

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați
Facultatea de Știința și Ingineria Alimentelor



Corina Pelmus (Gâmbuțeanu)

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

**CERCETĂRI PRIVIND SISTEMUL DE
DECONGELARE PRIN METODE
ATERMICE SAU MIXTE**

Coordonator :
Prof. Dr. Ing. Petru Alexe

CUPRINS

ARGUMENT	7
PARTEA I STUDIU DOCUMENTAR	10
1. PRINCIPII GENERALE ALE PRODUCERII CAVITAȚIEI ACUSTICE ȘI GENERĂRII ULTRASUNETELOR	11
1.1. REZUMAT.....	11
1.2. INTRODUCERE.....	11
1.3. CAVITAȚIA ACUSTICĂ.....	12
1.3.1. Mișcarea bulei	13
1.3.2. Sonoluminescența.....	14
1.3.2.1. Sonoluminescența produsă de o singură bulă (SBSL)	15
1.3.2.2. Sonoluminescența produsă de mai multe bule (MBSL).....	16
1.3.2.3. Comparații între sonoluminescența produsă de o singură bulă (SBSL) și sonoluminescența produsă de mai multe bule (MBSL).....	17
1.3.3. Sonochimia.....	18
1.4. PRODUCEREA ULTRASUNETELOR	20
1.5. CONCLUZII PARȚIALE	21
BIBLIOGRAFIE	22
2. PROCESUL DE CONGELARE-DECONGELARE A CĂRNII.....	26
2.1. REZUMAT.....	26
2.2. INTRODUCERE.....	26
2.3. INFLUENȚA CONGELĂRII-DECONGELĂRII ASUPRA PIERDERILOR DE EXUDAT	26
2.4. INFLUENȚA GRADULUI DE MATURARE A CĂRNII SUPUSE CONGELĂRII - DECONGELĂRII ASUPRA PIERDERILOR DE EXUDAT	28
2.5. INFLUENȚA CONGELĂRII - DECONGELĂRII ASUPRA TEXTURII CĂRNII.....	29
2.6. INFLUENȚA CONGELĂRII - DECONGELĂRII ASUPRA STRUCTURII CĂRNII.....	30
2.5.1. Influența vitezei de congelare asupra structurii cărnii decongelate.....	31
2.5.2. Influența duratei de depozitare la congelare asupra structurii cărnii decongelate.....	32
2.7. METODE MODERNE VERSUS METODE CONVENȚIONALE DE DECONGELARE	33
2.8. CONCLUZII PARȚIALE	36
BIBLIOGRAFIE	37
PARTEA II REZULTATE EXPERIMENTALE	41
3. EFECTUL DECONGELĂRII ACUSTICE ASUPRA PROPRIETĂȚILOR FIZICO- CHIMICE, MICROBIOLOGICE ȘI TEHNOLOGICE ALE CĂRNII DE PORC LONGISSIMUS DORSI NEAMBALATĂ.....	42
3.1. REZUMAT.....	42
3.2. INTRODUCERE.....	42
3.3. MATERIALE SI METODE	44
3.3.1. Pregătirea probelor	44

3.3.2. Procesul de decongelare acustică folosind ultrasunete de joasa intensitate	45
3.3.3. Analiza chimică a cărnii	48
3.3.4. Determinarea pH-ului.....	48
3.2.5. Analiza microbiologică	48
3.2.6. Determinarea pierderilor totale	49
3.2.7. Determinarea umidității exprimate.....	49
3.2.8. Măsurarea fermității cărnii	49
3.2.9. Analiza statistică	50
3.3. REZULTATE SI DISCUȚII	50
3.3.1. Studiul procesului.....	50
3.3.2. Analiza chimică a cărnii decongelate.....	51
3.3.3. Măsurarea pH – ului.....	52
3.3.4. Analiza microbiologică	52
3.3.5. Pierderi totale	53
3.3.6. Umiditatea exprimata	54
3.3.7. Masurarea fermității cărnii	55
3.4. CONCLUZII PARȚIALE	56
BIBLIOGRAFIE	58
4. EFECTUL DECONGELĂRII ACUSTICE ASUPRA ASUPRA PROPRIETĂȚILOR	
TEHNOLOGICE ALE CĂRNII DE PORC LONGISSIMUS DORSI AMBALATĂ ÎN VACUUM	
.....	61
4.1. REZUMAT.....	61
4.2. INTRODUCERE.....	61
4.2. MATERIALE ȘI METODE	62
4.2.1. Pregătirea probelor	62
4.2.2. Pierderi de masă la decongelare	62
4.2.3. Umiditatea exprimata	62
4.2.4. Pierderi la fierbere	62
4.2.5. Măsurarea fermității cărnii	63
4.2.6. Calorimetrie cu scanare diferențială (DSC)	63
4.2.7. Microscopie electronică (TEM)	63
4.2.8. Analiza statistică	64
4.2. REZULTATE SI DISCUȚII	64
4.2.1. Umiditatea exprimată și pierderi de masă la decongelare	64
4.2.2. Pierderi la fierbere	66
4.2.3. Măsurarea fermității cărnii	67
4.2.4. Calorimetrie diferențială (DSC).....	70
4.2.5. Analiza cărnii decongelate folosind microscopie electronică (TEM)	72
4.3. CONCLUZII PARȚIALE	74
BIBLIOGRAFIE	76
5. COMPARAȚII ÎNTRE PROPRIETĂȚILE TEHNOLOGICE ȘI REOLOGICE ALE CĂRNII	
DE PORC LONGISSIMUS DORSI AMBALATĂ ÎN VACUUM ȘI NEAMBALATĂ, SUPUSĂ	
DECONGELĂRII	79
5.1. INTRODUCERE.....	79
5.2. MATERIALE SI METODE	80
5.2.1. Pierderi totale	80
5.2.2. Umiditatea exprimata	80
5.2.3. Analiza oxidării lipidelor	81
5.2.4. Examinarea culorii	81
5.2.5. Masurarea fermității	82
5.2.6. Studiul proprietatilor reologice	82
5.2.6.1. Testele oscilatorii	82

