

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați
Școala Doctorală de Științe Fundamentale și Inginerești



TEZĂ DE DOCTORAT

REZUMAT

TEHNICI DE PROCESARE TERMICĂ: ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI TEHNOLOGICE

Doctorand,
ing. Lucian-Daniel Olaru

Conducător științific

Prof.univ.dr.ing. Elisabeta Botez

Referenți științifici

Cercet.șt.gr.I dr.ing. Nastasia Belc
Prof.univ.dr.ing. Florentina Israel-Roming
Conf.univ.dr.ing. Sorin Ciortan

Seria I7: Ingineria Produselor Alimentare Nr. 7

GALAȚI

2019

Seriile tezelor de doctorat susținute public în UDJG începând cu 1 octombrie 2013 sunt:

Domeniul ȘTIINȚE INGINEREȘTI

Seria I 1: **Biotehnologii**

Seria I 2: **Calculatoare și tehnologia informației**

Seria I 3: **Inginerie electrică**

Seria I 4: **Inginerie industrială**

Seria I 5: **Ingineria materialelor**

Seria I 6: **Inginerie mecanică**

Seria I 7: **Ingineria produselor alimentare**

Seria I 8: **Ingineria sistemelor**

Seria I 9: **Inginerie și management în agicultură și dezvoltare rurală**

Domeniul ȘTIINȚE ECONOMICE

Seria E 1: **Economie**

Seria E 2: **Management**

Domeniul ȘTIINȚE UMANISTE

Seria U 1: **Filologie - Engleză**

Seria U 2: **Filologie - Română**

Seria U 3: **Istorie**

Seria U 4: **Filologie - Franceză**

Domeniul MATEMATICĂ ȘI ȘTIINȚE ALE NATURII

Seria C: **Chimie**

CUPRINS

	Rezumat	Teză
INTRODUCERE	5	9
Notații și abrevieri	11	17
Listă figuri	12	18
Listă tabele	15	20
STUDIUL DOCUMENTAR		
1. Aspecte generale	17	21
2. Vegetale utilizate	17	22
2.1. Dovlecelul comun (Cucurbita pepo var. obloga)	17	22
2.2. Ardeiul gras (Capsicum annum)	18	25
3. Considerații teoretice privind tehnologia de fabricare a piureurilor	18	28
3.1. Adaosul de agenți de îngroșare – Hidrocoloizi	19	29
3.1.1. Pectina	19	32
3.1.2. Alginatul de sodiu	20	33
3.1.3. Amidonul	20	34
3.2. Tehnici de procesare termică	21	35
3.2.1. Tratamentul termic prin încălzire ohmică	21	35
4. Disfagia	22	37
STUDIUL EXPERIMENTAL		
5. Conceperea, caracterizarea și evaluarea piureurilor de dovlecei și ardei gras cu adaos de pectine destinate alimentației speciale a persoanelor care suferă de disfagie	23	41
5.1. Aspecte generale	23	41
5.2. Obiective	23	41
5.3. Materiale și metode	24	42
5.4. Rezultate și discuții	25	52
5.4.1. Rezultate și discuții pentru piureurile de dovlecei tratate prin IO la 20 V/cm	25	52
5.4.2. Rezultate și discuții pentru piureurile de ardei grași tratate prin IO la 20 V/cm	28	65
5.5. Concluzii parțiale	29	76
6. Designul și caracterizarea piureurilor de ardei sau de dovlecei cu adaos de amidon sau alginat de sodiu destinate persoanelor care suferă de disfagie	31	77
6.1. Aspecte generale	31	77
6.2. Obiective	31	77
6.3. Materiale și metode	32	78
6.4. Rezultate și discuții	33	81
6.4.1. Rezultate și discuții pentru piureurile de dovlecei tratate prin încălzire ohmică la 20 V/cm	33	81
6.4.2. Rezultate și discuții pentru piureurile de ardei tratate prin încălzire ohmică la 20 V/cm	37	91
6.5. Concluzii parțiale	41	100

7. Modelarea și simularea tehnicilor de procesare termică	42	101
7.1. Modelarea matematică a distribuției tensiunii electrice și temperaturii	42	101
7.2. Obiective	45	111
7.3. Materiale și metode	45	111
7.4. Rezultate și discuții	50	116
7.5. Concluzii parțiale	53	124
8. Concluziile generale, Contribuții originale și Perspective	54	125
8.1. Concluzii generale	54	125
8.2. Contribuții originale și perspective de cercetare	55	126
LISTĂ LUCRĂRI PUBLICATE ȘI PREZENTATE	56	127
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ	58	129

Cuvinte cheie: *încălzire ohmică, procesare termică, hidrocoloizi, piure, dovlecel, ardei gras, pectine, alginat de sodiu, amidon, disfagie, antioxidanți, carotenoide, vâscozitate, reologie, ready-to-eat, polifenoli, compuși bioactivi, legume.*

INTRODUCERE

Produsele ready-to-eat și produsele cu destinație specială tind să ocupe un loc aparte pe piața românească actuală. Produsele ready-to-eat sunt destul de prezente pe piața internă ca o consecință așteptată a vieții contemporane lipsite de timpul efectiv pentru a găti în mediul casnic. Produsele cu destinație specială au reușit și ele să-și găsească locul pe piața autohtonă și să deservească diferite nevoi precum cele ale persoanelor care suferă de diferite afecțiuni și care din diferite motive nu reușesc să-și asigure o alimentație propice singuri.

Mai mult, societatea actuală tinde să reeduce nevoile consumatorului și să-l ghideze spre produse sănătoase, care nu numai să-i satisfacă nevoia primară de sațietate ci și cea de nutriție și sănătate. Consumatorul este ghidat spre produse cu o bioaccesibilitate și o biodisponibilitate ridicată, dar care să nu necesite procesare de durată. Astfel, piureurile de dovlecel și ardei gras propuse în studiu se suprapun nevoilor consumatorului actual, în principal a celor care suferă de disfagie, dar și a altor grupe de consumatori.

Adaosul de hidrocoloizi alimentari vine în sprijinul diferitelor afecțiuni, în special cele legate de sistemul digestiv, precum boala de reflux gastroesofagian (BRGE), gastritele și disfagia. În aceste simptome patologice alimentația este esențială, practic tratamentul medicamentos neînsoțit de o alimentație adaptată nevoilor pacientului nu are cum să ajute la ameliorare sau vindecare.

Teza de doctorat intitulată *Tehnici de Procesare Termică: Aspecte Științifice și Tehnologice* a vizat îndeplinirea următoarelor obiective:

Aspecte tehnologice:

1. Identificarea și alegerea unor materii prime vegetale pentru proiectarea produselor *ready-to-eat*;
2. Testarea și selecția unor hidrocoloizi care să determine textura dorită pentru produsele *ready-to-eat* proiectate;
3. Stabilirea schemelor tehnologice, cu indicarea parametrilor de proces pentru piureurile de ardei și dovlecel cu adaos de pectină de mere și citrice, alginat de sodiu și amidon, tratate prin încălzire ohmică;
4. Alegerea variantei optime de produs *ready-to-eat* după corelarea aspectelor tehnologice cu cele științifice.

Aspecte științifice:

1. Măsurarea și calcularea unor parametri de proces caracteristici încălzirii ohmice;
2. Măsurarea și calcularea unor parametri fizici și electrici pentru piureurile de legume procesate prin încălzire ohmică;
3. Determinarea activității antioxidante prin metodele DPPH și ABTS și a capacității antioxidante prin metoda TEAC;
4. Analize spectroscopice FT-IR;
5. Determinări vâscozimetrice și texturale;
6. Analize de microscopie confocală.
7. Simularea unor mărimi fizice, caracteristice piureurilor de legume, cu ajutorul Rețelelor Neuronale Artificiale (RNA).

Produsele de tip piure de legume adaptate nevoilor persoanelor care suferă de disfagie sunt categoric noi pe piața autohtonă și cu siguranță vor găsi nișa necesară integrării lor, cu atât mai mult cu cât în Europa există reglementări specifice, care impun existența acestui tip de produse pe piață.

Proiectarea, realizarea și caracterizarea unor produse vegetale *ready-to-eat* alături de alte produse cu destinație specială, precum cele destinate bebelușilor, copiilor, persoanelor cu diabet sau a celor cu o dietă hiposodică ori hipolipidică reprezintă o provocare pentru domeniul Ingineria Produselor Alimentare.

Teza de doctorat conține următoarele elemente de noutate constituite în contribuțiile originale:

- Proiectarea, realizarea și optimizarea unor produse vegetale *ready-to-eat* cu destinație specială;
- Utilizarea tehnicii de procesare termică - încălzire ohmică - în cadrul schemelor tehnologice a produselor vegetale *ready-to-eat*;
- Alegerea unor hidrocoloizi adaptați produselor cu destinație specială;
- Identificarea unor corelații între proprietățile electrice și cele fizice ale unor componente din piureurile de dovlecel și ardei gras cu adaos de hidrocoloizi;
- Caracterizarea complexă (din punct de vedere compozițional, textural, reologic, microstructural și al conținutului de compuși bioactivi) a produselor vegetale *ready-to-eat*.

Infrastructura folosită aparține Universității Dunărea de Jos din Galați și se află în dotarea Facultății de Știința și Ingineria Alimentelor și a

Facultății de Științe și Mediu. Laboratoarele care au pus la dispoziție infrastructura necesară realizării experimentelor care au stat la baza cercetărilor din teza de doctorat sunt: Laboratorul de cercetări Operații unitare (FSIA-UDJ Galați), Centrul integrat de cercetare, expertiză și transfer tehnologic, BioAliment-TehnIA din cadrul Facultății Știința și Ingineria Alimentelor, Universitatea Dunărea de Jos din Galați (www.bioaliment.ugal.ro), Laboratorul de Ficobiotehnologie, al Institutului de Microbiologie și Biotehnologie al Academiei de Științe a Moldovei, Laboratorul Biotehnologiei Vegetale, la Institutul de Genetică și Fiziologie a Plantelor al Academiei de Științe a Moldovei.

Teza de doctorat **Tehnici de procesare termică: Aspecte științifice și tehnologice** este structurată în două părți: Studiu documentar și Partea experimentală. Capitolele care constituie partea experimentală sunt prezentate ca rapoarte de cercetare care cuprind structura standard formată din Aspecte generale, Materiale și Metode, Rezultate și discuții și Concluzii parțiale.

Teza de doctorat cuprinde 143 pagini, un număr de 14 tabele și 87 figuri. Studiul documentar și raportarea la literatura de specialitate se bazează pe un număr de 272 referințe bibliografice.

Studiul documentar, structurat în 4 capitole cuprinde informații generale referitoare la stadiul actual al cunoașterii în domeniul produselor de origine vegetală alese pentru studiu și a destinației acestora.

Studiul documentar prezintă noțiuni generale despre beneficiile pe care produsele de origine vegetală și în special legumele le aduc omului prin consumarea acestora.

Sunt prezentate și caracterizate produsele vegetale selectate - dovlecel și ardei gras - din punct de vedere biologic, nutrițional și fizico-chimic.

Având în vedere că teza de doctorat dorește să propună produse noi pe bază de material vegetal destinat persoanelor cu o alimentație specială care suferă de disfagie, sunt evidențiate considerații teoretice referitoare la fabricarea piureurilor de legume.

Aceste piureuri cu destinație specială necesită o consistență aparte, care este dată prin adăugarea de hidrocoloizi. Astfel, sunt prezentați și caracterizați hidrocoloizii aleși pentru experimente (pectina din mere și citrice, alginatul de sodiu și amidonul), fiind expuse proprietățile care au stat la baza alegerii lor.

Deoarece ca metodă de conservare s-a optat pentru încălzirea ohmică (IO), sunt prezentate aspecte importante legate de această tehnică de procesare.

Piureurile cu adaos de hidrocoloizi ca produse *ready-to-eat* pot fi utilizate și de către persoanele ce suferă de disfagie, care este o deficiență sau o disfuncționalitate a musculaturii care susține transportul alimentelor sau a băuturilor din gură în stomac, în special pe zona de înghițire, de aceea sunt prezentate și elemente teoretice legate de disfagie.

Studiul experimental este structurat în trei capitole, care doresc să investigheze și să optimizeze modalități de realizare a produselor de tip piureuri de legume *ready-to-eat* destinate persoanelor care suferă de disfagie, importanța utilizării încălzirii ohmice ca tehnică de procesare și efectele adaosului de hidrocoloizi asupra proprietăților produselor obținute. De asemenea, este vizată simularea și modelarea datelor obținute experimental în vederea posibilității folosirii acestor date în experimente similare.

Capitolul 5 este denumit *Conceperea, caracterizarea și evaluarea piureurilor de dovlecei și ardei gras cu adaos de pectine destinate alimentației speciale a persoanelor care suferă de disfagie*.

Alegerea dovleceilor și a ardeilor grași ca materii prime pentru realizarea produselor *ready-to-eat* s-a bazat pe considerente compoziționale și economice (preț de cost scăzut și conținut ridicat de compuși bioactivi).

S-au proiectat, realizat și caracterizat 14 tipuri de produse, 7 bazate pe piure de dovlecei cu adaos variabil de pectină din mere sau citrice și 7 piureuri de ardei gras cu adaos variabil de pectină din mere sau citrice.

Pectina a fost aleasă pentru acest experiment deoarece provine din sursă vegetală și este extrem de utilizată pentru creșterea consistenței sucurilor, piureurilor, gemurilor și dulcețurilor.

Tratamentul termic de încălzire ohmică (IO) stă la baza păstrării calităților specifice acestor tipuri de produse, cu atât mai mult cu cât destinația lor este una specială. Pentru aceasta s-a optat pentru un gradient de temperatură de 20 V/cm, care a favorizat procesarea corectă și a asigurat conservabilitatea produsului refrigerat timp de 30 zile.

În cadrul acestui capitol s-au determinat proprietățile electrice, fizico-chimice, reologice, texturale și microstructurale ale piureurilor. Pentru ambele variante de pectină, din mere respectiv citrice, s-a identificat o concentrație optimă de hidrocoloizi la 0,3%.

Capitolul 6 intitulat *Designul și caracterizarea piureurilor de ardei sau de dovlecei cu adaos de amidon sau alginat de sodiu destinate persoanelor care suferă de disfagie*, investighează utilizarea alginatului de sodiu și amidonului din porumb ca hidrocoloizi pentru conceperea și caracterizarea piureurilor de dovlecel și ardei gras. S-a urmărit comportamentul reologic al piureurilor în urma adaosului de hidrocoloizi și efectele încălzirii ohmice asupra acestora. Transformările piureurilor sunt observate prin modificările fizico-chimice, texturale și microstructurale. Nu apar modificări ale comportamentului reologic a piureurilor de dovlecei și ardei grași cu adaos de hidrocoloizi. Modificările structurale denotă că încălzirea ohmică este un tratament blând, care asigură conservabilitatea finală a produselor. Este clar evidențiat că, tratamentul prin încălzire ohmică se pretează foarte bine acestui tip de produse *ready-to-eat* și că păstrează o serie de compuși biologic activi prezenți în mod natural în materialul vegetal, și de asemenea nu denaturează total structura produselor obținute, având în vedere că materialul vegetal este deja supus unor procese mecanice înainte de a fi tratat termic.

Capitolul 7 *Modelarea și simularea tehnicilor de procesare termică* dorește să folosească datele obținute experimental în vederea simulării procesului luat în considerare. Rețelele Neuronale Artificiale (RNA) s-au pliat perfect pe tipurile de experimente desfășurate în cadrul tezei, deoarece acestea sunt destinate modelării datelor unor matrici complexe, precum matricile alimentare. Avantajul principal al acestui tip de modelare constă în alegerea modelului matematic corespunzător datelor experimentale și depistarea eventualelor erori ce ar putea denatura procesul de simulare. Identificarea și înlăturarea acestora este caracteristica de bază a RNA.

Concluziile generale relevă importanța studiului și relevanța acestuia în contextul național și internațional având în vedere utilizarea unor materiale vegetale insuficient valorificate comparativ cu proprietățile lor biologic active și cu potențialul funcțional al acestora.

Contribuțiile originale ale tezei de doctorat sunt diseminate în 3 articole științifice publicate sau în recenzie în reviste de specialitate de prestigiu (The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, The Volume of the 22nd International Exhibition of Inventions "INVENTICA 2018", Journal of Food Science and Technology), 2 articole în publicații ISI Proceedings și 8 participări la conferințe internaționale și naționale.

Rezultatele finale au fost valorificate și în cadrul unui brevet de invenție cu titlul **Produx vegetal ready-to-eat destinat persoanelor vârstnice** depus la OSIM, în curs de publicare pe platforma on-line.

Teza s-a realizat sub coordonarea științifică a comisiei de îndrumare, care are următoarea componență:

Prof.dr.ing. Elisabeta BOTEZ – conducător de doctorat;

Prof.dr.ing. Nicoleta STĂNCIUC – coordonator de studii tehnologice și spectrometrie;

Conf.dr.ing. Aida VASILE – coordonator de studii de microscopie;

Conf.dr.ing. Sorin CIORTAN – coordonator de modelare și simulare matematică.

