



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI  
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI,  
PROTECȚIEI SOCIALE ȘI  
PERSONELOR VĂRSTNICE  
AMPOSDRU



Fondul Social European  
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale  
2007-2013



MINISTERUL  
EDUCAȚIEI  
NAȚIONALE  
OIPOSDRU



UNIVERSITAS  
GALATIENSIS

**Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați**  
**Școala doctorală de Inginerie**



**TEZĂ DE DOCTORAT**

**STUDII PRIVIND APLICAREA  
ÎNCĂLZIRII OHMICE PENTRU  
UNELE PRODUSE  
AGROALIMENTARE DE ORIGINE  
VEGETALĂ**

**Doctorand,**  
**Ing. Oana – Viorela Borcan (Nistor)**

**Conducător științific,**  
**Prof.univ.dr.ing. Elisabeta BOTEZ**

**Seria I.7. Ingineria produselor alimentare I.7. Nr. 1**  
**GALAȚI 2013**



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI  
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI,  
PROTECȚIEI SOCIALE ȘI  
PERSOANELOR VÂRSTNICE  
AMPOSDRU



Fondul Social European  
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale  
2007-2013



MINISTERUL  
EDUCAȚIEI  
NAȚIONALE  
OIPOSDRU



Teza de doctorat a fost elaborată cu sprijinul financiar acordat de către proiectul **POSDRU/107/1.5/S/76822 – Calitatea și continuitatea formării în cadrul ciclului de studii doctorale – TOP ACADEMIC, Id 76822, acronim TOP ACADEMIC**, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007–2013, axa prioritară 1: "Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere", domeniul major de intervenție 1.5: "Programe doctorale și postdoctorale în sprijinul cercetării", perioada de implementare: 1 octombrie 2010 – 30 septembrie 2013, Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați.



**ROMÂNIA**  
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați



MINISTERUL  
EDUCAȚIEI  
NAȚIONALE

26740/28.10.2013

C ă t r e

Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați vă face cunoscut că, în data de **29.11.2013 ora 11.00, în sala F 103 a Facultății de Știința și Ingineria Alimentelor**, va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată: **„STUDII PRIVIND APLICAREA ÎNCĂLZIRII OHMICE PENTRU UNELE PRODUSE AGROALIMENTARE DE ORIGINE VEGETALĂ”**, elaborată de doamna/domnul **BORCAN OANA-VIORELA (NISTOR)**, în vederea conferirii titlului științific de doctor în domeniul de doctorat **Ingineria produselor alimentare**.

Comisia de doctorat are următoarea componență :

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>1. Președinte</b>             | <b>Prof.univ.dr.ing. Petru ALEXE</b><br>Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați  |
| <b>2. Conducător de doctorat</b> | <b>Prof.univ.dr.ing. Elisabeta BOTEZ</b><br>Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați  |
| <b>3. Referent oficial</b>       | <b>Prof.univ.dr.ing. Nicolae BURNETE</b><br>Universitatea Tehnică Cluj-Napoca  |
| <b>4. Referent oficial</b>       | <b>Cercet.șt.pr.gr.I dr.ing. Nastasia BELC</b><br>Director - Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare pentru<br>Bioresurse Alimentare - IBA București |
| <b>5. Referent oficial</b>       | <b>Prof.univ.dr.chim. Geta CĂRĂC</b><br>Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați  |

Cu această ocazie vă transmitem rezumatul tezei de doctorat, și vă invităm să participați la susținerea publică. În cazul în care doriți să faceți eventuale aprecieri sau observații asupra conținutului lucrării, vă rugăm să le transmiteți în scris pe adresa universității, str. Domnească nr. 47, 800008, Galați. Fax 0236 / 461353, e-mail rectorat@ugal.ro.

**R e c t o r,**

Prof. univ. dr. ing. Iulian Gabriel **PIRSAN**



## MULȚUMIRI

La finalul acestui parcurs lung, plin de provocări, șiruri nesfârșite de impedimente și a unei munci uriașe rămâi doar cu sentimentul de împăcare și bucuria cunoașterii unui domeniu inovativ, cât și a unor persoane care sunt demne de respectul și admirația tuturor. Acest final nu este decât un nou început, un punct de sprijin pentru viitoarele cercetări.

Acest cuvânt înainte conține în special mulțumiri adresate conducătorului de doctorat d-na. **Prof.dr.ing. Elisabeta BOTEZ**, care mi-a oferit neobosit sprijinul științific și moral pe parcursul întregului stagiul de 3 ani, demonstrând că în spatele profesorului există un om înțelegător, răbdător, mereu dispus la generarea unui cadru benefic cercetării și creației în domeniul ingineresc.

Doresc să mulțumesc tuturor persoanelor care au contribuit la susținerea autorului pe perioada elaborării tezei, cu precădere comisiei de îndrumare compusă din dna. **Prof.dr.chim. Geta Cârâc**, d-na. **Conf.dr.ing. Gabriela Iordăchescu** și dna. **Conf.dr.ing. Nastasia Belc**, care m-au consiliat și mi-au adresat critici constructive pe perioada celor trei ani de stagiul doctoral.

Pe această cale aș vrea să-mi manifest recunoștința către o persoană specială, d-na. **Conf.dr.ing. Nicoleta Stănciuc** care mi-a demonstrat că orice tip de cercetare se poate aduce la nivel de excelență atât timp cât există o inițiativă și o coordonare bună, că există persoane cărora doar trebuie să le ceri ajutorul pentru ați veni în întâmpinare.

Tot pe această cale doresc să le mulțumesc pentru contribuție d-nei **Prof.dr.ing. Gabriela Elena Bahrim**, d-nei **Conf.dr.ing. Aida Mihaela Vasile**, d-lui **Conf.dr.ing. Sorin Ciortan**, d-lui **Prof.dr.ing. Cătălin Tănase**, d-nei **Ș.I.dr.chim. Mihaela Timofti**, care au formulat opinii, au permis accesul la aparatură de înalt nivel științific sau la programe de calculator specifice obiectivelor tezei de doctorat.

Aș vrea să-i mulțumesc d-lui **Tehn.Viorel Mihai** pentru ajutorul acordat în proiectarea și punerea în operă a instalației de încălzire ohmică, instalație care a reprezentat baza cercetărilor doctorale.

Alături de mine în acest drum ce mi s-a părut interminabil mi-au fost alături bunii mei colegi și prieteni **Prep.drd.ing. Doina Georgeta Andronoiu**, **drd.ing. Liliana Ceclu** și **Ș.I.dr.ing. Dănuț Gabriel Mocanu**, care de multe ori au suportat cu stoicism supărarea sau intrigarea mea, ajutându-mă și susținându-mă.

De asemenea, aș dori să aduc mulțumiri calde **familiei mele**, care m-a sprijinit în mod consecvent și fără de care finalizarea acestor studii nu ar fi fost posibilă. **Mamei mele** aș dori să-i mulțumesc pentru dedicația cu care m-a înlocuit de cele mai multe ori în rolul de mamă și pentru suportul neobosit pe care mi l-a acordat. Aș vrea să-i mulțumesc fiicei mele **Sofia Alexandra** pentru bucuria de a se fi născut în perioada stagiului doctoral și pentru că mi-a înșeninat zilele triste în care experimentele erau eșecuri de moment. Ultimului, dar nu pentru că ar fi mai puțin important, doresc să-i mulțumesc celui care a promis sa-mi fie alături la bine și la rău, soțului meu **Tony**, care s-a ținut de cuvânt încurajându-mă, ridicându-mi moralul ori de câte ori acesta era pământ.

29.11.2013 Galați

Drd.Ing. Oana - Viorela Nistor

## CUPRINSUL TEZEI DE DOCTORAT

<b>Introducere</b> .....	1
<b>Capitolul I Studiul procesului de încălzire ohmică cu stabilirea principalelor parametri de proces, variația lor și studiul factorilor care influențează încălzirea ohmică</b> .....	1
<b>Obiectivele capitolului I</b> .....	2
<b>I.1. Stadiul actual al cercetării referitor la procesul de încălzire ohmică</b> .....	3
I.1.1. Definiția procesării prin încălzire ohmică.....	3
I.1.2. Tipuri de instalații utilizate pe plan internațional.....	3
I.1.3. Parametri implicați în procesul de încălzire ohmică.....	7
I.1.4. Avantajele procesului de IO.....	10
I.1.5. Utilizările cremogenatelor de fructe (mere și pere).....	11
I.1.6. Cremogenatele de fructe.....	11
<b>I.2. Materiale și metode</b> .....	15
I.2.1. Materiale utilizate pentru obținerea cremogenatelor de fructe (mere și pere).....	15
I.2.1.1. Materiale.....	15
I.2.1.2. Metode.....	16
<b>I.3. Rezultate și discuții</b> .....	17
I.3.1. Determinări experimentale pentru cremogenatul de mere tratat prin încălzire ohmică cu electrozi din inox.....	17
I.3.2. Interpretarea statistică a datelor experimentale obținute pentru tratarea prin încălzire ohmică (cu electrozi din inox) a cremogenatului de mere prin metoda suprafeței de răspuns.....	21
I.3.3. Determinări experimentale pentru cremogenatele de mere tratat prin încălzire ohmică cu electrozi din argint.....	24
I.3.4. Interpretarea statistică a datelor experimentale obținute pentru tratarea prin încălzire ohmică (cu electrozi din argint) a cremogenatului de pere prin metoda suprafeței de răspuns.....	28
I.3.5. Determinări experimentale pentru cremogenatul de pere tratat prin încălzire ohmică cu electrozi din inox.....	31
I.3.6. Interpretarea statistică a datelor experimentale obținute pentru tratarea prin IO (cu electrozi din inox) a cremogenatului de pere prin metoda suprafeței de răspuns.....	35
I.3.7. Determinări experimentale pentru cremogenatul de pere tratat prin încălzire ohmică cu electrozi din argint.....	38
I.3.8. Interpretarea statistică a datelor experimentale obținute pentru tratarea prin IO (cu electrozi din argint) a cremogenatului de pere prin metoda suprafeței de răspuns.....	43
<b>I.4. Concluzii parțiale capitolul I</b> .....	46
<b>Bibliografie capitolul I</b> .....	48
<b>Capitolul II Simularea procesului de încălzire ohmică prin utilizarea rețelelor neuronale artificiale</b> .....	53
<b>Obiectivele capitolului II</b> .....	54
<b>II.1. Stadiul actual al cunoașterii în domeniul aplicării RNA la simularea datelor procesului de încălzire ohmică</b> .....	55
II.1.1. Rețele Neuronale Artificiale (RNA).....	57
II.1.2. Domenii de aplicare a RNA.....	58
II.1.3. Clasificarea RNA.....	59
II.1.4. Avantajele utilizării RNA.....	59
II.1.5. Dezavantajele utilizării RNA.....	60
<b>II.2. Materiale și metode</b> .....	63
<b>II.3. Rezultate și discuții</b> .....	64
<b>II.4. Concluzii parțiale capitolul II</b> .....	71
<b>Bibliografie capitolul II</b> .....	72
<b>Capitolul III Studiul experimental privind modificări microstructurale, nutriționale și senzoriale ale unor produse vegetale tratate prin încălzire ohmică</b> .....	74
<b>Obiectivele capitolului III</b> .....	75
<b>III.1. Stadiul actual al cunoașterii în domeniul modificărilor nutriționale, morfologice, texturale și senzoriale ale unor produse vegetale tratate prin încălzire ohmică</b> .....	76
III.1.1. Generalități privind produsele vegetale tratate prin încălzire ohmică.....	76