5.2.6.2. Măsurători reologice fundamentale.....	83
5.2.7. Analiza statistică	84
5.3. REZULTATE ȘI DISCUȚII	84
5.3.1. Pierderile totale și umiditatea exprimată.....	84
5.3.2. Analiza oxidării lipidelor (TBARS).....	85
5.3.3. Analiza parametrilor culoarii	86
5.3.4. Măsurarea fermității	88
5.3.5. Studiul proprietatilor reologice	89
5.3.5.1. Determinare domeniului de vâscoelasticitate.....	89
5.3.5.2. Scanarea frecvenței	89
5.3.5.3. Scanarea temperaturii.....	92
5.4. CONCLUZII PARȚIALE	93
BIBLIOGRAFIE	95
6. EFECTUL TEMPERATURII DE CONGELARE, GRADULUI DE MATURARE ȘI TIPULUI DE DECONGELARE ASUPRA PROPRIETĂȚILOR TEHNOLOGICE ALE CĂRNII DE PORC DECONGELATĂ LONGISSIMUS DORSI.....	98
6.1. REZUMAT.....	98
6.2. INTRODUCERE.....	98
6.3. MATERIALE ȘI METODE	99
6.3.1. Pierderi de masă	100
6.3.2. Umiditatea exprimată	100
6.3.3. Pierderi la fierbere.....	100
6.3.4. Analiza fermității la carnea crudă	100
6.3.5. Analiza proteinei solubile din exudat.....	101
6.3.6. Analiza proprietăților reologice	101
6.3.7. Analiza statistică	101
6.4. REZULTATE ȘI DISCUȚII	102
6.4.1. Pierderile de masă la decongelare	102
6.4.2. Umiditatea exprimată	103
6.4.3. Pierderi la fierbere	105
6.4.5. Analiza proteinei solubile din exudat.....	107
6.4.6. Analiza proprietăților reologice	109
6.5. CONCLUZII PARȚIALE	110
BIBLIOGRAFIE	111
CONCLUZII FINALE.....	113
ELEMENTE DE ORIGINALITATE. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE	115
DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRII.....	117
LUCRĂRI PUBLICATE	117
LUCRĂRI ÎN CURS DE PUBLICARE COTATE ISI THOMPSON	117
CONFERINȚE	118
ALTE CONTRIBUȚII	118
LISTA FIGURILOR.....	119
LISTA TABELELOR	120

ARGUMENT

În ultimii ani există un interes major în ceea ce privește scurtarea timpului de conservare și procesare a alimentelor atât al consumatorilor cât și al procesatorilor. În încercarea de a veni în întâmpinarea acestor cerințe, există numeroase studii care aduc în discuție dezvoltarea unor noi tehnologii cu ajutorul cărora să poată fi asigurată simultan o creștere a siguranței microbiologice, reducerea timpului de prelucrare, creșterea perioadei de valabilitate, fără însă a fi afectate calitățile produsului finit. Astfel, au fost testate în laborator presiunile înalte, microunde, ultraviolete, ultrasunete, ș.a, unele dintre studiile efectuate reușind să treacă faza de testare, fiind deja aplicate în industria alimentară, altele nu. Multe dintre studiile raportate în literatura de specialitate care au avut ca obiectiv principal investigarea aplicațiilor ultrasunetelor în industria alimentară, au pus în evidență beneficiile puterii ultrasunetelor, acestea reușind eficientizarea unor procese fără a afecta caracteristicile de calitate ale produselor. Mai mult decât atât, concluziile acestor studii au arătat că ultrasunetele pot produce o gamă largă de efecte, efectul pe care puterea undelor ultrasonice îl are asupra proprietăților fizico-chimice și microbiologice ale produsului, fiind în strânsă legătură atât cu parametrii undelor cât și cu caracteristicile produsului.