Notații și abrevieri

MD - probă martor piure de dovlecei

DPC0,1 - probă de piure de dovlecei cu adaos de pectină din citrice în proporție de 0,1%

DPC0,2 - probă de piure de dovlecei cu adaos de pectină din citrice în proporție de 0,2%

DPC0,3 - probă de piure de dovlecei cu adaos de pectină din citrice în proporție de 0,3%

DPM0,1 - probă de piure de dovlecei cu adaos de pectină din mere în proporție de 0,1%

DPM0,2 - probă de piure de dovlecei cu adaos de pectină din mere în proporție de 0,2%

DPM0,3 - probă de piure de dovlecei cu adaos de pectină din mere în proporție de 0,3%

MA - probă martor piure de ardei grași

APC0,1 - probă de piure de ardei grași cu adaos de pectină din citrice în proporție de 0,1%

APC0,2 - probă de piure de ardei grași cu adaos de pectină din citrice în proporție de 0,2%

APC0,3 - probă de piure de ardei grași cu adaos de pectină din citrice în proporție de 0,3%

APM0,1 - probă de piure de ardei grași cu adaos de pectină din mere în proporție de 0,1%

APM0,2 - probă de piure de ardei grași cu adaos de pectină din mere în proporție de 0,2%

APM0,3 - probă de piure de ardei grași cu adaos de pectină din mere în proporție de 0,3%

DM - probă martor piure de dovlecei

DAM1 - probă de piure de dovlecei cu adaos de amidon în proporție de 1%

DAM2 - probă de piure de dovlecei cu adaos de amidon în proporție de 2%

DAM3 - probă de piure de dovlecei cu adaos de amidon în proporție de 3%

DAL1 - probă de piure de dovlecei cu adaos de alginat în proporție de 1%

DAL2 - probă de piure de dovlecei cu adaos de alginat în proporție de 2%

DAL3 - probă de piure de dovlecei cu adaos de alginat în proporție de 3%

AM - probă martor piure de ardei gras

AAM1 - probă martor piure de ardei gras cu adaos de amidon în proporție de 1%

AAM2 - probă martor piure de ardei gras cu adaos de amidon în proporție de 2%

AAM3 - probă martor piure de ardei gras cu adaos de amidon în proporție de 3%

AAL1 - probă martor piure de ardei gras cu adaos de alginat în proporție de 1%

AAL2 - probă martor piure de ardei gras cu adaos de alginat în proporție de 2%

AAL3 - probă martor piure de ardei gras cu adaos de alginat în proporție de 3%
IO - încălzire ohmică
RNA - Rețele Neuronale Artificiale
FT-IR - Fourier Transform Infrared Spectroscopy
MSE - eroarea medie pătratică (Mean Square Error)
TPA - Analiza Profilului Textural (Texture Profile Analysis)
ABTS - 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)
DPPH - 2,2-difenil-1 picrilhidrazil
TEAC - Trolox Equivalent Antioxidant Capacity

Listă figuri

Figura 2.1. Structura interioară a ardeiului gras
Figura 3.1. Principalii hidrocoloizi utilizați în industria alimentară și proveniența lor
Figura 3.2. Structura chimică a pectinei
Figura 3.3. Structura alginatului
Figura 3.4. Structura chimică a amidonului
Figure 3.5. Tipuri de granule de amidon
Figura 4.1. Procesele specifice înghițirii normale
Figura 4.2. Viziune orofaringiană laterală
Figura 5.1. Obiectivele secundare ale capitolului 5
Figura 5.2. Schema tehnologică bloc de obținere a piureului de dovlecei cu adaos de pectină din mere sau citrice
Figura 5.3. Schema tehnologică bloc de obținere a piureului de ardei cu adaos de pectină din mere sau citrice
Figura 5.4. Instalația discontinuă de încălzire ohmică
Figura 5.5. Conductometru electronic model YK-2005CD
Figura 5.6. pH-metru WTW Inolab pH 7310
Figura 5.7. Curba etalon pentru determinarea activității antioxidante
Figura 5.8. Spectrometru Nicolet iS50 FT-IR, USA
Figura 5.9. Vâscozimetru rotațional Brookfield DV
Figura 5.10. Texturometrul Brookfield CT3
Figura 5.11. Reprezentarea grafică a forței în funcției de timp (curba TPA)
Figura 5.12. Celula Ottawa
Figura 5.13. Sistem de microscopie confocală cu scanare laser LSM 710
Figura 5.14. Variația conductivității electrice a piureurilor de dovlecei în funcție de temperatura de procesare prin IO la un gradient de tensiune de 20V/cm
Figura 5.15. Corelația dintre conductivitatea electrică calculată și măsurată
Figura 5.16. Variația temperaturii în timpul procesării piureului de dovlecei prin IO în funcție de timpul de procesare
Figura 5.17. Activitatea antioxidantă a piureului de dovlecei proaspăt și încălzit ohmic determinată prin metoda DPPH

Figura 5.18. Activitatea antioxidantă a piureului de dovlecei proaspăt și încălzit ohmic determinată prin metoda ABTS

Figura 5.19. Activitatea antioxidantă a piureului de dovlecei proaspăt și încălzit ohmic determinată prin metoda reducerii reagentului fosfomolibdenic

Figura 5.20. Variația pH-ului piureurilor de dovlecei tratate prin IO la un gradient de tensiune de 20V/cm în funcție de timpul de depozitare

Figura 5.21. Comportamentul reologic al piureurilor de dovlecei

Figura 5.22. Fermitatea probelor de piure din dovlecel rezultată din analiza cu ajutorul celulei Ottawa, comparativ cu cea rezultată prin analiza TPA

Figura 5.23. Aderența probelor de piure din dovlecel rezultată din analiza cu ajutorul

celulei Ottawa, comparativ cu cea rezultată prin analiza TPA

Figura 5.24. Spectrul FT-IR pentru piureurile de dovlecei

Figura 5.25. Imagini ale probelelor de piure de dovlecei obținute cu microscopul confocal cu scanare laser

Figura 5.26. Imagini ale probelelor de piure de dovlecei obținute cu microscopul confocal cu scanare laser

Figura 5.27. Variația conductivității electrice a piureurilor de ardei în funcție de temperatura de procesare prin încălzire ohmică la un gradient de tensiune de 20V/cm

Figura 5.28. Corelația dintre conductivitatea electrică calculată și măsurată a piureurilor de ardei

Figura 5.29. Variația pH-ului piureurilor de ardei tratate prin încălzire ohmică la un gradient de tensiune de 20V/cm în funcție de timpul de depozitare

Figura 5.30. Variația temperaturii în timpul procesării piureurilor de ardei prin încălzire ohmică în funcție de timpul de procesare

Figura 5.31. Activitatea antioxidantă totală a piureurilor de ardei grași exprimată ca inhibiție ABTS

Figura 5.32. Activitatea antioxidantă totală a piureurilor de ardei grași exprimată ca inhibiție DPPH

Figura 5.33. Conținutul de polifenoli totali a piureurilor de ardei grași

Figura 5.34. Dependența vâscozității dinamice a piureurilor de ardei grași în funcție de viteza de forfecare

Figura 5.35. Fermitatea probelor de piure din ardei rezultată din analiza cu ajutorul celulei Ottawa, comparativ cu cea rezultată prin analiza TPA

Figura 5.36. Aderența probelor de piure din ardei rezultată din analiza cu ajutorul celulei Ottawa, comparativ cu cea rezultată prin analiza TPA

Figura 5.37. Spectrul FT-IR pentru piureurile de ardei

Figura 5.38. Imagini obținute cu microscopul confocal pentru piureurile de ardei gras cu pectină din mere

Figura 5.39. Imagini obținute cu microscopul confocal pentru piureurile de ardei gras

Figura 6.1. Obiectivele specifice capitolului hidrocoloizi

- Figura 6.2. Schema tehnologică bloc de obținere a piureului de dovlecei cu adaos de amidon sau alginat de sodiu
- Figura 6.3. Schema tehnologică bloc de obținere a piureului de ardei cu adaos de amidon sau alginat de sodiu
- Figura 6.4. Variația valorilor conductivității electrice a piureurilor de dovlecei în funcție de temperatura de procesare prin încălzire ohmică
- Figura 6.5. Variația temperaturii piureurilor de dovlecei în timpul procesării
- Figura 6.6. Variația pH-ului piureului de dovlecei la depozitare
- Figura 6.9. Fermitatea probelor de dovlecei testată cu TPA și celulă Ottawa
- Figura 6.10. Corelația valorilor fermității obținute cu TPA și Celula Ottawa
- Figura 6.11. Aderența piureurilor de dovlecei
- Figura 6.12. Corelația valorilor aderenței obținute cu TPA și Celula Ottawa
- Figura 6.13. Reprezentarea spectrelor FT-IR pentru: piureurile de dovlecei cu adaos de amidon (a) și cu alginat (b)
- Figura 6.14. Imagini ale probelelor de piure de dovlecei cu adaos de amidon obținute cu microscopul confocal cu scanare laser
- Figura 6.15. Imagini ale probelelor de piure de dovlecei cu adaos de alginat de sodiu obținute cu microscopul confocal cu scanare laser
- Figura 6.16. Variația valorilor conductivității electrice a piureurilor de ardei în funcție de temperatura de procesare prin încălzire ohmică
- Figura 6.17. Variația valorilor temperaturii piureurilor în timpul procesării prin încălzire ohmică
- Figura 6.18. Variația pH-ului piureurilor în timpul depozitării
- Figura 6.19. Activitatea oxidantă a piureurilor de ardei gras exprimată ca inhibiție de DPPH
- Figura 6.20. Variația vâscozității dinamice a piureurilor de ardei în funcție de viteza de forfecare
- Figura 6.21. Fermitatea probelor obținute prin metoda TPA și Celula Ottawa
- Figura 6.22. Aderența probelor obținute prin metoda TPA și Celula Ottawa
- Figura 6.23. Reprezentarea spectrelor FT-IR pentru: piureurile de ardei gras cu adaos de amidon (a) și cu alginat (b)
- Figura 6.24. Imagini ale probelelor de piure de ardei gras cu adaos de amidon obținute cu microscopul confocal cu scanare laser
- Figura 6.25. Imagini ale probelelor de piure de ardei gras cu adaos de alginat obținute cu microscopul confocal cu scanare laser
- Figura 7.1. Schița circuitului electric pentru încălzire ohmică
- Figura 7.2. Schema electrică simplificată a ÎO
- Figura 7.3. Sistemul neuronal uman
- Figura 7.4. Obiective simulării tehnicilor de procesare termică
- Figura 7.5. Algoritmul de funcționare al RNA
- Figura 7.6. Schița principiului de funcționare a RNA
- Figura 7.7. Funcția Neural Network Start (nnstart)
- Figura 7.8. Arhitectura rețelei neuronale artificiale
- Figura 7.9. Validarea și testarea datelor

Figura 7.10. Antrenarea rețelei neuronale artificiale
Figura 7.11. Rezultatele antrenării rețelei
Figura 7.12. Performanța rețelei neuronale artificiale
Figura 7.13. Statusul de antrenare
Figura 7.14. Histograma erorilor
Figura 7.15. Corelația liniară dintre datele de ieșire și cele țintă
Figura 7.16. Diagrama de suprapunere a datelor

Listă tabele

Tabel 2.1. Conținutul de nutrienți a dovlecelului comun (Cucurbita pepo var. obloga)
Tabel 2.2. Compoziția chimică și nutritivă a ardeiului gras
Tabel 5.1. Codificarea probelor analizate
Tabelul 5.2. Parametrii determinați prin metoda analizei profilului textural și definițiile lor din punct de vedere fizic
Tabelul 5.3. Rezultatele analizei TPA pentru probele de piure din dovlecel
Tabelul 5.4. Valorile coezivității și elasticității probelor de piure din ardei
Tabel 6.1. Codificarea probelor analizate
Tabelul 6.2. Valorile coezivității și elasticității probelor de piure de dovlecel
Tabel 6.3. Influența adaosului de alginat de sodiu sau de amidon asupra parametrilor reologici ai piureurilor de ardei gras
Tabelul 6.4. Valorile coezivității și elasticității probelor de piure de ardei
Tabel 7.1. Valorile vâscozității dinamice versus viteza de forfecare pentru piureurile de dovelecei cu adaos de pectină de mere și citrice
Tabel 7.2. Date experimentale obținute prin determinarea vâscozității dinamice a probelor versus viteza de forfecare pentru piureurile de dovelecei cu adaos de amidon și alginat
Tabel 7.3. Valorile vâscozității dinamice versus viteza de forfecare pentru piureurile de ardei grași cu adaos de pectină de mere și citrice
Tabel 7.4. Date experimentale obținute prin determinarea vâscozității dinamice a probelor versus viteza de forfecare pentru piureurile de ardei cu adaos de amidon și alginat

STUDIU DOCUMENTAR

1. Aspecte generale

Vegetalele constituie baza alimentației umane pe glob, consumându-se aproximativ 10000 de specii de plante, din care doar 50 sunt cele mai comercializate tipuri (Decoteau, 2000). Ele participă atât la susținerea unei diete echilibrate, cât și la stimularea apetitului.

Vegetalele contribuie în alimentația umană cu amidon, minerale, vitamine, fibre și proteine fiind o sursă importantă de energie. Legumele sunt bogate în vitamina C. Compușii bioactivi precum carotenoidele există din abundență în dovleac, ardei gras și tomate. Fibrele din legume includ celuloză, hemiceluloze, substanțe pectice și lignină, care au un rol esențial în prevenția diferitelor boli (Vaugban și Geissler, 1999). Acizii organici și cei volatili sunt compuși de aromă, în timp ce responsabilii de culoare sunt clorofilele, carotenoide și antocianii.

Vegetalele reprezintă principala sursă de antioxidanți în nutriția umană cu rol defensiv împotriva radicalilor liberi. Nivelul crescut de antioxidanți din dovlecei, ceapă și fasole verde poate fi influențat de multe ori de utilizarea unui tratament termic adecvat. În urma acțiunii proceselor termice asupra celulelor vegetale se pot forma compuși noi cu acțiune antioxidantă puternică sau substanțe noi cu potențial antioxidant și inhibarea enzimelor oxidative (Morales și Babel, 2002).

2. Vegetalele utilizate

2.1. Dovlecelul comun (*Cucurbita pepo* var. *oblonga*)

Cucurbitaceele sunt o familie extrem de importantă din clasa vegetalelor care datează de mai mult de 10000 de ani în urmă. Familia este compusă din 118 genuri, din care doar 9 sunt utilizate ca legume, iar dintre acestea doar 3 (*Cucumis*, *Citrullus* și *Cucurbita*) prezintă importanță comercială în întreaga lume, exceptând unele zone din Asia unde se comercializează și genurile *Benincasa*, *Lagenaria*, *Luffa*, *Momordica*, *Sechium* și *Trichosanthes* (Robinson și Decker-Walters, 1997).

Cucurbitaceele sunt erbacee anuale, cu excepția dovlecelul chayote care este peren. Dovlecelul (*Cucurbita pepo* var. *oblonga*) este un soi de dovleac cultivat pentru fructele sale verzi și lunguiețe. Fructul are o formă alungită, cilindrică sau ușor îngroșată spre vârf de culoare albă,

galbenă, verde de la deschis la închis, iar ritmul de creștere al acestuia este unul rapid.

2.2. Ardeiul gras (*Capsicum annum*)

Ardeiul gras sălbatic a fost descoperit cu aproximativ 9000 de ani în urmă, originar din Bolivia și Peru. Ulterior, semințele s-au răspândit în întreaga Americă Centrală. Columb a descoperit ardeiul în Indiile de Vest pe care l-a adus în Europa, Africa și Asia (<http://yolonutrition.ucanr.edu/files/241826.pdf>).

Ardeiul face parte din familia Solanaceaelor, care include de asemenea și tomatele și cartofii. Din punct de vedere botanic, ardeii sunt fructe ale speciei *Capsicum annum* care cresc anual sau peren, cărora le-a crescut popularitatea datorită conținutului său de substanțe bioactive (acid ascorbic, carotenoide, avonoide și polifenoli). Există aproape 2000 de varietăți de ardei, de culori precum verzi, galbeni, portocalii, roșii și violeti, de diferite mărimi și forme (Lucier și Lin, 2001).

Ardeiul gras este o recoltă de sezon cald, care se dezvoltă bine în afara temperaturilor fluctuante sau a celor de îngheț. Crește slab la temperaturi între 5 și 15°C (Bosland și Votava, 1999). Temperatura optimă pentru ardeiul dulce este de 20 până la 25°C (Anonymous, 2000).

Ardeii sunt fructe cu pulpa groasă, cu o piele netedă, ceruită și o textură crocantă.

3. Considerații teoretice privind tehnologia de fabricare a piureurilor

Schimbările în stilul de viață modern, conștientizarea tot mai mare a legăturii între dietă și sănătate și noile tehnologii de prelucrare au dus la o creștere rapidă în consumul de produse *ready-to-eat*, alimente funcționale și dezvoltarea de produse alimentare cu conținut ridicat de fibre și conținut scăzut de grăsimi (Phillips și Williams, 2009).