III.1.2. Rolul microelementelor în nutriție.....	80
III.1.3. Reologia cremogenatelor de fructe.....	79
III.1.4. Elemente generale despre cremogenatele de fructe.....	79
III.1.5. Elemente generale despre încălzirea ohmică.....	80
III.1.6. Generalități despre analiză senzorială.....	81
<b>III.2. Materiale și metode</b> .....	<b>82</b>
III.2.1. Prepararea probelor.....	82
III.2.2. Metode, instalații și aparatură folosită.....	82
III.2.2.1. Metoda de procesare a cremogenatelor de fructe.....	82
III.2.2.2. Metoda pentru determinarea substanțelor minerale.....	83
III.2.2.3. Metode de determinare a culorii cremogenatelor de fructe.....	83
III.2.2.4. Metode de determinare a conținutului de zaharuri reducătoare.....	85
III.2.2.5. Metode de determinare a conținutului de polifenoli totali.....	85
III.2.2.6. Metoda de determinare a caracteristicilor reologice.....	86
III.2.2.7. Metoda de determinare a caracteristicilor microstructurale.....	87
III.2.2.8. Metoda de evaluare a caracteristicilor senzoriale ale cremogenatelor de fructe.....	87
III.2.2.9. Metoda de interpretare a rezultatelor obținute din analiza senzorială. Tehnica GPA.....	88
<b>III.3. Rezultate și discuții</b> .....	<b>88</b>
III.3.1. Rezultate și discuții ale determinării substanțelor minerale.....	89
III.3.2. Rezultate și discuții ale determinărilor proprietăților optice ale cremogenatelor de fructe.....	89
III.3.2.1. Rezultate și discuții ale determinării culorii cremogenatelor de fructe.....	91
III.3.2.2. Rezultate și discuții ale determinării spectrale ale cremogenatelor de fructe.....	93
III.3.3. Rezultate și discuții ale determinării glucidelor reducătoare.....	99
III.3.4. Rezultate și discuții ale determinării conținutului de polifenoli totali.....	100
III.3.5. Rezultate și discuții ale determinării caracteristicilor reologice ale cremogenatelor de fructe.....	100
III.3.6. Rezultate și discuții ale determinării caracteristicilor morfologice ale cremogenatelor.....	105
III.3.7. Rezultate și discuții ale analizei senzoriale.....	111
<b>III.4. Concluzii parțiale capitolul III</b> .....	<b>118</b>
<b>Bibliografie capitolul III</b> .....	<b>121</b>
<b>Capitolul IV Evaluarea comparativă a cineticii de inactivare a pectinmetilesterazei din cremogenatele de fructe</b> .....	<b>126</b>
<b>OBIECTIVELE CAPITOLULUI IV</b> .....	<b>127</b>
<b>IV.1. Stadiul actual al cunoașterii cineticii de inactivare a pectinmetilesterazei din cremogenatele de fructe</b> .....	<b>128</b>
IV.1.1. Importanța structurală a peretelui celular din matricile alimentare.....	128
IV.1.2. Pectina.....	129
IV.1.3. Funcționalitatea pectinei în cadrul pereților celulari.....	129
IV.1.4. Conversia pectinei.....	129
IV.1.5. Conversia enzimatică.....	130
IV.1.6. Definiția pectinmetilesterazei.....	131
IV.1.7. Localizare.....	132
IV.1.8. Proprietățile fizico-chimice și conformaționale ale PME.....	132
IV.1.9. Inactivarea termică a PME.....	132
IV.1.10. Aspecte generale referitoare la evaluarea proprietăților conformaționale ale tirozinazei cu ajutorul spectrofotometriei de luminescență.....	132
IV.2. Materiale și metode.....	135
IV.2.2. Metode.....	137
IV.2.2.1. Diagrama de faze.....	137
IV.2.2.2. Spectre de emisie.....	137
IV.2.2.3. Experimente de quenching.....	137
IV.2.2.4. Experimente de anizotropie.....	138
IV.2.2.5. Determinarea activității enzimatiche.....	138
IV.2.2.6. Extracția PME din mere și pere.....	139
IV.2.2.7. Determinarea conținutului de proteine (metoda cu acid bicinchinonic).....	140
IV.2.2.8. Prelucrarea statistică a datelor.....	142
IV.2.2.9. Analiza cinetică.....	142

IV.2.2.10. Analiza dispersională - ANOVA bifactorială.....	143
<b>IV.3. REZULTATE ȘI DISCUȚII.....</b>	<b>144</b>
<b>A. EVALUAREA MODIFICĂRILOR CONFORMAȚIONALE A PME COMERCIALE INDUSE DE PH ȘI TEMPERATURĂ.....</b>	<b>144</b>
IV.3.1. Diagrama de faze.....	144
IV.3.2. Spectre de emisie.....	146
IV.3.3. Experimente de quenching.....	148
IV.3.4. Anizotropie.....	155
<b>B. CINETICA DE INACTIVARE TERMICĂ A PME COMERCIALE.....</b>	<b>157</b>
<b>C. EXTRAȚIA ȘI EVALUAREA CINETICII DE INACTIVARE A PME DIN MERE ȘI PERE.....</b>	<b>161</b>
IV.3.5.1. Influența concentrației de substrat asupra vitezei de reacție.....	161
IV.3.5.2. Cinetica de inactivare termică.....	162
<b>D. Evaluarea cineticii de inactivare a PME din cemogenatele de mere și pere tratat prin încălzire ohmică.....</b>	<b>169</b>
<b>IV.4. Concluzii parțiale capitolul IV.....</b>	<b>175</b>
<b>Bibliografie capitolul IV.....</b>	<b>178</b>
<b>CONCLUZII FINALE.....</b>	<b>183</b>
<b>CONTRIBUȚII ORIGINALE.....</b>	<b>184</b>
<b>PERSPECTIVE DE DEZVOLTARE.....</b>	<b>185</b>
<b>DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRII.....</b>	<b>186</b>

## INTRODUCERE

Tendința noilor tehnologii aplicate în procesarea alimentelor este reprezentată de utilizarea tehnologiilor verzi, cunoscute drept tehnologii curate și care se realizează cu un consum redus de energie.

Societatea modernă a impus consumatorului un regim alimentar configurat în mare parte din alimente procesate și suprarafinate, iar consumul acestora și-a pus vizibil amprenta asupra sănătății individului. Este lesne de înțeles, că anumite componente cu adevărat sănătoase sunt înlăturate prin procesul tehnologic de conservare/rafinare. Preocupările nutriționale actuale au ca scop sănătatea consumatorului și consumul de alimente integrale, minim procesate care presupun menținerea componentelor bioactive cum ar fi vitaminele, mineralele și alte substanțe nutritive.

Tratamentul termic reprezintă o metodă importantă în procesarea alimentelor. De asemenea, este cunoscut că tratamentul termic reprezintă o metodă clasică în conservarea, procesarea și inactivarea enzimelor din materiile prime.

Tratamentele termice neconvenționale, cum ar fi încălzirea ohmică, sunt permanent în atenția cercetătorilor pentru implicațiile pozitive asupra calității produselor prelucrate. Temperaturile moderate asociate unui timp scăzut de procesare reprezintă tipul de tratament termic dorit pentru obținerea de produse alimentare cu o valoare nutritivă ridicată.

Avantajele încălzirii ohmice comparativ cu cele ale tratamentelor convenționale sunt viteza de procesare, uniformitatea și controlul facil al procesului de încălzire. Aplicarea încălzirii ohmice în cadrul societăților comerciale care prelucrează materii prime agroalimentare sub formă de cremogenate sau produse similare, poate aduce avantaje certe în ceea ce privește calitatea produselor realizate, a inactivării unor enzime și a a posibilităților de control și predicție a parametrilor de proces.

Tehnologiile alimentare viitoare vor include tratamente termice blânde, care să asigure păstrarea în proporție cât mai mare a componentelor bioactive din produsele proaspete, alături de un timp redus de procesare și de îndepărtarea eficientă a microorganismelor de contaminare.

### OBIECTIVELE ȘTIINȚIFICE ALE TEZEI DE DOCTORAT

În acord cu principalul obiectiv științific al tezei de doctorat, **Studiul multidisciplinar privind tehnica de procesare prin încălzire ohmică aplicată cremogenatelor de fructe**, studiile experimentale au vizat următoarele obiective specifice:

1. Proiectarea și realizarea unei instalații discontinue de procesare prin încălzire ohmică;
2. Evaluarea și caracterizarea unor parametri ai procesului de încălzire ohmică;



3. Simularea procesului de încălzire ohmică prin utilizarea Rețelelor Neuronale Artificiale;
4. Caracterizarea complexă a unor cremogenate de fructe tratate prin încălzire ohmică;
5. Studii privind mecanismele de inactivare ale pectinmetilesterazei comerciale și naturale.

### ELEMENTELE DE ORIGINALITATE

Elementele de noutate ale tezei de doctorat constau în contribuțiile originale precum:

- Proiectarea și realizarea unei instalații discontinue de încălzire ohmică;
- Determinarea unor gradienti de tensiune fezabili pentru procesarea cremogenatelor de mere și pere;
- Stabilirea unor relații între proprietățile electrice și cele fizico – chimice ale unor componente din cadrul produselor analizate;
- Caracterizarea nutrițională, colorimetrică, microstructurală și texturală a cremogenatelor de fructe tratate prin încălzire ohmică;
- Implicații senzoriale ale procesului de încălzire ohmică;
- Utilizarea Rețelelor Neuronale Artificiale (RNA) în simularea procesului de încălzire ohmică;
- Determinarea unor proprietăți spectroscopice și de flexibilitate moleculară;
- Evaluarea comparativă a cineticii de inactivare la tratamentul termic convențional și prin încălzire ohmică;
- Extracția și caracterizarea cinetică a pectinmetilesterazei (PME) din cremogenatele de mere și pere.

Determinările și analizele derulate în cadrul tezei de doctorat au fost posibile prin sprijinul financiar oferit de către proiectul *Calitatea și continuitatea formării în cadrul ciclului de studii doctorale POS DRU 76822- TOP ACADEMIC* desfășurat pe perioada 1 octombrie 2010 - 30 septembrie 2013 în cadrul Universității "Dunarea de Jos" Galați.

Mare parte a infrastructurii utilizate pentru realizarea tezei de doctorat aparține **Platformei BIOALIMENT** aflată în cadrul **Facultății SIA Galați**. Alte centre sau laboratoare de cercetare care au reprezentat baza infrastructurii în cercetarea doctorală sunt reprezentate de către: *Laboratorul Credențial UDJ Galați, Facultatea de Chimie și Facultatea de Geologie și Geografie din cadrul Universității Al.I. Cuza Iași, Institutul de Cercetări pentru Instrumentație Analitică (ICIA) Cluj Napoca, Institutul de Bioresurse Alimentare (IBA) București și Laboratorul de cercetări Operații unitare (FSIA-UDJ Galați).*

Teza de doctorat intitulată **Studii privind aplicarea încălzirii ohmice pentru unele produse agroalimentare de origine vegetală**

cuprinde patru capitole, structurate ca lucrări de cercetare științifică, cuprinzând ca subcapitole *Stadiul actual al cercetării, Materiale și metode, Rezultate și discuții și Concluzii parțiale.*

***Teza de doctorat cuprinde un număr de 187 de pagini. Conține un număr de 25 de tabele și 103 de figuri și 2 scheme.***

Studiul documentar și raportarea la literatura de specialitate se bazează pe un număr de 209 referințe bibliografice.

**Primul capitol** intitulat ***Studiul procesului de încălzire ohmică – stabilirea principalilor parametri de proces, variațiilor și studiul factorilor care influențează încălzirea ohmică*** cuprinde informații despre stadiul actual al cercetării referitoare la procesul de încălzire ohmică.

În cadrul acestui prim capitol s-a urmărit proiectarea și realizarea unei instalații discontinue de procesare prin încălzire ohmică, evaluarea și caracterizarea unor parametri specifici procesului și interpretarea și corelarea statistică a rezultatelor.