Congelarea este o metodă de conservare foarte bine cunoscută și utilizată în industria alimentară, constatându-se că în timpul acestui proces nu au loc modificări majore în ceea ce privește caracteristicile nutriționale și senzoriale ale produselor alimentare. Congelarea cărnii s-a dovedit a fi deasemenea o metodă eficientă de conservare, prin congelare carnea menținându-și calitățile sale pe parcursul depozitării și comercializării. De asemenea, s-a constatat că prin aplicarea unor proceduri corecte în timpul congelării se pot obține rezultate optime, neexistând probleme majore. Din nefericire, nu cu aceeași situație se confruntă procesatorii din industria cărnii în momentul în care trebuie aplicată decongelarea cărnii înainte ca aceasta să devină materia primă necesară procesării ulterioare, mai ales că în ultimii ani, carnea congelată este folosită într-o proporție foarte mare de fabricile de la noi din țară. Astfel, cele mai frecvente probleme care apar din punctul de vedere al procesatorilor din industria cărnii sunt cele legate de timpul necesar blocurilor de carne să se decongeleze, de spațiul necesar pe care trebuie să-l aloce acestui proces, de pierderile de exudat care apar, toate aceste probleme răsfrângându-se atât în prețul de producție al produsului finit cât și în prețul pe care trebuie să-l plătească consumatorul. Studiile realizate până în prezent au arătat importanța dar și complexitatea proceselor de congelare și decongelare a cărnii. Mai mult decât atât, implicarea transferului de căldură în acest tip de procese poate conduce la apariția unor

ARGUMENT

Studiile realizate până în prezent au arătat importanța și complexitatea proceselor de congelare și decongelare a cărnii. Mai mult decât atât, implicarea transferului de căldură în acest tip de procese poate conduce la apariția unor modificări importante ale calității cărnii decongelate. De aceea, din dorința noastră de a ne plia pe necesitățile reale ale industriei cărnii, am găsit a fi oportun nu doar un studiu al decongelării cărnii, ci și un studiu complex al caracteristicilor tehnologice ale cărnii decongelate, care să poată evidenția eficiența metodei de decongelare. În ceea ce privește utilizarea ultrasunetelor în procesul de decongelare, interesul nostru a fost sporit și de faptul că au existat studii care au arătat că acest tip de decongelare este posibil. Legat de această metodă de decongelare există două studii care arată că scurtarea timpului de decongelare este posibilă ca urmare a folosirii ultrasunetelor. Cu toate acestea, literatura de specialitate nu prezintă date referitoare la caracteristicile cărnii decongelate, deși acesta este un aspect foarte important, atât pentru procesator, cât și pentru consumator și, în consecință, nu ar trebui neglijat. Acesta este motivul pentru care am considerat că un studiu al caracteristicilor tehnologice ale cărnii decongelate acustic ar putea aduce o contribuție în ceea ce privește alegerea modului de decongelare. Pentru ca rezultatele să fie mai elocvente, am ales ca probă martor în investigațiile ce au urmat, carnea decongelată în aer, aceasta fiind deocamdată metoda cea mai des utilizată de către procesatorii din industria cărnii. Asadar, studiul nostru a încercat să găsească soluții la o problemă nerezolvată încă în industria cărnii, și anume decongelarea cărnii. De aceea, prin acest studiu nu am încercat doar să arătăm că scurtarea timpului de decongelare este posibilă prin folosirea ultrasunetelor în procesul de decongelare. Mai mult decât atât, am acordat o atenție deosebită alegerii parametrilor ultrasunetelor în procesul de decongelare, astfel încât să nu afectăm proprietățile tehnologice ale cărnii decongelate.

Studiul de față își propune următoarele obiective:

- accelerarea decongelării cărnii prin scurtarea timpului de decongelare fără a afecta proprietățile tehnologice ale cărnii;
- identificarea posibilelor modificări ale proprietăților tehnologice ale cărnii de porc decongelată convențional (aer) sau neconvențional (acustic), datorate prezenței sau absenței ambalajului pe parcursul procesului de decongelare;
- analiza efectelor temperaturii de congelare, gradului de maturare și metodei de decongelare asupra cărnii de porc decongelată.

Teza de doctorat este compusă din 120 pagini și este structurată în două părți: I. STUDIU DOCUMENTAR care este compus din 2 capitole și II. REZULTATE EXPERIMENTALE structurată în 4 capitole.

STUDIU DOCUMENTAR

Capitolul 1, intitulat “Principii generale ale producerii cavitației acustice și generării ultrasunetelor” descrie principiile de bază ale cavitației acustice, subliniind efectele ultrasunetelor în aplicații ale industriei alimentare.

Capitolul 2 intitulat “Procesul de congelare-decongelare” prezintă efectele congelării-decongelării asupra proprietăților tehnologice ale cărnii, dar și metode moderne de decongelare versus metode clasice.

REZULTATE EXPERIMENTALE

Capitolul 3 intitulat “Efectul decongelării acustice asupra proprietăților fizico-chimice, microbiologice și tehnologice ale cărnii de porc *Longissimus dorsi* neambalată” prezintă analiza influenței parametrilor ultrasunetelor asupra timpului de decongelare acustică, precum și analiza proprietăților fizico-chimice, microbiologice și tehnologice ale cărnii de porc *Longissimus dorsi* neambalată.

Capitolul 4 intitulat “Efectul decongelării acustice asupra proprietăților tehnologice ale cărnii de porc *Longissimus dorsi* ambalată în vacuum” prezintă analiza proprietățile tehnologice și texturale ale cărnii de porc decongelate acustic cu ultrasunete de intensitate scăzută în comparație cu carnea decongelată convențional în aer (de control) sau prin imersare în apă.

Capitolul 5 intitulat “Comparații ale proprietăților tehnologice și reologice ale cărnii de porc *Longissimus dorsi* ambalată în vacuum și neambalată, supusă decongelării convenționale precum și decongelării acustice” prezintă posibilele modificări care pot apărea la carnea de porc decongelată convențional (aer) sau neconvențional (acustic), datorate atât prezenței sau absenței ambalajului cât și metodei de decongelare folosită.