Consumul de piureuri a devenit extrem de comod pentru consumatorul modern, care alege produse ce pot fi folosite fără a petrece mult timp pentru preparare. Utilizarea piureurilor în alimentație este una dintre modalitățile de a consuma alimente echilibrate nutrițional și mineral (Galoburda și al., 2014).

Piureurile sunt alimente definite ca fiind mărunțite până la o formă care implică un grad de masticare extrem de scăzut. Bolul format din piure va fi ușor de trimis cu ajutorul limbii spre faringe, favorizând astfel

Înghițirea. Aceste produse sunt moi, netede și semisolide modificate mecanic, cu sau fără adaosuri de agenți de îngroșare sau lichide în procesul de preparare (Sharma și al., 2017).

Piureurile sunt o clasă de produse special create pentru persoane cu alimentație specială, precum bebelușii, copiii în anumite perioade de dezvoltare (erupția dentară), bătrânii și persoanele cu diverse probleme de sănătate situate în special la nivelul tubului digestiv.

Tehnologia de fabricare a piureurilor este dependentă de materiile prime implicate, de conținutul acestora de apă și de gradul de granulație al acestora.

3.1. Adaosul de agenți de îngroșare – Hidrocoloizi

Hidrocoloizii reprezintă substanțe care au o mare afinitate pentru apă. Din punct de vedere chimic sunt substanțe hidrophile macromoleculare. Hidrocoloizii sunt substanțe, care au capacitatea de a forma geluri utilizate în microîncapsulare sau controlul texturii produselor alimentare, farmaceutice, probiotice, medicale și produse cosmetice (Sugiura și al., 2005; Zimmerman și al., 2005).

3.1.1. Pectina

Pectina este unul dintre cei mai cunoscuți agenți de gelificare. Este extrem de răspândită în țesuturile vegetale, unde acționează ca matrice intercelulară împreună cu celuloza având rol constitutiv în formarea pereților celulari și a lamelei centrale.

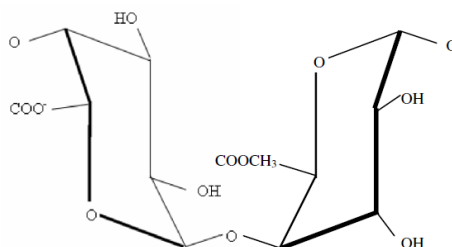


Figura 3.2. Structura chimică a pectinei adaptată după www.researchgate.net

3.1.2. Alginatul de sodiu

Alginatul este un derivat al acidului alginic, care este un derivat primar din algele brune (Phaeophyceae). Alginații sunt polimeri liniari neramificați care conțin derivați ai acidului (β -1 \rightarrow 4) D-manuronic (M) și resturi de acid α -(1 \rightarrow 4) L-guluronic (G). Secvențele reziduale M și G variază în funcție de speciile și în cadrul aceluiași lanț de polimeri.

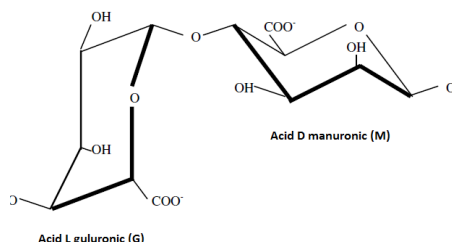


Figura 3.3. Structura alginatului adaptată după www.scielo.br

3.1.3. Amidonul

Amidonul este unul dintre cei mai utilizați hidrocoloizi folosiți ca agenți de îngroșare în industria alimentară. Mai mult, se găsește în cantități foarte mari în natură, este ușor de extras și nu împrumută gust, miros sau culoare nespecifică produsului dacă este folosit în concentrații scăzute (2-5%). Se găsește în frunze de plante, tulpini, rădăcini, bulbi, nuci, tulpini, semințe și culturi de bază cum ar fi orez, porumb, grâu, manioc și cartofi (Sajilata și al., 2006).

Amidonul este principala sursă de carbohidrați din dieta umană, este polizaharidul cu cea mai mare depozitare în plante și apare sub formă de granule în cloroplastul frunzelor verzi și amiloplast în semințe și tuberculi. În Figura 3.5. sunt prezentate principalele tipuri de granule de amidon în funcție de sursa de proveniență.

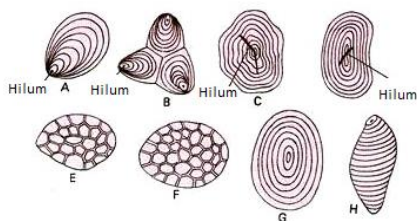


Figure 3.5. Tipuri de granule de amidon adaptate după <http://www.biologydiscussion.com>

A. Granule de amidon din cartof, B. Granule compuse din cartof, C. o granulă simplă de amidon din porumb, D. o granulă simplă de amidon din mazăre, E. granule compuse de amidon din orez, F. granule compuse de amidon din ovăz, G. granulă simplă de amidon din grâu, H. o granulă simplă de amidon din banană.

3.2. Tehnici de procesare termică

Prin procesarea termică se înțelege transformarea produselor alimentare din stare proaspătă în stare conservată. Conservarea alimentelor este esențială pentru inocuitatea alimentară și sănătatea consumatorilor. Fiecare tratament termic este unic conceput, dar toate au ca scop comun întârzierea gradului de perisabilitate de la producție la consum.

Cele mai multe alimente sunt supuse unor procese termice cum ar fi gătire, coacere, prăjire, extrudare, pasteurizare sau sterilizare. Aceste procese au ca scop obținerea de particularități senzoriale sau texturale, siguranța microbiologică și eliminarea activității enzimatică (ftp://ftp.feq.ufu.br/Luis_Claudio/Books/E-books/Food/Thermal_technologies_in_food_processing). Procesarea cu ajutorul căldurii este o tehnică indispensabilă industriei alimentare. Încălzirea a fost din totdeauna cea mai comună metodă utilizată în industria alimentară pentru conservarea, procesarea sau inactivarea enzimatică a biomaterialelor (Kumar și al., 2014).

3.2.1. Tratamentul termic prin încălzire ohmică

Așa cum afirmă și alți cercetători precum Jaeger și al., 2016; Sakr și Liu, 2014, recent, încălzirea ohmică, una dintre cele mai cunoscute tehnologii moderne de procesare termică, a reapărut ca o tehnologie promițătoare în minimizarea schimbărilor nedorite, menținând astfel valoarea nutritivă a produselor, dar și prospețimea acestora.

Încălzirea ohmică reprezintă un proces termic modern prin care, curentul electric străbate direct volumul de produs, căldura astfel rezultată fiind generată de rezistența ohmică reprezentată de către produs prin mișcarea moleculelor sub acțiunea curentului electric (Shynkaryk și al., 2010, Boldaji și al., 2015; Ramaswamy și al., 2014).

Avantajele încălzirii ohmice sunt:

- 1) încălzirea uniformă și volumetrică a produselor alimentare (Ruan, 2001), chiar și a celor cu un conținut crescut de particule solide;
- 2) încălzire rapidă - o scurtă perioadă de procesare (temperatură înaltă - timp scurt HTST) sau chiar cu temperaturi ultra-ridicate (UHT);

- 3) eficiență ridicată;
- 4) costuri de întreținere scăzută datorate absenței pieselor în mișcare;
- 5) versatilitatea procesului care poate fi utilizat în blanșare, dezghețare, uscare, concentrare, pasteurizare;
- 6) conservarea valorilor nutriționale ale alimentelor.

Proprietățile electrice, termofizice și reologice ale produselor joacă un rol important în realizarea încălzirii uniforme. Pe lângă parametrii produsului, parametrii de proces, cum ar fi frecvența curentului utilizat, materialul electrozilor și geometria camerei de procesare sunt de asemenea relevante (DFG Senate Commission on Food Safety, 2015).

4. Disfagia

Numărul populației vârstnice (peste 65 ani) prezintă cea mai rapidă rată de creștere dintre toate segmentele de populație. Până în 2050 la nivel mondial vor exista mai mult de 400 de milioane de persoane în vârstă de peste 80 de ani. Furnizarea de alimente moi, gustoase și sănătoase modificate pentru seniori, în special pentru cei care prezintă disfuncții masticatorii/înghițire și/sau necesită o nutriție specială, reprezintă o provocare majoră pentru industria alimentară.

La fel ca adulții, și copiii pot prezenta probleme de deglutiție. Comparativ cu adulții, copiii au o dezvoltare rapidă a corpului și pot avea probleme doar pe termen scurt.

Disfagia reprezintă o disfuncție a procesului de înghițire, care implică stadii specifice deglutiției precum trecerea orală, faringiană și esofagiană, care apare în special asociată bolilor degenerative, precum: demența, Parkinson și Alzheimer și se pare că afectează o pondere de 60% a persoanelor vârstnice instituționalizate. Consecințele frecvente ale malnutriției generate de disfagie includ: confuzia, deshidratarea, ulcerul, constipația, infecțiile și în final o scădere a calității vieții [Curran și Groher, 1990].

STUDIU EXPERIMENTAL

5. Conceperea, caracterizarea și evaluarea piureurilor de dovlecei și ardei gras cu adaos de pectine destinate alimentației speciale a persoanelor care suferă de disfagie

5.1. Aspecte generale

Dovlecelul din soiul Crișan (2008) este destinat atât cultivării ca răsad sau direct în câmp. Acesta este un tip de dovlecel timpuriu cu greutatea medie de 150-300 g, având culoarea alb-verzui.

Ardeiul utilizat este din soiul Mintos F1, care este un hibrid de ardei gras recomandat pentru cultivarea în sere, solarii și câmp deschis. Fructul ardeiului Mintos F1 este de tip Blocky, cu greutatea medie de 250 de grame, mare, lucios, având un aspect comercial deosebit. Culoarea se schimbă treptat din verde deschis în galben, cu trecere în roșu la maturitatea fiziologică. Pulpa ardeiului Mintos F1 este una groasă.

Deși posedă un potențial nutritiv extrem de important atât dovleceii cât și ardeii grași sunt insuficienți investigați în activitatea de cercetare. Sunt necesare investigații suplimentare pentru a cunoaște proprietățile reologice ale produselor destinate pacienților cu disfagie. Aceste afirmații susțin necesitatea studiului prezentat în continuare.

5.2. Obiective



Figura 5.1. Obiective

5.3. Materiale și metode

Materiale utilizate la producerea piureurilor de legume (dovlecei, ardei grași) cu adaos de pectină (din mere și citrice):

- Dovlecei din soiul Crișan (2008)
- Ardei grași soiul Mintos F1
- Pectină din mere (Natura Cookta, Budapesta, Ungaria)
- Pectină din citrice (Natura Cookta, Budapesta, Ungaria)
- Apă plată (Aqua Carpatica, Valvis Holding, România)

Reactivii utilizați au o înaltă puritate analitică și nu au fost purificați sau prelucrați în cadrul experimentului. Dovleceii și ardeii au fost cumpărați de la producători locali în perioada iulie-octombrie 2016.

Obținerea piureurilor de legume: Înainte de a fi supuși prelucrării au fost spălați, decojiți sau după caz li s-a înlăturat casa seminală, au fost tăiate și apoi supuse operației de mărunțire realizate cu ajutorul unui blender Philips. Blenderizarea s-a realizat la o viteză de 1900 rot/min timp de 2 minute pentru fiecare tip de piure. Această operație a fost aplicată cu scopul obținerii piureurilor de legume din dovlecei și ardei.

Creșterea consistenței piureurilor de legume: Piureurile au fost amestecate la viteza de rotație de 1900 rot/min cu un amestec format din pectină din mere, respectiv din citrice în proporțiile propuse (0,1%, 0,2% și 0,3%) și cu volumul de apă necesar hidratării pectinei timp de 1 minut. Toate probele au fost realizate în triplicat.

Tabel 5.1. Codificarea probelor analizate

Nr.crt.	Codificare probă	Denumire probă
1	MD	probă martor piure de dovlecei
2	DPC0,1	probă de piure de dovlecei cu 0,1% adaos de pectină din citrice
3	DPC0,2	probă de piure de dovlecei cu 0,2% adaos de pectină din citrice
4	DPC0,3	probă de piure de dovlecei cu 0,3% adaos de pectină din citrice
5	DPM0,1	probă de piure de dovlecei cu 0,1% adaos de pectină din mere
6	DPM0,2	probă de piure de dovlecei cu 0,2% adaos de pectină din mere
7	DPM0,3	probă de piure de dovlecei cu 0,3% adaos de pectină din mere
8	MA	probă martor piure de ardei grași
9	APC0,1	probă de piure de ardei grași cu 0,1% adaos de pectină din citrice
10	APC0,2	probă de piure de ardei grași cu 0,2% adaos de pectină din citrice
11	APC0,3	probă de piure de ardei grași cu 0,3% adaos de pectină din citrice
12	APM0,1	probă de piure de ardei grași cu 0,1% adaos de pectină din mere
13	APM0,2	probă de piure de ardei grași cu 0,2% adaos de pectină din mere
14	APM0,3	probă de piure de ardei grași cu 0,3% adaos de pectină din mere

5.4. Rezultate și discuții

Piureurile de dovlecei și ardei gras obținute conform metodei prezentate în capitolul Materiale și metode au fost supuse unor analize și determinări, care să permită caracterizarea produselor cu destinație specială obținute. Datele prelucrate și prezentate în acest capitol reprezintă media aritmetică a 3-5 determinări în funcție de tipul de parametru sau caracteristică analizat.

5.4.1. Rezultate și discuții pentru piureurile de dovlecei tratate prin IO la 20 V/cm

Determinarea proprietăților electrice ale piureurilor de dovlecei

Prezența componentelor diferite, volumul fiecărei componente, mărimea și forma acestora sunt printre factorii importanți care afectează în general conductivitatea electrică a unui sistem alimentar multifazic. În figura 5.14. este prezentată variația conductivității electrice a piureurilor de dovlecei în funcție de temperatura de procesare prin IO la un gradient de tensiune de 20V/cm.

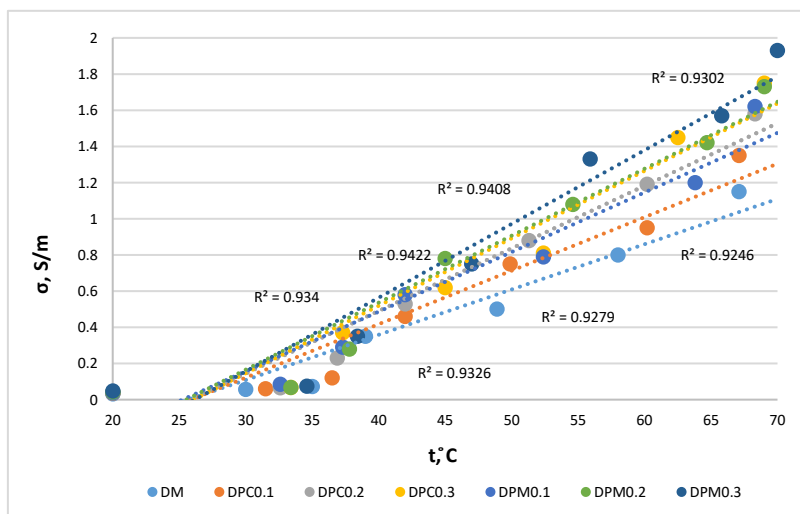


Figura 5.14. Variația conductivității electrice a piureurilor de dovlecei în funcție de temperatura de procesare prin IO la un gradient de tensiune de 20V/cm

În figura 5.14 se poate observa variația liniară a piureurilor de dovlecei, atât în varianta martor cât și pentru probele cu adaos de pectină din citrice și din mere. Valorile obținute pentru conductivitatea electrică sunt similare cu cele prezentate de către Mitchell și de Alwis în 1989. În figura 5.16. este prezentată variația temperaturii ($^{\circ}\text{C}$) în timpul procesării piureului de dovlecei prin IO în funcție de timpul de procesare (s).

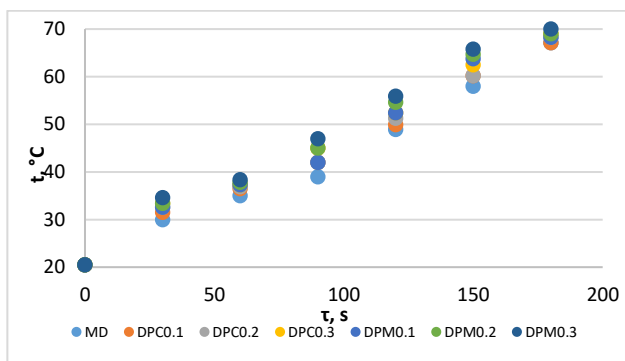


Figura 5.16. Variația temperaturii în timpul procesării piureului de dovlecei prin IO în funcție de timpul de procesare

În figura 5.16. este evidențiată evoluția liniară a temperaturii cu timpul de procesare. Timpul de procesare este același (180 s) pentru toate probele analizate. Se poate observa, însă, că temperatura de procesare a piureurilor de dovlecei cu adaos de 0,3% pectină din citrice, respectiv din mere (DPC0,3 și DPM0,3) crește mai rapid ($69\text{--}70^{\circ}\text{C}$) decât în cazul piureului simplu ($67,1^{\circ}\text{C}$) sau în cazul piureurilor cu un adaos mai scăzut de pectină (DPC0,1 - $67,1$, DPC0,2 - $68,3$, DPM 0,1- $68,3$). Cercetări similare au fost evidențiate și de Nistor și al., 2013 la încălzire ohmică a piureurilor de mere.