Pentru atingerea obiectivelor propuse în cadrul acestui capitol au fost necesare: alegerea unor parametri de lucru și componente fezabile instalației, determinarea factorilor dependenți de configurația instalației de încălzire ohmică. De asemenea, s-au determinat și calculat mărimi specifice încălzirii ohmice. Prin metode de evaluare statistică a rezultatelor s-au determinat corelații ale datelor și evidențierea reproductibilității acestora, cât și eficiența sistemului de încălzire.

În finalul capitolului I s-au formulat următoarele concluzii - gradientii de tensiune utilizați se pretează procesării cremogenatelor de fructe, creșterea conductivității electrice a cremogenatelor este direct proporțională cu creșterea temperaturii și timpului de procesare, electrozii utilizați (oțel inox și argint) au stabilit performanțe bune în procesarea cremogenatelor de fructe, cremogenatele de pere procesate cu electrozi din inox și argint prezintă un timp de procesare cu aproximativ 1/3 până la 1/2 mai redus decât timpul de procesare al cremogenatelor de mere datorită diferențelor de compoziție chimică, timpul de procesare pentru cremogenatele de fructe tratate cu electrozi din argint este mai redus cu aproximativ 1/3 până la 1/2 comparativ cu timpul de procesare cu electrozi din inox și gradientul de tensiune optim pentru procesarea cremogenatelor este de 25 V/cm.

**Capitolul al II-lea** prezintă ***Simularea procesului de încălzire ohmică prin utilizarea rețelelor neuronale artificiale.***

În cadrul acestui capitol s-a urmărit alegerea datelor experimentale specifice procesului de încălzire ohmică, modelarea acestora cu ajutorul Rețelelor Neuronale Artificiale (RNA) și predicționarea unor parametri de ieșire în baza unor variabile de intrare cunoscute.

Alegerea unui model matematic clasic fezabil acestui tip de proces termic este dificilă și de aceea s-a optat pentru folosirea RNA, acestea pot prelucra datele de intrare (timp, tensiune, categorii de materii prime, tipuri de electrozi utilizați) ale procesului și pot predicționa datele de ieșire (temperatură și conductivitate

electrică), au capacitatea de a depista eventualele erori ale datelor ce urmează a fi prelucrate. Utilizând această metodă au fost validate datele procesului de încălzire ohmică.

**Capitolul al III-lea** cu titlul **Studii experimentale privind modificări microstructurale, nutriționale și senzoriale ale unor produse vegetale tratate prin încălzire ohmică** vizează alegerea variantelor de produs și a regimului optim de procesare cu implicații asupra caracterizării complexe a unor cremogenate de fructe tratate prin încălzire ohmică.

În acest context s-au realizat determinări ale microelementelor, a conținutului de glucide și a antioxidantilor din cremogenatele de mere și pere, determinări ale parametrilor optici (spectrale și colorimetrice), texturale și microstructurale, analize senzoriale ale cremogenatelor de fructe. În urma interpretării rezultatelor obținute s-au concretizat următoarele concluzii: cremogenatele procesate își păstrează microelementele conținute în mod natural, fără modificări majore, caracteristicile de textură, culoare, aromă și nutrienți în comparație cu cremogenatele proaspete, ceea ce pledează pentru utilizarea acestei metode de procesare. Culoarea cremogenatelor nu este afectată de procesarea prin încălzire ohmică, rezultatele colorimetrice coroborate cu cele spectrofotometrice indică schimbări nesemnificative de culoare.

Cremogenatele posedă un comportament complex nenevtonian. Nu apar diferențe de comportament reologic între probele neprocesate și cele procesate. Efectele câmpului electric asupra structurii celulare nu sunt distructive, astfel rezultatele obținute pentru probele tratate conțin celule și structuri vacuolare în stare intactă, ținând cont că acestea au fost supuse atât tratamentului termic de încălzire ohmică, cât și blenderizării. Fermitatea și adeziunea intercelulară din fructe este strâns legată de existența substanțelor pectice, ce pot fi observate ca formațiuni filamentoase în cadrul reprezentărilor SEM. Tratamentul prin încălzire ohmică se pretează cu succes procesării cremogenatelor din fructe deoarece modificările referitoare la caracteristicile fizico-chimice, texturale, structurale și senzoriale ale acestora sunt minime.

**Capitolul al IV-lea** intitulat **Evaluarea comparativă a cineticii de inactivare a pectinmetilesterazei din cremogenatele de fructe.**

Se cunoaște că pectina este un polizaharid cu implicații puternice în rolul funcțional al peretelui celular. Acest rol funcțional este dependent de conversia pectinei realizată de către enzime și/sau în anumite condiții de procesare. Astfel, conversia pectinei este realizată de către pectin metil esterază (PME) în anumite condiții de pH și temperatură.

Întregul studiu a avut ca scop principal evaluarea activității enzimatică a PME, considerată un biomarker al eficienței procesului de încălzire ohmică. Cu alte cuvinte prezența unei activități enzimatică reduse sau inexistentă a PME în cremogenatele de mere și pere tratate prin încălzire ohmică ar evidenția eficiența tratamentului termic.

Capitolul a vizat studiul spectrometriei de luminiscentă la diferite valori ale temperaturii, cu implicații în procesele de depliere, pliere și oligomerizare a

moleculelor proteice, diagramei de faze, a spectrelor de emisie, anizotropiei și experimentelor de quencing. De asemenea s-a studiat cinetica de inactivare a PME comerciale și din surse vegetale (cremogenate de mere și pere). S-a demonstrat că: indiferent de origine, PME se inactivează după un model cinetic de ordinul I, fiind calculați și comparați parametrii cinetici, PME din pere a prezentat cea mai mare termostabilitate, inactivarea PME prin încălzire ohmică s-a realizat la peste 65°C fiind dependentă de doi factori – temperatură și gradientul de tensiune.

Parametrii cinetici au indicat o termostabilitate superioară a PME din pere comparativ cu PME din mere și comercială la tratamentul termic conventional. Se poate afirma că inactivarea PME prin încălzire ohmică este datorată temperaturii de procesare în intervalul 65 - 70°C, dar este de asemenea dependentă și de gradientul de tensiune utilizat.

În cazul cremogenatului de mere PME a fost inactivată la 65 - 70°C pentru toți cei cinci gradienti de tensiune (15, 17,5, 20, 22 și 25 V/cm), în timp ce pentru cremogenatul de pere inactivarea s-a realizat în același interval de temperaturi dar doar pentru cei mai mari gradienti de tensiune utilizați (20, 22 și 25 V/cm).

## **CAPITOLUL I**

*Studiul procesului de încălzire ohmică cu stabilirea principalelor parametri de proces, variația lor și studiul factorilor care influențează încălzirea ohmică*

### **OBIECTIVELE CAPITOLULUI I**

**Proiectarea și realizarea unei instalații discontinue de procesare prin încălzire ohmică**

- Alegerea unor parametri de lucru fezabili ai instalației;
- Alegerea unor materii prime fezabile acestui tip de instalație;
- Determinarea factorilor dependenți de configurația instalației de ÎO.

**Evaluarea și caracterizarea unor parametri ai procesului de încălzire ohmică**

- Determinarea și calcularea unor mărimi specifice procesului de ÎO.

**Interpretarea și corelarea statistică a rezultatelor**

- Corelații și reproductibilitate a datelor;
- Eficiența sistemului analizat.

În cadrul acestui capitol pentru îndeplinirea obiectivelor propuse s-au utilizat următoarele **metode**:

- metode utilizate pentru tratamentul termic al cremogenatului;
- metode de calcul utilizate pentru determinarea mărimilor caracteristice procesului de încălzire ohmică;
- metode de analiză statistică. Metoda ANOVA.

Rezultatele succinte ale acestui capitol sunt prezentate în cele ce urmează, astfel:

În graficul de mai jos (Figura I.20.) este prezentată variația conductivității electrice măsurate pentru cremogenatul de pere încălzit ohmic la diferiți gradienti de tensiune 15, 17,5, 20, 22 și 25 V/cm.

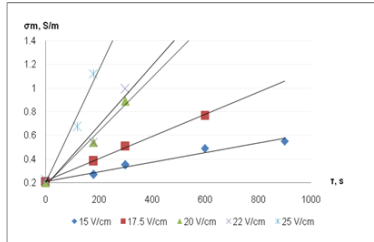


Figura I.20. Variația conductivității electrice măsurate ( $\sigma_m$ ) în funcție de timp ( $\tau$ ) a cremogenatului de pere pe parcursul procesului de încălzire ohmică la diferiți gradienti de tensiune

Conductivitatea electrică măsurată prezintă variații diferite pentru cei cinci gradienti de tensiune 15, 17,5, 20, 22 și 25 V/cm. Timpul de procesare pentru primii doi gradienti de tensiune (15 V/cm; 17,5 V/cm) este de 900, respectiv 600 s, iar pentru ceilalți trei gradienti de tensiune 20, 22 și 25 V/cm timp de procesare scad progresiv la 300, 180 și 120 s.

Acest fapt relevă descreșterea liniară a timpului de procesare în funcție de gradientul de tensiune utilizat.

În graficul de mai jos (Figura I.21.) este prezentată variația temperaturii în timp a cremogenatului de pere încălzit ohmic la diferiți gradienti de tensiune 15 V/cm, 17,5 V/cm, 20 V/cm, 22 V/cm și 25 V/cm.

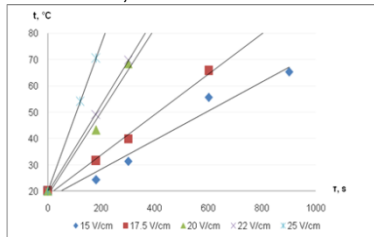


Figura I.21. Variația temperaturii ( $t$ ) în funcție de timp ( $\tau$ ) cremogenatului de pere pe parcursul procesului de încălzire ohmică la diferiți gradienti de tensiune

Procesul de încălzire ohmică se desfășoară în timpi dependenți de gradientul de tensiune utilizat, astfel cu cât valoarea gradientului este mai mare timpul de procesare scade. Astfel pentru valori ale temperaturilor maxime de 65,3 – 71°C, pentru cei cinci gradienti de tensiune utilizați se înregistrează timpi de procesare între 120 – 900 s.

La 15 V/cm timpul de procesare este de 900 s, în timp ce pentru 17,5 V/cm timpul de procesare este mai redus cu aproximativ 30%, cu 80% pentru 20 și 22 V/cm, iar pentru 25 V/cm este mai redus cu 85%.

**Interpretarea statistică a datelor experimentale obținute pentru tratarea prin IO a cremogenatului de pere prin metoda suprafeței de răspuns**

În figura I.22. este prezentată interdependența dintre parametrii de proces ai IO pentru cremogenatul de pere tratat la 15, 17,5, 20, 22, 25.