Capitolul 6 intitulat “Efectul temperaturii de congelare, gradului de maturare și tipului de decongelare asupra proprietăților tehnologice ale cărnii de porc decongelată *Longissimus dorsi*” prezintă studiul proprietăților tehnologice ale cărnii decongelate la care au variat temperatura de congelare, gradul de maturare și tipul decongelării.

Capitolul 3. EFECTUL DECONGELĂRII ACUSTICE ASUPRA PROPRIETĂȚILOR FIZICO-CHIMICE, MICROBIOLOGICE ȘI TEHNOLOGICE ALE CĂRNII DE PORC LONGISSIMUS DORSI NEAMBALATĂ

3.3. Materiale si metode

8 bucati de Longissimus dorsi au fost obținute de la carcase de porc cu aceeași greutate, depozitate 24 ore la 4°C după abatorizare. Carnea refrigerată a fost transportată la stația pilot a Universitatii de la un abator de lângă Galati. Fiecare bucată de Longissimus dorsi a fost taiată în bucăți de aceeași dimensiune (120 X 60 X 35 mm), cu o greutate de aproximativ 160g. Fiecare probă de carne a fost ambalată în folie de polietilenă iar apoi a fost congelată 24 ore la -18°C printr-o metodă convențională într-un congelator (Electrolux) până la -15°C în centrul probei. Temperatura în centrul probei a fost măsurată cu ajutorul unui termocuplu (SiKa Electronics). Pentru decongelarea ulterioară a probelor s-au folosit 3 tipuri de decongelare, și anume: (1) decongelare conventională în aer la temperatura camerei 16°C, considerându-se de referință (martor); (2) decongelarea prin imersie în apă la 15°C; (3) decongelarea acustică la intensități de 0.2 W/cm², 0.4 W/cm² și 0.6 W/cm² în baie de apă la o temperatură de 15°C. Experimentul a fost realizat în duplicat și fiecare măsurătoare s-a efectuat în triplicat.

Procesul de decongelare acustică folosind ultrasunete de joasă intensitate

Aparatul folosit la decongelarea asistată de ultrasunete a fost construit special pentru acest tip de decongelare. Varianta constructivă a aparatului folosit constă dintr-un generator de ultrasunete (Clangsonic), un transductor și o baie de apă. Astfel, ultrasunetele sunt transmise în mediul lichid de la un generator, prin intermediul transductorului tip placă situat deasupra băii de apă. Transductoarele placă montate în afara băii propriu-zise, permit o economisire a spațiului, construcția acestora făcându-se la dimensiunea dorită, asigurându-se astfel un randament sonic bun. Totodată, am optat pentru acest tip constructiv deoarece generatorul de ultrasunete este separat de baia de apă. Astfel, prin alegerea acestui tip constructiv un mare dezavantaj este eliminat, deoarece în cazul băii de apă cu generator încorporat (băile clasice cu ultrasunete), generatorul poziționat pe fundul vasului conduce la o încălzire suplimentară a probelor de carne, ceea ce conduce la diferențe mari de temperatură între suprafața probei și centrul geometric al acesteia. Totodată, poziționarea transductorului deasupra băii de apă permite o transmitere uniformă a ultrasunetelor în întreaga baie de apă,

conducând astfel la o decongelare uniformă în întreaga bucată de carne. Pentru vizualizarea fenomenului de cavitație aparut am ales ca vasul din care este construită baia de apă să fie din sticlă transparentă. Pentru ca probele să nu intre în contact cu fundul vasului acestea au fost așezate pe un gratar. În ceea ce privește parametrii ultrasunetelor folosiți în acest experiment, a fost aleasă o frecvență constantă, 25 kHz, parametrul variabil fiind puterea aplicată. Varianta constructivă aleasă pentru generator a permis astfel ca la o frecvență constantă, să poată fi aleasă o putere variabilă în domeniul 100-1000 W, care a putut fi setată și citită pe un ecran. Temperatura inițială a apei în baia de apă a fost 15°C, iar decongelarea a avut loc până la o temperatură în centrul produsului de 2°C. Pentru un control eficient al procesului de decongelare, și totodată pentru a ne asigura că procesul decurge în condiții de maximă securitate microbiologică, temperatura în centrul probei a fost monitorizată cu ajutorul unui termocuplu (Sika Electronics).

Decongelarea asistată de ultrasunete –echipament folosit la decongelarea asistată de ultrasunete