Valorile fermității sunt proporționale cu suprafața de contact dintre plunger și probă. Acesta este motivul pentru care s-au înregistrat valori mai mari ale fermității în cazul celulei Ottawa, comparativ cu TPA.

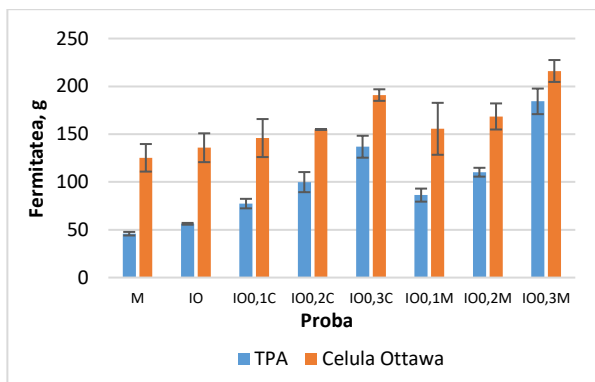


Figura 5.22. Fermitatea probelor de piure din dovlecel rezultată din analiza cu ajutorul celulei Ottawa, comparativ cu cea rezultată prin analiza TPA

Analiza spectrelor FT-IR

Metoda de analiză FT-IR oferă avantaje considerabile comparabile cu colorimetria ca metodă de determinare a prezenței pectinelor demetoxilate și nu numai, datorită simplității, vitezei, a înaltei sensibilități de identificare a compușilor din matricea analizată.

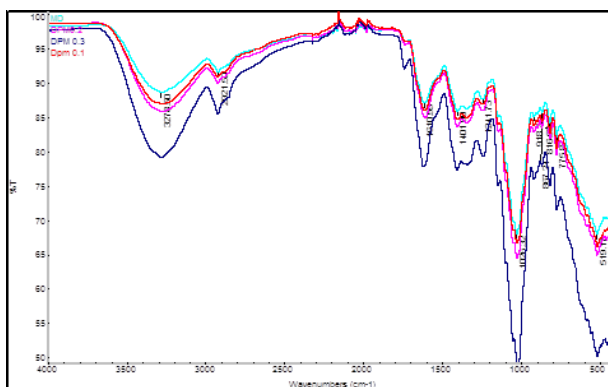


Figura 5.24. Spectrul FT-IR pentru piureurile de dovlecei

În cazul piureului de dovlecei se observă dispariția unei benzi din zona de amprentă, prezentă în spectrul piureului netratat, la 1340 cm⁻¹. Cu alte cuvinte, IO nu afectează structura piureului de dovlecei. Adaosul de pectină, chiar și în concentrație de 0,1%, conduce la dispariția acestei noi benzi. Banda reapare la adaosul de pectină 0,3%, dar poate fi atribuită unei benzi specifice pectinei pure, la 1335 cm⁻¹. Această afirmație

evidențiază faptul că dovleceilor le este suficient și un adaos de 0,1% de pectină pentru îmbunătățirea structurii piureurilor.

5.4.2. Rezultate și discuții pentru piureurile de ardei grași tratate prin IO la 20 V/cm

Scopul acestui studiu este caracterizarea complexă a piureurilor de ardei grași cu adaos de pectină din citrice și mere.

Determinarea proprietăților electrice ale piureurilor de ardei grași

Proprietățile electrice ale produselor vegetale sunt extrem de importante, în special în vederea obținerii unor date ce ar putea fi folosite ca bază pentru alte studii în care acestea sunt procesate cu ajutorul unor tehnici care utilizează curentul electric. Mai mult studiile asupra procesării ardeilor grași sunt extrem de limitate. În concluzie, este importantă evaluarea conductivității electrice a piureurilor de ardei în funcție de temperatura de procesare prin încălzire ohmică la un gradient de tensiune de 20V/cm (Figura 5.27.).

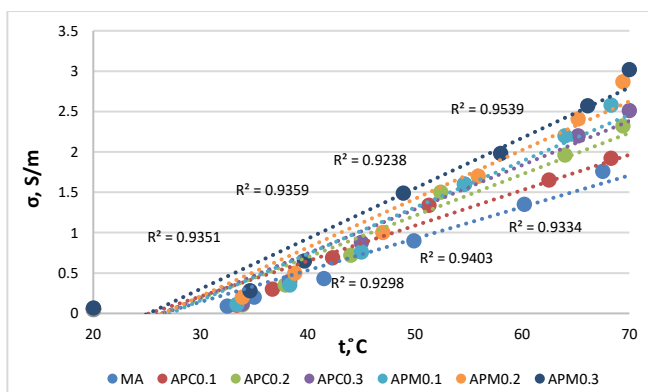


Figura 5.27. Variația conductivității electrice a piureurilor de ardei în funcție de temperatura de procesare prin încălzire ohmică la un gradient de tensiune de 20V/cm

Variația conductivității electrice în funcție de temperatura de procesare prin IO este dispusă după o corelație liniară, ceea ce subliniază creșterea valorilor proprietății electrice dependente strict de temperatura de procesare. Caracterul liniar al evoluției conductivității electrice în funcție de temperatura de procesare este determinat de uniformitatea dintre particulele solide solubile sau insolubile din faza lichidă și lichid așa cum

a afirmat și Icier în 2012. Acest fenomen a fost posibil prin mărunțirea și respectiv amestecarea componentelor cu ajutorul blenderului.

Analiza spectrelor FT-IR

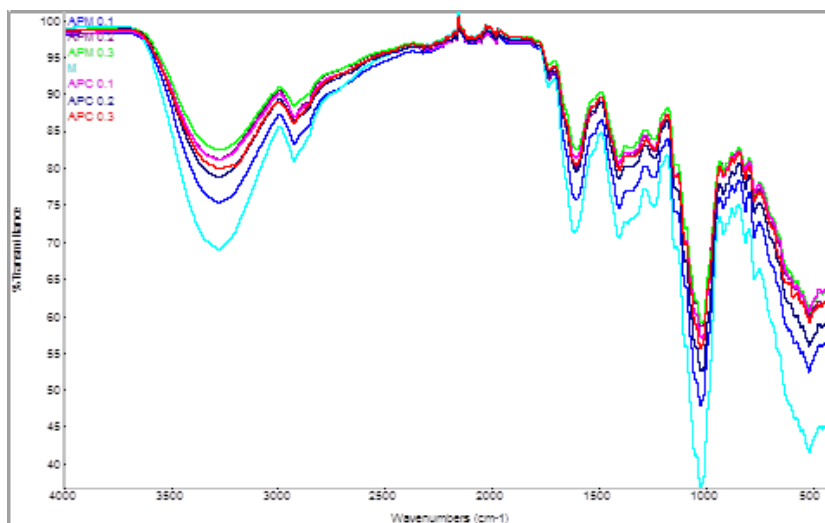


Figura 5.37. Spectrul FT-IR pentru piureurile de ardei

Se observă că tratarea piureului de ardei cu încălzire ohmică produce modificări în zona de amprentă (de principiu amprenta este asociată unor compuși puri, care nu întotdeauna pot fi identificați) (1500-900 cm⁻¹), conducând la apariția a 4 noi benzi, la 1049, 1099, 1143 și 1368 cm⁻¹. Adaosul de pectină în proporție de 0,3% contribuie la dispariția acestor benzi. În funcție de gradul de metil esterificare a pectinei în acest interval pot apărea grupări ester carbonil C=O datorate prezenței grupărilor carboxil COO⁻. Astfel, în cazul pectinei din mere 0,3%, se observă doar benzile de la 1099 și 1143 cm⁻¹, iar în cazul adaosului de pectină din citrice 0,3%, se observă menținerea unei singure benzi noi, la 1143 cm⁻¹.

5.5. Concluzii parțiale

- Acest capitol a permis investigarea complexă a două tipuri de legume (dovlecei și ardei grași) și posibilități de valorificare a acestora în conceperea și crearea de alimente cu destinație specială;
- Au fost alese două tipuri de hidrocoloizi (pectină din citrice și mere), care se pretează produselor analizate;

- S-a evidențiat că efectele încălzirii ohmice asupra piureurilor suplimentate cu pectină sunt minime, iar conținutul de antioxidanți este ridicat;
- Rezultatele studiului servesc ca bază de date privind efectele încălzirii ohmice asupra comportamentului reologic și textural, proprietăților electrice și fizico-chimice ale piureurilor de dovlecei și ardei grași suplimentate cu hidrocoloizi (pectină din citrice și mere);
- În urma analizelor realizate se consideră că piureurile de dovlecei, respective ardei grași cu 0,3% pectină din mere reprezintă varianta cea mai bună din punct de vedere tehnologic;
- Studiul prezintă elemente originale prin prisma produselor alese pentru a fi cercetate și prin destinația specială a acestora (pentru persoanele care suferă de disfagie);
- Datele prezentate ar putea sta la baza dezvoltării unor produse ready-to-eat destinate alimentației special;
- Încălzirea ohmică nu modifică comportamentul reologic al piureurilor de dovlecei și ardei;
- Tratamentul termic prin încălzire ohmică și adaosul de pectină au îmbunătățit calitățile texturale ale piureurilor de dovlecei. Valorile tuturor parametrilor texturali analizați au înregistrat creșteri proporționale cu cantitatea de pectină adăugată. Dintre cele două sortimente de pectină adăugate, pectina din măr a influențat mai puternic parametrii texturali. Aceste rezultate au fost obținute prin două metode de analiză texturală diferite, între seturile de date obținute realizându-se corelații foarte bune (peste 0,98);
- Tratamentul termic prin încălzire ohmică și adaosul de pectină au dus la îmbunătățirea tuturor atributelor texturale ale piureului de ardei. Cele mai bune rezultate s-au obținut pentru probele cu adaos de pectină din măr;
- Din datele obținute se poate concluziona că, piureurile de dovlecei și cele de ardei tratate prin încălzire ohmică se pretează utilizării în alimentația persoanelor disfagice.

6. Designul și caracterizarea piureurilor de ardei sau de dovlecei cu adaos de amidon sau alginat de sodiu destinate persoanelor care suferă de disfagie

6.1. Aspecte generale

Proiectarea unor produse destinate alimentației speciale a fost întotdeauna o provocare, cu atât mai mult în situația în care în România nu există standarde speciale pentru acest tip de produse.

Având în vedere nevoia acută de a fi propuse pe piață produsele speciale pentru alimentația persoanelor cu disfagie, este importantă evaluarea principalelor caracteristici ale acestor produse.

Nutriția în disfagie presupune asimilarea de nutrienți din produse alimentare modificate din punctul de vedere al texturii și consistenței acestora. Pentru a stimula apetitul și a reuși să satisfacă nevoile zilnice ale pacientului, este importantă crearea unor produse noi specifice simptomatologiei acestuia.

Pentru obținerea produselor au fost utilizați dovlecei și ardei așa cum au fost descriși în subcapitolul 5.1.

6.2. Obiectivele capitolului



Figura 6.1. Obiective

6.3. Materiale și metode

Materiale utilizate la producerea piureurilor de legume (dovlecei, ardei grași) cu adaos de amidon și alginat:

- Dovlecei din soiul Crișan (2008)
- Ardei grași soiul Mintos F1
- Amidon alimentar din porumb (SanoVita, Valcea, România)
- Alginat de sodiu obținut din diferite tipuri de alge brune (Fucus, Laminaria, Macrocrystis) (Bos Food, Germania).

Reactivii utilizați au o înaltă puritate analitică și nu au fost purificați sau prelucrați în cadrul experimentului. Dovleceii și ardeii au fost cumpărați de la producători locali în perioada mai-septembrie 2017.

Obținerea piureurilor de legume: Pretratamentul aplicat dovleceilor, respective ardeilor grași s-a realizat conform capitoului 5.3.

Creșterea consistenței piureurilor de legume: Piureurile au fost amestecate la viteza de rotație de 1900 rot/min cu amidon, respectiv alginat de sodiu în proporțiile propuse (1%, 2% și 3%).

Toate probele au fost realizate în triplicat.

Obținerea piureurilor de dovlecei și ardei s-a realizat conform schemelor tehnologice bloc evidențiate în figurile 6.2. și 6.3.

Tabel 6.1. Codificarea probelor analizate

Nr.crt.	Codificare probă	Denumire probă
1	DM	probă martor piure de dovlecei
2	DAM1	probă de piure de dovlecei cu adaos de amidon în proporție de 1%
3	DAM2	probă de piure de dovlecei cu adaos de amidon în proporție de 2%
4	DAM3	probă de piure de dovlecei cu adaos de amidon în proporție de 3%
5	DAL1	probă de piure de dovlecei cu adaos de alginat în proporție de 1%
6	DAL2	probă de piure de dovlecei cu adaos de alginat în proporție de 2%
7	DAL3	probă de piure de dovlecei cu adaos de alginat în proporție de 3%
8	AM	probă martor piure de ardei gras
9	AAM1	probă martor piure de ardei gras cu adaos de amidon în proporție de 1%
10	AAM2	probă martor piure de ardei gras cu adaos de amidon în proporție de 2%
11	AAM3	probă martor piure de ardei gras cu adaos de amidon în proporție de 3%
12	AAL1	probă martor piure de ardei gras cu adaos de alginat în proporție de 1%
13	AAL2	probă martor piure de ardei gras cu adaos de alginat în proporție de 2%
14	AAL3	probă martor piure de ardei gras cu adaos de alginat în proporție de 3%

6.4. Rezultate și discuții

6.4.1. Rezultate și discuții pentru piureurile de dovlecei tratate prin încălzire ohmică la 20 V/cm

Determinarea proprietăților fizice ale piureurilor de dovlecei

În contrast cu tehnicile convenționale de procesare termică, unde căldura este condusă pe suprafața exterioară a produsului și de aici spre interior, în cazul încălzirii ohmice, căldura este distribuită în toată masa de produs (Leizeron și Shimoni, 2005a, 2005b; Sarang și al., 2008). Gradul încălzirii ohmice este dependent de viteza de încălzire a sistemului, respectiv conductivitatea electrică a alimentelor (Leizeron și Shimoni, 2005a). Căldura disipată în toată masa de produs este direct dependentă de voltajul aplicat și de conductivitatea electrică a produsului sau a unor particule din produsul supus încălzirii (Legea lui Ohm) (Varghese și al., 2014).

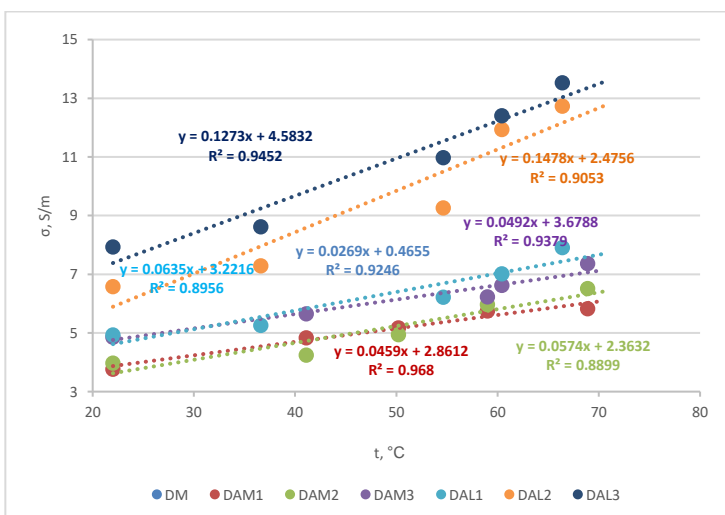


Figura 6.4. Variația valorilor conductivității electrice a piureurilor de dovlecei în funcție de temperatura de procesare prin încălzire ohmică

Valorile conductivității electrice (0,91-7,37 S/m) cresc odată cu creșterea temperaturii de procesare. Adaosul de amidon influențează pozitiv creșterea valorilor conductivității electrice a probelor de piure de dovlecei. O creștere semnificativă a valorilor conductivității electrice se constată în cazul adaosului de alginat (4,94-13,53 S/m).

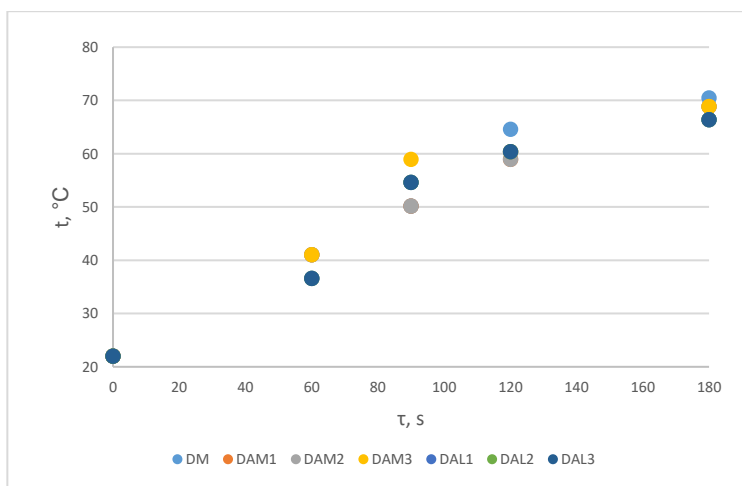


Figura 6.5. Variația temperaturii piureurilor de dovlecei în timpul procesării

Energia electrică este transformată în energie termică și depinde atât de gradientul de temperatură cât și de timpul de procesare. Temperatura piureurilor de dovlecei crește constant în timpul de procesare de 180". Se poate observa, că temperatura cea mai ridicată a fost înregistrată de către proba martor (70,5°C) și probele cu adaos de amidon (68,9°C), în timp ce probele de alginat (66,4°C) au înregistrat temperaturi ușor mai scăzute.