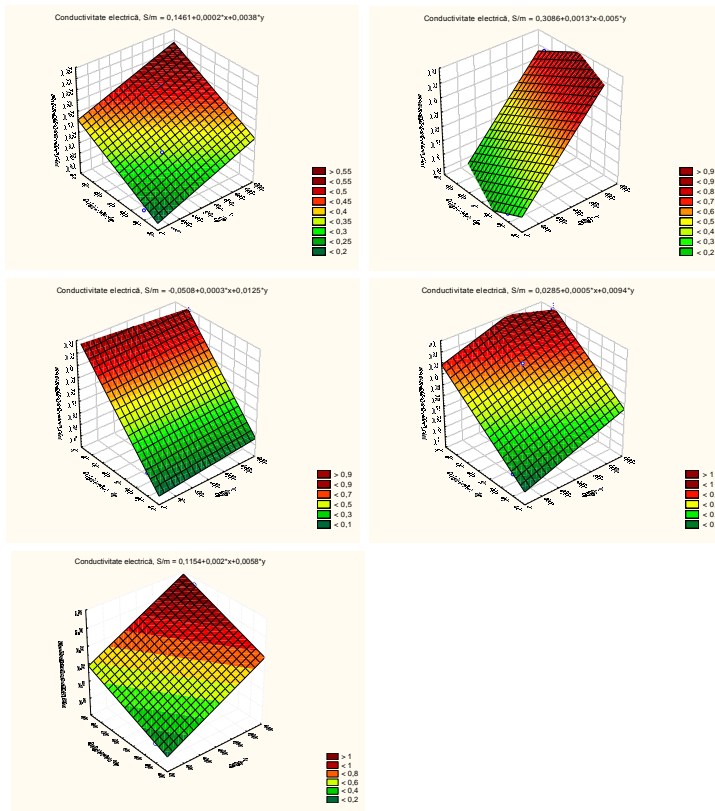


Figura 1.22. Interdependența dintre parametrii de proces ai IO

Analizând ecuațiile de regresie ale conductivității electrice funcție de timp și temperatură ale cremogenatelor de pere tratate ohmic cu electrozi de inox, se poate concluziona:

- Pentru toate cele 5 determinări, valorile conductivității electrice sunt direct proporționale cu timpul (coeficienți pozitivi ai mărimii x variind de la 0,0013 pentru 17,5 V/cm până la 0,0002 pentru 15 V/cm);
- Coeficienții numerici pentru temperatură prezintă valori pozitive pentru 4 determinări (de la 0,0125 pentru 20 V/cm la 0,038 pentru 15 V/cm). Valoarea negativă a temperaturii (-0,005 pentru 17,5 V/cm) determină o dependență exclusivă a conductivității electrice față de timp;
- Valori maxime ale conductivității electrice a cremogenatelor de pere tratate ohmic cu electrozi inox se obțin pentru gradienti de tensiune de 25 V/cm și valori maxime ale temperaturii și timpului.

## CONCLUZII PARȚIALE CAPITOLUL I

- Tehnologia de încălzire ohmică a câștigat recent un nou interes, deoarece produsele obținute sunt în mod clar de calitate superioară în comparație cu cele prelucrate cu tehnologiile convenționale. Este important să se determine conductivitatea electrică și gradientul de tensiune pentru a decide aplicabilitatea procesului de încălzire ohmică pentru diferite produse (*Castro și al.,2004*).
- Conductivitatea electrică atât a cremogenatului de mere cât și a cremogenatului de pere are o evoluție influențată de temperatură și timp, aceasta crescând o dată cu creșterea temperaturii și respectiv a timpului de unde rezultă că conductivitatea electrică este direct proporțională cu creșterea temperaturii și timpului de procesare prin încălzire ohmică.
- De asemenea și alți cercetători au relatat aceleași concluzii referitoare la conductivitatea electrică și anume că conductivitatea electrică a cremogenatelor de fructe este dependentă de temperatură (*Ilicali,2005*).
- Procesul de încălzire ohmică a cremogenatului de mere, respectiv de pere s-a realizat la cinci gradienti de tensiune 15 V/cm; 17,5 V/cm; 20 V/cm, 22 V/cm și 25 V/cm dintre care cel mai fezabil gradient de tensiune este cel de 25 V/cm, deoarece procesul de încălzire ohmică se realizează într-un timp mai scurt și la o temperatură mai ridicată față de ceilalți patru gradienti de tensiune. Durata de procesare la 22, respectiv 25 V/cm este redusă la aproximativ jumătate din valoarea timpului de procesare la 15 V/cm, 17,5 V/cm și 20 V/cm.
- Astfel cremogenatul de pere procesat cu electrozi din inox și argint prezintă un timp de procesare cu aproximativ 1/3 până la 1/2 mai redus decât timpul de procesare al cremogenatului de mere.

## CAPITOLUL II

*Simularea procesului de încălzire ohmică prin utilizarea rețelelor neuronale artificiale*

### OBIECTIVELE CAPITOLULUI II

- ✓ Simularea procesului de încălzire ohmică prin utilizarea Rețelelor Neuronale Artificiale
- ✓ Alegerea datelor experimentale specifice procesului de încălzire ohmică
- ✓ Utilizarea Rețelelor Neuronale Artificiale (RNA) la modelarea datelor
- ✓ Predicționarea unor parametrii de ieșire în baza unor variabile de intrare cunoscute

La modelarea datelor obținute din procesul de încălzire ohmică cu ajutorul RNA s-a utilizat programul Easy NN-plus 2013.

Rezultate capitolului II sunt rezumate în cele ce urmează:

Pentru modelarea rezultatelor s-a utilizat o rețea neuronală cu o serie de nouă nuclee. În figura de mai jos sunt prezentate rezultatele generate pentru simularea datelor cu ajutorul programului Easy NN-plus 2013.

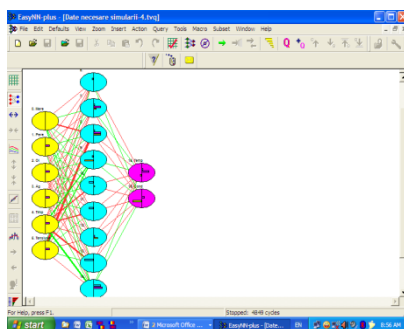


Figura II.5. Rețea neuronală cu o serie de nouă nuclee

În figura II.5. sunt prezentate sub formă de elipse colorate în galben cele șase date de intrare în program reprezentate de către: tipul materiilor prime (mere, pere) utilizate pentru procesarea prin încălzire ohmică; tipul electrozilor (oțel inox, argint) utilizați la procesarea materiei prime; doi parametri cunoscuți ai procesului (timpul și tensiunea).

Elipsele colorate în bleu reprezintă straturile ascunse generate de program ca legături între intrările cunoscute și ieșirile dorite, respectiv valorile temperaturilor și a conductivităților electrice. Astfel, pentru toate ieșirile se constituie o serie de legături cu intrările.

RNA generată conține un singur strat ascuns în componența căruia se găsesc 9 neuroni. Parametrii de ieșire, respectiv temperatura și conductivitatea electrică, sunt reprezentați de elipse colorate în roz (fig. II.5).

Numărul straturilor ascunse și a neuronilor de pe fiecare strat este important în procesul de învățare. Numărul acestora trebuie să fie suficient pentru ca RNA să poată rula datele și pentru a nu aplica algoritmi suplimentari, care ar putea mări valoarea erorii de învățare (Mehrotra și al., 1996; Mittal și Zhang, 2000). Tipul de mecanism utilizat este feed - forward, iar după modul de propagare a corecțiilor coeficienților de ponderare a RNA s-a utilizat retropropagarea (backpropagation). Acest tip de mecanism are ca rol eliminarea dificultăților de modelare a datelor și a eventualelor discriminări după criterii aleatorii (Fan, 2013).

Pentru simulare au fost prelucrate 92 de date. Rata de învățare este de 0,5, în timp ce momentum este 0,7. Erorile de învățare sunt de 0,00999. De asemenea, sunt prezentate valorile erorilor generate pe parcursul simulării.

Pentru 4849 de cicluri rulați s-a obținut o eroare de maxim 0,00999606, eroarea medie este de 0,0142212, în timp ce eroarea minimă este de 0,00000886. Cu cât panta erorilor este mai lină cu atât sistemul este mai eficient.



Figura II.9. conține dinamica datelor de ieșire generate de către program.

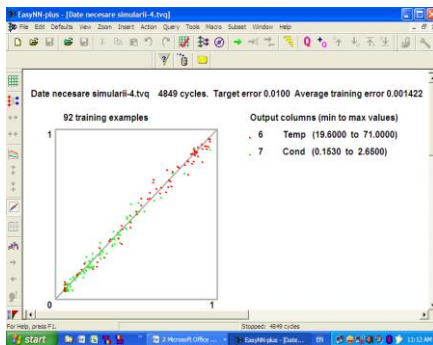


Figura II.9. Dinamica datelor de ieșire generate de către program

În figura de mai sus este prezentată dinamica datelor de ieșire a sistemului (reprezentate de către temperatură și conductivitate electrică) în urma prelucrării unei serii de 92 de date. În fig. II.9 punctele verzi reprezintă valorile conductivității electrice (0,153 – 2,650 S/m), iar punctele roșii reprezintă datele aferente temperaturii (19,6 - 71°C).

Sunt prezentate de asemenea și erorile aferente celor două mărimi (temperatură și conductivitate electrică) generate pe parcursul simulării. Cu cât valorile implicate urmăresc traiectoria unei drepte și sunt mai apropiate de alura acestuia cu atât erorile sunt mai mici.

## CONCLUZII PARȚIALE CAPITOLUL II

Datorită variabilității și complexității materiilor prime procesate prin încălzire ohmică, alegerea unui model matematic clasic fezabil acestui tip de proces termic este dificilă, de aceea s-a optat pentru folosirea RNA.

RNA pot prelucra datele de intrare (timp, tensiune, categorii de materii prime, tipuri de electrozi utilizați) ale procesului și pot predicționa datele de ieșire (temperatură și conductivitate electrică) dorite.

RNA pot depista eventualele erori ale datelor ce urmează a fi prelucrate. Astfel în cadrul procesului de încălzire ohmică prestabilit prin parametrii utilizați s-au obținut erori nesemnificative de 0,001422.

RNA pot valida datele procesului de încălzire ohmică.

Datele prelucrate pot reprezenta o bază sigură pentru dezvoltarea altor procese similare prin varierea datelor de intrare (precum utilizarea altor materii prime, altor tipuri de electrozi, altor parametri ai materiei prime – ex. substanță uscată, atribute senzoriale) sau solicitând alte date de ieșire (timp).

### CAPITOLUL III

Studii experimentale privind modificări microstructurale, nutriționale și senzoriale ale unor produse vegetale tratate prin încălzire ohmică

#### Obiectivele capitolului III

- Caracterizarea complexă a unor cremogenate de fructe tratate prin încălzire ohmică
- Determinarea microelementelor, a conținutului de glucide și a antioxidanților din cremogenatele de mere și pere
- Determinări ale caracteristicilor optice (spectrale, colorimetrice), texturale și microstructurale
- Analiza microbiologică a cremogenatelor tratate prin încălzire ohmică
- Analiza senzorială a cremogenatelor de fructe

**Metodele** utilizate în cadrul acestui capitol sunt:

- ✓ Metode pentru determinarea substanțelor minerale
- ✓ Metode de determinare a culorii cremogenatelor de fructe
- ✓ Metode de determinare a conținutului de zaharuri reducătoare
- ✓ Metode de determinare a conținutului de polifenoli totali
- ✓ Metoda de determinare a caracteristicilor reologice
- ✓ Metoda de determinare a caracteristicilor structurale
- ✓ Metoda de evaluare a caracteristicilor senzoriale ale cremogenatelor de fructe
- ✓ Metoda de interpretare a rezultatelor obținute din analiza senzorială. Tehnica GPA

#### Rezultate și discuții ale determinării culorii cremogenatelor de fructe

Pentru a putea descrie modificarea culorii cremogenatelor de fructe în urma procesării prin încălzire ohmică s-a utilizat ecuația (1) preluată din metoda CIELab (The Commission Internationale de l'Eclairage) și s-a determinat astfel diferența totală de culoare  $\Delta E$ , valoarea *hue* ( $H^*$ ) și indicele de îmbrunare ( $BI$ ). Această metodă introduce parametrii CIELab ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), care fac posibilă observarea eventualelor modificări de culoare ale fructelor procesate (Kocan, 2009).

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad (3)$$

$$H^* = \arctan(b^*/a^*) \quad (4)$$

$$BI = [100(x-0,31)/0,172] \quad (5)$$

- unde, indicele "0" se referă la produsele proaspete

unde:  $\Delta E$  - diferența totală de culoare,  $L^*$  - gradul de alb sau strălucire/întunecat,  $a^*$  - gradul de roșu/de verde,  $b^*$  - gradul de galben/albastru.