Echipamentul este format din: Generator, Transductor și Baie de apă

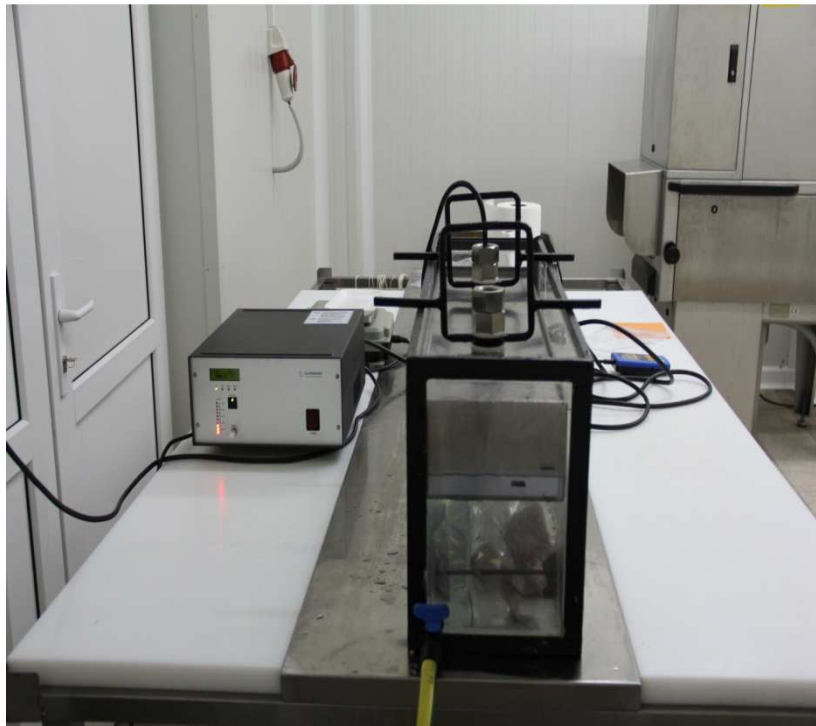


Figura 3.2.Echipamentul folosit la decongelarea acustică



Figura 3.3. Generatorul.

Generatorul

- are frecvență constantă, 25KHz, și putere variabilă, în domeniul 100-1000W;
- este separat de baia de apă, evitând astfel o încălzire suplimentară a probelor precum în cazul băii de apă cu generator încorporat (poziționat pe fundul vasului);



Figura 3.4. Transductorul:

Transductorul:

- transductorul tip placă montat în afara băii propriu-zise, permite economisirea spațiului;
- transmiterea uniformă a ultrasunetelor în întreaga baie de apă;
- alegerea dimensiunii optime a acestuia asigură un randament sonic bun;

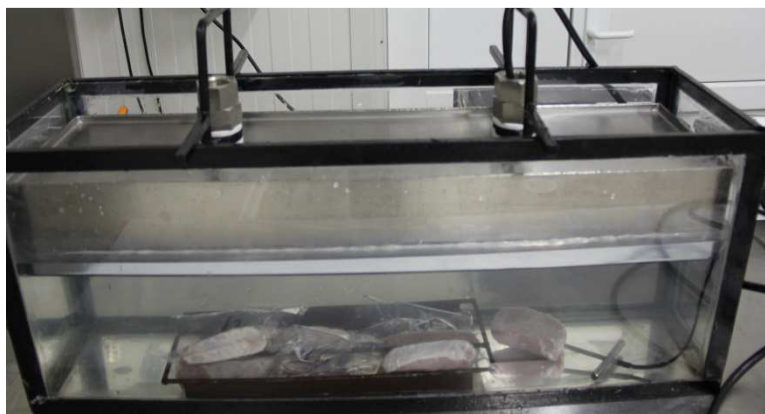


Figura 3.5. Baie de apa:

Baie de apa :

- alegerea unui mediu lichid pentru atenuarea energiei ultrasunetelor, deoarece folosirea ultrasunetelor direct asupra bucatii de carne produce încălziri excesive ale suprafeței.

3.3. Rezultate si discuții

3.3.1. Studiul procesului

Alegerea acestui tip constructiv al aparatului a condus la obținerea unei decongelări uniforme a cărnii, neexistând diferențe importante între centrul geometric și suprafața bucatii de carne. Timpul de decongelare a fost măsurat în următoarele intervale de temperatură: de la -15°C la -5°C ; de la -5°C la -1°C ; de la -1°C la 2°C . În figura 1 este prezentată curba decongelării cărnii prin metode convenționale și decongelarea acustică la diferite intensități. Astfel, în intervalul de la -15°C la -5°C decongelarea prin imersie în apă și decongelarea asistată de ultrasunete a avut loc într-un interval de timp mai scurt decât decongelarea în aer (control) dar toate tipurile de decongelări s-au desfășurat mai rapid decât în intervalul de la -5°C la -1°C când așa cum precizează Gonzalez-Sanguinetti, et al. (1985) 73% din apa este congelată. În ceea ce privește stimularea transferului termic la schimbarea de fază (de la -5°C la -1°C), se poate observa că timpul s-a redus cu 79 % la decongelarea acustică ($0.6\text{W}/\text{cm}^2$) față de decongelarea prin imersie în apă, un rezultat apropiat de cel obținut de Kissam, (1984). Diferențele mici care apar între studiul nostru și studiul lui Kissam, A. D (1984), se pot datora atât folosirii altor materii prime, al altor parametri ai ultrasunetelor dar și a altui tip de echipament folosit în alte condiții de lucru (de exemplu folosirea cărnii porc și nu a pestelui, alta temperatură a apei, etc). În ceea ce privește timpul total de decongelare se poate observa în figura 1 că există reduceri ale acestuia de la 76-84 % comparativ cu decongelarea în aer, și de 50-66 % față de decongelarea prin imersie (în funcție de intensitatea ultrasunetelor aplicată). Se observă că viteza de decongelare este influențată de intensitatea

ultrasunetelor aplicate procesului, observându-se că timpul de decongelare scade pe măsură ce intensitatea ultrasunetelor crește. În ceea ce privește temperatura apei în cazul decongelării acustice, aceasta a crescut cu 2-3°C în cazul intensității 0.2-0.4 W/cm², putând ajunge la o creștere de 4-5°C în cazul intensității de 0.6 W/cm².

