekhnologii ekstrudirovannykh produktov na osnove rastitel'nogo i zhivotnogo syr'ya.* Summary of Ph.D. dissertation, Krasnodar. (in Russian), https://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-tekhnologii-ekstrudirovannykh-produktov-na-osnove-rastitelnogo-i-zhivotno
BYKOV, A.T., MALYARENKO, E.M., ZAIKA, V.G. et al. (2008) Metodologicheskaya osnova zdorovogo pitaniya i problema neyropsikhonutritsiologii. *Voennaya meditsina*, 2, p.70–76. (in Russian) https://rep.bsmu.by/handle/BSMU/6397?show=full
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
CARTER, H. (2022) *Nutrition and Clinical Dietetics*, London: Routledge
CASCAES, A., CHÁVEZ, D.W.H., GOMES, F.S. et al. (2017) Effect of temperature on the degradation of bioactive compounds of Pinot Noir grape pomace during drying. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21, e2017059. DOI:10.1590/1981-6723.5917
CELUS, M. KYOMUGASHO, K., VAN LOEY, A.M. et al. (2018) Influence of Pectin Structural Properties on Interactions with Divalent Cations and Its Associated Functionalities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(6), pp.1576-1594, DOI: 10.1111/1541-4337.12394
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
CEȘKO, 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
CHANDEL, V., BISWAS, D., ROY, S. et al. (2022) Current advancements in pectin: Extraction, properties and multifunctional applications, *Foods*, 11(17), 2683, https://doi.org/10.3390/foods11172683

CHEN, Z. and HUANG, J. (2022) In vitro biochemical analysis of recombinant plant proteins under oxidation. *Methods in molecular biology*, 2526, pp. 143–160, doi: 10.1007/978-1-0716-2469-2_11
CHERNYKH, V.A. (2012) Opredelenie strukturno-mekhanicheskikh svoystv ekstrudatov. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya,* 12, p.22–24. (in Russian)
Code of Federal Regulations (2005) *21 CFR 137.101.81 (Health claims),* p.552. Available at: https://www.ecfr.gov/current/title-21/chapter-I/subchapter-B/part-101/subpart-E/section-101.81 [Accessed 10 October 2025]
Code of Federal Regulations (2005) *21 CFR 137.235 – Enriched corn grits,* p.370. Available at: https://www.ecfr.gov/current/title-21/chapter-I/subchapter-B/part-137/subpart-B/section-137.250 [Accessed 10 October 2025]
Code of Federal Regulations. (2005) *21 CFR 137.235 – Enriched farina,* p.250. Available at: https://www.ecfr.gov/current/title-21/chapter-I/subchapter-B/part-137/subpart-B/section-137.305 [Accessed 10 October 2025]
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
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
CRASNOVA, N. and GAINA, I. (2001) *Procedeu de preparare a concentratului comestibil de proteină de soia.* Cl. int. 6: A23J3/00. Brevet al Republicii Moldova, 1660
CSPI (2016) *Artificial Trans Fat: A Timeline.* Available at: https://cspinet.org/resource/artificial-trans-fat-timeline [Accessed 10 August 2025]
D'ESTE, M., ALVARADO-MORALES, M., ANGELIDAKI, I. (2018) Amino acids production focusing on fermentation technologies – A review. *Biotechnology Advances.* 36(1), pp. 14-25, DOI: 10.1016/j.biotechadv.2017.09.001
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
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
DEMAN, J.M. (2013) *Principles of Food Chemistry*. 4th ed. New York: Springer, pp. 1–554
DHAKA, V., GULIA, N., AHLAWAT, K.S. et al. (2011) Trans fats—sources, health risks and alternative approach. *Journal of Food Science and Technology*, 48(5), pp.534–541, doi: 10.1007/s13197-010-0225-8
DHINGRA, D., MICHAEL, M., RAJPUT, H. et al. (2012) Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(3), pp. 255–266, doi: 10.1007/s13197-011-0365-5
DIAZ, J. and NARANJO, E. (2000) *Chemical composition and method for aiding the absorption, binding and elimination of undigested fat and reducing cholesterol in the human body.* Int. Cl. 7: A61K35/78 and A61K31/702. Patent USA, 6048532 https://patents.google.com/patent/US20040265401A1/en
DICKEY, W. et al. (2008) Homocysteine and related B-vitamin status in coeliac disease: Effects of gluten exclusion and histological recovery. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 43, pp. 682–688, doi: 10.1080/00365520701881118
DIOWKSZ, A., SUCHARZEWSKA, D., AMBROZIAK, W. (2008) Impact of starch mixture composition on properties of gluten-free bread, *Żywność – Nauka Technologia Jakość/Food Science Technology Quality,* 15(2), pp. 40–50, https://www.researchgate.net/publication/298953429_IMPACT_OF_STARCH_MIXTURE_COMPOSITION_ON_PROPERTIES_OF_GLUTEN-FREE_BREAD

DIXIT, V. et al. (2023) Functional foods: exploring the health benefits of bioactive compounds from plants and animal sources. *Journal of Food Quality*, 2023(1), 5546753, https://doi.org/10.1155/2023/5546753
DODON, A. (2007) *Contribuții privind studierea procesului de uscare a crupei soriz pentru obținerea concentratelor alimentare.* Ph.D. dissertation, Technical University of Moldova, Chisinau. http://www.cnaa.md/files/theses/2007/6934/adelina_dodon_abstract.pdf
DOMOROSHCHENKOVA, M. (2012) Zhmykhi i shroty maslichnykh kak vazhneyshiy istochnik kormovogo belka. In: *International conferention „Kombikorma 2012"* (in Russian), https://soyanews.info/news/ZHmykhi-i-shroty-maslichnykh-kak-vazhneyshiy-istoch.html
DRACHEVA, L.V. (2002) Pishchevye i biologicheski aktivnye dobavki dlya zdorov'ya gorozhan. *Pishchevaya promyshlennost',* 4. p. 92-93 (in Russian)
DRUȚĂ, D., GHENCEA, S., BELC, N. (2008) *Tehnologii adaptate pentru obținerea produselor făinoase aglutenice.* București: Institutul de Bioresurse Alimentare, pp. 59–62
EL-MESERY, H.S., EL-FAR, S.E., EL-KHALIL, M.A. (2022) Thin-layer drying characteristics, modeling and quality attributes of tomato slices dried with infrared radiation heating. *Bioscience Journal*, 38, https://doi.org/10.14393/BJ-v38n0a2022-42303
Estimating energy, protein & fluid requirements for adult clinical conditions (2022) NEMO Nutrition Support Group, 2022. Available at: https://www.health.qld.gov.au/__data/assets/pdf_file/0022/144175/est-req.pdf [Accessed 15 June 2025]
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
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/fatsandfattacidsreport.pdf?utm
FAO (2013) *Food and Nutrition Paper 92: Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation.* Auckland, New Zeland, https://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf?utm
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
FARDET, A., ROCK, E. (2015) From a reductionist to a holistic approach in preventive nutrition to define new and more ethical paradigms. *Healthcare*, 3(4), pp. 1054–1063, https://doi.org/10.3390/healthcare3041054
FASANO, A., CATASSI, C. et al. (2012) Spectrum of gluten-related disorder: consensus on new nomenclature and classification. *BMC Medicine*, 10:13, pp.10–13, https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-13
FERREIRA, D., HAYTOWITZ, D.B., TASSINARI, A. et al. (2006) Vitamin K contents of grains, cereals, fast-food breakfasts, and baked goods. *Journal of Food Science*, 71(1), pp. 66-70, https://www.ars.usda.gov/arsuserfiles/80400525/articles/jfs_71_66-70.pdf
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
FNZIFST, L.E. (2014) *Flaxseed (Linseed) fibre – nutritional and culinary uses.* Food New Zealand, April/May issue, p.26–28, https://www.oilsfats.org.nz/documents/FNZAprMay14LinseedFibre.pdf
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

FOSCHIA, M.; PERESSINI, D.; SENSIDONI, A. et al. (2013) The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products. *Journal of Cereal Science*, 58(2), pp.216–227, DOI:10.1016/j.jcs.2013.05.010
FRENKEL, E.N., KUCHER, M.I., SOROKINA, A.N. et al. (2015) Izuchenie znacheniya mikro- i makroelementov v pitanii voennosluzhashchikh v ramkakh distsipliny. *„Ekologiya: ratsional'noe pitanie, pishchevye dobavki i biostimulyatory”*, 1, pp.145–154 (in Russian), https://s.journal-nutrition.ru/pdf/2015/2015_01.pdf
FUNTEK, H. (2003) Ekstruzionnye polufabrikaty. Perspektivy razvitiya. *Pishchevaya promyshlennost'*, 12, p.16–17
GAO, Y., ZHAO, Y., YAO, Y., et al. (2024) Recent trends in design of healthier fat replacers: Type, replacement mechanism, sensory evaluation method and consumer acceptance. *Food Chemistry*, 447, 138982, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138982
Global Standard Food Safety (2022) *BRCGS*, Issue 9. Available at: https://www.brcgs.com/product/global-standard-food-safety-issue-9/p-13279/
GÖKMEN, V. (2012) Acrylamide formation in foods: role of composition and processing. In: Conference: 6th Central European congress on food, DOI:10.1007/978-3-319-24040-4_5
GOŁĘBIOWSKI, 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
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
GONZALEZ, T.D., GONZALEZ, D.C., CHRISTINE, NG. (2018) *Ready-to-eat cereal composition*. Patent WO2018147855A1, https://patents.google.com/patent/AU2017398400A1/f
GORGAS, E. (2023) Bezoar-induced small bowel obstruction: a rare cause of a common problem. *Journal of Surgical Case Reports*, 10:rjad553, DOI:10.1093/jscr/rjad553
GURGU-LAZĂR, C. et al. (2024) The Biological and Agricultural Potential of Sorghum Crop in Romania. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 24(4), pp.369–374, https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.24_4/Art41.pdf
HAUROWITZ, F., KOSHLAND, D. (2025) Protein biochemistry. *Encyclopaedia Britannica*. Available at: https://www.britannica.com/science/protein
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
https://www.sennutricion.org/media/Docs_Consenso/Scientific_Update_carbohydrates_Introduction-FAO_2007.pdf
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
HÜRREM I., NIHAT C. (2008) Determination of Heavy Metals in Fruit Juices by Flame Atomic Absorption Spectrometry. *Asian Journal of Chemistry*, Vol. 20(5): 3537-3542 https://www.researchgate.net/publication/279601820_Determination_of_heavy_metals_in_fruit_juices_by_flame_atomic_absorption_spectrometry
International Standards Office, (2017). ISO 6658 – *Sensory analysis — Methodology — General guidance*, https://cdn.standards.iteh.ai/samples/65519/000fbed0776b43b689846878dd898898/ISO-6658-2017.pdf
IUGA, M., BOESTEAN, O., GHENDOV-MOSANU, A. et al. (2020) Impact of Dairy Ingredients on Wheat Flour Dough Rheology and Bread Properties. *Foods*, 9(6), pp.828, https://doi.org/10.3390/foods9060828

IUSHAN, L. (2022) Improving the recipes of extruded soryz mixes using wheat germ. *Sciences of Europe*, 94, p. 86, doi:10.5281/zenodo.6616429
IUŞAN, L. (2024) Utilizarea rațională a CO_2-șrotului din semințe de struguri pentru obținerea produselor extrudate cu valoare biologică sporită. *Pomicultura, Viticultura şi Vinificaţia*, 1(91), pp. 52–58, https://doi.org/10.53082/1857-3142.24.91.11
IUŞAN, L., TERENTIEVA, G., CARAGIA, V. et al. (2014) Prophylactic assortiment 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
IUŞAN, L., TERENTIEVA, G., CARAGIA, V. et al. (2015) Elaborarea unui nou sortiment de produse alimentare din dovleac. Pomicultura, Viticultura şi Vinificaţia, 5-6 (59-60), pp. 62–64, https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/64-66_11.pdf
IUŞAN, L., TERENTIEVA, G., CARAGIA, V. et al. (2017) Conserve din fructe şi legume cu valoare biologică sporită pentru alimentaţia copiilor. In: *Agricultura durabilă în Republica Moldova: provocări actuale și perspective.* Bălți: Indigou Color, http://riora.usarb.md:8180/server/api/core/bitstreams/4d0d896d-73d8-4f12-953b-bb6dffb97a3a/content
IUŞAN, L., TERENTIEVA, G., CARAGIA, V., et al. (2018a) Elaborarea amestecurilor complexe extrudate din materie primă autohtonă cu conţinut sporit de amidon. *Pomicultura, Viticultura şi Vinificaţia*, 4 (76), pp. 35-37, https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/35-37_11.pdf
IUŞAN, L., TERENTIEVA, G., CARAGIA, V., et al. (2018b) Développement de la technologie de fabrication de bouillie instantanée aux personnes présentant une intolérance au gluten. In: *Proceedings of International Conference Modern Technologies in the Food Industry*, Chișinău: Technical University of Moldova, pp. 291–296, https://repository.utm.md/handle/5014/5212
IUŞAN, L., TERENTIEVA, G., COJUCARI, L. (2020) 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.* Chișinău: IȘPHTA – 110 ani de activitate, pp. 355–360, https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/190401
IUŞAN, L., TERENTIEVA, G., COJUCARI, L., GORDEEVA, V. (2021a) *Sos de fructe şi legume*. Brevet MD 4857
IUŞAN, L., TERENTIEVA, G., MIGALATIEV, O. (2021b) *Procedeu de fabricare a produsului alimentar extrudat de cereale*. Brevet MD 4826
IUŞAN, L.D., TARAN, N.G., TERENTIEVA, G.N. et al. (2021c) Features of the use of local grain raw materials for the production of healthy food products. In: *Science, Nutrition and Health: Proceedings of the 3rd International Congress*, Minsk: National Academy of Sciences of Belarus, pp.335–339
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
JAMBA, A., CARABULEA, B. (2002) *Tehnologia păstrării și industrializării produselor horticole*. Chișinău: Cartea Moldovei, p. 494
Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation (2007). *Protein and amino acid requirements in human nutrition.* World Health Organization Techical Report Series; (935):1-265, back cover. PMID: 18330140, https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18330140/
JOUDI-SARIGHAYEH, F., ABBASPOUR-GILANDEH, Y., KAVEH, M. et al. (2023) Response Surface Methodology Approach for Predicting Convective/Infrared Drying, Quality, Bioactive and Vitamin C Characteristics of Pumpkin Slices. *Foods*, 12(5), p.1114, https://doi.org/10.3390/foods12051114
KARABACAK, A.O., MALCOK, S.D., TUNCKAL, C. et al. (2025) Hybrid Infrared and Heat Pump Drying Technology for Fruit-Based Nutritious Snack Production: Drying Kinetics and In

Vitro Bioaccessibility of Phenolics and Antioxidant Capacity. *Journal of Food Quality*, 2025(1). DOI:10.1155/jfq/5830780
KAUPPI, K., VANHALA, A., ROOS, E. et al. (2023) Assessing the structures and domains of wellness models: A systematic review. *International Journal of Wellbeing*, 13 (2), https://doi.org/10.5502/ijw.v13i2.2619
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
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
KEIZMAN, D., FRENKEL, M., PEER, A., et al. (2023) Modified Citrus Pectin Treatment in Non-Metastatic Biochemically Relapsed Prostate Cancer: Long-Term Results of a Prospective Phase II Study. *Nutrients*, 15(16), pp.3533, DOI: 10.3390/nu15163533
KHATKAR, A.B. and KAUR, A. (2018) Effect of Protein Incorporation on Functional, Thermal, Textural and Overall Quality Characteristics of Instant Noodles. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(8), pp.1–12, DOI:10.1007/s11694-018-9838-9
KHORASANIHA, R. (2023) Diversity of Fibers in Common Foods: Key to Advancing Dietary Research. *Food Hydrocolloids*, 139(5), pp.108495, DOI:10.1016/j.foodhyd.2023.108495
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
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
KILMARTIN, C. et al. (2006) Intestinal T cell responses to cereal proteins in celiac disease. *Digestive Diseases and Sciences*, 51(1), pp.202–209, DOI: 10.1007/s10620-006-3108-0
KIM, C.H., JIN, T., RYU, G.H. (2012) Effects of moisture content on physical properties of extruded cereal flours. J*ournal of the korean society of food science and nutrition*, 41(11). DOI:10.3746/jkfn.2012.41.11.1603
KORPACHEV, A.B. (2024) *Method for Production of Extruded Bean Snack Food Product*. Russian Federation Patent RU2423874C1, https://patents.google.com/patent/RU2423874C1/en
KOUR, J. and SAXENA, D.C. (2014) Studies on the development of nutraceutical foods using extrusion technology: A review. *Austin Journal of Nutrition and Food Sciences*, 2(5), pp.7, https://www.researchgate.net/publication/343685222_Studies_on_the_Development_of_Nutraceutical_Foods_Using_Extrusion_Technology-A_Review
KRASNOVA, N., GEINE, I. (2001) *Novye podkhody v sozdanii pishchevykh produktov s zadannymi svoystvami*. In: *Tehnologii moderne, calitate, restructurare*. Chisinau: Technical University of Moldova, 4, pp. 527–532
KURĆUBIĆ, V.S., STANISIC, N., STAJIC, B.S. et al. (2024) Valorizing Grape Pomace: A Review of Applications, Nutritional Benefits, and Potential in Functional Food Development. *Foods*, 13(24), pp.4169, https://doi.org/10.3390/foods13244169
LEE, J.C.B., ROBERT, C., NAHARUDIN, N.B. et al. (2019) Examining the effectiveness of a holistic nutrition programme among community-dwelling elderly in Singapore. *Proceedings of Singapore Healthcare*, 29(1), pp.10–18, DOI:10.1177/2010105819885953
LERSANANSIT, N., PUNGJUNUN, 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
LEUENHBERGER, B., VOELKI, D., CHEN, C.-C. (2024) *L-ascorbic Acid and Pectin Composition*. US Patent 01005514A1, https://patents.google.com/patent/US20010005514A1/en
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

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
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
LINDA, L., ODOBESCU, L., **IUȘAN, L.** et al. (2020) Sosuri pentru o alimentaţie sănătoasă, cu valoare nutritivă şi biologică sporită, din materii prime cultivate în Republica Moldova. In: *Realizări științifice în horticultură, oenologie și tehnologii alimentare.* Chișinău: IȘPHTA – 110 ani de activitate, p.378–383. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/190405
LINDA, L.P., KNYAZEVA, S.D., KARAGIA, V.F., SARANDI, T.A., **IUȘAN, L.D.** et al. (2018) Healthy food products from the fruits of the non-traditional crop *Ziziphus jujuba* Mill. In: *Promising Technologies for Storage and Processing of Agricultural Products*, Krasnodar: North Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture and Winemaking, 17, p.163–166
LIU, A.G., FORD, N.A., HU, F.B. et al. (2017) A healthy approach to dietary fats: understanding the science and taking action to reduce consumer confusion. *Nutrition Journal*, 16(1), p.53, doi: 10.1186/s12937-017-0271-4
LIU, K. (ed.) (1997) *Soybeans: Chemistry, Technology and Utilization*. New York: Springer, p.1–532
LIU, X., et al. (2021) Exploring interactions between pectins and procyanidins: Structure-function relationships. *Food Hidrocolloids*, 113(29):106498, DOI:10.1016/j.foodhyd.2020.106498
LIU, X., ZHAO, X., MA, C. et al. (2024) Effects of Extrusion Technology on Physicochemical Properties and Microstructure of Rice Starch Added with Soy Protein Isolate and Whey Protein Isolate. *Foods*, 13(5), pp.764, https://doi.org/10.3390/foods13050764
LIU, Y., WANG, X., HU, C.-A.A. (2017) Therapeutic potential of amino acids in inflammatory bowel disease. *Nutrients*, 9(9):920, DOI: 10.3390/nu9090920
LOW, M.Y., KOUTSIDIS, G., PARKER, J.K. et al. (2006) Effect of citric acid and glucine addition on acrylamide and flavor in a potato model system. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54(16): 5976-83. DOI:10.1021/jf060328x
MARTIROSYAN, V.V. (2012) Ekstruzionnye produkty povyshennoy pishchevoy tsennosti. In: *Materialy XIV Vserossiyskogo kongressa dietologov i nutritsiologov*, Moskva, p.53–54 (in Russian)
McCANCE and WIDDOWSON'S Handbook. (2006) *Khimicheskiy sostav i energeticheskaya tsennost' pishchevykh produktov. Spravochnik Makkansa i Uiddousona, per. A.K. Baturina*. Saint Petersburg: Professiya, p.416 (in Russian)
McCLEARY, B.V. (2015) Determination of Total Dietary Fibre and Available Carbohydrates in Foodstuffs. *Starch – Stärke*, 67(1–2), pp.1–10. https://doi.org/10.1002/star.201500017
Metodicheskie rekomendatsii. (2004) *Rekomenduemye urovni potrebleniya pishchevykh i biologicheski aktivnykh veshchestv.* MR 2.3.1.1915-04. Moskva: Federal'nyy tsentr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, p.46. (in Russian)
MEYER, C. and VAN DER POEL, A.F.B. (2020) *Use of an extrusion die for extruding a food product (and use of a food product manufacturing machine).* European Patent EP 3 426 048 B1 https://data.epo.org/publication-server/rest/v1.0/publication-dates/20200701/patents/EP3426048NWB1/document.pdf
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
MIHU, I. (2012) *Boala celiacă la copii. Protocol clinic nutriţional.* 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