Tabel III.6. Analiza parametrilor de culoare ai cremogenatelor de fructe

Probe	Probe proaspete			Probe tratate prin încălzire ohmică			$\Delta E$
	$L_0^*$	$a_0^*$	$b_0^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	
MR	44,30	-1,13	13,02	40,06	-1,52	13,44	5,01±0,15
PR	70,07	-3,02	32,20	67,00	3,92	32,90	3,27±0,20
PMP 1/1	57,29	-2,27	22,04	53,17	-2,99	22,76	8,10±0,10
PMP 1/2	63,45	-2,56	28,90	60,04	-3,00	29,07	6,52±0,20
PMP 2/1	50,50	-2,01	17,88	47,89	-2,67	18,26	5,36±0,15

În urma determinărilor de culoare efectuate, se poate observa că modificările ce apar nu sunt semnificative. Diferența totală de culoare ( $\Delta E$ ) prezintă valori mai mici de 10 unități ceea ce demonstrează că nu există deteriorări ale aspectului culorii cremogenatelor după procesarea termică. Așa cum este menționat de *Kocan, 2009*, care afirmă că valori de peste 20-25 de unități ale lui  $\Delta E$  pot indica schimbări majore ale culorii în comparație cu referințare prezentată de către produsul proaspăt.

Culoarea este ușor modificată în cazul piureului de mere și pere de concentrație 1:1 pentru care diferența totală de culoare este de 8,10 și apoi îi urmează piureul de mere și pere de concentrație 1:2 cu valoarea de 6,5.

În cazul cremogenatelor simple se poate observa o evoluție mai bună a culorii în cazul piureului de pere ( $\Delta E=3,27$ ) comparativ cu cel de mere ( $\Delta E=5,01$ ).

### **Rezultate și discuții ale determinării spectrale ale cremogenatelor de fructe**

S-a identificat și aplicat o metodă spectrofotometrică de determinare a absorbanței. Rezultatele acestora sunt prezentate în figurile de mai jos.

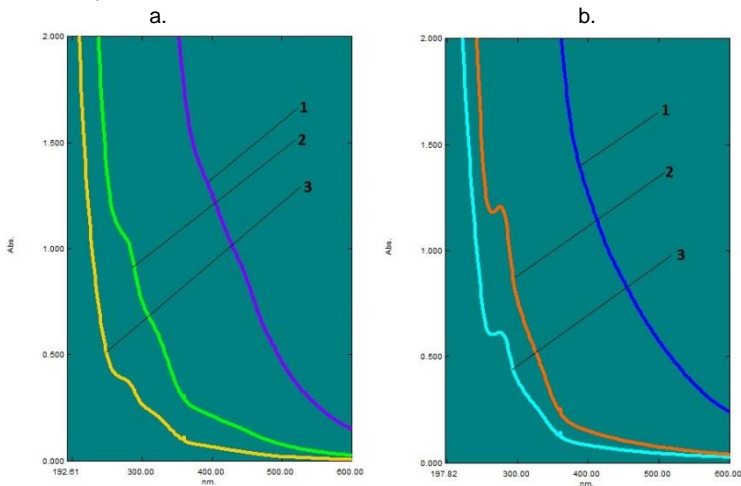


Figura III.9. Spectre ale variației absorbanței cremogenatului de mere  
a. proaspăt, b. tratat prin încălzire ohmică  
1 –probe nediluate, 2 – probe diluate 1:10, 3 - probe diluate 1:20

În figura III.9. se poate observa alura asemănătoare a celor două spectre pentru cremogenatul de mere neprocesat și pentru cel tratat termic.

Probele nediluate au înregistrat un pic la valoarea de 205 nm pentru cremogenatul de mere proaspăt, respectiv la 279 nm pentru cremogenatul procesat. Evidențierea picului de la 279 nm poate fi atribuit prezenței unei

cantități mai mari de monoglucide apărute în urma tratamentului termic, ca rezultat al unei posibile degradări a zaharozei conținute în mere.

Coroborând rezultatele experimentale se poate afirma faptul că procesarea prin încălzire ohmică a cremogenatelor de fructe (individuale și în combinații de câte 2) nu afectează culoarea acestora. De aceea, din acest punct de vedere, se poate afirma faptul că încălzirea ohmică este o metodă care poate înlocui cu succes metodele termice convenționale.

### **Rezultate și discuții ale determinării glucidelor reducătoare și polifenoli totali**

Tabel III.7. Rezultate ale determinării glucidelor reducătoare și a polifenolilor totali

Nr. crt	Proba	Valoare polifenoli totali mg/l	Total zaharuri reducătoare g/100 g
1.	MR 0	513±36	5,70±1,00
2.	MR	484±56	5,64±1,46
3.	PR 0	398±28	4,54±1,36
4.	PR	233±58	4,68±0,32
5.	MP 1:1 0	463±38	5,02±0,86
6.	MP 1:1	385±63	6,16±0,83
7.	MP 1:2 0	295±24	4,71±1,29
8.	MP 1:2	200±42	5,45±1,73
9.	MP 2:1 0	484±23	4,93±1,07
10.	MP 2:1	385±56	6,82±0,22

Concentrația de zaharuri reducătoare nu s-a modificat în urma tratamentului de încălzire ohmică și variația între punctele de date a fost inclusă valorile erorii standard ( $5,70 \pm 1,00\%$  în cremogenatul proaspăt și  $5,64 \pm 1,46\%$  în cremogenatul tratat).

Hexozele (fructoză și glucoză) sunt implicate direct în reacțiile de îmbrunare, ca și zaharoza care poate hidroliza în glucoză și fructoză în timpul tratamentului termic. Cu toate acestea, concentrația de echilibru de zaharuri în timpul tratamentului termic a arătat că acestea nu reacționează cu amino-acizi și, prin urmare, nu a influențat îmbrunarea. [Damasceno și al. \(2008\)](#) au sugerat o reducere termic-indusă cu mai puțin de 4% față de concentrația inițială de zahăr pentru suc de mere acaju, ceea ce denotă că reacția de zaharuri cu aminoacizi nu a fost prezentă sau nu a fost semnificativă pentru procesul de îmbrunare.

Conținutul de polifenoli totali (TP) în cremogenatul de mere proaspăt a fost de  $513 \pm 36$  mg GAE/100 g produs și respectiv  $484 \pm 56$  mg GAE/100/100 g produs în probele tratate prin încălzire ohmică. [Picouet și al. \(2009\)](#) au raportat un conținut semnificativ mai mare de polifenoli totali de 1124 mg GAE/100 g produs proaspăt și 1166 mg GAE/100/100 g produs pentru cremogenatele de mere din varietatea Granny Smith tratate cu microonde. Scăderea conținutului de TP este legată de reacțiile de oxidare enzimatică care au loc în timpul pregătirii și încălzire a cremogenatelor.

Se poate observa de asemenea că niciunul dintre cele cinci tipuri de cremogenate nu se remarcă printr-o variație spectaculoasă a conținutului de

polifenoli totali, scăderea fiind aproximativ egală indiferent de compoziția cremogenatelor analizate.

### Rezultate și discuții ale determinării caracteristicilor reologice ale cremogenatelor de fructe

În figura III.14. este prezentată interdependența dintre viteza de deformare  $\dot{\gamma}$ , exprimată în  $s^{-1}$  și tensiunea de forfecare  $\tau$ , Pa și vâscozitatea dinamică  $\eta$ , Pa·s.

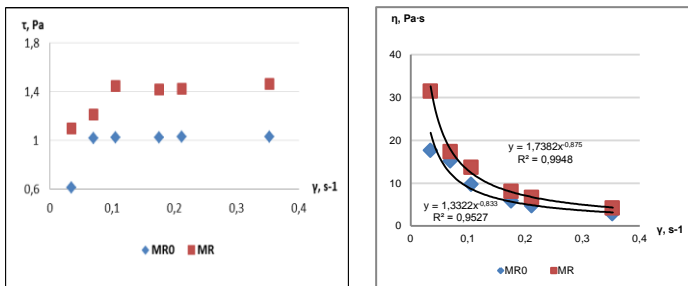


Figura III.14. Variația parametrilor reologici ai cremogenatelor de mere  
a. dependența tensiunii de forfecare în funcție de viteza de deformare  
b. dependența vâscozității dinamice de viteza de deformare

Tensiunea de forfecare crește liniar față de viteza de deformare până la valori ale acesteia de 0,075  $s^{-1}$  pentru MR<sub>0</sub> și respectiv 0,15  $s^{-1}$  pentru MR. Pentru valori mai mari ale vitezei de deformare, tensiunea de forfecare rămâne constantă, aceasta fiind o caracteristică a comportamentului plastic.

Creșterea vitezei de deformare determină o descreștere de tip model funcție-putere a vâscozității dinamice (Ostwald Waele). De asemenea, la o valoare minimă 0,35  $s^{-1}$  a vitezei de deformare, vâscozitatea dinamică atinge valoarea maximă de 17,62 Pa·s pentru cremogenatul de mere proaspăt și 31,5 Pa·s în cazul cremogenatului tratat termic. Valoarea cea mai mică a vâscozității dinamice (2,84, respectiv 4,15 Pa·s) este atinsă la valoarea maximă a vitezei de deformare 0,353  $s^{-1}$ .

### Rezultate și discuții ale determinării caracteristicilor morfologice ale cremogenatelor

În figurile ce urmează este prezentată evoluția microstructurală a cremogenatelor înainte și după procesarea cu ajutorul încălzirii ohmice.

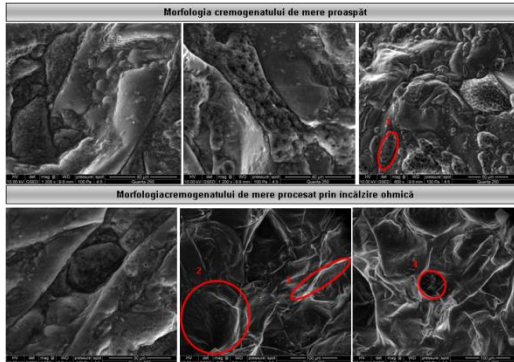


Figura III.19. Reprezentare SEM a microstructurii cremogenatului de mere  
a, a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> – reprezentări ale cremogenatului proaspăt. b, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> – reprezentări ale cremogenatului procesat prin încălzire ohmică

1. reprezintă o vacuolă celulară; 2. celulă; 3. formațiuni lamelare – filamente de pectină, 4. ruperi de pereți celulari

În figurile a, a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> se poate remarca prezența unor structuri vacuolare pline cu lichid turgescent (1), care se găsesc în cadrul celulelor intacte. De asemenea, se poate remarca prezența unor țesuturi și a formațiunilor celulare.

În figurile b, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> se observă existența unor celule extinse, filamente de pectină și zone cu ruperi ușoare ale pereților celulari. Este de remarcat că probele au fost supuse blenderizării înaintea procesării prin încălzire ohmică.

### CONCLUZII PARȚIALE CAPITOLUL III

În urma determinărilor desfășurate se poate concluziona:

- Cremogenatele de fructe procesate în toate variantele prezentate își păstrează microelementele conținute în mod natural, fără modificări majore.
- Așa cum menționează și alți cercetători, fructele procesate prin încălzire ohmică își păstrează mai bine caracteristicile de textură, culoare, aromă și nutrienți (*Zoltai și Swearingen în 1996*) referitor la alte tipuri de tratamente termice. Aprecieri similare au fost făcute și de către *Leizeron și Shimoni în 2005* pentru compararea sucului de portocale procesat prin încălzire ohmică cu cel pasteurizat.
- Culoarea cremogenatelor nu este afectată de procesarea prin încălzire ohmică, rezultatele colorimetrice coroborate cu cele spectrofotometrice indicând schimbări nesemnificative de culoare.
- Cremogenatele posedă un comportament newtonian complex. Nu apar diferențe de comportament reologic între probele neprocesate și cele procesate.
- Efectele câmpului electric asupra structurii celulare nu sunt distructive, astfel rezultatele obținute pentru probele tratate sunt remarcate prin prezența celulelor și a structurilor vacuolare prezente încă în produs,

ținând cont că acesta a fost supus atât tratamentului termic de încălzire ohmică, cât și blenderizării.