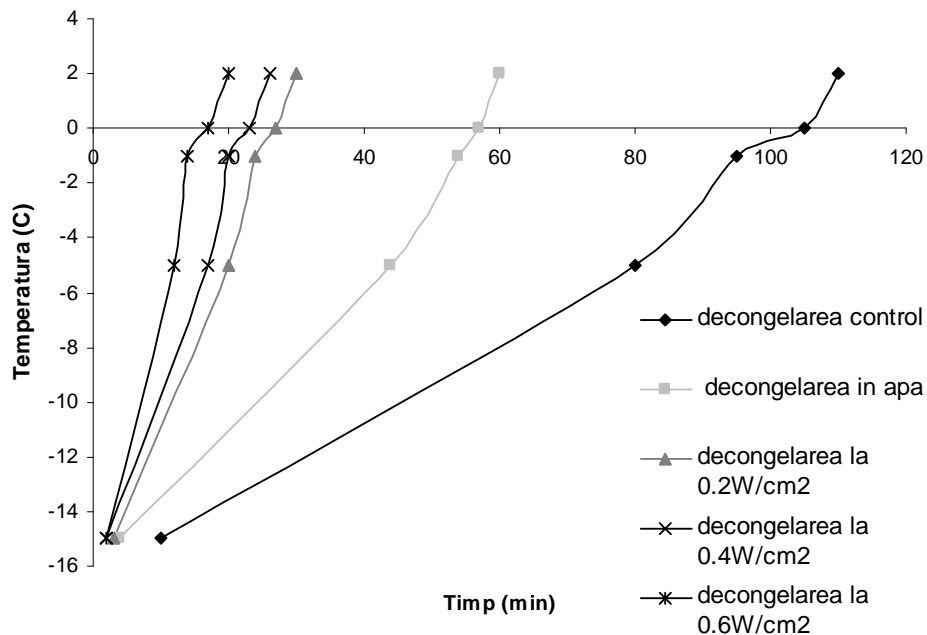


Figura 3.6. Curba decongelării cărnii de porc folosind diferite tipuri de decongelari

3.4. Concluzii parțiale

- ✚ Decongelarea acustică a redus semnificativ timpul de decongelare, timpul de decongelare scăzând odată cu creșterea intensității ultrasunetelor.
- ✚ Stimularea transferului termic la schimbarea de fază (de la -5°C la -1°C), timpul s-a redus cu 79 % la decongelarea acustică (0.6W/cm²) față de decongelarea prin imersie în apă, și cu 87% față de decongelarea control.
- ✚ Timpul total de decongelare s-a redus cu 76-84 % comparativ cu decongelarea în aer, și cu 50-66 % față de decongelarea prin imersie.
- ✚ Nu au existat diferențe semnificative ale parametrilor studiați între probele decongelate în aer și cele decongelate acustic.

Capitolul 4. EFECTUL DECONGELĂRII ACUSTICE ASUPRA ASUPRA PROPRIETĂȚILOR TEHNILOGICE ALE CĂRNII DE PORC LONGISSIMUS DORSI AMBALATĂ ÎN VACUUM

4.2. Materiale și metode

4.2.1. Pregătirea probelor

8 bucati de Longissimus dorsi au fost obținute de la carcase de porc cu aceeași greutate, depozitate 24h la 4°C după abatorizare. Carnea refrigerată a fost transportată la stația pilot a Universității de la un abator de lângă Galați. Fiecare bucată de Longissimus dorsi a fost tăiată în bucăți de aceeași dimensiune (120 X 60 X 35 mm) și cu o greutate de aproximativ 160g. Fiecare probă de carne a fost ambalată în folie de polietilenă iar apoi a fost congelată 24h la -18°C printr-o metodă convențională într-un congelator (Electrolux) până la -15°C în centrul probei. Temperatura în centrul probei a fost măsurată cu ajutorul unui termocuplu (SiKa Electronics). După ce probele au fost congelate, fiecare probă a fost scoasă din ambalajul folosit la congelare (folie polietilenă) și a fost ambalată în vacuum cu ajutorul mașinii de vidat existentă în secția de tranșare a stației pilot. Pentru decongelarea ulterioară a probelor s-au folosit mai multe tipuri de decongelare, și anume: (1) decongelare convențională în aer la temperatura camerei 16°C, considerându-se de referință (martor); (2) decongelarea prin imersie în apă la 15°C; (3) decongelarea acustică la intensități de 0.2W/cm², 0.4W/cm² și 0.6W/cm² în baie de apă la o temperatură de 15°C. Experimentul a fost realizat în duplicat și fiecare măsurătoare s-a efectuat în triplicat.