MIKKELSEN, D., WILLATTS, W.G.T., KNOX, J.P. (2006) Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science & Technology*, 17, p.97–104 DOI:10.1016/j.tifs.2005.10.008
MILOVANOVA, E.S., VERSHININA, O.L., DEREVENKO, V.V. et al. (2010) Vliyanie temperaturnykh rezhimov na funktsional'nye svoystva belkov semyan tykvy pri ekstruzionnoy obrabotke. *Khlebopek*, 2, p.34–36. (in Russian)
MILOVANOVA, E.S., VERSHININA, O.L., KUCHERYAVENKO, I.M. (2009) Ispol'zovanie belkovo-lipidnoy dobavki iz semyan tykvy v khlebopechenii. In: *Pishchevye tekhnologii i biotekhnologii: Sbornik tezisov i dokladov. X Mezhdunarodnoi konfeferntii molodykh uchenykh*, Kazan', p.85. (in Russian)
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
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
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
MIRONOVA, I.G., KOVBASA, V.N., KOBYLINSKAYA, E.V. (2000) Issledovanie vliyaniya dobavok-obogatiteley na protsess ekstruzii pri proizvodstve sukhikh zavtrakov povyshennoy pishchevoy tsennosti. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya*, 8, p.67–69 (in Russian)
MIRONOVA, N.G. (2000) Vliyanie konstruktivnykh osobennostey ekstruderov razlichnykh tipov na stepen' izmeneniya uglevodnogo kompleksa i mikrostruktury ekstrudatov. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya*, 9, p.66–69 (in Russian)
MIYUKI, A. (2008) Theories of nutrition education and promotion in Japan: enactment of the "Food Education Basic Law". *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 17(S1), p.180–184, https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18296332/
MÖLLER, J. (2009) Gravimetric Determination of Acid Detergent Fiber and Lignin in Feed: Interlaboratory Study. *Journal - Association of Official Analytical Chemists*, 92(1), pp. 74-90, DOI: 10.1093/jaoac/92.1.74
MUSAEVA, H.M., ISRIGOVA, T.A., SALMANOV, M.M. (2010) Khimicheskiy sostav i pishchevaya tsennost' dobavok iz semyan, kozhitsy, grebnya vinograda. *Khlebopechenie Rossii*, 6, p.12–14 (in Russian)
NECHAEV, A., TRAUTENBERG, S., KOCHETKOVA, A. et al. (2003) *Pishchevaya khimiya*. Saint Petersburg: GIORD, pp. 640 (in Russian)
NELSON, A. (2001) *High-fibre ingredients: Eagan Press Handbook Series.* St. Paul: Eagan Press, p.97
NELSON, D.L., COX, M.M. (2021) *Lehninger Principles of Biochemistry, Eighth Edition.* W.H. Freeman and Company, DOI:10.1007/978-3-662-08289-8
NICOLAEVA, D., PODOGOVA, M., SLUHINSCHI, S. (2004) Perspektivy tekhnologii proizvodstva productii na osnove ekstrudirovannykh komponentov. *Khranenie i pererabotka zerna*, 9(63), p.51–52 (in Russian)
NIKOLAEVA, D., STASYUK, S., YORGA, E. et al. (2005) Perspektivnye tekhnologii pererabotki zernobobovykh, soi i zernovykh na pishchevye produkty bystrogo prigotovleniya. In: *Sbornik dokladov. Conferența națională. Comunitățile rurale și renașterea satului*, Chișinău, p.29–33 (in Russian)
NISHIDA, C., NOCITO F. M. (2007) FAO/WHO Scientific Update on Carbohydrates in Human Nutrition: introduction. *European Journal of Clinic Nutrition*, 61 (Suppl 1), S1-S4.
NISTOR, I., POPESCU, I., VLAD, D. (2020) *Metode de uscare a materiilor prime secundare în industria alimentară: Tehnologii și aplicații.* București: Editura Tehnică

NORDSTROM, K., COFF, C., JONSSON, H. et al. (2013) Food and health: individual, cultural, or scientific matters? *Genes and Nutrition*, 8(4), p.357–363. doi: 10.1007/s12263-013-0336-8
NOSOV, A.G. (2015) Printsipy zdorovogo pitaniya kak sostavlyayushchaya zdorovogo obraza zhizni. *Balanced Diet, Nutritional Supplements and Biostimulants*, 1, p.111–114. (in Russian)
OLADIRAN, D.A., EMMAMBUX, M.N. (2018) Nutritional and functional properties of extruded cassava-soy composite with grape pomace. *Starch-Starke*, 70(7), 1700298 DOI:10.1002/star.201700298
OLIEIRA, D.P.L., BENTO, J.A.C. et al. (2021) Influence of extrusion conditions on the physical and nutritional properties of snacks from maize and pearl millet. Journal of Food Processing and Preservation, 45(60), DOI:10.1111/jfpp.15215
OPOPOL, N., OBREJA, G., CIOBANU, A. (2006) *Nutriția în sănătate a publică.* Chişinău: Bons Offices, p.180 https://igiena.usmf.md/sites/default/files/inline-files/Nutritia_in_Sanatatea_Publica.pdf
OSTRIKOV, A. (2007) Sovershestvovanie ekstruzionoy tekhnologii pishchevykh produktov. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya*, 12, p.32–34. (in Russian)
OSTRIKOV, A.N., MAGOMEDOV, G.O., DERKANOSOVA, N.M., et al. (2007) *Tekhnologiya ekstruzionnykh produktov.* Sankt-Peterburg, p.5–12, 72–80, 85–90. (in Russian)
OSTROFET, G. (2019) Grupe de produse alimentare. In: *Ghid de bune practici: Alimentație rațională, siguranța alimentelor și schimbarea comportamentului alimentar*. Chişinău, p.160 https://library.usmf.md/sites/default/files/2019-06/ghid_nutritie_romana_CIP_electronic.pdf
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/
PAKHOMOVA, O.N. (2011) Perspektivnost' ispol'zovaniya zhmykhov i shrotov maslichnykh kul'tur dlya povysheniya pishchevoy i biologicheskoy tsennosti produktov pitaniya. *Al'manakh „Nauchnye zapiski Orel GIET"*, 1(4), p.59–62. (in Russian)
PAKHOMOVA, O.N. (2014) *Razrabotka i ispol'zovanie funktsional'nogo pishchevogo obogatitelya iz zhmykha rapsovogo*. Ph.D. dissertation. Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy institut ekonomiki i torgovli, p.162. (in Russian) https://www.dissercat.com/content/razrabotka-i-ispolzovanie-funktsionalnogo-pishchevogo-obogatitelya-iz-zhmykha-rapsovogo
PASHCHENKO, L., ZHARKOVA, I., BULGAKOVA, N. et al. (2002) Biologicheski aktivnye dobavki v pitanii cheloveka. *Pishchevaya promyshlennost'*, 7, p.82–83. (in Russian)
PAVLINCIUC, M., ȘLEAGUN, G., **IUŞAN, L.,** et al. (2020) Compararea diferitor regimuri de uscare a perelor deshidratate prin osmoză, utilizând convecţia şi radiaţia infraroşie. In: *Realizări științifice în horticultură, oenologie și tehnologii alimentare. IȘPHTA – 110 ani de activitate*, Chișinău, pp.440–445, https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/190430
PERESICHNYY, M. and KRAVCHENKO, M. (2001) Lechebno-profilakticheskie pishchevye kompozitsii radiozashchitnogo deystviya. *Pishchevaya promyshlennost'*, 4, p.38. (in Russian)
PÉREZ-ESCAMILLA, R. (2017) Food Security and the 2015–2030 Sustainable Development Goals: From Human to Planetary Health. *Current Developments in Nutrition*, 1(7), e000513, doi: 10.3945/cdn.117.000513
PEREZ-ESCAMILLA, R. and KAC, G. (2013) Childhood obesity prevention: a life-course framework. *International Journal of Obesity Supplements*, 3(S1), S3-S5 doi: 10.1038/ijosup.2013.2.
PEREZ-ESCAMILLA, R. and SEGALL-CORREA, A.M. (2008) Food insecurity measurement and indicators. *Revista de Nutriçäo*, 21 Suppl, p.15–26. DOI:10.1590/S1415-52732008000500003
PEREZ-ESCAMILLA, R., LUTTER, C., RABADAN-DIEHL, C. et al. (2017) Prevention childhood obesity and food policies in Latin America: from research to practice. *Obesity Reviews*, p.97–104. DOI: 10.1111/obr.12574
PIETZAK, M. (2012) Celiac disease, wheat allergy and gluten sensitivity: when gluten free is not a fad. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 36(1 Suppl), p.68S–75S DOI: 10.1177/0148607111426276

PILAT, T. (2001) Osobennosti proizvodstva biologicheski aktivnykh dobavok k pishche. *Rynok BAD*, 1, p.210–215 (in Russian)
PIZZORNO, J.E. and MURRAY, M.T. (2020) *Textbook of Natural Medicine*, 5th ed., Churchill Livingstone
PLATOVA, L.G., KOCHETKOVA, A.A., NECHAEV, A.P. (2007) Pishchevye volokna v produktakh pitaniya. *Pishchevaya promyshlennost'*, 5, p.8–10 (in Russian)
POPEL, S., EPIFANOV*, P., **YUSHAN, L.** (2021) Factors affecting the quality of apple juice. In: *BIO Web of Conferences: Biologization of the Intensification Processes in Horticulture and Viticulture*. Krasnodar: EDP Sciences, Vol. 34, pp.1–6. DOI:10.1051/bioconf/20213406011
POPEL, S., **IUȘAN, L.,** DRAGANOVA, E., et al. (2022) Produse îmbogățite cu fibre alimentare pentru alimentație sănătoasă. *Pomicultura, Viticultura şi Vinificaţia*, 2(88), pp.55–66, DOI:10.53082/1857-3142.22.88.09
POPEL, S., **IUȘAN, L.,** PARSHAKOVA, L., et al. (2025) Îndulcitori alimentari: tipologie, reglementări și impactul asupra sănătății consumatorului. Pomicultura, Viticultura şi Vinificaţia, 1(93), pp.45–51 https://doi.org/10.53082/1857-3142.25.93.08
POPEL, S., **YUSHAN, L.,** DRAGANOVA, E. et al. (2024) The development of technology for combined food products. *Pomicultura, Viticultura şi Vinificaţia*, 2(92), pp.63–70, https://doi.org/10.53082/1857-3142.24.92.11
POPOV, S.V. and OVODOV, Y.S. (2013) Polypotency of the immunomodulatory effect of pectins. *Biochemistry (Mosc)*, 78(7), p.823–835. doi: 10.1134/S0006297913070134.
POTAPOV, V.A., YAKUSHENKO, E.N., ZHEREBKIN, M.V. (2013) Analysis of the drying methods and evaluation of the quality of dried grape pomace. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(11(66)), p.38 https://journals.uran.ua/eejet/article/view/19170/17021
QIU, C., HU, H., CHEN, B. et al. (2024) Research Progress on the Physicochemical Properties of Starch-Based Foods by Extrusion Processing. *Foods*, 13(22), pp. 3677 https://doi.org/10.3390/foods13223677
RAND, W.M., PELLETT, P.L., YOUNG, V.R. (2003) Meta-analysis of nitrogen balance studies for estimating protein requirements in healthy adults. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77, p.109–127. DOI: 10.1093/ajcn/77.1.109
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]
Recomandări pentru un regim alimentar sănătos și activitate fizică adecvată în instituțiile de învățământ din Republica Moldova (2016) Chișinău: Ministerul Sănătății al Republicii Moldova. Centrul Național de Sănătate Publică. Available at: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=125550&lang=ro [Accessed 15 June 2025]
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
RUDAS, P.G. (2007) Novye vidy ekstrudirovannykh produktov. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya*, 6, p.69–72 (in Russian)
RUDOMETKIN, A.S. (2001) Issledovanie reologicheskikh svoystv smesi grechikhi i soi kak ob'ekt ekstruzii. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya*, 12, p.32–34 (in Russian)
SACN Carbohydrates and Health Report. (2016) London. Available at: https://www.gov.uk/government/publications/sacn-carbohydrates-and-health-report [Accessed 28 September 2025]
SAIBIL, F. (1989) Diarrhea due to fiber overload. *New England Journal of Medicine*, 320 (9), p.599, doi: 10.1056/NEJM198903023200920.
SAMAȘCA, G. (2011) *Importanța determinării anticorpilor antitransglutaminază și antigliadină în boala celiacă la copil.* Ph.D. dissertation. Romania: Iuliu Hațieganu University of Medicine and Pharmacy, p.360.

SANDBERG, M., LUNDBERG, L., FERM, M. et al. (2003) Real Time PCR for the detection and discrimination of cereal contamination in gluten free foods. *European Food Research and Technology*, 217(4), p.344–349, DOI:10.1007/s00217-003-0758-4
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.
SĂVULESCU, A. and GEORGESCU, M. (2021) *Modele matematice în procesul de uscare al produselor alimentare*. Cluj-Napoca: Editura Universitară
SCHOBER, T.J. et al. (2008) Textural Comparisons of Gluten-Free and Wheat-Based Doughs, Batters, and Breads. *Cereal Chemistry*, 81 (5), p.567–575 DOI:10.1094/CCHEM.2004.81.5.567
SENDRA, E., FAYOS, P., LARIO, Y. et al. (2008) Incorporation of citrus fibres in fermented milk containing probiotic bacteria. *Food Microbiology*, 25 (1), p.13–21 doi: 10.1016/j.fm.2007.09.003.
SERAFINCEANU, C. (2021) *Nutriție clinică umană – Manual pentru studenți și rezidenți*. București: Editura Medicală.
SHAL"NOVA, G.T. (2001) Voprosy mikrobiologicheskoy bezopasnosti ekstrudirovannykh produktov. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya*, 6, p.21–22 (in Russian)
SHATNYUK, L. (2003) Obogashchenie molochnykh produktov mikronutrientami. *Pishchevaya promyshlennost'*, 3, p.10–17 (in Russian)
SHUBINA, O. and OKOLELOVA, Yu. (2000) Funktsional'nye dobavki v napitkakh. *Pishchevaya promyshlennost'*, 5, p.26–27. (in Russian)
SIMINIUC, R. (2011) Influența tratării hidrotermice asupra conținutului de substanțe tanante în boabele și crupele de soriz. *Meridian Ingineresc*, 2, p.48 https://www.utm.md/meridian/2011/MI_3_2011/8_Articol_Siminiuc_R.pdf
SIMINIUC, R. and ȚURCANU, L. (2020) Physico-Chemical and Nutritional Characteristics of Soriz Flour (Sorghum Oryzoidum). *Global Journal of Research on Engineering*, 21(1), pp.1–5, DOI: 10.34257/GJREJVOL21IS1PG1
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
SINGH, J., SRIVASTVA, A.N., SINGH, N. et al. et al. (2020) Stability Constants of Metal Complexes in Solution. In: *Stability Constants of Metal Complexes in Solution*. DOI:10.5772/intechopen.90183
SKENDERIDOU, I., LEONTOPOULOS, S., SKENDERIDIS, P. (2025) Functional food ingredients enhancing immune health. *International journal of molecular sciences*, 26(17):8408 doi: 10.3390/ijms26178408
SLAVIN, J. L. (2008) Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. *Journal of the American Dietetic Association*, 108 (10), p.1716–1731, doi: 10.1016/j.jada.2008.08.007.
SLEAGUN, G. and **IUSHAN, 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
SM EN ISO 4833-1 (2014) *Microbiologia lanţului alimentar. Metoda orizontală pentru enumerarea microorganismelor.* Partea 1: Tehnica de numărare a coloniilor la 30°C prin metoda turnării în plăci
SM EN ISO 4833-2 (2014) *Microbiologia lanţului alimentar. Metoda orizontală pentru enumerarea microorganismelor.* Partea 2: Tehnica de numărare a coloniilor la 30°C prin metoda însămînțării la suprafața plăcii
SM EN ISO 6887-6 (2014) *Microbiologia produselor alimentare și furajelor. Pregătirea probelor pentru analiză, a suspensiei inițiale și a diluțiilor decimale pentru examenul microbiologic*. Partea 6: Reguli specifice pentru probele prelevate în etapa de producție primară.
SM ISO 4831 (2010) *Microbiologia alimentelor și furajelor. Metoda orizontală pentru detectarea și enumerarea bacteriilor coliforme*