## CAPITOLUL IV

*Evaluarea comparativă a cineticii de inactivare a pectinmetilesterazei din cremogenatele de fructe*

### OBIECTIVELE CAPITOLULUI IV

Evaluarea modificărilor conformaționale A PME comerciale induse de pH și temperatură.

Cinetica de inactivare termică a PME comerciale.

Extracția și evaluarea cineticii de inactivare a pme din mere și pere.

Evaluarea cineticii de inactivare a pme din cremogenatele de mere și pere tratat prin încălzire ohmică.

**Metodele** utilizate în cadrul capitolului IV au fost:

- Diagrama de faze
- Spectre de emisie
- Experimente de quenching
- Experimente de anizotropie
- Determinarea activității enzimatică
- Extracția PME din mere și pere
- Determinarea conținutului de proteine (metoda cu acid bicinchinonic)
- Prelucrarea statistică a datelor
- Analiza cinetică
- Analiza dispersională - ANOVA bifactorială

Rezultate succinte ale capitolului IV sunt prezentate mai jos:

#### A. Evaluarea modificărilor conformaționale a PME comerciale induse de pH și temperatură

Dacă această corelație este liniară se poate aprecia că modificările conformaționale urmează un model de tranziție *all or none*. În cazul în care corelația este neliniară, acest lucru reflectă caracterul secvențial al modificărilor structurale (*Jiao și al., 2010*). În experimentele efectuate, diagrama de faze a evidențiat existența a două specii moleculare, cu un comportament diferit (Figura IV.8.), reprezentate de moleculele native și cele depliate.

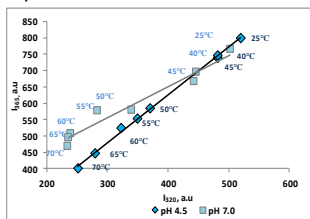


Figura IV.8. Diagramele de faze care descriu modificările conformaționale ale PME la pH 4,5 și 7,0 induse de diferite valori ale tratamentului termic

Tratamentul termic la temperatură ridicată determină modificări conformaționale majore, asociate cu plierea și agregarea moleculelor proteice. Rezultatele obținute și reprezentate în diagrama de faze nu

indică prezența unor intermediari proteici. Acest fenomen se datorează dependenței de temperatură a constantelor vitezei de depliere. Dependența

de temperatură a constantelor de viteză depinde atât de modificările în capacitatea calorică între starea nativă și cea de tranziție (factorul dominant la temperaturi scăzute) și destabilizarea intermediarilor cu structură  $\alpha$ -helix indusă decăldură (factorul dominant la temperaturi ridicate). De asemenea, trebuie menționat că deplierea moleculelor proteice și inactivarea enzimelor este un fenomen cinetic, guvernat nu doar de temperatură dar și de timpul de menținere. Prin urmare, scăderea timpului de menținere va determina o creștere a activității enzimatiche remanente și invers. În mod egal, temperatura de declanșare a fenomenului de depliere a moleculelor proteice poate fi mai mare atunci când crește viteza de încălzire (Dixis și al., 2005).

Un alt parametru utilizat în literatura de specialitate ce caracterizează tranziția moleculelor proteice este parametrul A (parameter A value), care se calculează ca raport între intensitatea de fluorescență obținută prin excitarea probelor la lungimea de undă  $\lambda = 295$  nm și colectarea valorilor intensității la emisie pentru lungimea de undă de 320 nm și 365 nm. Parametrul A permite o mai bună vizualizare a speciilor moleculare care apar în urma tratamentului termic, așa cum se poate observa din Figura IV.9.

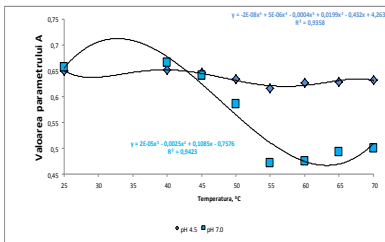


Figura IV.9. Variația valorilor parametrului A în funcție de temperatură

Se poate observa din Figura IV.9. ca ecuația ce descrie această corelație în funcție de temperatură este de ordinul 5 la pH 4,5 și respectiv de ordinul 3 la pH 7,0, indicând faptul că tratamentul termic a indus apariția unor specii moleculare intermediare între starea nativă, activă din punct de vedere enzimatic și respectiv inactivă. De asemenea, se poate observa că la pH 7,0 modificări conformaționale semnificative apar la temperaturi mai mari de 50°C. În cazul tratamentului termic la pH 4,5, valorile  $K_{SV}$  cele mai mari au fost de  $9,24 \pm 0,51 \text{ mol}^{-1} \text{ L}$  pentru soluțiile proteice tratate termic la 45°C, iar pentru tratamentul termic la pH 7,0 valoarea maximă a fost calculată la temperatura de 65°C ( $9,51 \pm 0,19 \text{ mol}^{-1} \text{ L}$ ) (Figura IV.14.).

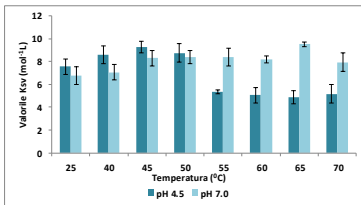


Figura IV.14. Valorile constantelor Stern-Volmer obținute prin experimente de quenching cu acrilamidă în intervalul de temperatură 25-70°C



Se poate observa că moleculele proteice sunt mai flexibile conformațional la pH 7,0 indiferent de temperatura aplicată. La pH 4,5 în intervalul de temperatură 55-70°C apar modificări conformaționale semnificative, probabil ireversibile. Prin urmare, experimentele de quenching cu acrilamidă pot fi utilizate cu succes pentru a obține informații referitoare la modificările conformaționale ale proteinelor prin probarea accesibilității reziduurilor fluorescente.

### B. Cinetica de inactivare termică a PME comerciale

Inactivarea termică a PME comerciale în soluție tampon fosfat de concentrație 0,01 M și la pH 4,5 a fost studiată în intervalul de temperatură 50 - 65°C. Creșterea temperaturii și prelungirea timpului de menținere a condus la scăderea secvențială a activității enzimatice relative. Pentru exemplificare, în Figura IV.20. se prezintă activitatea enzimatică remanentă a PME după menținerea timp de 1 minut la diferite temperaturi.

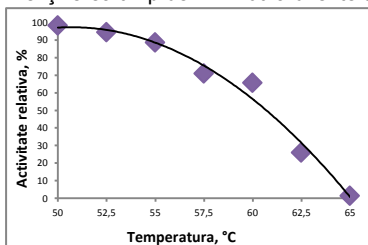


Figura IV.20. Activitatea enzimatică remanentă după menținerea timp de 1 minut la temperaturi diferite

Se poate observa că tratamentul termic la temperatura de 50°C nu influențează semnificativ activitatea enzimatică, activitatea enzimatică

remanentă fiind de cca. 98%. Enzima se inactivează aproape complet după menținerea timp de 1 minut la temperatura de 65°C. PME din *Aspergillus oryzae* este mult mai lăbilă la temperatură scăzută și stabilă la temperatură înaltă comparativ cu PME din *Aspergillus aculeatus*. Astfel, [Dirix, și al., \(2005\)](#) și [Duvetter și al., \(2005\)](#) au sugerat că PME din *Aspergillus aculeatus* își menține 57% și 3% din activitatea inițială prin menținerea timp de 15 minute la temperaturi de 50°C și respectiv 55°C.

Dependența de temperatură a constantelor vitezelor de inactivare a fost descrisă cu acuratețe de ecuația Arrhenius (Figura IV.24.), fiind calculată o valoare pentru energia de activare de 241,40±7,51 kJ/mol.

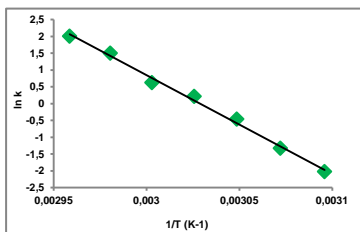


Figura IV.24. Dependența de temperatură a constantelor vitezei de inactivare termică a PME comercială

Valori asemănătoare au fost raportate de [Ly-Nguyen și al., \(2002a\)](#) (289,2 kJ/mol) pentru inactivarea PME din morcovi și de [Massaquer și al., \(1994\)](#) (257,9 kJ/mol) pentru PME din pulpă de papaya. [Ly-Nguyen și al., \(2002b\)](#) au calculat valori mai mari ale energiei de activare

pentru inactivarea PME din banane (379,4 kJ/mol), în timp ce *Van den Broeck și al., (1999a)* au sugerat valori de 301,4-350,5 kJ/mol pentru inactivarea PME din portocale. *Van den Broeck și al., (1999b)* au calculat valori pentru  $E_a$  între 404,9 și 292,6 kJ/mol pentru inactivarea PME din portocale la valori de pH în intervalul 3,2-4,2. Se poate afirma că PME din *Aspergillus oryzae* este termolabilă comparativ cu enzima din surse vegetală.

### C.EXTRACȚIA ȘI EVALUAREA CINETICII DE INACTIVARE A PME DIN MERE ȘI PERE

Se poate observa că activitatea enzimatică a PME din ambele surse scade odată cu creșterea temperaturii și prelungirea timpului de menținere la temperatură constantă.

PME se inactivează după modelul cinetic de ordinul I, așa cum se poate observa din corelația liniară  $\ln(A/A_0)$  versus timp de menținere la temperatură constantă (Figura IV.30).

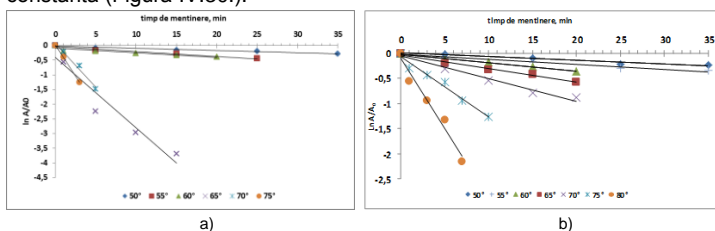


Figura IV.30. Inactivarea termică de ordinul I a PME din mere (a) și pere (b)

Se observă că inactivarea PME din mere decurge lent în intervalul de temperatură 50-60°C, după care panta dreptelor crește din ce în ce mai mult, iar dreptele de regresie devin la rândul lor din ce în ce mai apropiate.

Pentru calcularea energiei de activare ( $E_a$ ), logaritmul natural al constantei vitezelor de inactivare a fost reprezentat grafic în funcție de inversul temperaturii absolute în Kelvin (T), conform ecuației Arrhenius. Dependența de temperatură a constantelor vitezei aferentă inactivării termice a PME din mere și pere este reprezentată în Figura IV.32.

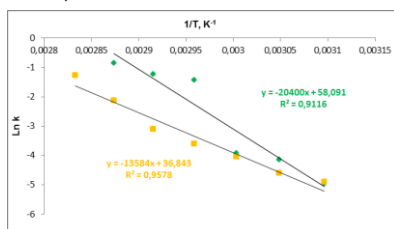


Figura IV.32. Dependența de temperatură a constantelor vitezelor de inactivare termică a PME

Valorile obținute pentru energia de inactivare a PME din mere și pere au fost de  $169,63 \pm 26,40$  KJ/mol și respectiv  $112,95 \pm 10,60$  KJ/mol. Energia de inactivare pentru PME din mere este cu aproximativ 67 mai mare în comparație cu energia necesară inactivării enzimei din pere. Acest lucru indică faptul că pentru inițierea procesului de denaturare a PME din mere este necesară o cantitate mare de energie.