4.2. Rezultate și discuții

4.2.4. Calorimetrie diferențială (DSC)

Calorimetria diferențială a fost aplicată sistemului muscular pentru a investiga modificările termodinamice asociate cu încălzirea cărnii. Tranzițiile endotermice observate în carne au fost atribuite principalilor constituenți proteici, temperaturile de tranziție și ΔH a proteinelor mușchiului arătând că sunt sensibile la modificarea texturii. Astfel, calorimetria diferențială a fost utilizată pentru a asocia denaturarea proteinelor mușchiului cu modificările texturale cauzate de fierbere (Findlay & Stanley, 1984). Analiza calorimetriei diferențiale a fost folosită pentru a urmări modificările tranziției endotermice la mușchiul de porc Longissimus dorsi supus diferitelor tipuri de decongelări. A fost înregistrată curba tranziției termice, pentru toate probele analizate, identificându-se 3 zone de tranziție marcate de 3

vârfuri: între 54 și 58°C, atribuit miozinei; între 65 și 67°C pentru colagen și proteinelor sarcoplasmice; între 80 și 83°C atribuit actinei (conform studiilor lui Martens & Vold, 1976; Wright, Leach, & Wilding, 1977, Stabursvik & Martens, 1980 citați de Tornberg, 2005). Rezultatele testului pentru carnea decongelată prin metoda convențională precum și pentru carnea decongelată acustic sunt prezentate în tabelul 4.1.

Tabel 4.1. Influența diferitelor tipuri de decongelare asupra temperaturilor de tranziție și entalpiei.

Tipul de decongelare	Temperaturi de tranziție (°C)			$\Delta H(J/g)$
	T_{max_1}	T_{max_2}	T_{max_3}	
Decongelare aer	57.48±0.01	66.46±0.51	79.77±0.71	0.42±0.08
Decongelare apa	60.14±2.1	69.8±3.95	80.12±0.98	0.45±0.93
Decongelare la 0.2 W/ cm ²	56.08±0.83	65.73±1.05	79.54±0.65	0.4±0.07
Decongelare la 0.4 W/ cm ²	57.11±1.34	66.07±0.88	79.53±0.49	0.43±0.06
Decongelare la 0.6 W/ cm ²	56.85±0.76	66.32±1.12	80.28±1.23	0.42±0.061

Deviația standard a fost obținută ca rezultat a trei determinări.

După cum se observă în tabelul 1, termogramele fiecărui tip de decongelare prezintă vârfuri specifice, bine definite, situate în cele trei intervale de temperatură prezentate de Tornberg, (2005). Se remarcă asemănări în ceea ce privește temperaturile de tranziție ale probelor decongelate prin metode diferite. Astfel, au fost observate vârfuri pentru miozină la aproximativ 57°C, colagen la aproximativ 66°C, actina la aproximativ 80°C, neînregistrându-se diferențe semnificative între probele supuse celor 5 tipuri diferite de decongelare. Similar, entalpia totală a denaturării proteinei, nu s-a modificat semnificativ ($p > 0.05$) având valori de la 0.42 J/g și 0.45 J/g (în cazul decongelării în aer și prin imersie) la 0.4 (decongelarea la 0.2 W/cm²), 0.43 (decongelarea la 0.4 W/cm²) și 0.42 (decongelarea la 0.6 W/cm²). Totodată, rezultatele obținute în urma calorimetriei diferențiale sunt în acord cu observațiile lui Ngapo, et al. (1999a), care au aratat că nu au existat diferențe între carnea refrigerată, congelată și decongelată, sugerând că procesul de congelare nu cauzează denaturarea proteinelor.

Rezultatele calorimetriei diferențiale privind comportamentul cărnii decongelate prin diferite metode de decongelare sunt în concordanță cu rezultatele anterioare ale studiului nostru privind textura și umiditatea exprimată a probelor. Aceste rezultate sugerează că decongelarea prin diferite metode nu a modificat stabilitatea miozinei și actinei. Mai mult, dacă aceste modificări conformaționale ale proteinelor ar fi existat în studiul nostru, aceasta ar fi condus la modificarea fermității cărnii fierte. Totodată, datorită asemănărilor profilului

termogramelor (temperaturi de tranziție care nu diferă semnificativ), precum și rezultatelor anterioare referitoare la caracteristicile cărnii decongelată prin diferite metode, putem aprecia că atât decongelarea convențională (aer, imersie în apă) cât și decongelarea cu ultrasunete nu au afectat structura proteinelor la carnea decongelată. În cazul decongelării acustice, o posibilă explicație a faptului că nu au existat denaturări ale proteinelor ar putea consta în intensitatea joasă a ultrasunetelor aplicată unor probe de grosime 3.5 cm.

4.2.5. Analiza cărnii decongelate folosind microscopie electronică (TEM)

Rezultatele microstructurii mușchiului Longissimus dorsi decongelat în aer (control) și decongelat acustic au fost prezentate în fig.4.5 și fig.4.6. Pentru o evaluare cât mai completă a ultrastructurii mușchiului s-au utilizat imagini la 14000 magnificare (fig.4.5), 18000 magnificare (fig.6. a,b,c,d) și 29000 magnificare (fig.4.6 e).