SM SR EN ISO 6887-1 (2011) *Microbiologia produselor alimentare și furajelor. Pregătirea probei pentru analiză, a suspensiei inițiale și diluțiilor decimale pentru examenul microbiologic*. Partea 1: Reguli generale
SM SR EN ISO 6887-4 (2014) *Microbiologia produselor alimentare și furajelor. Pregătirea probelor, a suspensiei inițiale și a diluțiilor decimale pentru examenul microbiologic*. Partea 4: Reguli specifice pentru pregătirea produselor, altele decât lapte, carne și pește
SM SR EN ISO 7218 (2014) *Microbiologia produselor alimentare și furajelor. Cerințe generale și ghid pentru examenele microbiologice*
SM SR ISO 21527-2 (2014) *Microbiologia produselor alimentare şi furajelor. Metodă orizontală pentru enumerarea drojdiilor şi mucegaiurilor*. Partea 2: Tehnica de numărare a coloniilor din produse cu activitatea apei ≤0,95
SM SR ISO 6540 (2012) *Porumb. Metoda de determinare a umidității (zdrobite și cereale integrale)*
SMITH, A.K. and CIRCLE, S.J. (1972) Chemical Composition of the Seed. *Soybeans: Chemistry and Technology*, Vol.1, Proteins, Westport: Avi Publishing, pp.61–92
SORICĂ, F.C.M. (2011) *Contribuții la studiul procesului de condiționare a cerealelor*. Ph.D. dissertation. Brașov: Transilvania University of Brașov
STEPHEN, A. M., CHAMP, M. M.–J., CLORAN, S. J. et al. (2017) Dietary fibre in Europe: current state of knowledge on definitions, sources, recommendations, intakes and relationships to health. *Nutrition Research Reviews*, 30(2), pp. 149-190 doi: 10.1017/S095442241700004X.
SUDHA, M.L. and LEELAVATHI, K. (2011) Effect of blends of dehydrated green pea flour and amaranth seed flour on the rheological, microstructure and pasta making quality. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 49 (6), p.713–720, doi: 10.1007/s13197-010-0213-z
ȘLEAGUN, G., **IUȘAN, L.,** CASTRAVEȚI, L. et al. (2024) *Procedeu de obţinere a snack-urilor structurate de fructe cu conținut ridicat de compuși polifenolici bioactive*. Cerere de brevet de invenție de scurtă durată MD nr.2575
ȘLEAGUN, G., IUȘAN, L., CUPCEA, T. (2022) Razrabotka i primenenie ball'noy shkaly dlya organolepticheskoy otsenki kachestva fruktovykh snekov. *Pomicultura, Viticultura şi Vinificaţia*, 1(87), pp.48–54. (in Russian), https://doi.org/10.53082/1857-3142.22.87.06
ȘLEAGUN, G., **IUȘAN, L.,** CUPCEA, T. *Procedeu de obţinere a snack-urilor structurate de fructe*. Brevet MD 1660. 2022 https://agepi.gov.md/sites/default/files/bopi/BOPI_01_2023.pdf
ȘLEAGUN, G., **IUȘAN, L.,** FIODOROV, S. et al. (2024) Aspecte teoretice ale tehnologiei de uscare a dovleacului. *Pomicultura, Viticultura şi Vinificaţia*, 1(91), pp.45–51 https://doi.org/10.53082/1857-3142.24.91.10
ȘLEAGUN, G., **IUȘAN, L.,** PAVLINCIUC, M. et al. (2021) Principiile moderne ale alimentației sănătoase în baza dezvoltării unui sortiment nou de produse alimentare. In: *Conferinţa naţională cu participare internaţională „Știința în nordul Republicii Moldova: probleme, realizări, perspective”* (ediția a cincea), Bălți, pp.179–185. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/142275
ȘLEAGUN, G., **IUȘAN, L.**, ZÎREANOVA, E. (2025) Revizuirea tendințelor în dezvoltarea snackurilor din fructe structurate cu proprietăți funcționale. *Akademos*, 1(76), pp.22–30, DOI:10.52673/18570461.25.1-76.03
TENG, X., LI, C., MUJUMDAR, A.S., ZHANG, M. (2022) Progress in extrusion-based food printing technology for enhanced printability and printing efficiency of typical personalized foods: A review. *Foods*, 11(24), pp.4111, https://doi.org/10.3390/foods11244111
TIKHOMIROVA, N. and BAKULINA, O. (2002) Pishchevye ingredienty: poleznoe i novoe. *Pishchevye ingredienty: syr'e i dobavki*, 1, p.56 (in Russian)
TKACHENKO, E.I. and USPENSKIY, Yu.P. (2006) *Pitanie, mikrobiotsenoz i intellekt cheloveka*. Saint Petersburg: SpetsLit, p.590 (in Russian)
TRAPPEY, E.J., KHOURYIEH, H., ARAMOUNI, F.M. (2015) Effect of sorghum flour composition and particle size on quality properties of gluten-free bread. *International Food Science and Technology*, 21(3), pp. 188-202, doi: 10.1177/1082013214523632

TUTEL"YAN, V. (2001) Biologicheski aktivnye dobavki k pishche v profilakticheskom i lechebnom pitanii. *Pervaya kraevaya, ezhekvartal'nyy meditsinskiy zhurnal*, 11, p.31–35 (in Russian)
TUTEL"YAN, V.A., SPIRICHEV, V.B., SUKHANOV, B.P. et al. (2002) *Mikronutrienty v pitanii zdorovogo i bol'nogo cheloveka*. Moscow: Kolos, p.424 (in Russian)
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) https://nzdr.ru/data/media/biblio/kolxoz/B/BH/Tutel'yan%20V.A.,%20i%20dr.%20Nauchnye%20osnovy%20zdorovogo%20pitaniya%20(Panorama,%202010)(ru)(ISBN%209785864722244)(839s)_BH_.pdf
UGOLEV, A.M. (1991) *Teoriya adekvatnogo pitaniya i trofologiya*. Moscow: Concept. https://kntu-tk.narod.ru/doc/ugolev.pdf
United Nations Official Document A/RES/70/1 (2015) https://docs.un.org/en/A/RES/70/1
URUBKOV, S., KHOVANSKAYA, S., SMIRNOV, S. Sravnitel"nyy analiz glikemicheskogo indeksa amaranta i drugikh produktov bez glyutena. *Tekhnika I Tekhnologiya Pishchevykh Proizvodstv*, 49(4) pp. 629-634 (in Russian) https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-629-634
USHKALOVA, E.V. (2001) Vzaimodeystvie lekarstvennykh sredstv s pishchevymi produktami. *Novaya apteka*, 12, p.17–20 (in Russian)
VALDO, F. (2011) *Il villo appiattito. Come vivere la celiachia*. Roma: Armando Editore
VALUYKO, G. (2001) *Tekhnologiya vinogradnykh vin*. Simferopol': Tavrida, p.624 (in Russian)
VANITHA, T. and KHAN, M. (2019) Role of pectin in food processing and food packaging. In: Masuelli, M.A. (ed.) *Pectins: extraction, purification, characterization and applications*. London: IntechOpen, DOI:10.5772/intechopen.83677
VASIL"EV, F.V., GLOTOVA, I.A., ANTIPOVA, L.V. (2002) K voprosu optimizatsii aminokislotnogo sostava polikomponentnykh produktov s ispol'zovaniem metodov vychislitel'noy matematiki. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya*, 2, p.58–61 (in Russian)
VASIL"EVA, T.V. (2003) Ekstruzionnye produkty. *Pishchevaya promyshlennost'*, 12, p.6–9 (in Russian)
VÂRBAN, D.I., MUNTEAN, L.S., CERNEA, S. et al. (2020) *Fitotehnie 3,* Cluj-Napoca: Bioflux
VERMA, A.K., SHARMA, B.D., BANERJEE, R. (2009) Quality characteristics and storage stability of low fat functional chicken nuggets with salt substitute blend and high fibre ingredients. *Fleischwirtsch Int*, 24(6), p.54–57 https://www.researchgate.net/publication/224960780_Quality_characteristics_and_storage_stability_of_low_fat_functional_chicken_nuggets_with_salt_substitute_blend_and_high_fibre_ingredients
VORSTER, H.H., MARGETTS, B.M., VENTER, C.S. et al. (2005) Integrated nutrition science: from theory to practice in South Africa. *Public Health Nutrition*, 8(6A), p.760-5, DOI: 10.1079/phn2005775
VYSOKOVA, A., KLOZOV, B., SUSLIKOV, A. et al. (2001) Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya biologicheski aktivnykh dobavok v proizvodstve pishchevykh produktov. In: *Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya „Khimiya prirodnykh soedineniy"*, Moscow: ARRKhTU, p.59–65 (in Russian)
WANG, J., MUJUMDAR, A.S., MU, W. et al. (2016) Grape Drying: Current Status and Future Trends.In: Morata, A. and Loira, I (ed.) *Grape and Wine Biotechnology*. London: IntechOpen, DOI: 10.5772/64662
WANG, R. et al. (2019) Pectin-based adsorbents for heavy metal ions: a review. *Trends in Food Science and Technology,* 91, pp. 319-329 https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.033
WHO/FAO/UNU Expert Consultation (2007) *Protein and amino acid requirements in human nutrition*. Geneva: WHO, p.1–265 Available at: https://www.sechenov.ru/upload/iblock/144/Belki-i-aminokisloty.pdf [Accessed 28 September 2025]

WHO/UNICEF (2003) *Global strategy for infant and young child feeding*. Geneva: WHO. Available at: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/42590/1/9241562218.pdf?ua=1 [Accessed 28 September 2025]
WILLATS, W.G., KNOX, J.P., MIKKELSEN, J.D. (2006) Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science and Technology***,** 17, p.97–104 DOI:10.1016/j.tifs.2005.10.008
WILLETT, W.C. and WILLETT, W.M. (2012) *Nutritional Epidemiology*. Oxford: Oxford University Press, pp. 552 https://global.oup.com/academic/product/nutritional-epidemiology-9780199754038?cc=md&lang=en&
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
YAMAGATA, N., TANACA, N., J. HAMACHIYO, Y. et al. (2001) *Foods for preventing vomiting*. Int. Cl. 7: A61K47/00; A61K38/00; A01N37/18; C07K1/00; C07K5/00. Patent USA, 6187334
YEOM, H.W. et al. (2016) Effects of Process and Storage Temperature on Browning Index, Furosine, and HMF of Aseptic Cold Break Tomato Paste. *Journal of Food Science and Engineering*, 6(5), p.237–244, DOI:10.17265/2159-5828/2016.05.001
YUSHAN, L.D. (2024) Study of polyphenols content in extruded mix. Scientific Study & Research - Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry, SCSCC6, 2024, Vol.XXV, 2, pp.223–229, https://doi.org/10.29081/ChIBA.2024.585
ZABODALOVA, L.A. (2015) Nauchnye osnovy sozdaniya produktov funktsional'nogo naznacheniya: Uchebno-metodicheskoe posobie. Saint Petersburg: Universitet ITMO; IKhiBT, p.86 (in Russian) https://books.ifmo.ru/file/pdf/1733.pdf
ZHAO, P. (2025) Recent Advances, Challenges, and Functional Applications of Protein Chemical Modification in Food Systems. *Foods*, 14(16), pp.2784 https://doi.org/10.3390/foods14162784
ZHAO, X., YANG, L., LI, Y. (2025) Analysis of Phenolic Metabolite Variations and Antioxidant Mechanisms in Foxtail Millet from Different Regions of Shanxi. *Food Science &* Nutrition, 13(8):e70778, doi: 10.1002/fsn3.70778
ZHARKOVA, I., MALYUTINA, T., AHTEMIROV, E. (2011) Netraditsionnoe rastitel'noe syr'e v tekhnologii keksov (Obezzhirennaya muka iz semyan tykvy, arbuza, shipovnika, l'na, vinograda i plodov rastoropshi). *Khleboprodukty*, 8, p.40–41 (in Russian)
ZHOLNIN, A.V. (2000*) Kompleksnye soedineniya*. Chelyabinsk, p.23 (in Russian)
ZOKAITYTĖ, E., LELĖ, V., STARKUTĖ, V. et al. (2021) The influence of combined extrusion and fermentation processes on the chemical and biosafety parameters of wheat bran. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 146, 111498 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643821006514

ANEXE

Anexa 1

Lista reactivilor chimice şi materialelor de laborator

Au fost utilizate o serie de reactivi chimici şi materiale de laborator prezentate în tab. A1.1 – A1.2.

Tabelul A1.1 Lista reactivilor chimice

Nr.	Denumire	Standard	Puritate	Producător
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	Acetat de plumb, $(CH_3COO)_2Pb$	ISO6353-2:1983	99 %	Sigma-Aldrich, Germania
2	Acetat de zinc, $ZnC_4H_6O_4$	ISO6353-2:1983	99 %	Sigma-Aldrich, Germania
3	Acetonă, C_3H_6O	ISO6353-2:1983	99 %	Sigma-Aldrich, Germania
4	Amylase		99 %	Cedrus SRL, R. Moldova
5	Acid acetic glacial, CH_3COOH	ISO6353-2:1983	90 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
6	Acid azotic, HNO_3	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
7	Acid clorhidric, HCl	ISO6353-2:1983	36.5-38.0%	Ecochimie SRL, R.Moldova
8	Acid galic, $C_7H_6O_5$	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
9	Alcool etilic tehnic, C_2H_5OH	ISO6353-2:1983	96 %	Ecochimie SRL,R.Moldova
10	Amidon	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
11	Acidcitric , $C_6H_8O_7$	ISO6353-2:1983	99 %	Sigma-Aldrich, Germania
12	Acidascorbic,$C_6H_8O_6$	ISO6353-2:1983	99 %	Sigma-Aldrich, Germania
13	Acetonitril, C_2H_3N	ISO6353-2:1983	98%	Merck,Germania
14	Acid sulfuric, H_2SO_4	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
15	Acid ortofosforic, H_3PO_4	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
16	Acid boric, H_3BO_3	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
17	Albastru de timol	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
18	Acril amidă	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
19	Azotat de potasiu KNO_3	ISO6353-2:1983	>95 %	Biochem,Franţa
20	Carbonat de sodiu, Na_2CO_3	ISO6353-2:1983	>95 %	Biochem,Franţa
21	Cloroform, $CHCl_3$	ISO6353-2:1983	99 %	Biochem,Franţa
22	Clorură de amoniu,NH_4Cl	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
23	Clorura de calciu, CaCl2	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
24	Citrat de amoniu, $C_8H_{11}O_7N$	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
25	Clorura de potasiu, KCl	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
26	Eter de petrol	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
27	Glucoza,$C_6H_{12}O_6$	ISO6353-2:1983	99 %	Sigma-Aldrich, Germania
28	Fenoftaleină	ISO6353-2:1983	99 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
29	Feling1($CuSO_4 \cdot 5H_20$)	ISO6353-2:1983	99 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
30	Feling2($KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$	ISO6353-2:1983	99 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
31	Alaundefieramoniacal($Fe(NH_4)(SO_4)_2 \cdot 12H_20$)	ISO6353-2:1983	99 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
32	Ferocianură de potasiu $K_4Fe(CN)_6*3H_2O$	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
33	Fructoza,$C_6H_{12}O_6$	ISO6353-2:1983	99 %	Sigma-Aldrich, Germania
34	Folin-Ciocalteu	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL,R.Moldova
35	DPPH (1,1-Difenil-2-picrilhidrazil-hidrat)	ISO6353-2:1983	>95 %	Sigma-Aldrich, Germania
36	Dihidrofosfatdepotasiu(KH_2PO_4)	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL,R.Moldova

Tabelul A1.1 (continuare)

1	2	3	4	5
37	Hexan, C_6H_{14}	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
38	Hidroxid de potasiu KOH	ISO6353-2:1983	99 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
39	Hidroxid de sodiu, NaOH,	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
40	Hidroxid de amoniu, NH_4OH	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
41	Iod tehnic, I_2	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
42	Iodură de potasiu, KI	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
43	Mediu Sabouraud	GOST 10444.1-84		Mic-Tan SRL, R. Moldova
44	Metiloranj	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
45	Nitrat de plumb, $Pb(NO_3)$	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
47	Nitrat de cadmiu, $Cd(NO_3)_2$	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
48	Oxid de calciu, CaO	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
49	Pepsină			ICN Nutritional Biochemicals
50	Permanganat de potasiu, $KMnO_4$,	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
51	Pirogalol	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
52	Piridoxină (Vitamina B6)	ISO6353-2:1983	>95 %	Sigma-Aldrich, Germania
53	Riboflavină (vitamina B2)	ISO6353-2:1983	>95 %	Sigma-Aldrich, Germania
54	Sulfat de cupru, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$,	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
55	Sulfat de sodiu, Na_2SO_4	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
56	Sulfat de zinc, $ZnSO_4$	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL,R.Moldova
57	Tartrat de sodiu și potasiu $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
58	Taurocolat de sodiu		>95 %	ICN Nutritional Biochemicals
59	Tiamină (Vitamina B1)	ISO6353-2:1983	>95 %	Sigma-Aldrich, Germania
60	Tiocianat de potasiu KCNS	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
61	Tiosulfat de sodiu, $Na_2S_2O_3$	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL,R.Moldova
62	Tripsină (extract pancreatic)			ICN Nutritional Biochemicals
63	Urotropin	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
64	Verde de brom cresol	ISO6353-2:1983	>95 %	Ecochimie SRL, R.Moldova
65	Quercetină	ISO6353-2:1983	>95%	Sigma-Aldrich,India
66	Zaharoza,$C_{12}H_{22}O_{11}$	ISO6353-2:1983	99 %	Sigma-Aldrich, Germania

Tabelul A1.2 Lista materialelor de laborator

	Aparate și Materiale	**Documentația normativă/producătorul**	**Ţara de origine**
1	Apă potabilă; H_2O	HG.651	R. Moldova
2	Bulion de carne cu agar (BCA)	GOST10444-84	R. Moldova
3	Baie de apă cu apă distilată	EcochimieSRL	R. Moldova
4	Balanță de laborator	EcochimieSRL	R. Moldova
5	Baloane de sticlă cu fund rotund și plat, cotate, rodate; Eprubetă; Pahar cilindric Berzelius, Pahar conic Erlenmeyer, gradat, din sticlă, Pâlnie de sticlă, Cutie, placă Petri; Refrigerator; Exsicator de laborator	EcochimieSRL	R. Moldova
6	Baghete de sticlă	EcochimieSRL	R. Moldova
7	Biuretă	EcochimieSRL	R. Moldova
8	Cilindru gradat (cu șlif și dop de sticlă)	EcochimieSRL	R. Moldova
9	Etuvă (dulap de uscare) de laborator	EcochimieSRL	R. Moldova
10	Fiolă de aluminiu cu capac	EcochimieSRL	R. Moldova
11	Hârtie de filtru	EcochimieSRL	R. Moldova
12	Mojar cu pistil, creuzete de evaporare din porțelan	EcochimieSRL	R. Moldova
13	Nisip	EcochimieSRL	R. Moldova
14	Pipete volumetrice, gradate	EcochimieSRL	R. Moldova
15	Plită electrică de laborator	EcochimieSRL	R. Moldova
16	Pompă	EcochimieSRL	R. Moldova
17	Sită	EcochimieSRL	R. Moldova
18	Termometru de laborator	EcochimieSRL	R. Moldova
19	Tifon medicinal	EcochimieSRL	R. Moldova
20	Vată medicinală higroscopică	EcochimieSRL	R. Moldova

Anexa 2

Metodă de modelare matematică pe baza ecuațiilor de regresie de ordinul II

Pentru a stabili influența temperaturii, duratei și vitezei fluxului de aer asupra diminuării umidității în procesul de uscare a tescovinelor din mere, struguri și tomate a fost elaborat un model matematic pe baza ecuațiilor polinomiale de ordinul II.

Au fost planificate experienţe unde fiecărui factor de influenţă (temperatură, durată, viteza aerului) s-a atribuit două nivele de variaţie: *superior,* x_{sup} şi *inferior,* x_{inf}*.* Aceste nivele se aleg la distanţă egală faţă de *nivelul central,* x_0 al factorului de influenţă, numit şi *nivel de bază* sau *nivel zero*. Nivelul zero reprezintă valoarea factorilor de influenţă în jurul cărora s-a efectuat modelarea experimentală. Intervalul cuprins de valorile inferioare şi superioare ale factorilor de influenţă defineşte *domeniul experimental.* Toţi factorii de influenţă pot lua valori în acest interval de variaţie ales. S-a elaborat matricea cu parametrii variabili: *temperatură, durată, viteza aerului* pentru tescovina din mere, respectiv *temperatură* și *durată* pentru tescovina din struguri. S-a selectat valorile minime, de centru şi maxime din setul de valori înregistrate a procesului de uscare, a vedea tab. A2.1 și A2.2.

Tabelul A2.1 Matricea valorilor factorilor de influenţă la uscarea tescovinei din mere

Factor de intrare în modelul matematic	Codificare	Min. (-)	Centru	Max. (+)
Temperatura,	X_1	65	75	85
Durata procesului de uscare, min.	X_2	60	120	180
Viteza fluxului de aer	X_3	2	3	4

Tabelul A2.2 Matricea valorilor factorilor de influenţă la uscarea tescovinei din struguri

Factor de intrare în modelul matematic	Codificare	Min. (-)	Centru	Max. (+)
Temperatura,	X_1	55	65	75
Durata procesului de uscare, min.	X_2	120	240	360

La alcătuirea modelului matematic sub forma unui polinom de gradul doi, numărul nivelurilor factorilor nu poate fi limitat la doi. În acest sens,s-a creat un model 2^k cu anumite puncte ale spaţiului factorial. Rezultă astfel:

$$N = N_c + N_\alpha + N_0 \qquad (2.1)$$

unde: N - numărul total al determinărilor; N_c - numărul determinărilor de pe “sferă”;

N_α - numărul de puncte “stea“; N_0 - numărul de puncte în centru.