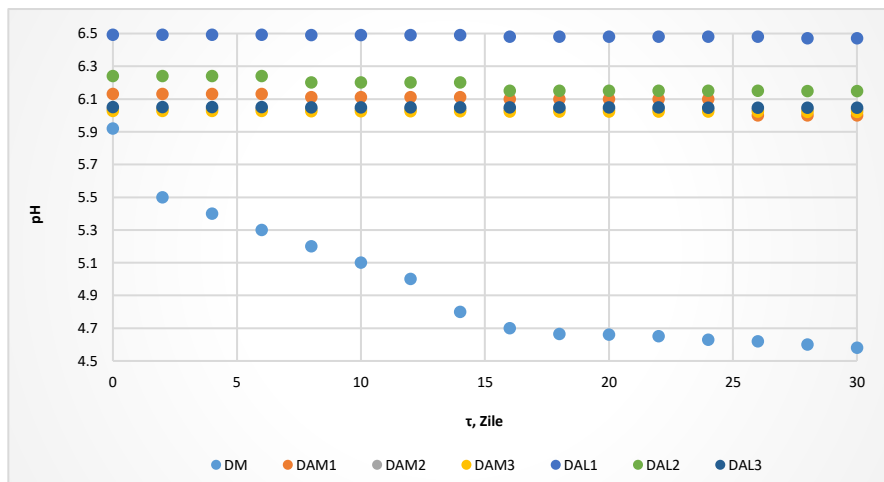


Figura 6.6. Variația pH-ului piureului de dovlecei la depozitare

Monitorizarea stabilității la depozitare a piureurilor s-a realizat la temperaturi de refrigerare de 4-5°C pentru o perioadă de 30 de zile.

Stabilitatea piureului de dovlecei este dependentă de adaosul de amidon sau alginat, cu cât procentul de amidon sau alginat adăugat crește cu atât stabilitatea la depozitare este mai mare. Scăderea valorii pH-ului este nesemnificativă.

Analiza cu microscopie confocală cu scanare laser

În figura 6.14. (a) se pot observa celule cu pereți perforați (EWP) cu tuburi ciuruite dintre vasele iberiene (tubulare, lungi) cu dimensiuni de 57,51 μ m lungime pe o lățime de 10,45-11,50 μ m. Se mențin țesuturile conducătoare alcătuite din pereți cu un conținut bogat în fibre.

În figura 6.14. (b) se pot distinge, celulele parenchimatiche mari (cu lungimi cuprinse între 72,59-74,64 μ m și lățimi de 55,61-71,23 μ m) cu constituenți celulari periferici din mezocarp (pulpă) cu dimensiuni cu nuclei bine individualizați.

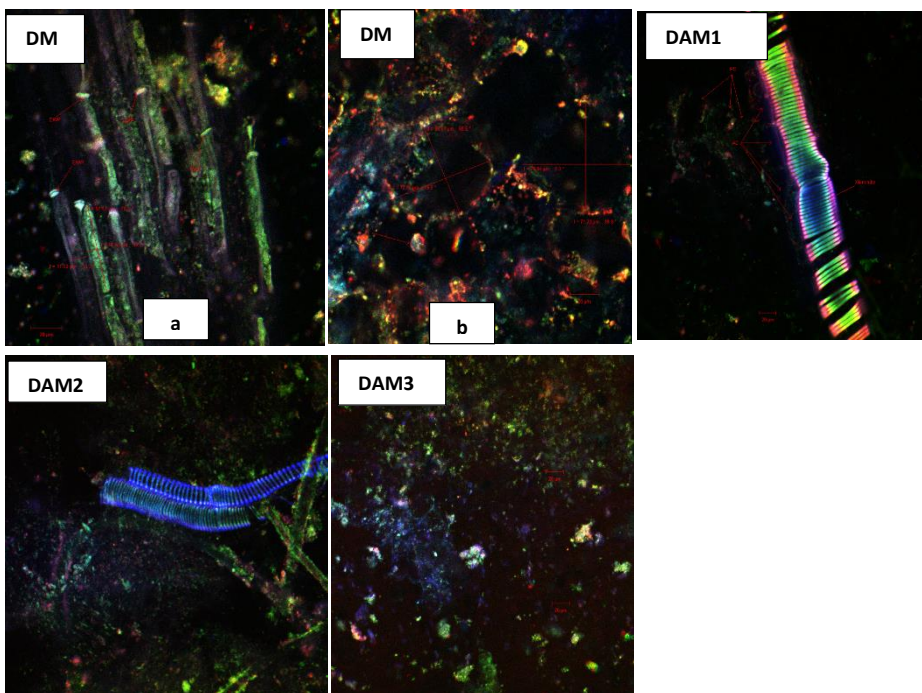


Figura 6.14. Imagini ale probelelor de piure de dovlecei cu adaos de amidon obținute cu microscopul confocal cu scanare laser
DM-proba martor de piure de dovlecei (a - proba martor secțiune 1, b - proba martor secțiune 2), DAM1 - proba de piure de dovlecei cu adaos de amidon 1%, DAM2 - proba de piure de dovlecei cu adaos de amidon 2%, DAM3 - proba de piure de dovlecei cu adaos de amidon 3%

Pentru proba DAM1 se pot observa un xilem (vas conducător lemnos) cu decorațiuni ale pereților celulari. Celule anexe (AC) vii care hrănesc vasele conducătoare. În proba DAM2 sunt prezente traheide, vase conducătoare lemnoase și granule de amidon atașate acestora. Granulele de amidon au structura specifică celor provenite din porumb. Deja pentru proba cu adaos de amidon de 3% nu se mai disting celule întregi, compușii biologic activi se găsesc în conglomerate cu amidonul în amestec relativ omogen. Toate imaginile relevă prezența unor țesuturi sau părți celulare ori formarea de complecși cu potențial biologic activ, ceea ce subliniază importanța utilizării IO ca metodă de procesare termică, care a protejat o parte din aceste caracteristici. De asemenea, adaosul de amidon a jucat un rol important în susținerea componentelor celulare, fiind un compus de origine vegetală prezent natural în multe materiale vegetale.

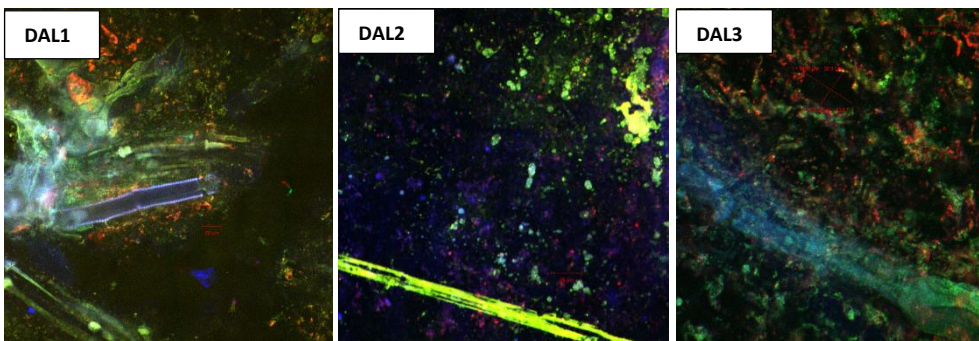


Figura 6.15. Imagini ale probelelor de piure de dovlecei cu adaos de alginat de sodiu obținute cu microscopul confocal cu scanare laser

DAL1 - proba de piure de dovlecei cu adaos de alginat 1%, DAL2 - proba de piure de dovlecei cu adaos de alginat 2%, DAL3 - proba de piure de dovlecei cu adaos de alginat 3%

Cele trei imagini pentru probele de piure de dovlecei cu adaos de alginat în proporții de 1-3% relevă prezența unor traheide – vase conducătoare lemnoase cu decorațiuni inelare ale pereților (DAL1), în imaginea pentru a doua probă (DAL2) sunt prezente aglomerări tip clustere și coacervări de alginat, ceea ce explică formarea de geluri cu consistență mai slabă decât cele cu amidon și susține rezultatele obținute din analiza vâscozimetrică și respectiv texturală.

În proba DAL3 se observă o proporție mare de aglomerări de alginat. Celule parenchimatiche de dimensiuni mari sunt prezente (lungime = 36,78 și o lățime de 25,09 μm). De asemenea, se remarcă celule intacte nelizate

În care se păstrează toți constituenții biologici. Prezența acestora este atribuită tratamentului termic blând.

6.4.2. Rezultate și discuții pentru piureurile de ardei tratate prin încălzire ohmică la 20 V/cm

Determinări ale proprietăților fizice ale piureurilor de ardei gras

Viteza de încălzire a piureurilor este direct dependentă de conductivitatea electrică a acestora. Conductivitatea electrică a piureului de ardei grași variază în funcție de structura produsului, constituenții acestuia, dar și cu timpul de procesare și temperatura indusă (Nistor și al., 2015).

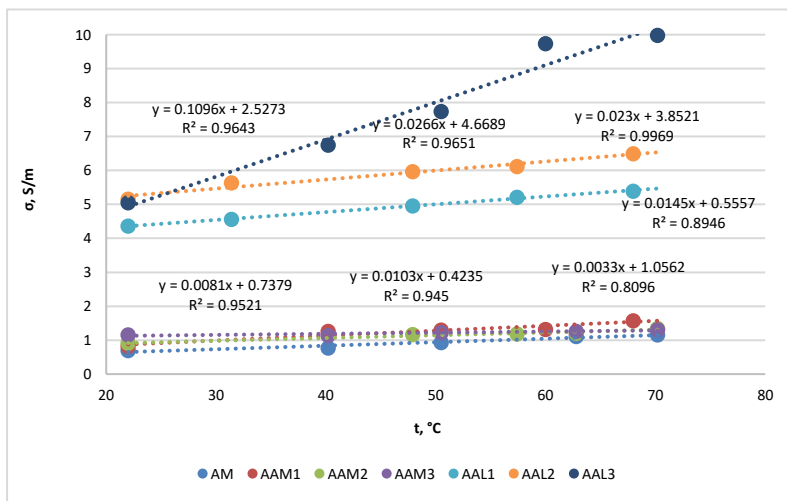


Figura 6.16. Variația valorilor conductivității electrice a piureurilor de ardei în funcție de temperatura de procesare prin încălzire ohmică

Valorile conductivității electrice ale piureurilor de ardei sunt influențate pozitiv de adaosul de amidon, respectiv de alginat. Valorile conductivității electrice variază odată cu creșterea temperaturii pentru proba mator (AM=0,697-1,155 S/m), pentru probele cu amidon (AAM=0,815-1,307 S/m) și pentru probele cu alginat (AAL=4,36-9,98 S/m). Valori similare, respectiv 1,865 S/m au fost raportate de către Cho și al. în 2016 pentru pasta de ardei roșu.

Ca și în cazul piureului de dovlecei, alginatul influențează semnificativ creșterea valorilor conductivității electrice. Componentele native ale ardeilor, care sunt caracterizate de masa moleculară mare și se

comportă ca electroliti, nu se pot orienta rapid după polarizarea electrică și impun dispersia aleatorie generatoare de energie internă.

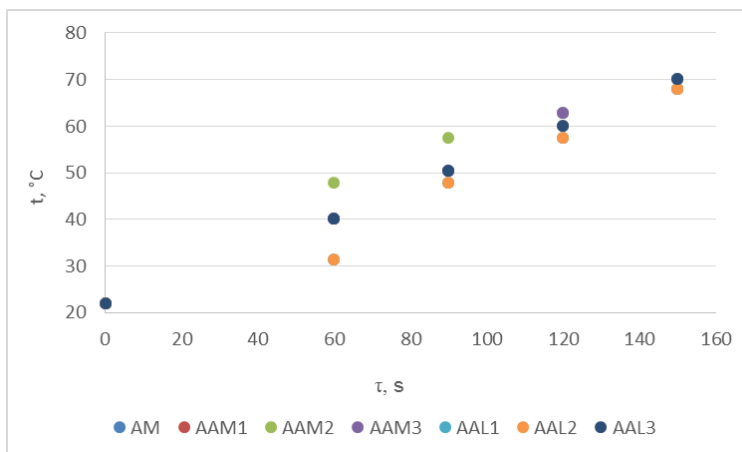


Figura 6.17. Variația valorilor temperaturii piureurilor în timpul procesării prin încălzire ohmică

Se poate observa dependența liniară a temperaturii în funcție de timpul de procesare cu IO la 20 V/cm. De asemenea, pentru toate probele există un prag de creștere de la temperatura camerei la temperatura înregistrată la 60 sec de procesare. După acest prag, se poate observa că, temperatura crește constant cu aproximativ 10-15°C în intervalul 60-90 sec.

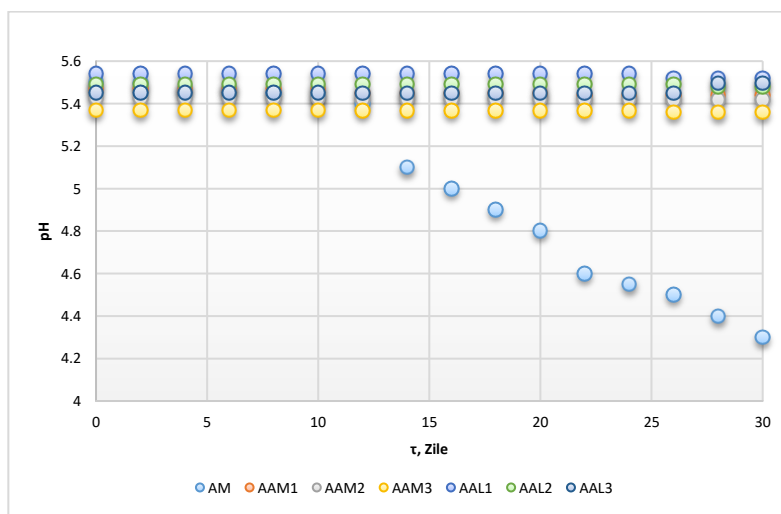


Figura 6.18. Variația pH-ului piureurilor în timpul depozitării

Depozitarea piureurilor de ardei s-a realizat la temperaturi de refrigerare pentru 30 de zile. Se poate observa o scădere nesemnificativă a valorilor pH-ului. Singura probă care înregistrează o scădere mai importantă este proba martor. Valorile pH-ului variază între 4,3-5,502.

Analiza cu microscopie confocală cu scanare laser

Analiza de microscopie confocală cu scanare de electroni presupune evaluarea microstructurilor originare ardeilor grași, dar și celor specifice hidrocoloizilor adăugați, de asemenea pot releva eventualii complecși formați între componentele biologic active din matricea alimentară și hidrocoloizi sau eventualele transformări ce pot apărea în urma tratamentului termic prin încălzire ohmică.

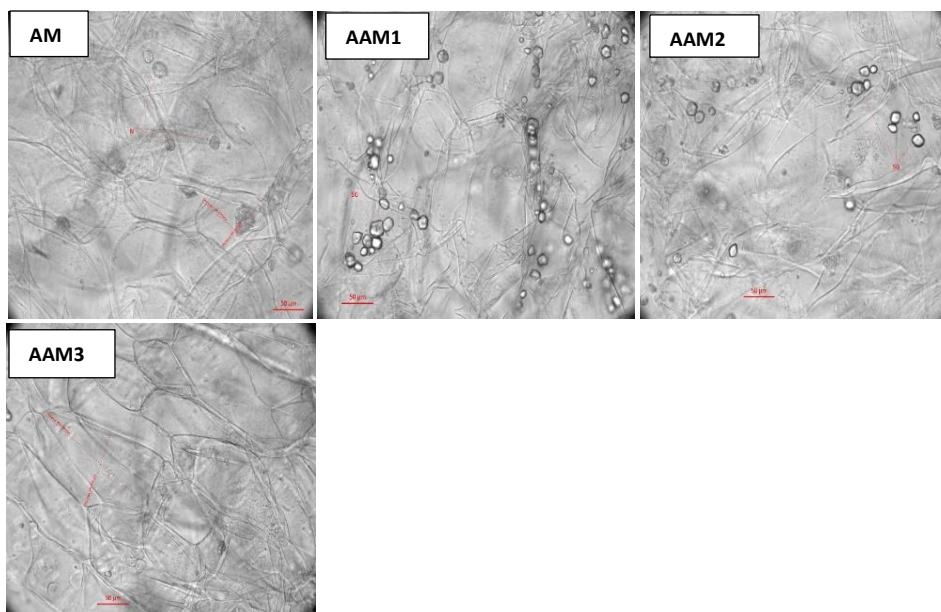


Figura 6.24. Imagini ale probelelor de piure de ardei gras cu adaos de amidon obținute cu microscopul confocal cu scanare laser

AM-proba martor de piure de ardei gras - proba martor, AAM1- proba de piure de ardei gras cu adaos de amidon 1%, AAM2- proba de piure de ardei gras cu adaos de amidon 2%, DAM3- proba de piure de ardei gras cu adaos de amidon 3%

În proba martor (MA) sunt evidențiați clar nuclei (N) celulari aparținând celulelor parenchimatiche mari (lungime=130,273 și

lățime=90,486 μ m) cu pereți subțiri și cu conținut celular bogat în constituienți.