Valorile calculate pentru energia de activare sunt mai mici decât valorile raportate pentru diferite fructe sau legume: 289,2 kJ/mol pentru inactivarea PME din morcovi (Ly-Nguyen și al., (2002a), 257,9 kJ/mol pentru PME din pulpă de papaya (Massaquer și al., 1994), 379,4 kJ/mol pentru PME din banane (Ly-Nguyen și al., 2002b), 301,4 - 350,5 kJ/mol pentru inactivarea PME din portocale (Van den Broeck și al., 1999a).

*Se poate afirma că PME din mere și pere este termostabilă comparativ cu enzima din alte surse vegetale și microbiene.*

#### **D.EVALUAREA CINETICII DE INACTIVARE A PME DIN CEMOGENATELE DE MERE ȘI PERE TRATAT PRIN ÎNCĂLZIRE OHMICĂ**

Astfel s-au procesat cremogeneratele de mere și pere la temperaturi între 50 - 70°C la diferiți gradienti de tensiune (15, 17,5, 20, 22, 25 V/cm).

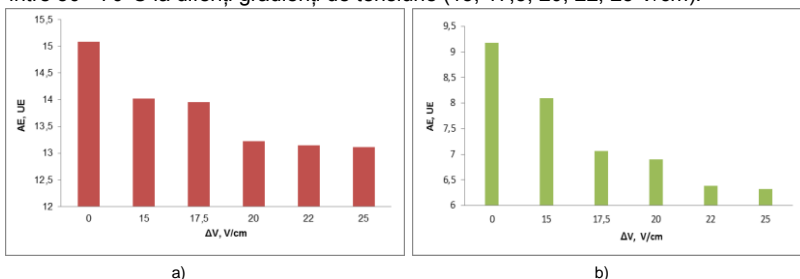


Figura IV.35. Dependența activității enzimice de gradientul de tensiune specific încălzirii ohmice la temperatura de 50°C din cremogenatul de mere (a), respectiv de pere (b)

Se poate observa în figura IV.35.(a), respectiv (b) o dependență directă între AE a PME din cremogenatul de mere și pere și gradientul de tensiune utilizat pentru încălzirea ohmică. Astfel se remarcă o scădere a activității enzimice (de la 15,088 la 13,109 UE în cazul cremogenatului de mere și de la 9,182 la 6,325 UE pentru cremogenatul de pere) a PME procesate la 50°C pentru toți gradientii de tensiune (15, 17,5, 20, 22 și 25 V/cm) fiind influențată semnificativ de acțiunea câmpului electric.

Pentru calcularea energiei de activare ( $E_a$ ), logaritmul natural al constantei vitezelor de inactivare a fost reprezentat grafic în funcție de inversul temperaturii absolute în Kelvin (T), conform ecuației Arrhenius. Dependența de temperatură a constantelor vitezei aferente inactivării termice a PME din cremogenatul de mere și pere este reprezentată în Figura IV.38.

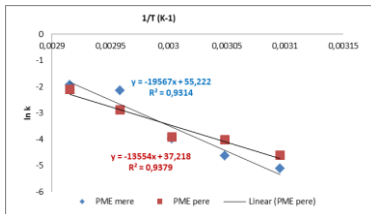


Figura IV.38. Dependența de temperatură a constantelor vitezei de inactivarea termică a PME din cremogenatul de mere și pere

Valorile obținute pentru energia de inactivare a PME din mere și pere au fost de  $162,69 \pm 13,02$  KJ/mol și respectiv  $112,70 \pm 16,73$  KJ/mol. Energia de inactivare pentru PME din mere este cu aproximativ 50 de unități mai mare în comparație cu energia de inactivare a enzimei din pere. Acest lucru indică faptul că pentru inițierea procesului de denaturare a PME din mere este necesară o cantitate mare de energie.

Energia de activare raportată în cazul cremogenatului de mere ( $162,69 \pm 13,02$  KJ/mol) și respectiv de pere ( $112,70 \pm 16,73$  KJ/mol) este mai mică decât valorile energiei de activare calculate în literatura de specialitate (Wilinska et al., 2008) pentru sucul de mere cu plupă și cel limpede tratat prin încălzire ohmică ( $E_a = 300$  kJ/mol) și aproximativ egală cu  $E_a$  pentru sucul de tomate procesat prin termosonicare ( $E_a = 193$  kJ/mol) (Terefe et al, 2009).

#### CONCLUZII PARȚIALE CAPITOLUL IV

Spectrometria de luminiscentă, utilizată în acest studiu ca metodă de monitorizare a modificărilor conformaționale, a evidențiat faptul că la diferite valori ale temperaturii și pH, moleculele proteice trec printr-o serie de procese de depliere, pliere, oligomerizare, fiind evidențiate mai multe specii moleculare.

Rezultatele obținute prezintă interes din perspectiva elucidării mecanismelor de denaturare ale PME. Proteina prezintă o serie de proprietăți funcționale deosebit de importante care pot fi influențate de aceste modificări structurale și conformaționale.

Rezultatele experimentale au evidențiat faptul că moleculele de PME trec printr-o serie de modificări conformaționale, cu modificarea intensității de fluorescență a resturilor hidrofobe. Lungimea de undă la fluorescență maximă ( $\lambda_{max}$ ) a fost utilizată pentru caracterizarea modificărilor structurale induse de temperatură. Au fost evidențiate atât fenomene de red shift cât și fenomene de blue-shift. În general, un red-shift este asociat cu o creștere a gradului de expunere a resturilor hidrofobe concomitent cu o creștere a valorii  $\lambda_{max}$ , în timp ce un blue-shift sugerează o mascare/blocare a fluorescenței resturilor hidrofobe odată cu modificarea conformației proteice prin modificări intra- sau inter-moleculare.

Diagrama de faze este o metodă utilizată pentru detectarea intermediarilor proteici în cursul proceselor de depliere/repliere/agregare/cross-linking. Pentru

soluțiile proteice de PME, diagrama de faze a indicat un proces de tranziție *all or none*, cu existența a cel puțin două specii moleculare în mediu.

Această abordare reprezintă o **PREMIERĂ**, deoarece în literatura de specialitate nu există suficiente informații care să descrie pe baza unor proprietăți spectroscopice și de flexibilitate moleculară, modificările conformaționale ale PME în funcție de temperatură.

Indiferent de origine, PME se inactivează după un model cinetic de ordinul I, fiind calculați și comparați parametrii cinetici.

Compararea rezultatelor obținute cu cele prezentate în literatura de specialitate permite afirmarea ipotezei că PME comercială este mult mai termolabilă comparativ cu enzimele de origine vegetală.

Parametrii cinetici au indicat o termostabilitate superioară a PME din pere comparativ cu PME din mere și comercială la tratamentul termic conventional. Se poate afirma că inactivarea PME prin încălzire ohmică este datorată temperaturii de procesare în intervalul 65 - 70°C, dar este de asemenea dependentă și de gradientul de tensiune utilizat.

În cazul cremogenatului de mere PME a fost inactivată la 65 - 70°C pentru toți cei cinci gradienti de tensiune (15, 17,5, 20, 22 și 25 V/cm), în timp ce pentru cremogenatul de pere inactivarea s-a realizat în același interval de temperaturi dar doar pentru cei mai mari gradienti de tensiune utilizați (20, 22 și 25 V/cm).

#### CONCLUZII FINALE

- Din rezultatele obținute pentru evoluția parametrilor de proces s-a constatat că utilizarea instalației discontinue de încălzire ohmică este fezabilă tratării produselor cu o vâscozitate medie.
- Tratamentul încălzire ohmică se pretează cu succes procesării cremogenator din mere și pere și combinațiilor acestora analizate ca urmare a modificărilor minime ale caracteristicilor fizico-chimice, texturale, structurale și senzoriale ale acestora.
- Cremogenatele posedă un comportament nenewtonian complex specific cremogenatelor de fructe și legume. Probele procesate își păstrează un comportament reologic similar cu al probelor proaspete.
- Utilizarea metodei de analiză GPA a datelor obținute în urma analizei senzoriale este fezabilă pentru cremogenatele de mere și pere.
- Datele prelucrate cu ajutorul RNA pot reprezenta o bază sigură pentru dezvoltarea altor procese similare prin varierea datelor de intrare (precum utilizarea altor materii prime, altor tipuri de electrozi, altor parametri ai materiei prime – ex. substanță uscată, atribute senzoriale) sau solicitând alte date de ieșire (ex. timp).
- Modelarea cu RNA determină predicția parametrilor specifici procesului de încălzire ohmică (conductivitate electrică și temperatură).
- Spectroscopia de fluorescență a fost utilizată pentru evidențierea modificărilor conformaționale induse de tratamentul termic, pentru soluțiile

- proteice la două valori de pH considerate în literatură ca fiind optime pentru enzima fungică (4,5) și de origine vegetală (7,0).
- Au fost efectuate studii comparative de inactivare termică utilizând enzimă comercială și preparat enzimatic brut în soluție tampon.
  - Parametrii cinetici au indicat o termostabilitate superioară a PME din pere comparativ cu PME din mere și comercială.

### CONTRIBUȚII ORIGINALE

- Proiectarea și realizarea unei instalații discontinue de încălzire ohmică la scară de laborator.
- Determinarea unor gradienti de tensiune fezabili pentru procesarea piureurilor de mere și pere și a combinațiilor dintre acestea.
- Stabilirea unor relații între proprietățile electrice și cele fizico – chimice ale unor componente din cadrul produselor analizate.
- Caracterizarea nutrițională, colorimetrică, morfologică și texturală a cremogenatelor de fructe tratate prin încălzire ohmică.
- Implicații senzoriale ale procesului de încălzire ohmică.
- Utilizarea RNA în simularea procesului de încălzire ohmică.
- Determinarea unor proprietăți spectroscopice și de flexibilitate moleculară a PME comerciale.
- Evaluarea comparativă a cineticii de inactivare (proces termic conventional versus încălzire ohmică), extracția, purificarea parțial și caracterizarea cinetică a PME din mere și pere.

#### Bibliografie selectivă

1. AMIALI, M., NGADI, M., RAGHAVAN, V.G.S., NGUYEN, D.H., *Electrical conductivities of liquid egg product and fruit juices exposed to high pulsed electric fields*. International Journal of Food Properties. 9, 533–540, **2006**.
2. BANSAL, B., CHEN, X.D., LIN, S.X.Q., *Skim milk fouling during ohmic heating*, Engineering Conferences International, Kloster Irsee, Germany, **2005**.
3. BOZKURT, H., ICIER, F., *Ohmic cooking of ground beef. Effects on quality*. Journal of Food Engineering 96 (4), 481–490, **2010**.
4. BOZKURT, H., ICIER, F., *Electrical conductivity changes of minced beef-fat blends during ohmic cooking*. Journal of Food Engineering, 96, 86–92, **2010**.
5. CAFFALL, K.H., MOHNEN, D., *The structure, function, and biosynthesis of plant cell wall pectic polysaccharides*. Carbohydrate Research 344, 1879-1900, **2009**.
6. CANTAREL, B.L., COUTINHO, P.M., RANCUREL, C., BERNARD, T., LOMBARD, V., HENRISSAT, B., *The carbohydrate- active enzymes database (CAZy): an expert resource for glycogenomics*. Nucleic Acid Research, 37, D233-D238, **2009**.
7. CASTRO, I., TEIXEIRA, J. A., & VICENTE, A. A., *The influence of field strength, sugar and solid content on electrical conductivity of strawberries products*. Journal of Food Process Engineering, 26, 17-29, **2003**.
8. CASTRO, I., TEIXEIRA, J.A., SALENGKE, S., SASTRY, S.K., VICENTE, A.A., *Ohmic heating of strawberry products: electrical conductivity measurements and ascorbic acid degradation kinetics*, Innovative Food Science and Emerging Technologies 5, 27–36, Elsevier, **2004**.
9. COENEN, G.J., BAKX, E.J., VERHOEF, R.P., SCHOLS, H.A., VORAGEN, A.G.J., *Identification of the connecting linkage between homo- or xylogalacturonan and rhamnogalacturonan type I*. Carbohydrate Polymers 70: 224-235, **2007**.