Planificarea experimentului central compus prevede completarea matricei de baza 2^k, cu un număr de experienţe (N_α = 3k, pentru 3 factori de intrare α = 1,73; N_α = 2k, pentru 2 factori de intrareα = 1,41), în timp ce ceilalţi factori se află la nivelul de bază, şi cu N_0 experienţe în centrul experimentului.

În aceste condiţii numărul total de experienţe este:

$$N = 2^k + 2\,k + N_0 \quad (2.2)$$

S-a convenit de elaborat matricea central compusă, astfel pentru experimentul cu 3 factori au fost stabilite 15 experienţe, iar pentru experimentul cu 2 factori – 8 experienţe.

Iniţial, s-au calculat coordonatele naturale ale centrului planului (nivelul zero x_i^0) şi intervalele de variaţie Δx_i cu ajutorul relaţiilor 2.3 şi 2.4:

$$x_i^0 = \frac{x_i^s + x_i^i}{2} \quad (2.3)$$

$$\Delta x_i = \frac{x_i^s - x_i^i}{2} \quad (2.4)$$

Codificarea factorilor s-a efectuat conform formulei 2.5:

$$x_i = \frac{x_i - x_i^0}{\Delta x_i} \quad (2.5)$$

$$\Delta x_i = \frac{x - x_i^0}{\alpha} \quad (2.6)$$

Pentru completarea matriciei cu experienţe este nevoie de calculul punctelor (+α şi -α), ce se înmulţesc la coeficientul +1,73 și -1,73 (experiment cu 3 factori), respectiv +1,414 şi -1,414, (experiment cu 2 factori) conform formulei 2.6. Pentru fiecare experienţă se obţine o valoare măsurată a factorului de răspuns y (umiditatea tescovinei).

Conform formulelor 2.7-2.9, s-a calculat dispersiilela periferii S_1^2 şi în centrul planului S_2^2:

$$S_0^2 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(y_j - \bar{y}_j)^2 \quad (2.7)$$

$$S_{ad}^2 = \frac{m_2}{m_3}\sum_{j=1}^{n}(y_{rec} - \bar{y}_j)^2 \quad (2.8)$$

n- numărul de experienţe, m_1 și m_2 – grade de libertate (2.9)

Veridicitatea datelor experimentale s-a determinat în baza criteriului Fisher, calculat conform formulei 2.10 :

$$F_{calculat} = \frac{S_{ad}^2}{S_0^2} \quad (2.10)$$

modelul matematic este veridic dacă este respectată condiţia $F_{calculat} < F_{tabelar}$

Tabelul A2.3 Parametrii de calcul al veridicității pentru modelul matematic la uscarea tescovinei din mere

№. exp.	T, °C	t, min	v, m/s	y_1	y_2	y_m	σ^2	y_r	y_m-y_r	$(y_m-y_r)^2$
1	65	60	2,0	226,00	227,00	226,50	0,50	225,50	1,00	1,00
2	85	60	2,0	171,00	169,00	170,0	2,00	169,20	0,80	0,64
3	65	180	2,0	36,00	36,70	36,35	0,25	36,00	0,35	0,12
4	85	180	2,0	5,00	5,40	5,20	0,08	4,80	0,40	0,16
5	65	60	4,0	143,00	144,40	143,70	0,98	143,00	0,70	0,49
6	85	60	4,0	118,00	120,00	119,00	2,00	119,80	-0,80	0,64
7	65	180	4,0	10,80	11,20	11,00	0,08	10,50	0,50	0,25
8	85	180	4,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	63	120	3,0	101,80	102,80	102,30	0,50	101,50	0,80	0,64
10	87	120	3,0	25,00	25,80	25,40	0,32	25,00	0,40	0,16
11	75	48	3,0	228,00	226,00	227,00	2,00	226,00	1,00	1,00
12	75	192	3,0	13,00	13,90	13,45	0,41	13,00	0,45	0,20
13	75	120	1,8	98,00	99,20	98,60	0,72	98,00	0,60	0,36
14	75	120	4,2	27,30	26,70	27,00	0,18	26,50	0,50	0,25
15	75	120	3,0	83,50	82,50	83,00	0,50	82,20	0,80	0,64
										6,55
	S_0^2	0,7000		$F_{calculat}$	2,3388		$F_{tabelar}$	2,6400		
	S_0	0,8370								
	S_{ad}^2	0,6387		$F_{calculat} < F_{tabelar}$, → modelul matematic este veridic						

Tabelul A2.4 Parametrii de calcul al veridicității pentru modelul matematic la uscarea tescovinei din struguri cu utilizarea 100% unde infraroșii

№. exp.	T, °C	τ, min	y_1	y_2	y_m	σ^2	y_r	y_m-y_r	$(y_m-y_r)^2$
1	55	120	83,50	82,50	83,00	0,5000	82,00	1,00	1,0000
2	75	120	58,00	58,80	58,40	0,3200	58,00	0,40	0,1600
3	55	360	25,30	26,00	25,65	0,2450	25,30	0,35	0,1225
4	75	360	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,0000
5	46	240	56,00	55,00	55,50	0,5000	55,00	0,50	0,2500
6	84	240	7,00	8,00	7,50	0,5000	7,20	0,30	0,0900
7	65	72	89,60	90,40	90,00	0,3200	90,40	-0,40	0,1600
8	65	408	12,30	11,90	12,10	0,0800	11,80	0,30	0,0900
9	65	240	31,00	31,30	31,15	0,0450	31,00	0,15	0,0225
									1,8950
	S_0^2	0,2788		$F_{calculat}$	2,2649		$F_{tabelar}$	3,8400	
	S_0	0,5280							
	S_{ad}^2	0,6316		$F_{calculat} < F_{tabelar}$, → modelul matematic este veridic					

Tabelul A2.5 Parametrii de calcul ai veridicității modelului matematic al procesului de uscare a tescovinei de struguri utilizând 67% unde infraroșii

№. exp.	T, °C	τ, min	y_1	y_2	y_m	σ^2	y_r	y_m-y_r	$(y_m-y_r)^2$
1	55	120	89,30	88,30	88,80	0,5000	88,00	0,80	0,6400
2	75	120	67,60	68,40	68,00	0,3200	67,50	0,50	0,2500
3	55	360	35,50	35,90	35,70	0,0800	35,20	0,50	0,2500
4	75	360	12,00	12,40	12,20	0,0800	12,00	0,20	0,0400
5	46	240	68,00	69,00	68,50	0,5000	68,10	0,40	0,1600
6	84	240	12,20	11,80	12,00	0,0800	11,80	0,20	0,0400
7	65	72	97,00	96,00	96,50	0,5000	95,50	1,00	1,0000
8	65	408	17,80	18,20	18,00	0,0800	17,70	0,30	0,0900
9	65	240	38,30	38,90	38,60	0,1800	38,30	0,30	0,0900
									2,5600
	S_0^2	0,2577		$F_{calculat}$	3,3103		$F_{tabelar}$	3,8400	
	S_0	0,5077							
	S_{ad}^2	0,8533		$F_{calculat} < F_{tabelar}$, → modelul matematic este veridic					

Tabelul A2.6 Parametrii de calcul al veridicității pentru modelul matematic la uscarea tescovinei din struguri prin convecție

№. exp.	T, °C	τ, min	y_1	y_2	y_m	σ^2	y_r	y_m-y_r	$(y_m-y_r)^2$
1	55	120	98,00	96,00	97,00	2,0000	96,00	1,00	1,0000
2	75	120	73,70	74,50	74,10	0,3200	73,40	0,70	0,4900
3	55	360	47,40	46,60	47,00	0,3200	46,50	0,50	0,2500
4	75	360	15,10	15,50	15,30	0,0800	15,80	-0,50	0,2500
5	46	240	76,00	77,00	76,50	0,5000	75,50	1,00	1,0000
6	84	240	15,40	15,80	15,60	0,0800	15,10	0,50	0,2500
7	65	72	97,80	98,80	98,30	0,5000	99,20	-0,90	0,8100
8	65	408	20,10	20,50	20,30	0,0800	20,80	-0,50	0,2500
9	65	240	46,50	45,90	46,20	0,1800	46,70	-0,50	0,2500
									4,5500
	S_0^2	0,4511		$F_{calculat}$	3,3620		$F_{tabelar}$	3,8400	
	S_0	0,6716							
	S_{ad}^2	1,5166		$F_{calculat} < F_{tabelar}$, → modelul matematic este veridic					

Anexa 3

A P R O B

Director general

IP IŞPHTA, dr. hab

_____ C. Dadu

"29" octomb 2021

PROCES – VERBAL nr.1

privind

fabricarea lotului experimental

a noilor produse extrudate în baza materiei prime cerealiere şi deşeurilor industriei conservelor din fructe şi legume

25.10.21-27.10.21 **or. Chişinău**

Noi, subsemnaţii, cercetărorii ştiinţifici: L. Iuşan, G. Terentieva, L.Cojucari, directorul SRL "Policom-Prim", S. Sluhinschii am întocmit acest document, precum că în data de 25.10.21-27.10.21 a fost fabricat lotul experimental de produse extrudate în baza materiei prime cerealiere şi deşeurilor industriei conservelor din fructe şi legume

Experimentul a fost efectuat la întreprinderea SRL "Policom-Prim", la extruderul pilot E–150.

Materia primă utilizată:

- Tescovină de mere, cu umiditatea 6.2%
- Tescovină de tomate, cu umiditatea 7,1 %;
- Tescovină de struguri :Sauvignon, cu umiditatea 6,8 %;
- Tescovină de struguri :Codrinschii, cu umiditatea 6,6 %;
- Porumb soi 394, cu umiditatea 14 %.

Pentru obţinerea noilor produse extrudate în baza materiei prime cerealiere şi deşeurilor industriei conservelor din fructe şi legume au fost selectate următoarele amestecuri:

1.Crupe de porumb soi 394, 100%;
2. Crupe de porumb soi 394, 90% şi 80% –10% şi 20% pulbere de tescovină de mere;
3. Crupe de porumb soi 394, 95% şi 85%– 5% şi 15% pulbere de tescovină de tomate;
4. Crupe de porumb soi 394, 90% şi 80% – 10% şi 20% pulbere de tescovină de struguri :Sauvignon;
5. Crupe de porumb soi 394, 90% şi 80% – 10% şi 20% pulbere de tescovină de struguri:Codrinschii.
6. Crupe de porumb soi 394, 98,80%+1,20% acid citric;
7. Crupe de porumb soi 394, 79,2% + 20% pulbere de tescovină de mere+0,80% acid citric

Reţetele a noilor produse extrudate în baza materiei prime cerealiere şi deşeurilor industriei conservelor din fructe şi legume fabricate în condiţii industriale sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Rețetele a noilor produse extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor din fructe și legume (condiții industriale)

N/o	Denumirea materiei prime	Rețete										
		Nr.1	Nr.2	Nr.3	Nr.4	Nr.5	Nr.6	Nr.7	Nr.8	Nr.9	Nr.10	Nr.11
1.	Crupe de porumb soi 394	100	90	80	95	85	90	80	90	80	98,80	79,2
2.	Pulbere de tescovină de mere	-	10	20	-	-	-	-	-	-	-	20,0
3.	Pulbere de tescovină de tomate	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-
4.	Pulbere de tescovină de struguri: Sauvignon	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-
5.	Pulbere de tescovină de struguri Codrinschii	-	-	-	-	-	-	-	10	20	-	-
6.	Acid citric	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,20	0,80

Umiditatea materiei prime joacă un rol important în stabilirea parametrilor tehnologici de obținere a produselor extrudate.

Pentru fabricarea produselor extrudate cu o structură poroasă sporită, umiditatea amestecurilor costituie 15-16 % în dependență de materia primă utilizată.

În tabelul 2 sunt prezentați parametrii tehnologici de fabricare a produselor extrudate în baza materiei prime vegetale autohtone și materiei prime secundare cerealiere.

Tabelul 2. Indicii procesului tehnologic de fabricare a produse extrudate în baza materiei prime cerealiere și deșeurilor industriei conservelor din fructe și legume

Nr. d/o	Denumirea materiei prime	Temperatura, °C	Presiunea, atm.	Timpul, sec.	Umiditatea amestecului, %
1	2	3	4	5	6
1	Crupe de porumb soi 394 + 10% pulbere de tescovină de mere	100-110	25-27	15-18	15,3
2	Crupe de porumb soi 394 + 20% pulbere de tescovină de mere	110-115	26-30	14-16	15,6
3	Crupe de porumb soi 394 + 5% pulbere de tescovină de tomate	90-100	24-26	13-16	15,7
4	Crupe de porumb soi 394 + 15% pulbere de tescovină de tomate	100-105	25-27	15-17	15,1
5	Crupe de porumb soi 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri : Sauvignon	95-105	25-27	16-18	15,4
6	Crupe de porumb soi 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri : Sauvignon	110-120	28-30	17-20	15,6

1	2	3	4	5	6
7	Crupe de porumb soi 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri: Codrinschii	100-110	26-28	15-18	15,8
8	Crupe de porumb soi 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri: Codrinschii	105-115	27-30	17-20	15,7
9	Crupe de porumb soi 394	90-100	25-27	16-18	15,3
10	Crupe de porumb soi 394 + 3% acid citric	95-110	26-28	15-17	
11	Crupe de porumb soi 394 + 20% pulbere de tescovină de mere+3% acid citric	115-120	26-28	15-17	

La producerea lotului experimental s-a utilizat cîte 5 kg de fiecare amestec. Prealabil, extruderul a fost încălzit pînă la temperatura 140-150°C.

Din datele tabelului 2, rezultă că temperatura de prelucrare a materiei prime în extruder este variată, de la 90-120°C, este necesar să accentuăm că temperatura procesului de extrudare se mărește direct proporțional cu mărirea cantității deșeurilor în amestec. Timpul de fabricare a produselor extrudate constituie de la 13-20 sec. În dependență de compoziția amestecului, presiunea a constituit 24-30 atm.

Produs extrudat crupe de porumb soi 394 + 10% pulbere de tescovină de mere a fost obținut sub forma unor filamente expandate cu lungimea de 3,00-4,00 cm, cu o structură poroasă, de culoare cafenie deschisă cu miros de mere slab perceptabil.

Produs extrudat din crupe de porumb soi 394 + 20% pulbere de tescovină de mere a fost obținut sub forma unor filamente cu lungimea de 3,00-4,00 cm, cu o structură poroasă, de culoare cafenie cu miros intens de mere.

Produs extrudat din crupe de porumb soi 394 + 5% pulbere de tescovină de tomate a fost obținut sub forma unor filamente cu lungimea de 2,00-3,00 cm, cu o structură poroasă, de culoare oranj-deschisă cu miros de tomate slab perceptabil.

Produs extrudat din crupe de porumb soi 394 + 15% pulbere de tescovină de tomate a fost obținut sub forma unor filamente expandate cu lungimea de 2,00-3,00 cm, cu o structură poroasă, de culoare oranj cu miros intens de tomate.

Produs extrudat din crupe de porumb soi 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri : Sauvignon a fost obținut sub forma unor filamente expandate cu lungimea de 1,00-1,50 cm, cu o structură poroasă, de culoare sur deschis cu miros caracteristic soiului de struguri Sauvignon slab perceptabil.

Produs extrudat din crupe de porumb soi 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri : Sauvignon a fost obținut sub forma unor filamente expandate cu lungimea de 1,00-1,5, cm, cu o structură poroasă, de culoare sur-închisă, cu miros intens caracteristic soiului de struguri Sauvignon.

Produs extrudat din crupe de porumb soi 394 + 10% pulbere de tescovină de struguri: Codrinschii a fost obținut sub forma unor particule expandate, cu lungimea de 2,00-3,00 cm cu o structură poroasă, de culoare violetă, cu miros caracteristic soiului de struguri Codrinschii slab perceptabil.

Produs extrudat din crupe de porumb soi 394 + 20% pulbere de tescovină de struguri: Codrinschii a fost obţinut sub sub forma unor particule expandate, cu lungimea de 2,00-3,00 cm, cu o structură poroasă, de culoare violet-închisă, cu miros intens specific soiului de struguri Codrinschii.

Produs extrudat din crupe de porumb soi 394 a fost obţinut sub forma unor filamente expandate cu lungimea de 3,00-4,00 cm, cu o structură poroasă, cu nuanţă galben deschis cu miros specific materiei prime.

Produs extrudat din crupe de porumb soi 394 +3% acid citric a fost obţinut sub forma unor filamente expandate cu lungimea de 1,5-2,00 cm, cu o structură poroasă, cu nuanţă galben deschis cu miros specific materiei prime.

Produs extrudat din crupe de porumb soi 394 + 20% pulbere de tescovină de mere+3% acid citric a fost obţinut sub forma unor filamente cu lungimea de 1,00-1,50 cm, cu o structură poroasă medie, de culoare cafenie cu miros intens de mere.

Produsele obţinute au fost răcite pînă la temperatura 18-20°C, apoi au fost ambalate în saci de polietilenă şi ermetic închise.

Mostrele tuturor tipurilor de extrudate au fost puse la păstrare şi prin urmare, vor fi determinaţi indicii calităţii, microbiologici, pentru determinarea termenilor de valabilitate.

Directorul întreprinderii
SRL "Policom-Prim"

S. Sluhinschii

Laboratorul Tehnologia
Produselor Alimentare
Şef laborator

dr. L.Iuşan

Cercetători ştiinţifici:

G. Terentieva

L.Cojucari

Anexa 4

S.R.L. „BIOCOM”

STANDARD DE FIRMĂ **SF 20146906-001:2022**

Produse extrudate de tip snack din cereale

APROB
Director **S.R.L. „Biocom”**

_____Doroftei V.
“ 23 ” iunie 2022

ELABORAT:
Institutul Ştiinţifico-Practic de Horticultură şi Tehnologii Alimentare

Şef laborator, dr. conf. cercetator
_____ L. Iuşan
« 07 » iunie 2022
Cercetator ştiinţific
_____ M.Carelina
« 07 » iunie 2022
Cercetator ştiinţific
_____ G. Terentieva
« 07 » iunie 2022

Anexa 5

S.R.L. „BIOCOM”

INSTRUCŢIUNEA TEHNOLOGICĂ IT 20146906-001:2022

Produse extrudate de tip snack din cereale

APROB
Director S.R.L. „Biocom”
_____ Doroftei V.
“23” iunie 2022

ELABORAT:
Institutul Ştiinţifico-Practic de Horticultură şi Tehnologii Alimentare

Sef laborator, dr. conf. cercetator
_____ L. Iuşan
«07» iunie 2022
Cercetator ştiinţific
_____ M.Carelina
«07» iunie 2022
Cercetator ştiinţific
_____ G. Terentieva
«07» iunie 2022

Anexa 6

APROB
Director general
IP ISPHTA, dr. hab
C. Dadu
"15" martie 2021

PROCES – VERBAL
privind
fabricarea lotului experimental
a noilor produse extrudate în baza materiei prime vegetale autohtone şi materiei prime secundare cerealiere

10.03.21-11.03.21 **or. Chişinău**

Noi, subsemnaţii, cercetărorii ştiinţifici: L. Iuşan, G. Terentieva, L.Cojucari, directorul SRL "Policom-Prim", S. Sluhinschii am întocmit acest document, precum că în data de 10.03.21-11.03.21 a fost fabricat lotul experimental de produse extrudate în baza materiei prime vegetale autohtone şi materiei prime secundare cerealiere.

Experimentul a fost efectuat la întreprinderea SRL "Policom-Prim", la extruderul pilot E–150.

Materia primă utilizată:

- Tărîţă de grîu, cu umiditatea 13%
- Tărîţă de porumb, cu umiditatea 7 %;
- Crupă de porumb, cu umiditatea 14 %;
- Făină de porumb, cu umiditatea 14 %;
- Hrişcă, cu umiditatea 11,16% (decorticate în condiţii industriale).