Pentru probele cu 1, respectiv 2% amidon, se poate observa prezența granulelor de amidon (SG), care sunt mai bine grupate în cazul probei (AAM1) cu 1% adaos și mai disipate în cadrul probei (AAM2) cu 2% amidon. Deja în proba (AAM3) cu 3% amidon se pot observa conglomerate create de compușii biologic activi din ardei cu amidonul și celule bine definite cu pereți subțiri cu dimensiuni mari (lungime=206,194 și lățime =106,831 μ m).

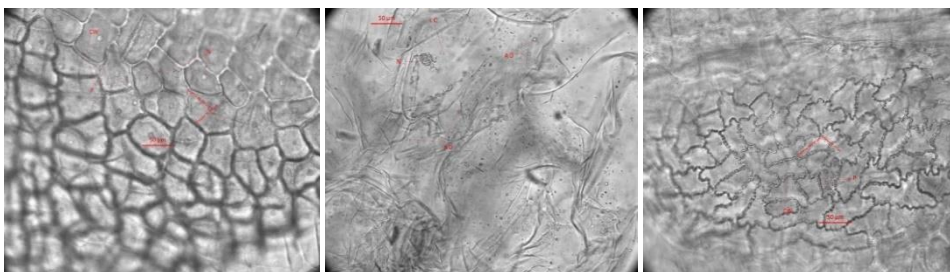


Figura 6.25. Imagini ale probelelor de piure de ardei gras cu adaos de alginat obținute cu microscopul confocal cu scanare laser

În ceea ce privește probele cu adaos de alginat, imaginile surprinse au edificat structuri celulare specifice materialului vegetal investigat. Astfel, pentru proba de piure de ardei cu 1% adaos de alginat (AAL1), se poate observa un țesut din pericarp cu pereți îngroșați (CW) în care se văd punctuațiuni (pori) prin care celulele comunică între ele. Celula reprezentativă conține nucleu și are dimensiuni mari 80,251x58,780 μ m. În ceea ce privește proba AAL2, se pot distinge particule de alginat (AD), celulele încep să se spargă și conținutul celular se omogenizează cu agentul de îngroșare. O densitate mai mare a picăturilor de alginat (AD) apare din loc în loc lângă pereții celulari și nucleu.

AAL3 conține un fragment de țesut compact (cu pereți onduțați) cu celule cu formă neregulată (66,230x18,801 μ m) și plasmodesme, care sunt legături dintre membrana celulară și citoplasma celulelor aceluiasi țesut.

6.5. Concluzii parțiale

- Elementele originale ale studiului sunt reprezentate de produsele alese pentru a fi cercetate și prin destinația specială a acestora (pentru persoanele care suferă de disfagie);
- Investigarea potențialului dovleceilor și a ardeilor grași;
- Valorificarea acestora în procesarea de alimente cu destinație specială;
- Utilizarea a două tipuri de hidrocoloizi (amidon și alginat);
- Concentrația optimă de hidrocoloizi adăugați în piureurile de dovlecei și ardei grași a fost determinată la 3% pentru amidon;
- Efectele încălzirii ohmice asupra piureurilor suplimentate cu amidon sunt minime;
- Rezultatele studiului servesc ca bază de date privind efectele încălzirii ohmice asupra comportamentului reologic și textural, proprietăților electrice și fizico-chimice ale piureurilor de dovleceilor și ardeilor grași suplimentate cu hidrocoloizi (amidon și alginat);
- Datele obținute în urma cercetărilor efectuate ar putea sta la baza dezvoltării unor produse la scară industrială;
- Încălzirea ohmică nu modifică comportamentul reologic al piureurilor de dovlecei și ardei;
- Tratamentul termic prin încălzire ohmică și adaosul de amidon au îmbunătățit calitățile texturale ale piureurilor de dovlecel, respectiv ardei;
- Piureurile de dovlecei și cele de ardei tratate prin încălzire ohmică se pretează utilizării în alimentația persoanelor disfagice;
- Adaosul de alginat în piureuri formează geluri cu consistență slabă, ceea ce nu-l recomandă ca posibil hidrocoloid utilizat la obținerea produselor cu destinație specială.

7. Modelarea și simularea tehnicilor de procesare termică

7.1. Modelarea matematică a distribuției tensiunii electrice și temperaturii

Modelarea și simularea matematică a comportamentului termic pot fi folosite în aplicații industriale la proiectarea instalațiilor de încălzire ohmică, în vederea optimizării proceselor de pasteurizare și sterilizare utilizând încălzirea uniformă și rapidă. Alegerea unui model matematic adecvat va ajuta la predicția valorilor energiei termice realizate în timpul încălzirii ohmice.

Încălzirea ohmică a fost intensiv cercetată în ultimii ani la nivel internațional datorită avantajelor pe care le are în comparație cu tratamentele termice convenționale. Modelarea procedurii de încălzire ohmică este destul de complexă întrucât convertirea energiei electrice în energie termică depinde foarte mult de conductivitatea electrică a fiecărui produs în parte.

Localizarea celui mai rece loc din cadrul celulei ohmice este o preocupare importantă pentru determinarea distribuției spațiale și temporale a temperaturii în volumul de produs deoarece furnizează informații esențiale pentru proiectarea instalației, monitorizarea și controlul procesării termice.

Modelarea tehnicilor de procesare termică prin încălzire ohmică a fost anterior dezvoltată și validată experimental: *de Alwis și Fryer (1990bc)*; *Fryer și al. (1993)* au realizat modelarea pentru o singură particulă în cazul încălzirii ohmice discontinue, iar *Sastry și Palaniappan (1992c)*; *Sastry (1992abc)*; *Sastry și Li (1993)*; *Zhang et al. (1992)*; *Zhang și Fryer (1995)*; *Sastry și Salengke (1998)*; *Orangi și Sastry (1998)* au realizat modele simplificate pentru sisteme eterogene.

Pentru încălzirea ohmică discontinuă au fost realizate mai multe modele care au descris comportamentul termic al particulelor în lichid și în cadrul cărora s-au luat în considerare caracteristici termice constante, particule omogene și izotropice, conductivitate termică absolută. Pentru sisteme cu mai multe particule s-au realizat modele pentru un număr limitat de particule.

În general s-au folosit două abordări principale pentru calcularea câmpului electric generat în volumul de produs supus încălzirii ohmice: *de Alwis și Fryer (1990bc)* au concluzionat că determinarea câmpului electric se poate rezolva cu ajutorul ecuației lui Laplace; *Sastry and Palaniappan (1992c)* au propus o analogie cu un circuit electric unde s-a luat în

considerare că instalația de încălzire ohmică, în cazul prezenței unui lichid și a particulelor, poate fi echivalată cu un set de rezistențe electrice. Două rezistențe electrice în paralel au fost atribuite amestecului eterogen și o rezistență în serie pentru lichid.

Ambele metode au evidențiat rezultate similare în cazul probelor cu un conținut de particule mai mare de 30% [Zhang & Fryer, 1995; Sastry & Salengke, 1998], în timp ce anumite diferențe au fost marcate în cazul probelor cu un conținut scăzut de solide în suspensie. De Alwis et al. (1989) au fost primii care au evaluat factorii fizici care influențează viteza de încălzire a particulelor (e.g. forma particulelor, conductivitatea lichidului și solidelor, orientarea câmpului electric în raport cu solidele) în condiții statice pentru a elimina efectele induse de curgerea fluidului.

De Alwis și Fryer (1990) au utilizat modelarea cu ajutorul metodele elementelor finite deoarece sistemele alimentare sunt extrem de complexe. Sastry și Paliappan (1992) au dezvoltat un model 3D pentru aproximarea temperaturilor în cazul amestecurilor formate din lichide și particule în suspensie pentru încălzirea ohmică discontinuă. În urma rezultatelor obținute au concluzionat că particulele, având o conductivitate electrică mai mică față de fluide, au o viteză mai mică de încălzire față de fluide. Paradoxal, cu cât concentrația particulelor crește cu atât viteza de încălzire a sistemelor alimentare crește, chiar dacă teoretic fluidele au o conductivitate electrică mai mare. Acest fapt a fost atribuit gradientului de temperatură crescut a solidelor în comparație cu al lichidelor.

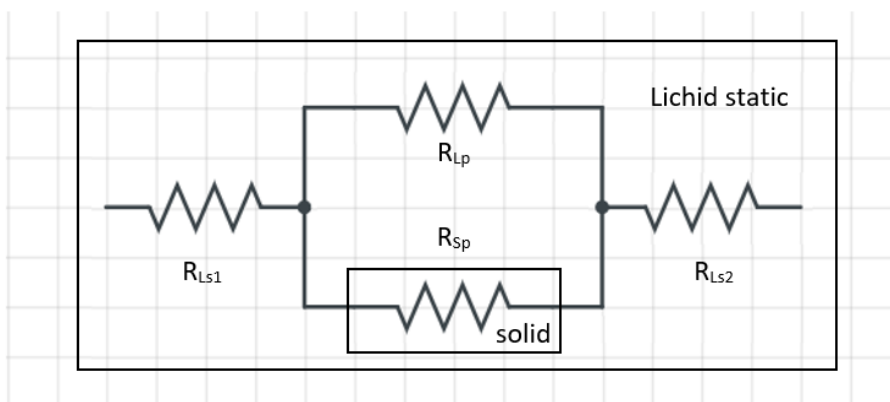


Figura 7.1. Schița circuitului electric pentru încălzire ohmică după Sastry și Salengke (1998)

Rezistența electrică totală poate fi determinată prin calcul [Sastry și Salengke, 1998].

$$R = R_{Ls} + \frac{R_{Lp} \cdot R_{Sp}}{R_{Lp} + R_{Sp}}$$

unde:

R – rezistența electrică totală, (Ω)

R_{Ls} – rezistența electrică în serie a lichidului ($R_{Ls1} + R_{Ls2}$), (Ω)

R_{Lp} – rezistența electrică în paralel a lichidului, (Ω)

R_{Sp} – rezistența electrică în paralel a solidului, (Ω)

În cazul încălzirii ohmice, distribuția temperaturii în produs este uniformă întrucât căldura rezultată are loc datorită trecerii curentului electric prin produs care acționează ca o rezistență electrică, eliminând necesitatea utilizării schimbătoarelor de căldură. Rata de conversie a energiei electrice în energie termică este apropiată de 100%.

Tehnica de procesare termică prin încălzire ohmică poate fi realizată utilizând curentul continuu sau alternativ, dar în mod uzual se preferă curentul alternativ pentru a evita efectele nedorite ale reacțiilor electrochimice și electrolitice care pot avea loc în produs.

Principiul de funcționare al încălzirii ohmice este dat de conducția ionică în electroliți cu generare de căldură, condiționată de prezența constituenților ionici. Pentru ca să aibă loc conducția ionică, un gradient de tensiune trebuie aplicat între electrozii instalației ohmice, având ca rezultat generarea căldurii în produs.

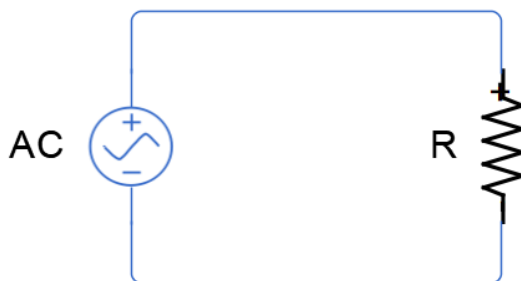


Figura 7.2. Schema electrică simplificată a IO

R – rezistența produsului procesat termic.

AC – sursă de tensiune, curent alternativ.

7.2. Obiective

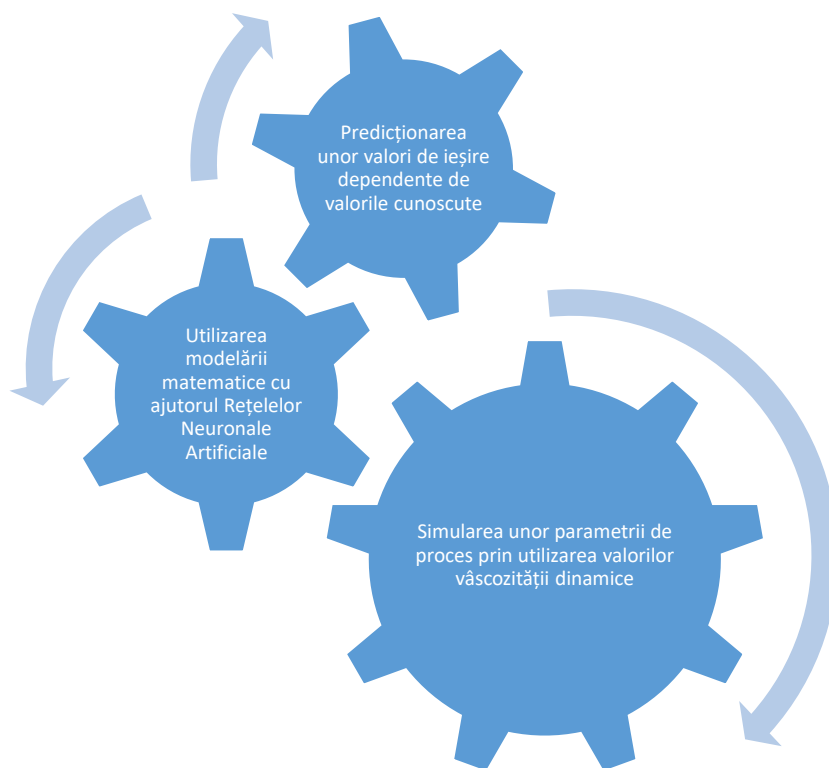


Figura 7.4. Obiective simulării tehnicilor de procesare termică

7.3. Materiale și metode

Datele utilizate pentru predicționare au fost obținute experimental prin testarea probelor de piure de dovlecei sau ardei gras cu adaos de hidrocoloizi, după cum urmează: pectină din mere/citrice în concentrație de 0,1-0,3% sau amidon ori alginat de sodiu în proporție de 1-3%.