10. CHASSAGNE-BERCES, S., POIRIER, C., DEVAUX, M. F., FONSECA, F., *Changes in texture, cellular structure and cell wall composition in apple tissue as a result of freezing*, Food Research International 42: 788–797, **2009**.
11. CHEN, C., ABDELRAHIM, K., BECKERICH, I., *Sensitivity analysis of continuous ohmic heating process for multiphase foods*. Journal of Food Engineering 98 (2), 257–265, **2010**.
12. CIORTAN, S., DELEANU, L., PODARU, G., *Using neural networks in wear prediction for a class of polymeric composites*, 3rd European Conference on Tribology, June 7-9, 2011; Vienna, Austria, **2011**
13. DU, C-J, SUN, D-W, *Learning techniques used in computer vision for food quality evaluation: A review*. Journal of Food Engineering, 72:39–55, **2006**
14. FIGURA, L.O., TEIXEIRA, A.A., *Food Physics. Physical Properties – Measurements and Applications*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, **2007**.
15. GUERRA, L., ROMAGNOLI, G., VIGNALI, G., *Extraction of Golden Delicious apple puree: Experimental comparison of three different methods*, Journal of Food Engineering 110: 169–174, **2012**.
16. HUI, Y. H., *Handbook of Fruits and Fruit Processing*, Blackwell Publishing Wiley, **2006**.
17. ICIER, F., YILDIZ, H., BAYSAL, T., *Polyphenoloxidase deactivation kinetics during ohmic heating of grape juice*. Journal of Food Engineering, 85, 410–417, **2008**.
18. JAIN, A.K., *Data clustering: 50 years beyond K-means*. Pattern Recognition Letters 31, 651–666, **2010**.
19. LACROIX, N., FLISS, I., MAKHLOUF, J., *Inactivation of pectin methyltransferase and stabilization of opalescence in orange juice by dynamic high pressure*, Food Research International 38: 569–576, **2005**
20. PELLOUX, J., RUSTERUCCI, C., MELLEROWICZ, E.J., *New insights into pectin methyltransferase structure and function*. Trends in Plant Science 12, 267-277, **2007**.
21. KADER, A. A., *Perspective Flavor quality of fruits and vegetables*, Journal of the Science of Food and Agriculture, 88:1863–1868, **2008**.
22. KOCAN, D., PhD Thesis – *Dried and concentrated products from Mulberry (Morus alba and Morus nigra) and the changes during their processing*, **2009**.
23. KUMAR, D., SINGH, A., TARSIKKA, P.S., *Interrelationship between viscosity and electrical properties for edible oils*. Journal of Food Science and Technology, <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-011-0346-8>, **2011**.
24. MORENO, J., SIMPSON, R., BAEZA, A., MORALES, J., MUÑOZ, C., SASTRY, S., ALMONACID, S., *Effect of ohmic heating and vacuum impregnation on the osmodehydration kinetics and microstructure of strawberries (cv. Camarosa)*, LWT - Food Science and Technology 45:148-154, **2012**
25. PEREIRA, R., MARTINS, R., VICENTE, A., *Goat milk free fatty acids characterization during conventional and ohmic heating pasteurization*. Journal of Dairy Science 91 (8), 2925–2937, **2008**
26. SARANG, S., SASTRY, S.K., KNIPE, L., *Electrical conductivity of fruits and meats during ohmic heating*. Journal of Food Engineering 87: 351–356, **2008**
27. SABLANI, S.S., *Status of observational models used in design and control of products and processes*, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, Vol. 7, **2008**.
28. SINGH, R.R.B., RUHIL, A.P., JAIN, D.K., PATEL, A.A., PATIL, G.R., *Prediction of sensory quality of UHT milk – a comparison of kinetic and neural network approaches*. Journal of Food Engineering 92:146–151, **2009**
29. TEREFE, N. S., GAMAGE, M., VILKHU, K., SIMONS, L., MAWSON, R., VERSTEEG, C., *The kinetics of inactivation of pectin methyltransferase and polygalacturonase in tomato juice by thermosonication*, Food Chemistry 117: 20–27, **2009**.
30. TULSIYAN, P., SARANG, S., SASTRY, S.K., *Electrical conductivity of multicomponent systems during ohmic heating*. International Journal of Food Properties 11, 1–9, **2008**.
31. VAN BUGGENHOUT, S., MESSAGIE, I., MAES, V., DUVETTER, T., VAN LOEY, A., HENDRICKX, M., *Minimizing texture loss of frozen strawberries: effect of infusion with pectin methyltransferase and calcium combined with different freezing conditions and effect of subsequent storage/thawing conditions*, European Food Research and Technology 223, 395-404, **2009**.
32. VANDEVENNE, E., *Investigating the in situ localisation of pectin methyltransferase and its inhibitor: Development of an immunological toolbox*, PhD thesis, Katholieke Universiteit Leuven, België, **2011**.

33. WILINSKA, A., FIGUEIREDO RODRIGUES, A. S., BRYJAK, J., POLAKOVIC, M., *Thermal inactivation of exogenous pectin methylesterase in apple and cloudberry juices*, Journal of Food Engineering 85:459–465, **2008**.
34. ZELL, M., LYNIG, J. G., CRONIN, D. A., MORGAN, D. J., *Ohmic cooking of whole beef muscle optimization of meat preparation*. Meat Science, 81(4), 693 - 698, **2009**.
35. YANG F Jr, ZHANG M, ZHOU BR, CHEN J, LIANG Y., *Structural changes of  $\alpha$ -lactalbumin induced by low pH and oleic acid*. Biochimica and Biophysica Acta 1764:1389–1396, **2006**.

## DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRII

**Diseminarea rezultatelor s-a realizat prin 2 articole ISI în review la reviste de prestigiu, 8 articole BDI publicate în reviste de profil și 7 conferințe naționale și internaționale.**

### Articole ISI

1. Oana Nistor; Nicoleta Stanciuc, Aida Vasile, Doina Andronoiu, Danut Mocanu, Elisabeta Botez, *Ohmic treatment on apples purees (Golden Delicious variety) in relation to some quality aspects în review la Food Technology and Biotechnology, IF 0.695*
2. Oana Nistor, Nicoleta Stanciuc, Iuliana Aprodu, Elisabeta Botez, *New insights into heat induced structural changes of pectin methylesterase on fluorescence spectroscopy and molecular modeling basis, în review la Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, IF 1.977*

### Articole BDI

1. Nistor, O.V., Țâmpău, M., Botez, E., *The influence of the cold conventional storage over the fruits quality*, The Annals of the Stefan cel Mare University Suceava - Food Engineering IX (4), 48-54, 2010, <http://www.fia.usv.ro/fiajournal/>.
2. Nistor, O.V., POPA, E., Botez, E., Constantin, O.E., *Researches on the evolution of the concentrated fruit juices quality at storage*, The Annals of the Stefan cel Mare University Suceava - Food Engineering IX(3), 84-89, 2010, <http://www.fia.usv.ro/fiajournal/>.
3. Oana - Viorela Nistor, Elisabeta Botez, Doina - Georgeta Andronoiu, Gabriel – Dănuț Mocanu, *Investigation on mechanical and textural properties of apples during refrigeration storage*, Journal of Agroalimentary Processes and Technologies 2011, 17(4), 445 - 451, <http://journal-of-agroalimentary.ro/Journal-of-Agroalimentary-Processes-and-Technologies/>.
4. Oana - Viorela Nistor, Elisabeta Botez, Gabriel - Dănuț Mocanu, Doina - Georgeta Andronoiu, Viorica Maria Macovei, *Study of the apple parameters' variation during refrigeration storage*, Journal of Agroalimentary Processes and Technologies 2011, 17(4), 439 - 444, <http://journal-of-agroalimentary.ro/Journal-of-Agroalimentary-Processes-and-Technologies/>.
5. Oana Viorela Nistor, Elisabeta Botez, Gabriel Dănuț Mocanu and Doina Georgeta Andronoiu, *Changes Produce during Apple Refrigeration*



- Storage in Textural and Structural Fruit Behavior*, Journal of Food Science and Engineering 2 (2012) 341-350, <http://journal-of-agroalimentary.ro/Journal-of-Agroalimentary-Processes-and-Technologies/>.
6. Nistor Oana – Viorela, Niculina Iosif, Elisabeta Botez, G. D. Mocanu, Doina Georgeta Andronoiu, *The green future technology applied over pomes fruit*, Agricultura – Știință și practică nr. 1- 2(81-82), 2012, [www.journals.usamvcluj.ro](http://www.journals.usamvcluj.ro).
  7. Mocanu, G.D., Nistor, O.V., Botez, E., Andronoiu, D.G., *Study of the parameters' variation in the fruits drying process*, The Annals of the Stefan cel Mare University Suceava - Food Engineering IX (3), 44-49, 2010, <http://www.fia.usv.ro/fiajournal/>.
  8. Oana – Viorela Nistor, Elisabeta Botez, Emil Luca, Gabriel Dănuț Mocanu, Doina Georgeta Andronoiu, Mihaela Timofti, *Ohmic heating process characterizations during apple puree processing*, Journal of Agroalimentary Processes and Technologies 2013, 19(2), 228-236, <http://journal-of-agroalimentary.ro/Journal-of-Agroalimentary-Processes-and-Technologies/>.

#### **Participare la conferințe naționale și internaționale**

1. Nistor, O.V., POPA, E., Botez, E., Constantin, O.E., *Researches on the evolution of the concentrated fruit juices quality at storage*, The Annals of the Stefan cel Mare University Suceava - Food Engineering IX(3), 84-89, 2010.
2. Nistor, O.V., Țâmpău, M., Botez, E., *The influence of the cold conventional storage over the fruits quality*, The Annals of the Stefan cel Mare University Suceava - Food Engineering IX (4), 48-54, 2010.
3. Oana – Viorela NISTOR, Elisabeta Botez, Doina – Georgeta Andronoiu, Gabriel – Dănuț Mocanu, *Investigation on mechanical and textural properties of apples during refrigeration storage*, The XVIIth Edition of the SYMPOSIUM: Food Science, Processes, and Technologies: “New Trends in food safety and processing”, 19-20 Mai, 2011.
4. Oana – Viorela NISTOR, Elisabeta Botez, Gabriel – Dănuț Mocanu, Doina – Georgeta Andronoiu, Viorica Maria Macovei, *Study of the apples parameters' variation during refrigeration storage*, The XVIIth Edition of the SYMPOSIUM: Food Science, Processes, and Technologies: “New Trends in food safety and processing”, 19-20 Mai, 2011.
5. Mocanu, G.D., Nistor, O.V., Botez, E., Andronoiu, D.G., *Study of the parameters' variation in the fruits drying process*, The Annals of the Stefan cel Mare University Suceava - Food Engineering IX (3), 44-49, 2010.
6. Oana - Viorela Nistor, Elisabeta Botez, Doina Georgeta Andronoiu, Gabriel Dănuț-Mocanu, *Experimental investigations on ohmic heating of apple puree*, Conferința Științifică a Școlilor Doctorale din UDJ Galați CSSD-UDJG, Ediția I Galați, 16-17 mai 2013.

7. Oana – Viorela Nistor, Elisabeta Botez, Emil Luca, Gabriel Dănuț Mocanu, Doina Georgeta Andronoiu, Mihaela Timofti, *Ohmic heating process characterizations during apple puree processing*, The 4th International Conference on Food Chemistry, Engineering & Technology, Banat's University of of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Timisoara, Romania, 30-31 May 2013.

#### **Premii**

Premiul al III –lea pentru participări la conferințe și manifestări științifice acordat în cadrul proiectului POS DRU 76822 - TOP ACADEMIC.