Pentru obţinerea produsului cu conţinut sporit de fibre alimentare (maxim 3g la 100 kcal produs) şi au fost selectate următoarele amestecuri:

1. Tărîţe de grîu;
2. Tărîţe de grîu –crupă de porumb soi 394;
3. Tărîţe de grîu –făină de porumb soi 394;
4. Tărîţe de grîu –hrişcă;
5. Tărîţe de grîu –tărîţe de porumb;
6. Tărîţe de porumb–făină de porumb soi 394;
7. Tărîţe de porumb –hrişcă.

Reţetele noilor produse extrudate în baza materiei prime vegetale autohtone şi materiei prime secundare cerealiere fabricate în condiţii industriale sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Reţetele noilor produse extrudate în baza materiei prime vegetale autohtone şi materiei prime secundare cerealiere (condiţii industriale)

Nr. d/o	Denumirea materiei prime	Umiditatea materiei prime, %	1	2	3	4	5	6	7
1	Tărîţe de grîu	13,00	100	70	70	80	50	-	-
2	Tărîţe de porumb	7,00	-	-	-	-	50	100	80
3	Făină de porumb soi 394	14,00	-	-	30	-	-	-	-
4	Crupă de porumb soi 394	14,00	-	30	-	-	-	-	-
5	Hrişcă	11,16	-	-	-	20	-	-	20

Umiditatea materiei prime joacă un rol important în stabilirea parametrilor tehnologici de obţinere a produselor extrudate.

Pentru fabricarea produselor extrudate cu o structură poroasă sporită, umiditatea amestecurilor constituie 13,96-15,20 % în dependenţă de materia primă utilizată.

În tabelul 2 sunt prezentaţi parametrii tehnologici de fabricare a produselor extrudate în baza materiei prime vegetale autohtone şi materiei prime secundare cerealiere.

Tabelul 2. Indicii procesului tehnologic de fabricare a produselor extrudate în baza materiei prime vegetale autohtone şi materiei prime secundare cerealiere

Nr. d/o	Denumirea materiei prime	Temperatura, °C	Presiunea, atm.	Timpul, sec.	Umiditatea amestecului, %
1	Tărîţe de grîu	124	25-27	18-23	14,84
2	Tărîţe de grîu –crupă de porumb soi 394	122	25-27	20-25	14,86
3	Tărîţe de grîu –făină de porumb soi 394	120	25-27	20-25	15,20
4	Tărîţe de grîu –hrişcă	125	25-30	23-30	14,45
5	Tărîţe de porumb - tărîţe de grîu	120	25-30	20-25	13,96
6	Tărîţe de porumb	115	25-30	25-30	13,97
7	Tărîţe de porumb –hrişcă	117	25-30	25-30	14,32

La producerea lotului experimental s-a utilizat cîte 5 kg de fiecare amestec. Prealabil, extruderul a fost încălzit pînă la temperatura 140-150°C.

Din datele tabelului 2, rezultă că temperatura de prelucrare a materiei prime este variată, pentru amestecurile cu conţinut de tărîţe de grîu constituie 120-124°C, pentru amestecurile cu conţinut de porumb, temeratura constituie de la 115°C pînă la 120°C, timpul tratării amestecurilor a alcătuit 23-30 sec, în dependenţă de compoziţia amestecului, presiunea a constituit 25-30 atm.

Produs extrudat din tărîţe de grîu a fost obţinut sub forma unor filamente expandate cu lungimea de 2-3 cm, cu o structură poroasă, de culoare cafenie cu incluziuni închise.

Produs extrudat din tărîţe de grîu–crupă de porumb soi 394 a fost obţinut sub forma unor filamente cu lungimea de 2-3 cm şi pernuţe expandate, cu o structură poroasă, de culoare cafenie-deschisă cu incluziuni deschise.

Produs extrudat din tărîţe de grîu–făină de porumb soi 394 a fost obţinut sub forma unor filamente cu lungimea de 2-3 cm şi pernuţe expandate, cu o structură poroasă, de culoare cafenie-deschisă cu incluziuni deschise.

Produs extrudat din tărîţe de grîu-hrişcă a fost obţinut sub forma unor filamente expandate cu lungimea de 2-3 cm, cu o structură poroasă, de culoare cafenie.

Produs extrudat din tărîţe de porumb -tărîţe de grîu a fost obţinut sub forma unor petale expandate cu lungimea de 1-2 cm, cu o structură poroasă, de culoare cafenie cu nuanţă oranj.

Produs extrudat din tărîţe de porumb a fost obţinut sub forma unor bile expandate, cu o structură poroasă, de culoare maro.

Produs extrudat din tărîţe de porumb–hrişcă a fost obţinut sub forma unor bile expandate, cu o structură poroasă, de culoare maro-bej.

Produsele obţinute au fost răcite pînă la temperatura 18-20°C, apoi au fost ambalate în saci de polietilenă şi ermetic închise.

Mostrele tuturor tipurilor de extrudate au fost puse la păstrare şi prin urmare, vor fi determinaţi indicii calităţii, microbiologici, pentru determinarea termenilor de valabilitate.

Directorul întreprinderii
SRL "Policom-Prim"

_____S. Sluhinschii

Laboratorul Tehnologia
Produselor Alimentare
Şef laborator

_____ dr. L.Iuşan

Cercetători ştiinţifici:

_____ G. Terentieva

_____ L.Cojucari

Anexa 7

APROB
Director general
IP ISPHTA, dr. hab
_____ C. Dadu
"_9_" _iunie_ 2021

PROCES – VERBAL
privind aprobarea regimurilor tehnologice
şi fabricarea lotului experimental
de produse extrudate din soriz

03.06.21 or. Chişinău

Noi, subsemnaţii, şeful laboratorului "Tehnologia Produselor Alimentare", dr.L. Iuşan, cercetărorii ştiinţifici: G. Terentieva, V. Gordeeva, directorul SRL "Policom-Prim", S. Sluhinschii am întocmit acest document, precum că în data de 03.06.2021 a fost fabricat lotul experimental de produse extrudate din soriz.

Experimentul a fost efectual la întreprinderea SRL "Policom-Prim", la extruderul pilot – 150.

Materia primă utilizată: soriz, hrişcă, porumb (două soiuri), năut.

Cerealele de porumb şi năut în prealabil au fost mărunţite pînă 3,00-4,00 mm.

Boabele de porumb utilizate nu erau decorticate de germeni.

Boabele de soriz s-au utilizat mărunţite, diametrul boabelor constituind 2,50-3,00 mm.

Boabele de hrişcă şi năut au fost prelucrate în condiţii industriale (fabrica de cereale).

Pentru determinarea parametrilor tehnologici de fabricare a produselor extrudate din soriz, au fost elaborate amestecuri complexe (Tabelul 1).

Tabelul 1.Amestecurile complexe din cereale

Nr. d/o	Denumirea materiei prime	Umiditatea materiei prime, %	Amestecuri complexe						
			1	2	3	4	5	6	7
1	Porumb soi 458	11,22	-	30	-	-	-	-	-
2	Porumb soi 394	10,93	-	-	30	-	-	-	-
3	Hrişcă	11,16	-	-	-	20	-	-	-
4	Năut	12,60	-	-	-	-	20	-	-
5	Soriz (14%)	10,53	70	70	70	80	80	100	-
6	Soriz (17%)	-	-	-	-	-	-	-	100

De fiecare amestec a fost luat a cîte 10 kg.

Amestecurile au fost amestecate cu apă pînă la umiditatea 14,00-17,00%, în dependenţă de tipul materiei prime şi timp de 24 ore în ambalaj ermetic. Înainte de procesul de extrudare utilajul a fost încălzit pînă la temperatura 130-140°C.

Tabelul 2.Indicii procesului tehnologic de fabricare a produselor extrudate

Numarul amestecurilor	Temperatura, °C	Presiunea, atm.	Timpul, sec.	Umiditatea amestecului
1	140	25-27	18-23	15,92
2	139	25-27	20-25	15,51
3	139	25-27	20-25	15,46
4	143	25-30	23-30	16,20
5	141	25-30	20-25	16,49
6	143	25-30	25-30	13,51
7	154	25-30	25-30	15,73

Produsul **soriz – porumb** a fost obţinut sub forma unor bastonaşe bine expandate, cu o structură poroasă omogenă, de culoare galbenă-deschisă.

Produs **soriz – năut, soriz – hrişcă** – bastonaşe la fel cu o structură poroasă omogenă de culoare surie.

Produs din **soriz** – bastonaşe cu o structură poroasă sporită, de culoare gri-deschisă.

Produsele obţinute au fost răcite pînă la temperatura 18-20°C, apoi au fost ambalate în saci de polietilenă şi ermetic închise.

Mostrele tuturor tipurilor de extrudate au fost puse la păstrare şi prin urmare, vor fi determinaţi indicii calităţii, microbiologici, determinarea indicelui de oxidare pentru determinarea termenilor de valabilitate.

Directorul întreprinderii
SRL "Policom-Prim"

S. Sluhinschii

Laboratorul Tehnologia
Produselor Alimentare
Şef laborator

L. Iuşan

Cercetători ştiinţifici:

G. Terentieva

V.Gordeeva

Anexa 8

Calculul modelării matematice a procesului de extrudare a materiei prime cerealiere în funcție de parametrii de calitate ai produsului finit

Tabelul A8.1 Indicii de calitate a produsului extrudat din soriz și porumb 397 MR1

Nr	Indicii de calitate	Pi min	Pi max	Pi baz	Pi	Ki	Mi
1	Coeficient de de extensiune	2	4	3,1	3,1	1	0,3
2	Umiditatea ,%	9	11	10,9	10,9	1	0,5
3	Fracția masică,%	13	17	16,5	16,5	1	0,1
4	Procentul de umectare a amestecurilor umede,%	2	7	5,6	5,6	1	0,1
Indicator al calității							***1***

Tabelul A8.2 Date experimentale privind prelucrarea produsului extrudat din soriz și porumb397 MR1

Nr.	Temperatura,T, ^oC	Presiunea. P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului,U, %	Coeficient de extensiune	Umiditatea %	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere, %
1	135	25,00	18	15,80	3,01	10,20	15,70	5,25
2	136	25,50	19	15,85	3,02	10,35	15,75	5,26
3	137	26,00	20	15,90	3,03	10,30	15,80	5,27
4	138	27,00	21	15,90	3,03	10,40	15,90	5,28
5	139	27,50	22	15,91	3,04	10,55	15,91	5,3
6	140	28,00	23	15,92	3,06	10,60	15,92	5,32

Tabelul A8.3 Valorile calculate ale indicilor de calitate a produsului extrudat din soriz și porumb397 MR1

Nr	Temperatura, T,^oC	Presiunea. P, atm	Timpul t, sec	Umiditatea amestecului, U%	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică %	Procentul de umectare a amestecurilor umede, %	K	K%	K mod
1	135	25,00	18	15,80	3,01	10,20	15,70	5,25	0,90	90,80	0,91
2	136	25,50	19	15,85	3,02	10,35	15,75	5,26	0,93	91,50	0,92
3	137	26,00	20	15,90	3,02	10,30	15,80	5,27	0,92	92,20	0,92
4	138	27,00	21	15,90	3,03	10,40	15,90	5,28	0,93	92,80	0,93
5	139	27,50	22	15,91	3,04	10,55	15,91	5,30	0,94	93,40	0,93
6	140	28,00	23	15,92	3,06	10,60	15,92	5,32	0,92	93,90	0,94

Tabelul A8.4 Indicii de calitate a produsului extrudat din soriz și porumb 458 MR1

Nr.	Indicii de calitate	Pi min	Pi max	Pi baz	Pi	Ki	Mi
1	Coeficient de de extensiune	2	4	3	3	1	0,3
2	Umiditatea ,%	9	11	10,5	10,5	1	0,5
3	Fracția masică, %	15	17	15,5	15,5	1	0,1
4	Procentul de umectare a amestecurilor umede, %	4	6	5	5	1	0,1
Indicator al calității							***1***

Tabelul A8.5 Date experimentale privind prelucrarea produsului extrudat din soriz și porumb 458 MR1

Nr.	Tempera-tura, T, ^oC	Presiu-nea P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului, U %	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere, %
1	133	25,00	18	15,37	3,32	10,64	15,40	4,37
2	135	25,10	19	15,39	3,34	10,67	15,42	4,38
3	136	25,50	20	15,40	3,36	10,68	15,44	4,40
4	137	26,20	21	15,41	3,37	10,70	15,45	4,42
5	138	26,50	22	15,42	3,39	10,71	15,47	4,44
6	139	27,00	23	15,46	3,43	10,73	15,49	4,46

Tabelul A8.6 Valorile calculate ale indicilor de calitate a produsului extrudat din soriz și porumb 458 MR1

Nr.	Temperatura, T, ^oC	Presiunea. P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului, U%	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică,%	Procentul de umectare a amestecurilor umede, %	κ1	κ2	κ3	κ4	K	K mod	K%
1	133	25,00	18	15,37	3,32	10,64	15,40	4,37	0,84	0,93	0,95	0,69	0,87	0,87	87,39
2	135	25,10	19	15,39	3,34	10,67	15,42	4,38	0,83	0,92	0,96	0,69	0,86	0,86	86,46
3	136	25,50	20	15,40	3,36	10,68	15,44	4,40	0,82	0,91	0,97	0,70	0,86	0,86	86,00
4	137	26,20	21	15,41	3,37	10,70	15,45	4,42	0,82	0,90	0,98	0,71	0,86	0,86	85,53
5	138	26,50	22	15,42	3,39	10,71	15,47	4,44	0,81	0,90	0,99	0,72	0,85	0,85	85,07
6	139	27,00	23	15,46	3,43	10,73	15,49	4,46	0,79	0,89	1,00	0,73	0,84	0,85	84,56

Tabelul A8.7 Indicii de calitate a produsului extrudat din soriz și porumb 394 MR1

Nr.	Indicii de calitate	Pi min	Pi max	Pi baz	P	Ki	Mi
1	Coeficient de extensiune	2	5	4,0	4,0	1	0,3
2	Umiditatea ,%	5	8	6,5	6,5	1	0,5
3	Fracția masică,%	14	17	15,5	15,5	1	0,1
4	Procentul de umectare a amestecurilor umede, %	6	11	9,5	9,5	1	0.1
Indicele de calitate							***1***

Tabelul A8.8 Date experimentale privind prelucrarea produsului extrudat din soriz și porumb 394 MR1

Nr.	Temperatura,T, ^{0}C	Presiunea. P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului, U, %	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere, %
1	90	25,00	16	15,32	3,71	6,22	15,20	8,98
2	93	25,50	16	15,33	3,73	6,25	15,23	8,98
3	94	25,50	17	15,35	3,75	6,26	15,25	8,99
4	96	26,00	17	15,36	3,77	6,27	15,27	9,00
5	98	26,50	18	15,37	3,78	6,28	15,28	9,00
6	100	27,00	18	15,40	3,80	6,30	15,30	9,00

Tabelul A8.9 Valorile calculate ale indicilor de calitate a produsului extrudat din soriz și porumb 458 MR1

Nr	Temperatura, T, ^{o}C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului, U, %	Coeficient de extensiune	Umiditatea,%	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere,%	κ1	κ2	κ3	κ4	K	K mod	K%
1	90	25,00	16	15,32	3,71	6,22	15,20	8,98	0,90	0,91	0,90	0,90	0,90	0,86	85,75
2	93	25,50	16	15,33	3,73	6,25	15,23	8,98	0,91	0,92	0,91	0,90	0,91	0,86	86,69
3	94	25,50	17	15,35	3,75	6,26	15,25	8,99	0,92	0,92	0,92	0,90	0,91	0,87	86,97
4	96	26,00	17	15,36	3,77	6,27	15,27	9,00	0,92	0,92	0,92	0,90	0,92	0,88	87,61
5	98	26,50	18	15,37	3,78	6,28	15,28	9,00	0,93	0,93	0,93	0,90	0,92	0,88	88,22
6	100	27,00	18	15,40	3,80	6,30	15,30	9,00	0,93	0,93	0,93	0,90	0,93	0,89	88,87

Tabelul A8.10 Indicii de calitate a produsului extrudat din soriz (umiditatea-13,5%)

Nr.	Indicii de calitate	Pi min	Pi max	Pi baz	Pi	Ki	Mi
1	Coeficient de extensiune	2	4	3,5	3,5	1	0,3
2	Umiditatea ,%	9	11	10,5	10,5	1	0,5
3	Fracția masică,%	13	14	13,5	13,5	1	0,1
4	Procentul de umectare a amestecurilor umede,%	2	4	3,0	3,0	1	0,1
Indicator al calității							***1***

Tabelul A8.11 Date experimentale privind prelucrarea produsului extrudat din soriz (umiditatea-13,5%)

Nr.	Temperatura,T, °C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului, U %	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere, %
1	135	25,00	25	13,43	3,47	10,47	13,42	2,90
2	137	26,00	26	13,45	3,49	10,48	13,45	2,92
3	139	27,00	27	13,46	3,51	10,50	13,46	2,94
4	140	29,50	28	13,48	3,53	10,50	13,47	2,95
5	141	29,00	29	13,50	3,55	10,52	13,50	2,96
6	143	30,00	30	13,51	3,56	10,53	13,51	2,98

Tabelul A8.12 Valorile calculate ale indicilor de calitate a produsului extrudat din soriz (umiditatea-13,5%)

Nr.	Temperatura, T, °C	Presiunea. P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului, U, %	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică,%	Procentul de umectare a amestecurilor umede, %	κ1	κ2	κ3	κ4	K	K mod	K%
1	135	25,00	25	13,43	3,47	10,47	13,42	2,90	0,99	0,99	0,92	0,95	0,97	0,98	98,13
2	137	26,00	26	13,45	3,49	10,48	13,45	2,92	1,00	0,99	0,95	0,96	0,98	0,98	98,28
3	139	27,00	27	13,46	3,51	10,50	13,46	2,94	1,00	1,00	0,96	0,97	0,99	0,98	98,43
4	140	29,50	28	13,48	3,53	10,50	13,47	2,95	0,99	1,00	0,97	0,98	0,99	0,99	98,50
5	141	29,00	29	13,50	3,55	10,52	13,50	2,96	0,98	0,99	1,00	0,98	0,99	0,99	98,54
6	143	30,00	30	13,51	3,56	10,53	13,51	2,98	0,97	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	98,69

Tabelul A8.13 Indicii de calitate a produsului extrudat din soriz (umiditatea-16,5%)

Nr.	Indicii de calitate	Pi min	Pi max	Pi baz	Pi	Ki	Mi
1	Coeficient de extensiune	2	4	3,2	3,2	1	0,3
2	Umiditatea ,%	9	11	10,5	10,5	1	0,5
3	Fracția masică,%	13	16	15,7	15,7	1	0,1
4	Procentul de umectare a amestecurilor umede, %	2	6	5,2	5,2	1	0,1
Indicator al calității							***1***

Tabelul A8.14 Date experimentale privind prelucrarea produsului din soriz (umiditatea 16,5%)

Nr.	Temperatura,T, °C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului, U %	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere, %
1	146	25,00	25	15,64	3,13	10,47	15,64	5,10
2	148	26,00	26	15,65	3,14	10,48	15,67	5,13
3	149	27,00	27	15,68	3,16	10,50	15,68	5,15
4	151	29,50	28	15,70	3,17	10,50	15,70	5,16
5	152	29,00	29	15,71	3,19	10,52	15,72	5,18
6	154	30,00	30	15,73	3,21	10,53	15,73	5,20

Tabelul A 8.15 Valorile calculate ale indicilor de calitate a produsului extrudat din soriz (umiditatea 16,5%)

Nr.	Temperatura, T,°C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului, U%	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică,%	Procentul de umectare a amestecurilor umede, %	κ1	κ2	κ3	κ4	K	K mod	K%
1	146	25,00	25	15,64	3,13	10,47	15,64	5,10	0,97	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	98,03
2	148	26,00	26	15,65	3,14	10,48	15,67	5,13	0,97	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	98,37
3	149	27,00	27	15,68	3,16	10,50	15,68	5,15	0,98	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	98,58
4	151	29,50	28	15,7	3,17	10,50	15,7	5,16	0,99	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	99,00
5	152	29,00	29	15,71	3,19	10,52	15,72	5,18	1,00	0,99	0,99	1,00	0,99	0,99	99,12
6	154	30,00	30	15,73	3,21	10,53	15,73	5,20	1,00	0,99	0,99	1,00	0,99	0,99	99,48