În tabelele de mai jos sunt prezentate detale experimentale utilizate ca date de intrare în simularea cu RNA:

Tabel 7.1. Valorile vâscozității dinamice versus viteza de forfecare pentru piureurile de dovelecei cu adaos de pectină de mere și citrice

$\dot{\gamma}, s^{-1}$	M_D	$D_{PC0.1}$	$D_{PC0.2}$	$D_{PC0.3}$	$D_{PM0.1}$	$D_{PM0.2}$	$D_{PM0.3}$
0.00105	19.1	24.2	49.8	49.6	36.66	42.46	61.1
0.00175	15	15.93	26.2	29.36	25.86	32.94	32.66
0.0021	9.83	11.76	22.23	23.76	16.39	19.60	20.33
0.0035	6.4	6.3	13	19.03	9.78	15.68	18.83
0.00525	4.46	4.53	10.4	14.31	6.6	10.09	11.07
0.007	3.66	3.43	7.27	10.81	5	8.03	9.16
0.00875	3.17	2.74	5.86	8.81	4.42	7.48	7.56
0.0105	2.58	2.26	4.79	7.91	3.69	5.58	5.46
0.014	2.06	1.77	3.77	6.36	2.71	4.36	4.31
0.0175	1.68	1.48	3.29	5.35	2.44	3.65	3.56
0.021	1.41	1.19	2.73	4.36	2.15	3.14	3.08
0.035	1	0.72	1.88	2.91	1.306	1.98	2.01
0.042	0.83	0.56	1.50	2.47	1.136	1.622	1.57
0.07	0.60	0.35	0.955	1.53	0.80	1.08	1.01
0.105	0.39	0.219	0.63	1.03	0.533	0.71	0.62
0.175	0.218	0.136	0.38	0.588	0.28	0.338	0.31
0.21	0.15	0.11	0.30	0.465	0.22	0.24	0.26
0.35	0.097	0.074	0.178	0.281	0.131	0.189	0.152
0.35	0.113	0.071	0.219	0.397	0.123	0.131	0.566
0.21	0.156	0.105	0.315	0.451	0.205	0.228	0.23
0.175	0.21	0.11	0.44	0.552	0.22	0.23	0.282
0.105	0.31	0.193	0.655	0.95	0.318	0.342	0.387
0.07	0.45	0.27	0.96	1.42	0.46	0.54	0.565
0.042	0.61	0.41	1.28	2.26	0.78	0.74	0.822
0.035	0.82	0.53	1.81	2.59	0.93	1.77	1.90
0.021	1.11	0.83	2.25	3.95	1.61	2.43	2.53
0.0175	1.32	1.13	2.76	4.77	2.33	2.9	3.04
0.014	1.48	1.463	3.61	5.85	2.67	3.59	4.08
0.0105	1.91	1.77	4.21	6.99	3.47	4.28	5.03
0.00875	2.47	2.23	5.48	8.64	4.28	5.21	7.07
0.007	3.05	2.90	6.76	9.92	4.66	6.72	8.61
0.00525	3.99	3.78	9.75	13.68	6.44	7.79	10.43
0.0035	4.76	5.51	12.16	17.13	9.76	13.14	17.62
0.0021	7	10.58	20.18	21.09	16.06	18.4	19.63
0.00175	8.73	17.26	24	28.64	24.6	23.46	31.69
0.00105	13.16	22.10	45.9	46.13	36.77	46.06	60.03

Tabel 7.2. Date experimentale obținute prin determinarea vâscozității dinamice a probelor versus viteza de forfecare pentru piureurile de dovlecei cu adaos de amidon și alginat

$\dot{\gamma}$, s-1	DM	DAM1	DAM2	DAM3	DAL1	DAL2	DAL3
0.00106	23.25	28.9	32.9	40.9	14.8	29.1	35.2
0.0017	20.8	25.6	28	35.68	10	20.4	29.36
0.00212	19.2	23.02	25.9	29.98	8.53	19.07	25.8
0.0035	15.2	19.07	20.78	23.89	6.64	18.56	17.56
0.0053	11.84	18.87	19.22	21	5.5	13.97	13.63
0.007	9.27	10.27	15.75	17	4.92	13.52	10.12
0.0088	8.32	8.98	10.66	13.97	4.37	10.78	8.72
0.0106	6.08	7.27	9.52	11.83	3.83	9.12	7.8
0.0141	4.4	5.68	7.98	9.36	3.09	7.85	6.62
0.017	3.7	4.84	6.25	8.42	2.67	6.28	5.66
0.021	3	4	5.89	6.56	2.35	5.32	4.92
0.035	2.3	3.89	4.27	5.69	1.63	4.67	3.48
0.0424	1.96	3.1	3.82	4.82	1.45	3.19	3.07
0.0706	1.67	2.98	3.09	4.09	1.006	2.74	2.98
0.106	1.06	2.16	2.86	3.46	0.735	1.9	2.59
0.176	0.89	1.98	2.09	3.12	0.51	1.7	1.9
0.212	0.556	1.56	1.84	2.97	0.442	1.5	1.7
0.35	0.373	1.26	1.53	2.26	0.305	1.3	1.5
0.35	0.23	1.18	1.46	2.14	0.302	1.27	1.45
0.212	0.48	1.56	1.76	2.56	0.434	1.4	1.59
0.176	0.79	1.89	2.08	2.78	0.492	1.67	1.79
0.106	0.99	2.07	2.59	3	0.707	1.88	1.97
0.0706	1.12	2.67	2.79	3.98	0.95	2.55	2.85
0.0424	1.58	2.98	3.09	4.62	1.36	2.85	3.25
0.035	2	3.28	4.01	5.36	1.57	3	3.55
0.021	2.7	4	5.26	6.26	2.24	4.28	4.68
0.017	3.4	4.65	6.1	8.32	2.59	5.98	6.77
0.0141	4	5.94	7.28	9.14	2.98	7.62	8.15
0.0106	5.48	7.07	9.04	11.24	3.53	8.92	9.5
0.0088	6.68	8.28	10	13	3.74	10	11
0.007	7.03	9.56	15.2	16.66	4.06	13	15
0.0053	7.8	10.97	19	20.97	4.56	13.56	15.98
0.0035	8.1	11.27	20.3	22.72	4.88	17.76	19
0.00212	9.04	19.87	25.42	28.72	6	18.68	20.37
0.0017	11.2	21.28	27.08	33.63	7.76	19.8	21.75
0.00106	14.78	25.26	31.99	40	8.9	28.68	30

Tabel 7.3. Valorile vâscozității dinamice versus viteza de forfecare pentru piureurile de ardei grași cu adaos de pectină de mere și citrice

$\dot{\gamma}, s^{-1}$	MA	APC _{0.1}	APC _{0.2}	APC _{0.3}	APM _{0.1}	APM _{0.2}	APM _{0.3}
0.00106	36.83	44.35	59.76	66.8	46.4	53.5	69.7
0.0017	28.90	28.13	44.17	37.36	33.62	40	47.06
0.00212	26.66	23.33	39.79	32.1	23.66	32.20	41.75
0.0035	19.6	18.7	24.65	23.12	18.72	18.69	30.82
0.0053	9.88	10.96	17.41	15.45	9.77	14.76	22.62
0.007	6.98	8.58	12.8	12.96	7.64	12.15	22.15
0.0088	5.25	6.39	10.18	11.31	5.9	9.89	17.82
0.0106	4.55	5.78	9.59	9.845	5.36	7.93	13.25
0.0141	3.52	4.46	7.22	6.925	4.426	6.40	9.36
0.017	2.63	3.71	5.95	5.572	3.44	4.96	7.784
0.021	2.15	3.63	4.911	4.7265	2.83	4.084	6.251
0.035	1.308	2.21	3.01	3.02	1.66	2.970	4.88
0.0424	1.067	1.888	2.521	2.5285	1.418	2.373	3.45
0.0706	0.646	1.39	1.54	1.58	0.86	1.795	2.502
0.106	0.42	0.878	0.99	1.0965	0.57	1.018	1.76
0.176	0.255	0.604	0.59	0.6845	0.331	0.611	1.11
0.212	0.204	0.499333	0.499	0.58	0.276	0.450	0.87
0.35	0.131667	0.347333	0.29	0.361	0.164	0.28	0.71
0.35	0.136	0.396	0.27	0.357	0.158	0.242	0.52
0.212	0.194	0.43	0.49	0.524	0.25	0.46	0.63
0.176	0.27	0.502	0.565	0.6065	0.3	0.548	1.07
0.106	0.333	0.809	0.95	0.9315	0.48	0.87	1.44
0.0706	0.51	1.14	1.47	1.319	0.698	1.308	2.16
0.0424	0.88	1.74	2.27	2.1035	1.082	1.942	3.27
0.035	1.051	1.99	2.62	2.496	1.32	2.41	3.91
0.021	1.61	2.80	4.08	3.8215	2.06	3.50	6.131
0.017	2.04	3.33	4.63	4.522	2.88	4.74	7.272
0.0141	2.86	4.45	6.59	5.25	3.20	4.83	7.78
0.0106	3.76	5.86	7.37	6.88	3.91	5.97	9.31
0.0088	4.97	7.14	9.03	7.815	5.62	7.23	10.65
0.007	6.19	8.7	9.00	11.74	5.98	11.73	13.48
0.0053	7.39	9.93	12.22	13.4	7.66	13.63	15.42
0.0035	9.16	12.31	13.48	18.04	10.5	15.62	23
0.00212	16.82	23.25	31	30.695	16.96	24.26	31.32
0.0017	25.2	27.38	36.02667	35.06	23.78	40.70	40.90
0.00106	33.8	43.70	53.7	65.09	30.97	47.99	67.33

Tabel 7.4. Date experimentale obținute prin determinarea vâscozității dinamice a probelor versus viteza de forfecare pentru piureurile de ardei cu adaos de amidon și alginat

$\dot{\gamma}$, s ⁻¹	AM	AAM1	AAM2	AAM3	AAL1	AAL2	AAL3
0.00106	10.5	19.23	24	32	12.9	15.45	18.24
0.0017	10	13.46	21.75	29	11.25	13.05	15.26
0.00212	9.75	12.95	18.25	24.21	10.75	12.15	14.2
0.0035	9.25	12	16	20.18	9.75	11.07	12
0.0053	8.75	11.4	13.23	18.89	9.06	10.56	11.28
0.007	8	10	11.85	14.87	8.65	9.88	10.65
0.0088	6.9	8.25	9.75	12.54	7.94	8.82	9.59
0.0106	5.2	7	8.95	10.43	7	7.69	8.82
0.0141	4.88	6.4	7.52	9.25	6.36	7	8
0.017	4.51	5.88	6.89	8.03	5.82	6.25	7.25
0.021	4	5	6	7.23	5.12	5.79	6.4
0.035	3.55	4.24	5.45	6.48	4.65	5	6
0.0424	3.02	3.3	4	5.25	3.95	4.7	5.26
0.0706	2.45	2.1	3.2	4.35	3.04	4	4.97
0.106	1.35	1.8	2.5	3.78	2.63	3.23	3.81
0.176	0.99	1.2	1.7	2.22	1.23	2.75	3.05
0.212	0.55	0.8	1.1	1.7	0.89	1.25	2
0.35	0.22	0.4	0.8	1	0.53	0.89	1.4
0.35	0.2	0.3	0.6	0.8	0.33	0.7	1
0.212	0.4	0.5	1	1.3	0.68	0.8	1.2
0.176	0.8	1	1.5	2	1	1	1.8
0.106	1	1.5	2.2	3.23	1.65	2.56	2.9
0.0706	1.85	2.3	3	4.02	1.85	3	3.23
0.0424	2.75	3	3.7	4.87	2.08	3.69	4.65
0.035	3.15	4.95	5	5.01	2.56	4	5.05
0.021	3.75	5.83	5.65	5.4	3	4.75	5.86
0.017	5	6.67	6	6.2	3.92	5.26	6.75
0.0141	5.89	7.08	7.02	8	4.87	6	8
0.0106	6.3	7.56	8	10.05	5	6.89	9.17
0.0088	6.9	8.1	8.98	11.45	6.63	7.25	10.26
0.007	7.85	8.69	10.78	14.3	7.12	8.36	11.02
0.0053	7.65	9.531	12.94	16.2	8.02	9.26	11.86
0.0035	8	10.24	15.45	19.06	8.95	10.89	12.43
0.00212	8.75	11.07	17.2	21.4	10	11.69	13.22
0.0017	9.25	12.21	20.4	26.2	10.93	12.85	14.67
0.00106	10	18.74	23	30	12	14.79	16.23

Materialul vegetal, concentrațiile de hidrocoloizi și natura acestora au fost alese în vederea consumării lor de către persoane care suferă de disfagie, aceste produse prezentându-se sub formă *ready-to-eat*.

Valorile obținute pentru vâscozitatea dinamică a piureurilor versus viteza de forfecare au fost raportate la literatura de specialitate.

Vâscozitatea dinamică a fost determinată după protocolul prezentat în capitolul 5.3.

7.4. Rezultate și discuții

Cunoașterea proprietăților fizice ale alimentelor este fundamentală în analiza operațiilor unitare prezente în industria alimentară. Studiul acestor proprietăți alimentare și răspunsurile lor la condițiile procesului sunt necesare pentru că ele influențează tratamentul primit în timpul de prelucrare și, de asemenea, pentru că sunt indicatori buni de calitate ai alimentelor. Vâscozitatea și variația sa în funcție de diferiți parametri este foarte importantă pentru domeniul alimentației în general, și în special pentru produsele de origine vegetală, deoarece este necesar pentru proiectarea și optimizarea mai multor procese sau operații unitare (de exemplu, pompare, evaporare, filtrare prin membrană etc) (Rai și al., 2005).

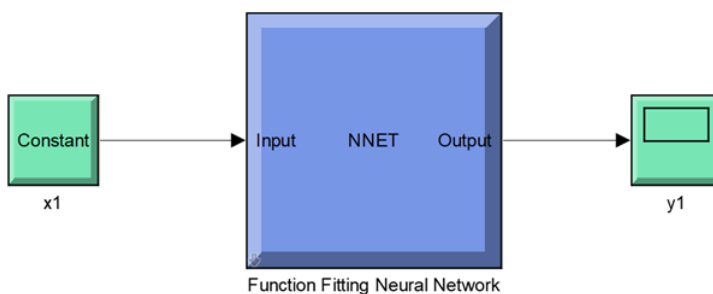


Figura 7.5. Schița principiului de funcționare a RNA

În problemele de predicție cu ajutorul rețelelor neuronale artificiale se are ca scop obținerea unor legături între datele de intrare și datele țintă. Prin intermediul funcției *nftool* s-au introdus datele de intrare și cele țintă pentru a crea și antrena o rețea neuronală artificială în vederea evaluării performanțelor RNA, folosind analiza de regresie și eroarea medie pătratică (MSE - mean squared error).

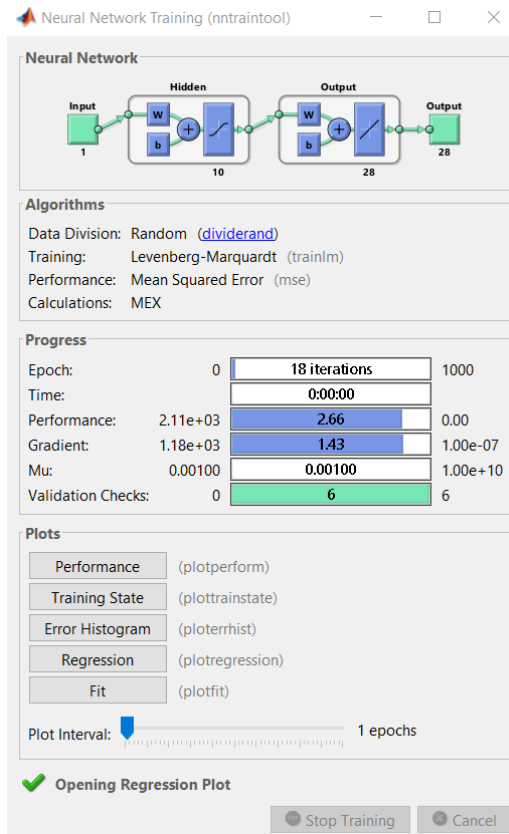


Figura 7.10. Rezultatele antrenării rețelei

Funcția *ntraintool* furnizează informații detaliate despre algoritmul de antrenare și statusul rețelei.

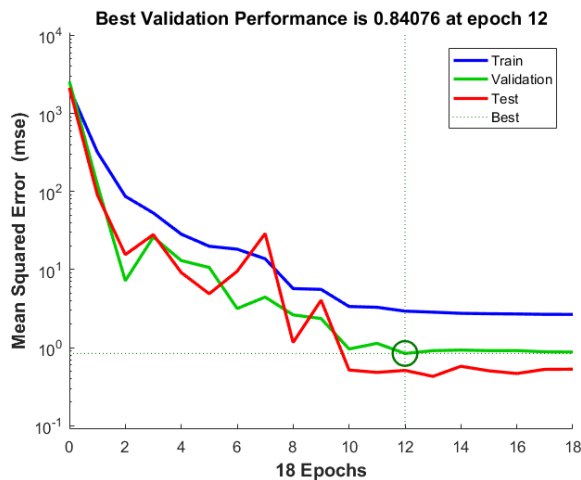


Figura 7.11. Performanța rețelei neuronale artificiale

Indicatorul de performanță pentru rețelele de tip *feed-forward* este dat de eroarea medie pătratică (MSE) dintre datele de ieșire și datele țintă. Valorile MSE scad rapid pe măsură ce rețeaua învață. Antrenarea rețelei se oprește în momentul în care eroarea medie pătratică aferentă validării încetează să mai scadă. Rețelele neuronale *feed-forward* sunt cele mai populare și cele mai utilizate pe scară largă în multe aplicații practice.

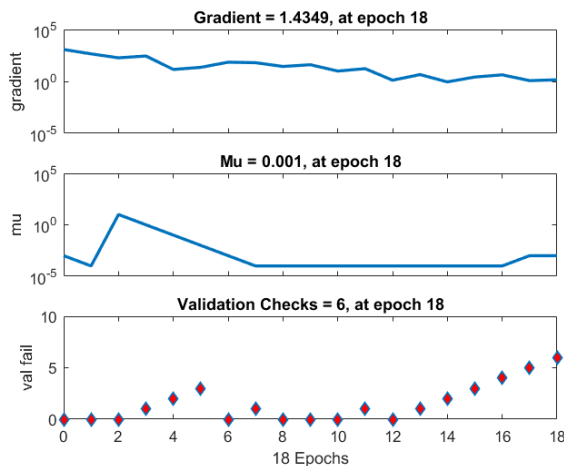


Figura 7.12. Statusul de antrenare

Diagrama statusului de antrenare exemplifică cum a fost realizată validarea. Numărul total al verificărilor de validare a fost egal cu 6 la epoch 18 unde s-au obținut cele mai bune performanțe.