Tabelul A8.16 Indicii de calitate a produsului extrudat din soriz/ hrișcă, 80/20

Nr.	Indicii de calitate	Pi min	Pi max	Pi baz	Pi	Ki	Mi
1	Coeficient de extensiune	2	4	3,3	3,06	1	0,3
2	Umiditatea ,%	9	11	10,6	10,6	1	0,5
3	Fracția masică,%	13	17	16,7	15,62	1	0,1
4	Procentul de umectare a amestecurilor umede,%	2	7	6,1	5,32	1	0,1
Indicator al calității							***1***

Tabelul A8.17 Date experimentale privind prelucrarea a produsului extrudat din soriz/ hrișcă, 80/20

Nr.	Temperatura,T ,°C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului,U, %	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere, %
1	134	25,00	23	16,11	3,12	10,35	16,63	6,01
2	136	26,50	24	16,12	3,19	10,30	16,65	6,02
3	138	27,00	25	16,14	3,26	10,40	16,67	6,04
4	139	29,50	27	16,17	3,29	10,55	16,68	6,06
5	142	29,00	29	16,18	3,32	10,60	16,72	6,07
6	143	30,00	30	16,20	3,34	10,65	16,74	6,09

Tabelul A8.18 Valorile calculate ale indicilor de calitate a produsului extrudat din soriz/ hrișcă, 80/20

Nr.	Temperatura, T,°C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului, U%	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică,%	Procentul de umectare a amestecurilor umede, %	κ1	κ2	κ3	κ4	K	K mod	K%
1	134	25,00	23	16,11	3,12	10,35	16,63	6,01	0,91	0,88	0,98	0,98	0,91	0,90	89,73
2	136	26,50	24	16,12	3,19	10,30	16,65	6,02	0,95	0,85	0,99	0,98	0,90	0,92	92,13
3	138	27,00	25	16,14	3,26	10,40	16,67	6,04	0,98	0,90	0,99	0,99	0,94	0,94	94,37
4	139	29,50	27	16,17	3,29	10,55	16,68	6,06	1,00	0,98	1,00	0,99	0,98	0,96	95,90
5	142	29,00	29	16,18	3,32	10,60	16,72	6,07	0,99	1,00	1,00	0,99	1,00	0,99	98,89
6	143	30,00	30	16,20	3,34	10,65	16,74	6,09	0,98	0,98	0,99	1,00	0,98	1,00	100,17

Tabelul A8.19 Indicii de calitate a produsului extrudat din soriz/ năut, 80/20

Nr.	Indicii de calitate	Pi min	Pi max	Pi baz	Pi	Ki	Mi
1	Coeficient de extensiune	2	4	3,3	3,3	1	0,3
2	Umiditatea ,%	9	11	10,6	10,6	1	0,5
3	Fracția masică,%	13	17	16,7	16,7	1	0,1
4	Procentul de umectare a amesticurilor umede, %	2	7	6,1	6,1	1	0,1
Indicatorul al calității							***1***

Tabelul A8.20 Date experimentale privind prelucrarea a produsului extrudat din soriz/ năut, 80/20

Nr.	Temperatura,T, °C	Presiunea, P, atm	Timp, t, sec	Umiditatea amestecului,U, %	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere, %
1	135	25,00	20	16,40	3,03	10,45	16,40	5,49
2	136	26,50	21	16,42	3,05	10,50	16,42	5,52
3	137	26,00	22	16,44	3,06	10,60	16,44	5,54
4	138	28,00	23	16,45	3,08	10,70	16,45	5,55
5	139	29,00	24	16,47	3,09	10,85	16,47	5,57
6	141	30,00	25	16,49	3,11	10,90	16,49	5,59

Tabelul A8.21.Valorile calculate ale indicilor de calitate a produsului extrudat din soriz/ năut, 80/20

Nr.	Temperatura, T, °C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului, U%	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică,%	Procentul de umectare a amestecurilor umede,%uscate	κ1	κ2	κ3	κ4	K	K mod	K%
1	135	25,00	20	16,4	3,03	10,45	16,40	5,49	0,97	0,77	0,98	0,98	0,86	0,86	86,16
2	136	26,50	21	16,42	3,05	10,50	16,42	5,52	0,98	0,80	0,98	0,98	0,88	0,89	88,76
3	137	26,00	22	16,44	3,06	10,60	16,44	5,54	0,98	0,85	0,99	0,99	0,91	0,91	91,22
4	138	28,00	23	16,45	3,08	10,70	16,45	5,55	0,99	0,90	0,99	0,99	0,94	0,94	93,88
5	139	29,00	24	16,47	3,09	10,85	16,47	5,57	1,00	0,98	0,99	0,99	0,98	0,96	96,45
6	141	30,00	25	16,49	3,11	10,90	16,49	5,59	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,02	101,54

Tabelul A8.22 Indicii de calitate a produsului extrudat din tărâțe de grâu

Nr.	*Indicii calității*	Pi min	Pi max	Pi baz	P_i	Ki	Mi
1	Coeficient de extensiune	2	4	3.5	3.5	1	0.3
2	Umiditatea ,%	3	6	5.5	5.5	1	0.5
3	Fracția masică,%	13	16	15,0	15,0	1	0.1
4	Procentul de umectare a amesticurilor umede,%	7	11	10.5	10.5	1	0.1
Indicatorul al calității							***1***

Tabelul A8.23 Date experimentale privind prelucrarea produsului extrudat din tărâțe de grâu

Nr.	Temperatura,T, °C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului,U, %	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere, %
1	118	25,0	18	14,74	3,32	4,80	14,20	9,40
2	119	25,5	19	14,78	3,33	4,82	14,21	9,39
3	121	25,50	20	14,79	3,36	4,83	14,23	9,40
4	122	26,00	21	14,81	3,38	4,85	14,25	9,40
5	123	26,50	22	14,83	3,39	4,87	14,28	9,41
6	124	27,00	23	14,84	3,40	4,88	14,30	9,42

Tabelul A8.24 Valorile calculate ale indicilor de calitate a produsului extrudat din tărâțe de grâu

Nr.	Temperatura, T,°C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului, U%	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică,%	Procentul de umectare a amestecurilor umede,%	κ1	κ2	κ3	κ4	K	K mod	K%
1	118	25,00	18	14,74	3,32	4,80	14,20	9,40	0,91	0,77	0,73	0,73	0,79	0,79	79,65
2	119	25,50	19	14,78	3,33	4,82	14,21	9,39	0,92	0,77	0,74	0,72	0,80	0,80	80,12
3	121	25,50	20	14,79	3,36	4,83	14,23	9,40	0,93	0,78	0,74	0,73	0,81	0,81	81,05
4	122	26,00	21	14,81	3,38	4,85	14,25	9,40	0,94	0,78	0,75	0,73	0,81	0,82	81,52
5	123	26,50	22	14,83	3,39	4,87	14,28	9,41	0,95	0,79	0,76	0,73	0,82	0,82	81,99
6	124	27,00	23	14,84	3,40	4,88	14,30	9,42	0,95	0,79	0,77	0,73	0,82	0,82	82,46

Tabelul A8.25 Indicii de calitate a produsului extrudat din tărâțe de grâu-hrișcă

Nr.	*Indiciil calității*	Pi min	Pi max	Pi baz	P	Ki	Mi
1	Coeficient de extensiune	2	4	3,5	3,5	1	0,3
2	Umiditatea ,%	5	8	7,0	7.0	1	0,5
3	Fracția masică,%	13	16	14.5	14.5	1	0,1
4	Procentul de umectare a amesticurilor umede,%	5	9	8.5	8.5	1	0,1
Indicatorul al calității							***1***

Tabelul A8.26 Date experimentale privind prelucrarea produsului extrudat din tărâțe de grâu-hrișcă

Nr.	Temperatura,T, °C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului,U, %	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere, %
1	120	25,00	23	14,39	3,21	6,28	14,01	7,73
2	121	25,50	24	14,41	3,23	6,29	14,03	7,74
3	122	26,50	25	14,42	3,27	6,30	14,04	7,74
4	123	27,00	26	14,43	3,28	6,32	14,05	7,73
5	124	28,50	28	14,44	3,29	6,33	14,07	7,74
6	125	30,00	30	14,45	3,30	6,35	14,10	7,75

Tabelul A8.27 Valorile calculate ale indicilor de calitate a produsului extrudat din tărâțe de grâu-hrișcă

Nr.	Temperatura, T°C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului, U%	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică,%	Procentul de umectare a amestecurilor umede,%	κ1	κ2	κ3	κ4	K	K mod	K%
1	120	25,00	23	14,39	3,21	6,28	14,01	7,73	0,86	0,76	0,84	0,81	0,80	0,72	72,41
2	121	25,50	24	14,41	3,23	6,29	14,03	7,74	0,87	0,76	0,84	0,81	0,80	0,73	72,91
3	122	26,50	25	14,42	3,27	6,30	14,04	7,74	0,89	0,77	0,85	0,81	0,81	0,73	73,40
4	123	27,00	26	14,43	3,28	6,32	14,05	7,73	0,89	0,77	0,85	0,81	0,82	0,74	73,90
5	124	28,50	28	14,44	3,29	6,33	14,07	7,74	0,90	0,78	0,86	0,81	0,82	0,74	74,39
6	125	30,00	30	14,45	3,30	6,35	14,10	7,75	0,90	0,78	0,87	0,81	0,83	0,75	74,89

Tabelul A8.28 Indicii de calitate a produsului extrudat din tărâțe de porumb

Nr.	Indicii de calitate	Pi min	Pi max	Pi baz	P	Ki	Mi
1	Coeficient de extensiune	2	4	3,5	3,5	1	0,3
2	Umiditatea ,%	4	8	7,5	7,5	1	0,5
3	Fracția masică,%	12	15	14,0	14	1	0,1
4	Procentul de umectare a amesticurilor umede,%uscate a	4	8	7,5	7,5	1	0,1
Indicele de calitate							***1***

Tabelul A8.29 Date experimentale privind prelucrarea produsului extrudat din tărâțe de porumb

Nr.	Temperatura,T, ^oC	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului,U, %	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere, %
1	110	25,00	25	13,91	3,12	6,69	13,42	6,73
2	111	25,50	16	13,92	3,14	6,70	13,44	6,74
3	112	26,50	27	13,93	3,15	6,71	13,45	6,74
4	113	27,00	28	13,95	3,17	6,73	13,46	6,72
5	114	28,50	29	13,96	3,19	6,74	13,48	6,74
6	115	30,00	30	13,97	3,20	6,76	13,50	6,74

Tabelul A8.30 Valorile calculate ale indicilor de calitate a produsului extrudat din tărâțe de porumb

Nr.	Temperatura, T,^oC	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului, U%	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică,%	Procentul de umectare a amestecurilor umede,%	κ1	κ2	κ3	κ4	K	K mod	K%
1	110	25,00	25	13,91	3,12	6,69	13,42	6,73	0,81	0,80	0,81	0,81	0,80	0,80	80,26
2	111	25,50	16	13,92	3,14	6,70	13,44	6,74	0,82	0,80	0,81	0,81	0,81	0,81	80,79
4	112	26,50	27	13,93	3,15	6,71	13,45	6,74	0,83	0,80	0,82	0,81	0,81	0,81	81,20
5	113	27,00	28	13,95	3,17	6,73	13,46	6,72	0,84	0,81	0,82	0,81	0,82	0,82	81,68
6	114	28,50	29	13,96	3,19	6,74	13,48	6,74	0,85	0,81	0,83	0,81	0,82	0,82	82,15

Tabelul A8.31 Indicii de calitate a produsului extrudat din tărâțe de porumb-hrișcă

Nr.	Indicii de calitate	Pi min	Pi max	Pi baz	P	Ki	Mi
1	Coeficient de extensiune	2	4	3,5	3,5	1	0,3
2	Umiditatea ,%	8	11	10,5	10,5	1	0,5
3	Fracția masică,%	13	16	15,5	15,5	1	0,1
4	Procentul de umectare a amesticurilor umede, %	2	6	5	5	1	0,1
Indicele de calitate							***1***

Tabelul A8.32 Date experimentale privind prelucrarea produsului extrudat din tărâțe de porumb-hrișcă

Nr.	Temperatura,T, °C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului,U, %	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere, %
1	110	25,00	25	14,27	3,01	9,70	14,30	4,60
2	111	25,50	16	14,28	3,03	9,71	14,31	4,60
3	112	26,50	27	14,29	3,06	9,73	14,33	4,60
4	114	27,00	28	14,30	3,08	9,74	14,35	4,61
5	116	28,50	29	14,31	3,09	9,75	14,28	4,53
6	117	30,00	30	14,32	3,10	9,76	14,30	4,54

Tabelul A8.33 Valorile calculate ale indicilor de calitate a produsului extrudat din tărâțe de porumb-hrișcă

Nr.	Temperatura, °C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului,U, %	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere, %	κ1	κ2	κ3	κ4	K	K mod	K%
1	100	26,00	15	15,71	3,33	6,31	15,50	9,19	0,92	0,70	1,00	1,00	0,81	0,80	80,37
2	103	26,50	16	15,73	3,34	6,32	15,51	9,19	0,92	0,71	1,00	1,00	0,81	0,81	80,97
3	105	27,00	16	15,76	3,35	6,34	15,53	9,19	0,93	0,71	0,99	1,00	0,81	0,81	81,36
4	107	27,50	17	15,78	3,36	6,35	15,55	9,20	0,93	0,71	0,98	1,00	0,82	0,82	81,76
5	108	27,50	17	15,79	3,38	6,37	15,58	9,21	0,94	0,72	0,97	0,99	0,82	0,82	81,96
6	110	28,00	18	15,80	3,40	6,40	15,60	9,20	0,95	0,73	0,97	1,00	0,83	0,82	82,36

Tabelul A8.34 Valorile calculate ale indicilor de calitate a produsului extrudat din porumb soi 394/pulbere de tescovină de mere, 80/20

Nr.	Temperatura, T, °C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului, U, %	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere, %	κ1	κ2	κ3	κ4	K	K mod	K%
1	100	26,00	13	15,21	3,29	6,12	15,50	9,38	0,90	0,54	1,00	0,72	0,67	0,73	72,52
2	105	26,50	13	15,23	3,23	6,15	15,51	9,36	0,87	0,55	1,00	0,72	0,67	0,73	73,21
3	110	27,50	14	15,24	3,26	6,16	15,53	9,37	0,88	0,55	0,99	0,72	0,67	0,74	73,96
4	111	29,00	14	15,25	3,27	6,17	15,55	9,38	0,89	0,56	0,98	0,72	0,68	0,74	74,16
5	114	29,50	15	15,27	3,29	6,18	15,58	9,40	0,90	0,56	0,97	0,73	0,68	0,75	74,63
6	115	30,00	16	15,30	3,30	6,20	15,60	9,40	0,90	0,57	0,97	0,73	0,69	0,75	74,83

Tabelul A8.35 Valorile calculate ale indicilor de calitate a produsului extrudat **din** porumb soi 394/pulbere de tescovină de mere, 80/20

Nr.	Temperatura, T, °C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului,U %	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere, %	κ1	κ2	κ3	κ4	K	K mod	K%
1	100	26,00	13	15,21	3,29	6,12	15,5	9,38	0,90	0,54	1,00	0,72	0,667	0,73	72,52
2	105	26,50	13	15,23	3,23	6,15	15,51	9,36	0,87	0,55	1,00	0,72	0,668	0,73	73,21
3	110	27,50	14	15,24	3,26	6,16	15,53	9,37	0,88	0,55	0,99	0,72	0,673	0,74	73,96
4	111	29,00	14	15,25	3,27	6,17	15,55	9,38	0,89	0,56	0,98	0,72	0,677	0,74	74,16
5	114	29,50	15	15,27	3,29	6,18	15,58	9,40	0,90	0,56	0,97	0,73	0,681	0,75	74,63
6	115	30,00	16	15,30	3,30	6,20	15,60	9,40	0,90	0,57	0,97	0,73	0,686	0,75	74,83

Tabelul A8.36 Valorile calculate ale indicilor de calitate a produsului extrudat din crupe de porumb /pulbere de tescovină de tomate,85/15

Nr.	Temperatura, T, °C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului,U %	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere, %	κ1	κ2	κ3	κ4	K	K mod	K%
1	100	25,00	15	15,01	3,51	5,88	15,01	9,13	0,84	0,79	0,84	0,66	0,79	0,80	79,46
2	101	25,50	15	15,03	3,53	5,90	15,03	9,13	0,84	0,80	0,84	0,66	0,80	0,80	79,92
3	102	25,50	15	15,04	3,57	5,91	15,04	9,13	0,86	0,80	0,85	0,66	0,81	0,80	80,37
4	103	26,00	16	15,05	3,58	5,92	15,05	9,13	0,86	0,81	0,85	0,66	0,81	0,81	80,79
5	104	26,50	17	15,07	3,59	5,93	15,07	9,14	0,86	0,81	0,86	0,66	0,81	0,81	81,22
6	105	27,00	17	15,10	3,60	5,95	15,10	9,15	0,87	0,82	0,87	0,66	0,82	0,82	81,69

Tabelul A8.37 Valorile calculate ale indicilor de calitate a produsului extrudat din porumb soi 394 / pulbere de tescovină de struguri : Sauvignon, 80/20

Nr.	Temperatura, T, °C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului,U %	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere, %	κ1	κ2	κ3	κ4	K	K mod	K%
1	110	28,00	17	15,51	3,12	6,60	15,42	8,82	0,81	0,97	0,69	0,83	0,87	0,87	86,97
2	112	28,50	18	15,53	3,14	6,62	15,44	8,82	0,82	0,96	0,69	0,83	0,87	0,87	86,80
3	114	28,50	18	15,56	3,15	6,63	15,45	8,81	0,83	0,96	0,68	0,83	0,87	0,87	86,61
4	116	29,00	19	15,58	3,17	6,65	15,46	8,81	0,84	0,95	0,68	0,83	0,87	0,86	86,44
5	118	29,50	20	15,59	3,19	6,67	15,48	8,81	0,85	0,94	0,67	0,83	0,87	0,86	86,27
6	120	30,00	20	15,60	3,20	6,75	15,50	8,75	0,85	0,92	0,67	0,81	0,85	0,86	86,03

Tabelul A8.38 Valorile calculate ale indicilor de calitate a produsului extrudat din porumb soi 394 / pulbere de tescovină de struguri: Codrinschii, 80/20

Nr.	Temperatura, T, °C	Presiunea, P, atm	Timpul, t, sec	Umiditatea amestecului,U %	Coeficient de extensiune	Umiditatea ,%	Fracția masică de substanțe uscate a amestecurilor umede, %	Procentul de umectare a amestecurilor cerealiere, %	κ1	κ2	κ3	κ4	K	K mod	K%
1	105	27,00	17	15,65	3,13	6,42	15,50	9,08	0,82	0,81	0,83	0,90	0,82	0,82	82,16
2	106	28,00	17	15,64	3,14	6,43	15,51	9,08	0,82	0,81	0,84	0,90	0,82	0,83	82,49
3	107	28,50	18	15,66	3,16	6,44	15,53	9,09	0,83	0,81	0,84	0,90	0,83	0,83	82,77
4	109	29,00	18	15,67	3,17	6,46	15,55	9,09	0,84	0,82	0,85	0,90	0,83	0,83	83,35
5	112	29,50	19	15,69	3,19	6,48	15,58	9,10	0,85	0,83	0,86	0,90	0,84	0,84	84,19
6	115	30,00	20	15,70	3,20	6,50	15,60	9,10	0,85	0,83	0,87	0,90	0,85	0,85	85,01

Anexa 9

Materialele inițiale a cercetărilor cu aplicarea metodei polarografice. Rezultatele prelucrării polarogramelor cationilor de cadmiu

Tabelul A9.1 Suc de ardei, cation de cadmiu, pectină puternic eterificată

Concentrația pectinei	$0,5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$
I_1*	37,80	30,00	26,40	22,60	19,00	16,60	15,00	13,60
I_2*	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40
pH	4,70	4,70	4,70	4,700	4,7	4,70	4,70	4,70

Tabelul A9.2 Suc de ardei, cation de cadmiu, pectină slab metilată

Concentrația pectinei	$0,5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$
I_1*	20,20	27,40	24,00	21,00	19,60	18,20	16,00	14,80
I_2*	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40
pH	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70

Tabelul A9.3 Suc de morcov, cation de cadmiu, pectină puternic eterificată

Concentrația pectinei	$0,5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$
I_1*	24,00	13,60	12,60	12,20	10,20	11,80	11,60	9,60
I_2*	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40
pH	5,10	5,10	5,10	5,20	5,10	5,15	5,10	5,100

Tabelul A9.4 Suc de morcov, cation de cadmiu, pectină slab metilată

Concentrația pectinei	$0,5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$
I_1*	24,80	14,40	14,20	13,40	12,20	11,80	9,40	9,20
I_2*	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40
pH	5,10	5,10	5,10	5,10	5,20	5,10	5,10	5,10

Tabelul A9.5 Extract de stejar, cation de cadmiu, pectină puternic eterificată

Concentrația pectinei	$0,5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$
I_1*	36,60	33,60	30,20	27,80	25,80	24,40	22,00	21,20
I_2*	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40
pH	5,20	5,20	5,20	5,25	5,20	5,20	5,20	5,20

Tabelul A9.6 Extract de stejar, cation de cadmiu, pectină slab metilată

Concentrația pectinei	$0,5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$
I_1*	36,60	33,40	30,80	28,60	26,60	28,20	24,40	21,00
I_2*	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40
pH	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20

Tabelul A9.7 Suc de dovlecei, cation de cadmiu, pectină puternic eterificată

Concentrația pectinei	$0,5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$
I_1*	35,00	32,40	30,00	28,00	26,80	25,60	23,80	22,80
I_2*	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40
pH	5,15	5,20	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15

Tabelul A9.8 Suc de dovlecei, cation de cadmiu, pectină slab metilată

Concentrația pectinei	$0,5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$
h_1*	37,20	33,80	32,00	29,40	27,60	25,80	24,200	22,80
I_1*	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,4	40,40
pH	5,15	5,15	5,20	5,15	5,15	5,15	5,15	5,20

Tabelul A9.9 Suc de zmeură, cation de cadmiu, pectină puternic eterificată

Concentrația pectinei	$0,5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$
h_1*	24,00	15,80	14,20	12,20	10,20	8,60	7,80	7,20
I_2*	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40
pH	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90

Tabelul A9.10 Suc de zmeură, cation de cadmiu, pectină slab metilată

Concentrația pectinei	$0,5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$
I_1*	25,80	22,00	20,00	18,20	16,60	15,40	14,00	13,40
I_2*	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40
pH	3,90	3,90	3,85	3,80	3,90	3,80	3,80	3,90

Tabelul A9.11 Suc de scoruș, cation de cadmiu, pectină puternic eterificată

Concentrația pectinei	$0,5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$
I_1*	36,40	30,00	26,20	24,40	23,00	21,00	18,80	17,40
I_2*	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40
pH	3,50	3,55	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50

Tabelul A9.12 Suc de scoruş, cation de cadmiu, pectină slab metilată

Concentrația pectinei	$0,5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$
I_1*	37,20	36,60	18,00	15,40	13,40	11,40	9,00	6,00
I_2*	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40
pH	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50

Tabelul A9.13 Suc de cătină, cation de cadmiu, pectină puternic eterificată

Concentrația pectinei	$0,5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$
I_1*	39,40	31,00	22,60	21,20	19,60	18,00	17,20	15,60
I_2*	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40
pH	3,05	2,95	2,90	2,95	3,05	2,95	2,95	2,95

Tabelul A9.14 Suc de cătină, cation de cadmiu, pectină slab metilată

Concentrația pectinei	$0,5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$
I_1*	24,00	30,40	27,00	24,60	22,80	21,20	18,60	16,40
I_2*	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40
pH	3,00	2,90	2,90	2,90	2,85	2,80	2,90	2,90

Tabelul A9.15 Suc de roşii, cation de cadmiu, pectină puternic eterificată

Concentrația pectinei	$0,5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$
I_1*	42,40	39,80	38,00	35,60	33,60	30,40	28,00	26,00
I_2*	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40
pH	4,80	4,80	4,90	4,80	4,90	4,90	4,90	4,90

Tabelul A9.16 Suc de roşii, cation de cadmiu, pectină slab metilată

Concentrația pectinei	$0,5\cdot10^{-4}$	$1\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-4}$	$3\cdot10^{-4}$	$4\cdot10^{-4}$	$5\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-4}$	$7\cdot10^{-4}$
I_1*	41,40	37,80	35,20	32,40	30,20	28,00	26,20	25,80
I_2*	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40	40,40
pH	4,90	4,80	4,90	4,85	4,90	4,90	4,90	4,80

I_1 – intensitatea undei polarografice de reducere a cationului de cadmiu în prezenţa pectinei.
I_2 – intensitatea undei polarografice de reducere a cationului de cadmiu.

Anexa 10

Materialele inițiale a cercetărilor cu aplicarea metodei polarografice
Rezultatele prelucrării polarogramelor cationilor de plumb

Tabelul A10.1 Suc de ardei, cation de plumb, pectină puternic eterificată

Concentrația pectinei	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
I_1*	18,70	16,40	13,00	9,00	7,60	6,90
I_2*	29,30	29,30	29,30	29,30	29,30	29,30
pH	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70

Tabelul A10.2 Suc de ardei, cation de plumb, pectină slab metilată

Concentrația pectinei	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
I_1*	22,50	15,30	14,70	11,30	10,90	9,40
I_2*	29,30	29,30	29,30	29,30	29,30	29,30
pH	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70

Tabelul A10.3 Suc de dovlecei, , cation de plumb, pectină puternic eterificată

Concentrația pectinei	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
I_1*	20,70	17,20	13,70	9,70	6,60	4,80
I_2*	29,30	29,30	29,30	29,30	29,30	29,30
pH	5,15	5,15	5,10	5,15	5,12	5,15

Tabelul A10.4 Suc de dovlecei, , cation de plumb, pectină slab metilată

Concentrația pectinei	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
I_1*	18,60	12,80	6,40	-	-	6,00
I_2*	29,30	29,30	29,30	29,30	29,30	29,30
pH	5,10	5,15	5,15	5,20	5,20	5,00

Tabelul A10.5 Suc de bostan, cation de plumb, pectină puternic eterificată

Concentrația pectinei	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
I_1*	30,00	24,80	21,30	18,50	14,80	14,80
I_2*	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50
pH	4,60	4,60	4,65	4,60	4,60	4,58

Tabelul A10.6 Suc de bostan, cation de plumb, pectină slab metilată

Concentrația pectinei	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
I_1*	30,80	26,40	20,30	21,10	18,20	16,50
I_2*	29,30	29,30	29,30	29,30	29,30	29,30
pH	4,60	4,65	4,60	4,65	4,65	4,60

Tabelul A10.7 Suc de prune, cation de plumb, pectină puternic eterificată

Concentrația pectinei	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
I_1*	25,50	21,50	17,60	13,00	8,80	7,30
I_2*	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50
pH	3,95	3,90	3,80	3,75	3,75	3,75

Tabelul A10.8 Suc de prune, cation de plumb, pectină slab metilată

Concentrația pectinei	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
I_1*	26,80	21,60	19,50	12,90	12,80	12,10
I_2*	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50
pH	3,80	3,79	3,80	3,80	3,85	3,85

Tabelul A10.9 Suc de cătină, cation de plumb, pectină puternic eterificată

Concentrația pectinei	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
I_1*	26,10	22,60	19,00	16,70	14,20	13,30
I_2*	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50
pH	3,05	2,95	2,90	2,85	2,81	2,80

Tabelul A10.10 Suc de cătină, cation de plumb, pectină slab metilată

Concentrația pectinei	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
I_1*	27,30	22,30	19,50	14,70	14,00	12,30
I_2*	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50
pH	3,20	3,05	2,95	2,85	2,85	2,85

Tabelul A10.11 Suc de caise, cation de plumb, pectină puternic eterificată

Concentrația pectinei	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
I_1*	25,40	21,50	19,80	17,50	14,10	12,30
h_2*	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50
pH	3,50	3,40	3,37	3,37	3,30	3,25

Tabelul A10.12 Suc de caise, cation de plumb, pectină slab metilată

Concentrația pectinei	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
I_1*	25,90	24,80	21,70	18,20	16,50	15,20
I_2*	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50
pH	3,55	3,45	3,35	3,30	3,30	3,30

Tabelul A10.13 Suc de vişine, cation de plumb, pectină puternic eterificată

Concentrația pectinei	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
I_1*	24,20	21,80	20,50	14,40	12,10	8,90
I_2*	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50
pH	3,50	3,45	3,35	3,28	3,21	3,15

Tabelul A10.14 Suc de vişine, cation de plumb, pectină slab metilată

Concentrația pectinei	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
I_1*	25,20	22,40	20,10	16,00	13,80	12,50
I_2*	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50	31,50
pH	3,50	3,40	3,30	3,25	3,21	3,20

I_1 – intensitatea undei polarografice de reducere a cationului de cadmiu în prezenţa pectinei.
I_2 – intensitatea undei polarografice de reducere a cationului de cadmiu.

Anexa 11

Tabelul A11. Validarea metodei polarografice utilizată în analiza fixării cationilor în sistemele alimentare(n=10)

Varianta	L, %	Xmed	$I\Delta x_i I$	$(\Delta x_i)^2$	d	d*100/x	S	S*100/X med	ε (α=0,05)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	67,66	67,10	0,56	0,31	0,31	0,46	0,98	1,46	67,06±0,70
	67,66		0,56	0,31					
	65,28		1,82	3,31					
	68,00		0,90	0,81					
	67,49		0,39	0,15					
	67,15		0,05	0,00					
	65,96		1,14	1,30					
	66,47		0,63	0,40					
	68,51		1,41	1,99					
	66,81		0,29	0,08					
II	18,36	17,90	0,46	0,21	0,12	0,66	0,38	0,56	17,9±0,27
	17,34		0,56	0,31					
	17,85		0,05	0,00					
	18,36		0,46	0,21					
	18,02		0,12	0,01					
	17,85		0,05	0,00					
	17,51		0,39	0,15					
	17,51		0,39	0,15					
	18,36		0,46	0,21					
	17,85		0,05	0,00					
III	90,44	92,17	1,73	3,01	0,36	0,39	1,13	1,68	92,17±0,81
	93,50		1,33	1,76					
	92,14		0,03	0,00					
	90,95		1,22	1,50					
	92,99		0,82	0,67					
	91,97		0,20	0,04					
	93,16		0,99	0,97					
	91,80		0,37	0,14					
	91,12		1,05	1,11					
	93,67		1,50	2,24					
IV	18,70	18,09	0,61	0,37	0,15	0,85	0,49	0,73	18,09±0,35
	17,85		0,24	0,06					
	18,36		0,27	0,07					
	17,68		0,41	0,17					
	17,17		0,92	0,84					
	18,02		0,07	0,00					
	18,53		0,44	0,20					
	18,02		0,07	0,00					
	17,85		0,24	0,06					
	18,70		0,61	0,37					

Tabelul A11. (continuare)

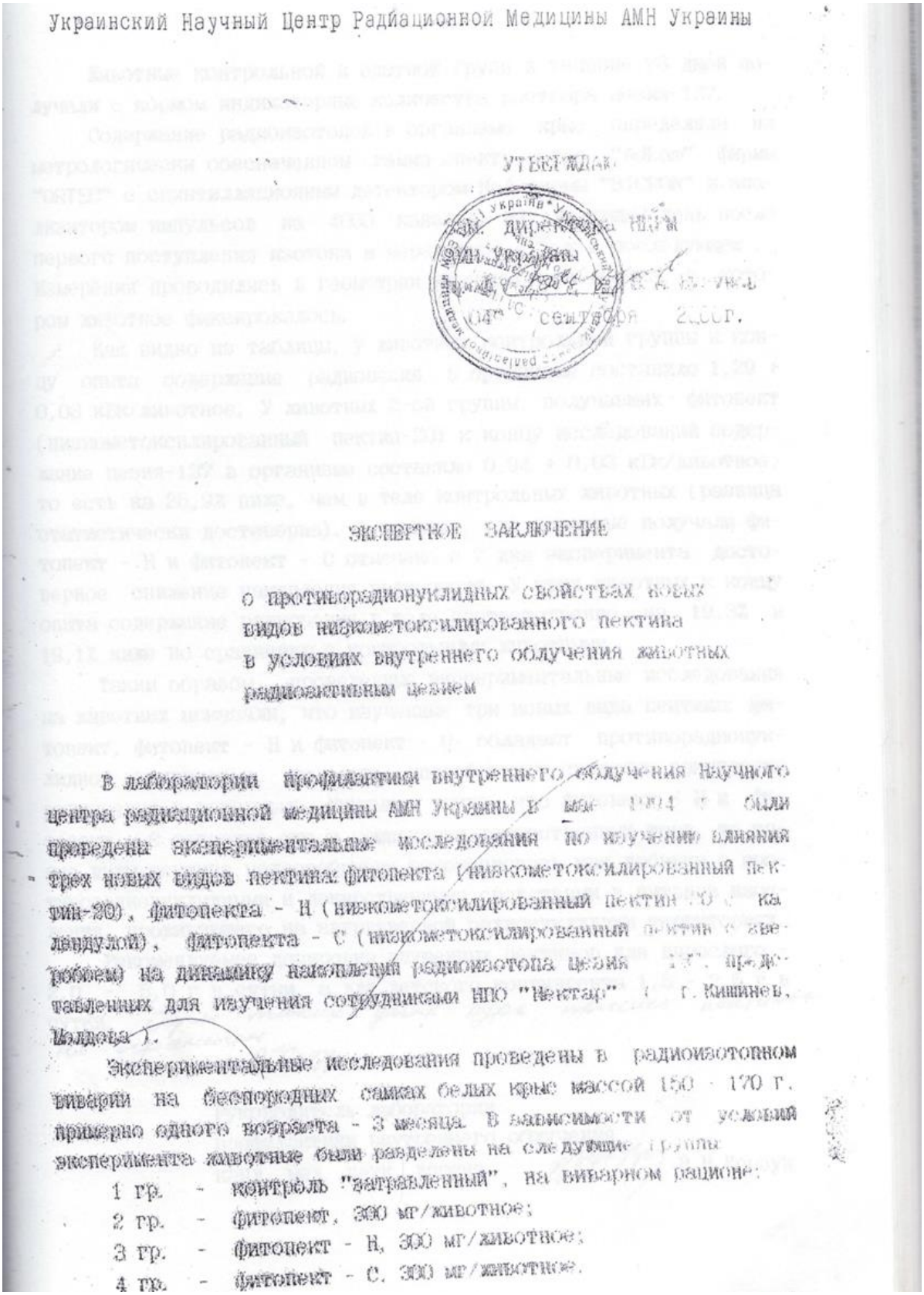
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V	17,17	17,37	0,20	0,04	0,19	1,12	0,61	0,92	17,37±0,44
	17,00		0,37	0,14					
	17,85		0,48	0,23					
	16,32		1,05	1,11					
	17,51		0,14	0,02					
	18,19		0,82	0,67					
	16,66		0,71	0,51					
	18,02		0,65	0,42					
	17,17		0,20	0,04					
	17,85		0,48	0,23					
VI	146,71	148,21	1,50	2,24	0,58	0,39	1,84	2,74	148,21±1,31
	150,96		2,75	7,58					
	145,18		3,03	9,16					
	149,43		1,22	1,50					
	149,60		1,39	1,94					
	148,07		0,14	0,02					
	148,75		0,54	0,30					
	146,03		2,18	4,73					
	147,56		0,65	0,42					
	149,77		1,56	2,45					
VII	31,00	29,00	2,00	4,00	1,40	4,80	1,60	5,50	29±1,00
	28,00		1,00	1,00					
	30,00		1,00	1,00					
	27,00		2,00	4,00					
	31,00		2,00	4,00					
	29,00		0,00	0,00					
	30,00		1,00	1,00					
	31,00		2,00	4,00					
	27,00		2,00	4,00					
	28,00		1,00	1,00					
VIII	59,50	59,50	0,00	0,00	0,32	0,55	1,03	1,53	59,50±0,73
	60,18		0,68	0,46					
	58,31		1,19	1,42					
	61,37		1,87	3,50					
	60,35		0,85	0,72					
	59,84		0,34	0,12					
	57,80		1,70	2,89					
	59,16		0,34	0,12					
	59,50		0,00	0,00					
	58,99		0,51	0,26					

Tabelul A11. (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IX	42,00	40,00	2,00	4,00	1,80	4,50	2,20	5,50	40,00±2,00
	42,00		2,00	4,00					
	36,00		4,00,00	16,00					
	37,00		3,00,00	9,00					
	40,00		0,00	0,00					
	39,00		1,00	1,00					
	38,00		2,00	4,00					
	39,00		1,00	1,00					
	41,00		1,00	1,00					
	43,00		3,00	9,00					
X	65,28	66,11	0,83	0,69	0,27	0,41	0,85	1,27	66,11±0,61
	67,32		1,21	1,46					
	66,30		0,19	0,03					
	65,79		0,32	0,10					
	66,81		0,70	0,49					
	65,28		0,83	0,69					
	67,32		1,21	1,46					
	66,47		0,36	0,13					
	65,45		0,66	0,44					
	65,11		1,00	1,01					
XI	23,80	24,29	0,49	0,24	0,18	0,73	0,56	0,83	24,29±0,40
	23,63		0,66	0,44					
	25,16		0,87	0,75					
	24,31		0,02	0,00					
	23,97		0,32	0,10					
	24,48		0,19	0,03					
	23,63		0,66	0,44					
	24,82		0,53	0,28					
	24,14		0,15	0,02					
	24,99		0,70	0,49					

Anexa 12

Concluzia experților privind proprietățile antiradiative ale noilor tipuri de pectină slab metoxilată în condiții de iradiere internă a animalelor cu cesiu radioactiv



Украинский Научный Центр Радиационной Медицины АМН Украины

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора НЦРМ

АМН Украины

[illegible]

04 сентября 2000г.

ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

о противорадионуклидных свойствах новых видов низкометоксилированного пектина в условиях внутреннего облучения животных радиоактивным цезием

В лаборатории профилактики внутреннего облучения Научного центра радиационной медицины АМН Украины в мае 1994 г. были проведены экспериментальные исследования по изучению влияния трех новых видов пектина: фитопекта (низкометоксилированный пектин-20), фитопекта - Н (низкометоксилированный пектин-20 с календулой), фитопекта - С (низкометоксилированный пектин с зверобоем) на динамику накопления радиоизотопа цезия [illegible], представленных для изучения сотрудниками НПО "Нектар" (г. Кишинев, Молдова).

Экспериментальные исследования проведены в радиоизотопном виварии на беспородных самках белых крыс массой 150 - 170 г. примерно одного возраста - 3 месяца. В зависимости от условий эксперимента животные были разделены на следующие группы:

1 гр. - контроль "затравленный", на виварном рационе;
2 гр. - фитопект, 300 мг/животное;
3 гр. - фитопект - Н, 300 мг/животное;
4 гр. - фитопект - С, 300 мг/животное.

Животные контрольной и опытной групп в течение 28 дней получали с кормом индикаторные количества раствора цезия-137.