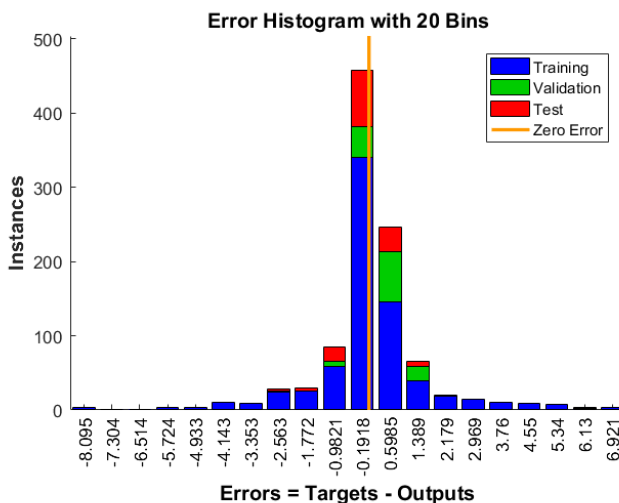


Figura 7.13. Histograma erorilor

Histograma indică erorile pentru datele de ieșire. Linia reprezentată cu portocaliu ne arată punctul unde eroarea este zero. Acest punct poate fi identificat și se poate reantrena rețeaua pentru a obține date de ieșire mai precise, respectiv o performanță mai ridicată.

7.5. Concluzii parțiale

Pentru modelarea valorilor vâscozității dinamice a piureurilor de dovlecei și ardei grași cu adaos de pectină din mere sau citrice ori cu amidon sau alginat s-au utilizat Rețelele Neuronale Artificiale.

Studiul subliniază importanța modelării și simulării cu ajutorul RNA pentru aplicații de acest tip. Cu cât setul de date supuse modelării este mai mare și mai uniform în domeniul de variație a semnalelor, cu atât precizia simulării crește. RNA reprezintă o soluție extem de facilă, acolo unde modelarea matematică este mult mai dificilă. Oricât de complexe sunt matricile alimentare, dacă există un număr suficient de seturi de date de intrare determinate experimental (semnal intrare/răspuns) se poate realiza o simulare a comportamentului produsului sau procesului.

Prin capacitate de preconizare a RNA s-au putut determina eventuale date necesare care stau la baza procesului de deglutiție.

În funcție de adaosul de hidrocoloizi s-au aproximat valorile vâscozității dinamice, valori care caracterizează produsele de tip *ready-to-eat* cu destinație specială, pentru consumul persoanelor cu disfagie.

Rezultatele obținute prin modelarea datelor experimentale pot sta la baza unor studii viitoare și pot ajuta la estimarea unor valori ale vâscozității dinamice a piureurilor de legume sau fructe și eventual distribuția acestora dependentă de viteza de forfecare impusă ca o constantă.

8. Concluziile generale, Contribuții originale și Perspective

8.1. Concluzii generale

- În urma studiului au fost concepute 4 produse de tip *ready-to-eat*, prezentate fiecare în câte 3 variante.
- Două tipuri de hidrocoloizi - pectina din citrice și mere - au reprezentat interes pentru studiul prezentat.
- Inițial experimentele au vizat obținerea unor produse *ready-to-eat* cu destinație specială, caracterizarea și investigarea impactului pe care îl are încălzirea ohmică asupra matricei obținute.
- Piureurile de dovlecei, respectiv ardei grași cu 0,3% pectină din mere reprezintă varianta cea mai bună din punct de vedere tehnologic.
- Determinarea conținutului de antioxidanți al probelor de piure de dovlecei și ardei cu adaos de pectină din mere sau citrice a relevat stabilitatea termică a compușilor bioactivi.
- Analiza spectroscopică FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) a identificat prezența pectinei și faptul că procentul minim adăugat 0,1% este suficient pentru îmbunătățirea structurii piureurilor.
- În cazul experimentelor cu amidon și alginat de sodiu, care au constituit ceilalți doi hidrocoloizi aleși pentru a fi adăugați în piureurile de dovlecei, respectiv ardei grași, s-a determinat concentrația optimă de amidon la 3%.
- Încălzirea ohmică nu modifică comportamentul reologic al piureurilor de dovlecei și ardei indiferent de tipul de hidrocoloizi adăugați.
- Încălzirea ohmică și adaosul de hidrocoloizi au condus la îmbunătățirea tuturor atributelor texturale ale piureurilor de dovlecei și de ardei grași.
- Analiza spectroscopică FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) a identificat noi complexe cu lanțurile amiloză și amilopectină.
- Microscopia cu scanare confocală laser a evidențiat prezența unor structuri celulare și a unor constituenți celulari intacti prezenți în probe, fapt care subliniază faptul că, încălzirea ohmică este o tehnică blândă de procesare a alimentelor.

- Piureurile de dovlecei și cele de ardei tratate prin încălzire ohmică se pretează cu succes utilizării în alimentația persoanelor disfagice.
- Având în vedere complexitatea matricilor alimentare, RNA reprezintă o metodă facilă de modelare a datelor determinate experimental.

8.2. Contribuții originale și perspective de cercetare

- Datele obținute în urma cercetărilor efectuate ar putea sta la baza dezvoltării unor produse la scară industrială;
- Studiul prezintă elemente originale prin prisma produselor alese pentru a fi cercetate și prin destinația specială a acestora (pentru persoanele care suferă de disfagie);
- Datele prezentate ar putea sta la baza dezvoltării unor produse *ready-to-eat* destinate alimentației speciale;
- Rezultatele studiului pot fi utilizate ca bază de date privind efectele încălzirii ohmice asupra comportamentului reologic și textural, proprietăților electrice și fizico-chimice ale piureurilor de dovlecei și ardei grași suplimentate cu hidrocoloizi (pectină din citrice și mere, amidon și alginat de sodiu).
- Perspective de cercetare pot constitui folosirea de alte tipuri de legume sau fructe insuficient valorificate pe plan național și internațional și utilizarea altor tipuri de hidrocoloizi pentru obținerea de produse din gama *ready-to-eat*.

LISTĂ LUCRĂRI PUBLICATE ȘI PREZENTATE

Abstracte publicate în reviste cotate ISI

- Olaru Lucian Daniel, Nistor Oana Viorela, Andronoiu Doina Georgeta, Ghinea Ioana Otilia, Ionita Elena, Botez Elisabeta. 2017. Application of ohmic heating on the bell pepper puree with added apple pectin, Journal of Biotechnology 256S, S17–S43.
- Lucian Daniel Olaru, Oana Viorela Nistor, Doina Georgeta Andronoiu, Vasilica Barbu, Elisabeta Botez, The processing behaviour of starch-based courgettes (*Cucurbita pepo* var. *obloga*) purees, Journal of Biotechnology 280S (2018) S32–S91.

Articole BDI

- Oana Viorela Nistor, Lucian Daniel Olaru, Doina Georgeta Andronoiu, Elisabeta Botez, Bell pepper puree especially designed for people with dysphagia, The Volume of the 22nd International Exhibition of Inventics “INVENTICA 2018”, June 28th-29th, Iasi, Romania, ISSN 1844-7880.
- Lucian D. Olaru, Oana V. Nistor, Doina G. Andronoiu, Viorica Vasilica Barbu, Ioana Otilia Ghinea, Elisabeta Botez, Evaluation Of Ohmic Heating Effects On Bell Pepper Puree With Added Citrus Pectin, The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, FascicleVI->> FOOD >> TECHNOLOGY 42(2)/2018 – IN PRESS.

Articole ISI

- Lucian Daniel Olaru, Oana-Viorela Nistor, Doina Georgeta Andronoiu, Ioana Otilia Ghinea, Viorica Barbu, Elisabeta Botez, Effect of added hydrocolloids on ready-to-eat courgette (*Cucurbita pepo*) puree ohmically treated, 2018 – In recenzie la Journal of Food Science and Technology.

Lucrări prezentate la conferințe internaționale

- Olaru Lucian Daniel, Nistor Oana Viorela, Andronoiu Doina Georgeta, Ghinea Ioana Otilia, Ionita Elena, Botez Elisabeta. Application of ohmic heating on the bell pepper puree with added apple pectin, European Biotechnology Congress, 25-27 May 2017, Dubrovnik, Croatia.
- Olaru Lucian D., Nistor Oana V., Andronoiu Doina G., Barbu Vasilica, Botez Elisabeta. 2017. Evaluation of Ohmic Heating Effects on Bell Pepper Puree with Added Citrus Pectin, 8th International Euroalimnt Symposium Mutatis Mutandis in Foods, 7 – 8 September 2017, Galati, Romania.
- Lucian Daniel Olaru, Oana-Viorela Nistor, Doina Georgeta Andronoiu, Vasilica Barbu, Elisabeta Botez, The processing behavior of starch based

courgettes (*Cucurbita pepo var. obloga*) purees, European Biotechnology Congress, Athens, Greece.

- Oana Viorela Nistor, Lucian Daniel Olaru, Doina Georgeta Andronoiu, Elisabeta Botez, Bell pepper puree especially designed for people with dysphagia, The 22nd International Exhibition of Inventics “INVENTICA 2018”, June 28-29, Iași, România.
- Luiza-Andreea Tănase, Lucian Daniel Olaru, Oana – Viorela Nistor, Doina Georgeta Andronoiu, Liliana Ceclu, Elisabeta Botez, Ohmically heated courgettes (*Cucurbita Pepo Var. Obloga*) purees especially designed for dysphagia, International Conference on Microbiological Biotechnology 4th Edition, 11-12 October 2018, Chisinau, Moldova Republic.

Lucrări prezentate la conferințe naționale

- Olaru Lucian Daniel, Nistor Oana-Viorela, Andronoiu Doina Georgeta, Botez Elisabeta. 2017. Effect of ohmic heating processing on the electrical and chemical properties of bell pepper puree with added citrus pectin. SCDS-UDJG 2017, 8-9 June 2017, Galați, Romania.
- Lucian Daniel Olaru, Oana-Viorela Nistor, Doina-Georgeta Andronoiu, Elisabeta Botez, Sodium alginate addition effects on the rheological and textural properties of courgettes purees, SCDS-UDJG 2018, 7-8 June 2018, Galați, Romania.
- Lucian Daniel Olaru, Oana- Viorela Nistor, Elisabeta Botez, 2016, A mini review on thermal processing techniques: scientific and technological aspects, The Fourth Edition of the Scientific Conference of the Doctoral Schools of Dunarea de Jos University, 2-3 iunie, Galați, Romania.

Brevet

- Produs vegetal ready-to-eat destinat persoanelor vârstnice OSIM nr. A00188/09.05.2018 (UDJG nr.5596/16.03.2018), Autori: Nistor Oana-Viorela, Olaru Lucian-Daniel, Botez Elisabeta, Andronoiu Doina Georgeta – In curs de publicare pe platforma on-line OSIM.

*Toate publicațiile au derivat din programul de cercetare al tezei de doctorat

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- [1] Anonymous, 2000. FAO. Yearbook Production, Rome, Italy.
- [2] Boldaji, M. T., Borghei, A. M., Beheshti, B., Hosseini, S. E., 2015. The process of producing tomato paste by ohmic heating method. *Journal of food science and technology*, 52(6), 3598-3606.
- [3] Bosland, P., Votava, E., 1999. Peppers: Vegetable and Spice Capsicums (Crop Production Science in Horticulture). ISBN 10: 0851993354 / ISBN 13: 9780851993355, Published by CABI Department of Agriculture, Forestry and Fisheries (DAFF), March 2013, PRODUCTION GUIDELINE - Sweet pepper (*Capsicum annuum*), REPUBLIC OF SOUTH AFRICA.
- [4] Cho, H.M., Yoo, W., Yoo, B. 2012. Steady and dynamic rheological properties of thickened beverages used for dysphagia diets. *Food Science and Biotechnology*, 12(6), 1775-1779.
- [5] Curran J., Groher M.E., 1990. Development and dissemination of an aspiration risk reduction diet. *Dysphagia*. 5, 6-12.
- [6] Decoteau, D.R., 2000. Classifying vegetable crops. In: *Vegetable Crops*. NJ: Prentice Hall, 32–38.
- [7] DFG Senate Commission on Food Safety, 2015. Opinion on the use of ohmic heating for the treatment of foods, December 14th, www.dfg.de/sklm
- [8] Galoburda, R., Boca, S., Skrupskis, I., Seglina, D., 2014. Physical and chemical parameters of strawberry puree, *FOODBALT*, 172-177.\
- [9] Icier, F. 2012. Ohmic Heating of Fluid Foods, *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods*. Elsevier.
- [10] Jaeger, H., Roth, A., Toepfl, S., Holzhauser, T., Engel, K.-H., Knorr, D. Steinberg, P., 2016. Opinion on the use of ohmic heating for the treatment of foods. *Trends in Food Science & Technology*, 55, 84–97.
- [11] Kumar, P.J., Ramanathan, M., Ranganathan, T. V., 2014. Ohmic Heating Technology in Food Processing –A Review, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 3 (2).
- [12] Leizeron, S., Shimoni, E. 2005a. Effect of ultrahigh-temperature continuous ohmic heating treatment on fresh orange juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(9), 3519–3524.
- [13] Leizeron, S., Shimoni, E. 2005b. Stability and sensory shelf life of orange juice pasteurized by continuous ohmic heating. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4012–4018.
- [14] Lucier, G., Lin, B.H., 2001. Sweet peppers: saved by the bell. *Agriculture out-look. Economic Research Service USDA*, 12-15.

- [15] Mitchell, F.R.G., de Alwis, A.A.P. 1989. Electrical conductivity meter for food samples. *Journal of Physics E: Scientific Instruments* 22(8), 554–556.
- [16] Morales, F.J., Babel, M-B., 2002. Antiradical efficiency of Maillard reaction mixtures in a hydrophilic media. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2788–92.
- [17] Nistor O.V., Botez E., Luca E., Mocanu G. D., Andronoiu D. G., Timofti M., 2013, Ohmic heating process characterizations during apple puree processing, *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* 19(2), 228-236, *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*.
- [18] Nistor, O.V., Stănciuc, N., Andronoiu, D.G., Mocanu, G.D., Botez, E. 2015. Ohmic treatment of apple puree (Golden Delicious variety) in relation to product quality. *Food Science and Biotechnology*, 24(1), 51–59.
- [19] Phillips, G. O., Williams, P. A., 2009. *Handbook of hydrocolloids*, Second edition. Woodhead Publishing India Private Limited.
- [20] Rai, P., Majumdar, G.C., DasGupta, S., De, S., 2005. Prediction of the viscosity of clarified fruit juice using artificial neural network: a combined effect of concentration and temperature, *Journal of Food Engineering* 68, 527–533.
- [21] Ramaswamy, H. S., Marcotte, M., Sastry, S., Abdelrahim, K., 2014. *Ohmic heating in food processing*: CRC press.
- [22] Robinson, R.W., Decker-Walters, D.S., 1997. *What are cucurbits*. In: *Cucurbits*. UK: CAB International, 1–22.
- [23] Ruan, R., 2001 *Ohmic heating*. *Thermal Technologies in Food Processing*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- [24] Sajilata, M.G., Singhal, R.S., Kulkarni, P.R., 2006. Resistant Starch—A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5 (1), 1-17./19.50
- [25] Sakr, M., Liu, S., 2014. A comprehensive review on applications of ohmic heating (OH). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 262–269.
- [26] Sarang, S., Sastry, S. K., Knipe, L. 2008. Electrical conductivity of fruits and meats during ohmic heating. *Journal of Food Engineering*, 87(3), 351–356.
- [27] Shynkaryk, M.V., Ji, T., Alvarez, V.B., Sastry, S.K., 2010. Ohmic Heating of Peaches in the Wide Range of Frequencies (50 Hz to 1 MHz), *Journal of Food Science*, 75(7).
- [28] Sharma, M., Kristo, E., Corredig, M., Duizer, L., 2017. Effect of hydrocolloid type on texture of pureed carrots: Rheological and sensory measures. *Food Hydrocolloids* 63, 478-487.

- [29] Sugiura, S., Odo, T., Izumida, Y., Aoyagi, Y., Satake, M., Ochiai, A., Ohkohchi, N., Nakajima, M., 2005. Size control of calcium alginate beads containing living cells using micro-nozzle array. *Biomaterials*, 26, 3327–3331.
- [30] Varghese, K. S., Pandey, M. C., Radhakrishna, K., Bawa, A. S. 2014. Technology, applications and modelling of ohmic heating: A review. *Journal of Food Science Technology*, 51, 2304-2317.
- [31] Vaugban JG, Geissler, CA., 1999. Introduction In: *The New Oxford Book of Food Plants*. 2nd ed. New York: Oxford Univ. Press, xiv–xx.
- [32] Zimmerman, H., Zimmerman, D., Reuss, R., Feilen, P. J., Manz, B., Katsen, A., Weber, M., Ihmig, F. R., Ehrhart, F., Gebner, P., Behringer, M., Steinbach, A., Wegner, L. H., Sukhorukov, V. L., Vasquez, Schneider, J. A., Weber, S., Volke, M. M., Wolf, F., Zimmerman, U., 2005. Towards a medically approved technology for alginate-based microcapsules allowing long-term immunoisolated transplantation. *Journal of Materials Science-Materials in Medicine*. 16, 491–501.
- [33] www.researchgate.net/18.09.2017/20.20
- [34] www.scielo.br/8.07.2017
- [35] www.biologydiscussion.com/21.09.2017/19.57
- [36] ftp://ftp.feq.ufu.br/Luis_Claudio/Books/E-books/Food/Thermal_technologies_in_food_processing/01.10.2016
- [37] www.romedic.ro/18.08.2016/20.48
- [38] <http://yolonutrition.ucanr.edu/files/241826.pdf/17.01.2017/22.47>