Содержание радиоизотопов в организме крыс определяли на метрологически обеспеченном гамма-спектрометре "Adkan" фирмы "ORTEC" с сцинтилляционным детектором NaI фирмы "BICRON" и анализатором импульсов на 4000 каналов на следующий день после первого поступления изотопа и через трое суток в последующем. Измерения проводились в геометрии пластикового домика, в котором животное фиксировалось.

Как видно из таблицы, у животных контрольной группы к концу опыта содержание радиоцезия в организме составило 1,29 + 0,03 кБк/животное. У животных 2-ой группы, получавших фитопект (низкометоксилированный пектин-20) к концу исследований содержание цезия-137 в организме составило 0,94 + 0,03 кБк/животное, то есть на 25,9% ниже, чем в теле контрольных животных (разница статистически достоверна). В группах, где животные получали фитопект - Н и фитопект - С отмечено с 7 дня эксперимента достоверное снижение накопления радиоцезия. У этих животных к концу опыта содержание радиоцезия в теле соответственно на 19,3% и 19,1% ниже по сравнению с контрольными животными.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования на животных показали, что изученные три новых вида пектина: фитопект, фитопект - Н и фитопект - С обладают противорадионуклидной активностью, то есть способствуют снижению накоплению радиоцезия в организме. Учитывая также, что фитопект - Н и фитопект - С содержат еще и композиции лекарственных трав, то такие виды пектина целесообразно рекомендовать как добавки с противорадионуклидными и лекарственными свойствами в питании населения, проживающего на загрязненной радионуклидами территориях.

Рекомендуемая дозировка изученных пектинов для взрослого - 2,0 - 5,0 г в сутки, а для детского контингента 1,5 - 2,5 г в сутки. При таких доза курс приема пектинов не ограничен

Руководитель лаборатории
профилактики внутреннего облучения
канд. мед. наук, доцент В. Н. Корзун

Таблица

Влияние различных видов пектина на динамику накопления радиоцезия у крыс / кБк /животное; M + m /

N п.п.	Наименование группы	ДНИ ИЗМЕРЕНИЙ 1	5	7	12	15	19	22	26	28
1.	Контроль	0,16± 0,01	0,40± 0,03	0,56± 0,03	0,70± 0,03	0,85± 0,03	0,95± 0,03	1,08± 0,04	1,20± 0,03	1,29± 0,03
2.	Фитопект	0,14± 0,02	0,31±* 0,02	0,42±* 0,02	0,51±* 0,03	0,60±* 0,03	0,67±* 0,03	0,76±* 0,03	0,83±* 0,03	0,96±* 0,03
3.	Фитопект - Н	0,15± 0,02	0,32± 0,03	0,46±* 0,03	0,55±* 0,04	0,65±* 0,07	0,74±* 0,07	0,85±* 0,07	0,97±* 0,07	1,04±* 0,07
4.	Фитопект - С	0,15± 0,01	0,30± 0,04	0,44±* 0,05	0,57±* 0,05	0,66±* 0,06	0,76±* 0,06	0,86±* 0,06	0,95±* 0,06	1,04±* 0,06

* - $p < 0,05$ - разница статистически достоверна по сравнению с контролем

Anexa 13

Concluzia experților privind proprietățile antiradonuclidice ale produselor Firopect-S și Fitopect-N în condiții de testare clinică

Украинский Научный Центр Радиационной Медицины АМН Украины

"УТВЕРЖДАЮ"
Зам. директора НЦРМ
АМН Украины
проф. _____ Бузунов В.А.
"10" сентября 2000г.

ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

О ПРОТИВОРАДИОНУКЛИДНЫХ СВОЙСТВАХ ПРОДУКТОВ ФИТОПЕКТ-С И ФИТОПЕКТ-Н В УСЛОВИЯХ КЛИНИЧЕСКОЙ АПРОБАЦИИ

Клиническую апробацию проводили на детях в возрасте от 7 до 10 лет, постоянно проживающих в после аварийные годы в селах Рокитновского района Ривненской области (с.Дроздынь, Старое Село).

В отделе радиационных рисков детей на 29 детях с исходным уровнем радиоцезия в организме от 9,8 Кбк до 11,6 Кбк проверялись радиозащитные (декорпоративные) свойства низкометилированного пектина, композиций фитопект-Н и фитопект-С, которые дети получали в виде добавки к киселю.

Содержание цезия-137 в организме детей контролировали на метрологически обеспеченном СИЧ-е фирмы "Selena" (Италия) с детектором из сцинтилляционной пластмассы. Минимально детектируемая активность - 20 нКи. Обеспечивался сбор суточных выделений (мочи и кала) на 7, 14 и 21 дни пребывания детей в клинике, т.е. 1 раз до начала кормления киселем и дважды во время кормления. Измерение активности суточных выделений осуществляли на метрологически обеспеченном приборе "Becquerel Monitor LB 200" фирмы "Selena". Геометрия измерений - сосуд Маринелли.

Спустя 7 дней пребывания детей в клинике, приступали к апробации киселя с добавкой пектинов.

Наблюдаемая группа получала последовательно кисель с низко-

метилированным пектином и фитопект. По вкусовым качествам фитопект-С был значительно лучше, дети с большим удовольствием потребляли кисель с этой добавкой.

Дети были разделены на следующие группы:

I группа - I7 детей - получала кисель с добавкой смеси низкометилированных пектинов, I50,0 г/чел/сут. киселя, с которым каждый ребенок получал 2,0 г/сут.пектина;

2 группа - I2 детей (контроль) находились на обычном рационе питания.

Полученные данные обрабатывались с помощью методов вариационной статистики.

До начала кормления киселем у детей контрольной и наблюдаемой групп активность тела составила соответственно 9,8 КБк и II,8 КБк. С мочой у детей контрольной и наблюдаемой групп выделение радиоцезия составило соответственно I,3% и I,76% от содержания в теле, а с калом выделялось радиоцезия - 0,37% и 0,54%. Со временем, то есть в процессе приема киселя, обогащенного пектином, темпы выведения цезия из организма увеличились. К концу исследований общее выведение радиоцезия с мочой и калом возросло соответственно с 2,3% до 3,53% у детей, получавших кисель, обогащенный пектином, активность тела на 2I-й день пребывания в клинике снизились на 40,4%, а у детей контрольной группы лишь на 28,0%.

Таким образом, проведенные клинические испытания композиций фитопект-Н и фитопект-С обладают противорадионуклидной активностью, т.е. способствуют ускорению выведения радиоцезия из организма. При этом увеличивается выведение радионуклида как с мочой, так и с калом. В результате приема фитокомпозиций и низкометилированного пектина активность тела у детей через 2I сутки снизилась на 40%.

Учитывая содержание в композициях лекарственных трав целесообразно рекомендовать фитопект-Н и фитопект-С как продукты с противорадионуклидными и лекарственными свойствами в питании населения, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях.

Рекомендуемая дозировка изученных продуктов фитопект-С и фитопект-Н для взрослого 2,0-5,0 г в сутки, для детского контингента I,5-2,5 г в сутки.

При таких дозах курс приема пектина неограничен.

Руководитель лаборатории
профилактики внутреннего облучения, канд.мед.наук, доцент В.Н.Корзун

Anexa 14

S.R.L. „CONSULT LC”

STANDARD DE FIRMĂ **SF 41130938-001:2022**

SABA – DETOXIFIANTE

APROB
Director S.R.L. „CONSULT LC”
_____ Castraveț L.
„25” aprilie 2022

ELABORAT:
Institutul Științifico-Practic de Horticultură și Tehnologii Alimentare

Sef laborator, dr. conf. cercetator
_____ L. Iușan
«02» aprilie 2022
Cercetator științific
_____ G. Terentieva
«02» aprilie 2022
Cercetator științific
_____ L.Zîreanova
«02» aprilie 2022

Anexa 15

S.R.L. „CONSULT LC”

INSTRUCȚIUNEA TEHNOLOGICĂ **IT 41130938-001:2022**

SABA – DETOXIFIANTE

APROB
Director S.R.L. „CONSULT LC”
_____ Castraveț L.
„15” aprilie 2022

ELABORAT:
Institutul Ştiinţifico-Practic de Horticultură şi Tehnologii Alimentare

Sef laborator, dr. conf. cercetator
_____ L. Iușan
«02» aprilie 2022
Cercetator ştiinţific
_____ G. Terentieva
«02» aprilie 2022
Cercetator ştiinţific
_____ L. Zîreanova
«02» aprilie 2022

Anexa 16

S.R.L. „CONSULT LC”

STANDARD DE FIRMĂ **SF 41130938-002:2022**

BATONAȘE DETOXIFIANTE CU SABA

APROB
Director S.R.L. „CONSULT LC”
_____ Castraveț L.
„15” aprilie 2022

ELABORAT:
Institutul Ştiinţifico-Practic de Horticultură şi Tehnologii Alimentare

Sef laborator, dr. conf. cercetator
_____ L. Iușan
«02» aprilie 2022
Cercetator ştiinţific
_____ G. Terentieva
«02» aprilie 2022
Cercetator ştiinţific
_____ L.Zîreanova
«02» aprilie 2022

S.R.L. „CONSULT LC”

INSTRUCŢIUNEA TEHNOLOGICĂ IT 41130938-002:2022

BATONAŞE DETOXIFIANTE CU SABA

APROB
Director S.R.L. „CONSULT LC”
_____ Castraveț L.
„15” aprilie 2022

ELABORAT:
Institutul Ştiinţifico-Practic de Horticultură şi Tehnologii Alimentare

Sef laborator, dr. conf. cercetator
_____ L. Iuşan
«02» aprilie 2022
Cercetator ştiinţific
_____ G. Terentieva
«02» aprilie 2022
Cercetator ştiinţific
_____ L.Zîreanova
«02» aprilie 2022

Anexa 18

SRL „Policom-Prim”

STANDARD DE FIRMĂ

SF 40379498-001:2021

Produse alimentare extrudate pe bază de soriz.

APROB

Director SRL “Policom-Prim”
_____ S.Sluhinschii
“____”_____2021

Cu aplicare

din “ 11 ” 08 2021

ELABORAT

Instituţia Publică
Institutul Ştiinţifico Practic de
Horticultură şi Tehnologii
Alimentare

_____șef de laborator dr. L.Iușan

_____ cerc. şt. G.Terentieva

_____cerc. şt. L.Cojocari

COORDONAT

Ministerul Sănătăţii
al Republicii Moldova
Agenţia Naţională
pentru Sănătate Publică
nr.01-13/13961
din „ 10 ” 08 2021

Anexa 19

APROB

Director SRL Policom-Prim

_____S.Sluhinschii

“___ “ _____2021

INSTRUCŢIUNE TEHNOLOGICĂ

privind fabricarea produselor alimentare extrudate pe bază de soriz

ELABORAT

Instituţia Publică
Institutul Ştiinţifico Practic de
Horticultură şi Tehnologii
Alimentare

_____șef de laborator dr. L.Iușan

_____ cerc. şt. G.Terentieva

_____cerc. şt. L.Cojocari

2021

DECLARAŢIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnata, declar pe răspundere personală că materialele prezentate în teza de doctorathabilitat sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar,urmeazăsăsuport consecințeleînconformitate culegislațiaînvigoare.

Iușan Larisa

Semnătura

Data

INFORMAŢII PERSONALE

Iuşan Larisa

Str-la 3 Pomicultorilor 9, or. Codru, mun.Chişinău, Republica Moldova
(+ 373 22) 28-27-85 373 79696326
iushanl@mail.ru

Sexul Feminin | Datanaşterii 01/05/1976 | Naţionalitatea Moldoveancă

EXPERIENŢA PROFESIONALĂ

2025–prezent Şef secţie Tehnologia şi Microbiologia Produselor Alimentare, IP INCAAMV (mun. Chişinău, R. Moldova)

Elaborarea tehnologiilor noi şi perfecţionarea tehnologiilor tradiţionale privind fabricarea produselor alimentare din materie primă de origine vegetală şi cu valoare alimentară şi biologică înaltă, inclusiv cu proprietăţi funcţionale, curativ-profilactice şi dietetice

Elaborarea şi implementarea tehnologiei de prelucrare prin extrudare termoplastică a culturilor cerealiere şi leguminoaselor

Asigurarea normativă a tehnologiilor şi a produsului

Elaborarea şi implementarea tehnologiilor de fabricare a produselor alimentaţiei sănătoase fortificarea produselor alimentare cu substanţe biologic active

Elaborarea tehnologiei de fabricare a produselor alimentare şi ingredientelor prin procesarea complexă a dovleacului

Testări tehnologice a soiurilor noi şi celor de perspectivă a culturilor pomilegumicole cu stabilirea direcţiilor de prelucrare a acestora

Elaborarea tehnologiei de fabricare a produselor aglutenice prin metoda extrudării

Elaborarea tehnologiei de fabricare a produselor alimentare pentru alimentaţia copiilor sugari şi de vîrstă mică

2019–2024 Şef laborator Tehnologia Produselor Alimentare, IP Institutul Ştiinţifico - Practic de Horticultură şi Tehnologii Alimentare(mun. Chişinău,R. Moldova)

2013 –2019 Cercetător ştiinţific superior, laborator Tehnologia Produselor Alimentare, IP Institutul Ştiinţifico - Practic de Horticultură şi Tehnologii Alimentare (mun. Chişinău, R. Moldova)

2008 – 2013 Cercetător ştiinţific, laborator Tehnologia Produselor Alimentare, IP Institutul Ştiinţifico - Practic de Horticultură şi Tehnologii Alimentare (mun. Chişinău, R. Moldova)

2006 – 2008 Cercetător ştiinţific, laborator Tehnologia Produselor Alimentare, Institutul de Tehnologii Alimentare (mun. Chişinău, R. Moldova)

2003 – 2006 Cercetător ştiinţific, laborator de Standardizare, Institutul de Tehnologii Alimentare (mun. Chişinău, R. Moldova)

2002 – 2003 Cercetător ştiinţific, laborator Aditivi Alimentari, Institutul de Tehnologii Alimentare (mun. Chişinău, R. Moldova)

EDUCAŢIE ŞI FORMARE

1999 – 2005	Diplomă de doctor în tehnică Doctorand la Institutul de Tehnologii Alimentare (mun. Chișinău, R. Moldova) Denumirea tezei: „Utilizarea substanţelor pectinice în obţinerea suplimentelor alimentare vegetale”
1993 – 1998	Universitatea Tehnică din Moldova Facultatea „Tehnologii Alimentare”, calificarea inginer – tehnolog

Publicații științifice

Total publicaţii: 98, inclusiv:
Monografii – 1
Culegeri naţionale – 48
Culegeri internaţionale – 21
Brevete de invenţii – 12

Membru la comitete și organizații

2010 – 2024	Preşedinte al Comisiei de Degustaţie a Institutului a Institutului Ştiinţifico – Practic de Horticultură şi Tehnologii Alimentare
2020 – prezent	Președinte al Comitetului Tehnic de Standardizare nr. 50 ”Produse de prelucrare a materiei prime vegetale”
2024	Secretar al Comisiei Metodologice al Institutului Ştiinţifico – Practic de Horticultură şi Tehnologii Alimentare
2020 - prezent	Membru al Seminarului Științific a Școlii Doctorale ”Știința Alimentelor, Inginerie Economică și Management” în domeniu Știința Alimentelor Membru al Consiliului Științific al IP IȘPHTA

Medalii și diplome

2020 2021	Diploma de merit al Ministerului Agriculturii, Dezvoltării Regionale și Mediului
1999 – 2024	Diploma Guvernului Republicii Moldova Medalii de aur, argint și bronză la Saloanele Internaționale de Invenții: Galați, Iași, Chișinău – total 17

COMPETENTE PERSONALE

Limba(i) maternă(e): Româna

Alte limbi străine cunoscute

	INTELEGERE		VORBIRE		SCRIERE
	Ascultare	Citire	Participare la conversaţie	Discurs oral	
Rusă	C1/C2	C1/C2	C1/C2	C1/C2	C1/C2
Germană	B1/B2	B1/B2	B1/B2	B1/B2	B1/B2
Engleza	A1/A2	A1/A2	A1/A2	A1/A2	A1/A2

Niveluri: A1/A2: Utilizator elementar - B1/B2: Utilizator independent - C1/C2: Utilizator experimentat
Cadrul european comun de referinţă pentru limbi străine

Competenţe de comunicare

Comportment adecvat, capacitate de organizare și a lucra în echipă, flexibilitatea în abordarea situațiilor de lucru, orientarea spre rezultat. Bune competențe de comunicare, dobîndite prin experiența proprie de manager de proiect

Competenţe organizaţionale/manageriale

Organizare, planificare, sinteza și analiza cercatării. Conducător de Proiecte și Programe de Stat, Transfer Tehnologic. Leaderrship – în prezent sunt responsabilă de o echipă de cercetători, activitatea 12 din cadrul Programului Instituțional

Competenţe dobândite la locul de muncă

Comunicabilitate, punctualitate, responsabilitate, o bună cunoaștere a proceselor de control al calității.

Competenţă digitală

AUTOEVALUARE				
Procesarea informaţiei	Comunicare	Creare de conţinut	Securitate	Rezolvarea de probleme
Utilizator independent	Utilizator independent	Utilizator independent	Utilizator independent	Utilizator independent

Niveluri: Utilizator elementar - Utilizator independent - Utilizator experimentat
Competențele digitale - Grilă de auto-evaluare

O bună stăpînire a programelor de birou (MS Word, Power Point,Excel)

Permis de conducere

categoria permisului de conducere – B

Participarea la proiecte de cercetare-dezvoltare, inovare şi transfer tehnologic:

Programul Instituțional 200101 „Crearea soiurilor și clonelor pomicole, viticole și legumicole, perfecționarea procedeelor agrotehnice de cultivare și elaborarea tehnologiilor de producere a vinurilor din soiuri de struguri locale și produselor alimentare de ultima generație” (2024-2027)

Proiect de transfer tehnologic 23.80015.5107.271T „Elaborarea și implementarea tehnologiei de încapsulare a compușilor bioactivi din materie primă vegetală locală” (2023)

Proiect de Transfer Tehnologic 21.800015.5107.245T ”Elaborarea și implimentarea pe scară industrială a tehnologiilor se producere a suplimentelor de SBA din materie primă autohtonă în formă de capsule” (2021-2022)

Proiectul instituțional „Crearea tehnologiilor de procesare a materiei prime agroalimentare de origine vegetală şi animală pentru obținerea produselor alimentare de generație nouă”(2020-2023)

Proiectul de transfer tehnologic nr. 217 T „Implementarea tehnologiei de producere a snack-urilor prin metode inovative de prelucrare”(2017-2018)

Proiectul instituțional 15.817.05.03A”Dezvoltarea tehnologiilor de procesare a materiei prime agroalimentare indigene în asigurarea calităţii şi siguranţei alimentelor”(2015-2019)

Proiectul instituţional 11.817.04.32A „Tehnologii inovaţionale de prelucrare a materiei prime agricole, origină vegetală şi animalieră” (2011-2014)

Proiect ransfer tehnologic 76/P14T „Elaborarea metodelor de dirijare a calităţii produselor deshidratate”(2009)

Proiectul 07.407.03.09PA. „Modelarea matematică a proceselor tehnologice de prelucrare a produselor alimentare în scopul automatizării complexe a lor”(2008)

Proiect independent 19IND „Cercetarea și elaborarea aditivului alimentar din dovleac raionat în Republica Moldova”(2007-2008)

Proiect transfer tehnologic 14T „Implementarea tehnologiilor de prelucrare a grîului furager şi a porumbului, obţinerea etanolului şi altor produse şi utilizarea raţională a acestora”(2006-2007)

Cursuri

2021	Certificat conferențiar cercetător Agenția Națională de Asigurare a Calității în Educație și Cercetare
2005	Cursul “Instruire privind legislaţia UE în domeniul agro-alimentar”, Proiectul TACIS “Armonizarea sistemului de standardizare, reglamentare tehnică şi evaluarea conformităţii din Moldova cu cerinţele APC şi OMC” EOTC, Chişinău.
2001	Ciclurile de seminare TACIS (EMMOL 9901), Chişinău;

i