Poze 14000 Planșa A-fig.4.5

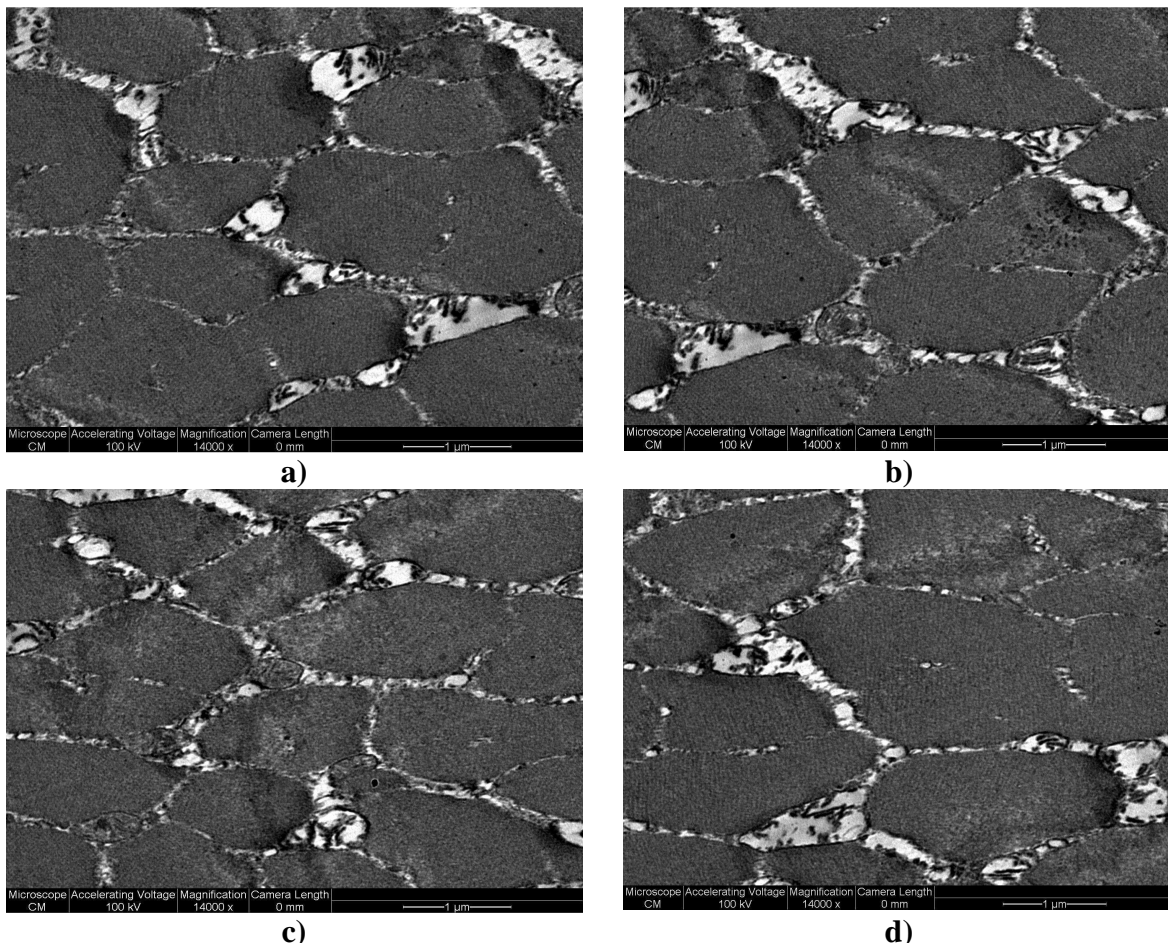
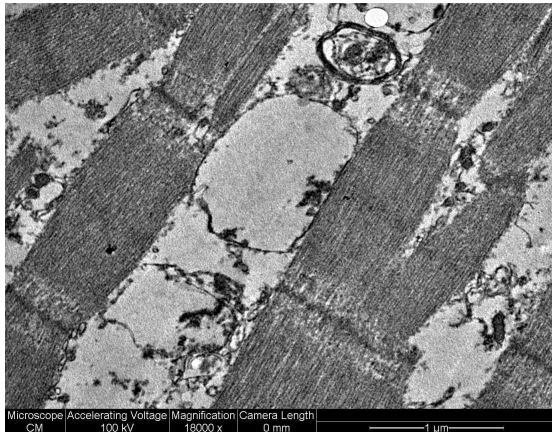


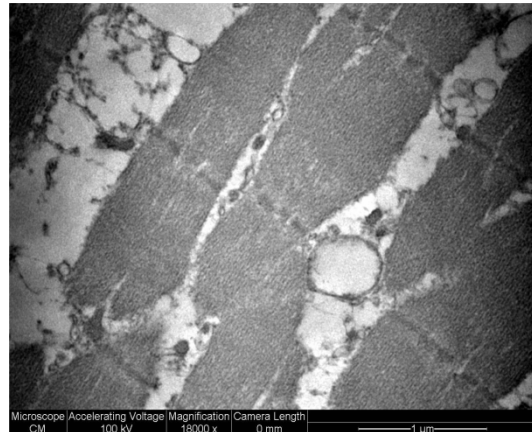
Figura 4.5. Imagini TEM ale secțiunii transversale la 14000 magnificare a fibrelor mușchiului Longissimus dorsi decongelat (a) proba martor-carne decongelată în aer; (b) carne decongelată acustic la intensități de $0.2\text{W}/\text{cm}^2$; (c) carne decongelată acustic la intensități de $0.4\text{W}/\text{cm}^2$; (d) carne decongelată cu ultrasunete la intensități de $0.6\text{W}/\text{cm}^2$.

Printr-o analiză a secțiunii transversală a microstructurii Longissimus dorsi figura 6 nu se observă diferențe majore în ceea ce privește microstructura fibrei musculare și spațiului exterior între proba control (a) și celelalte probe decongelate acustic (b,c,d).

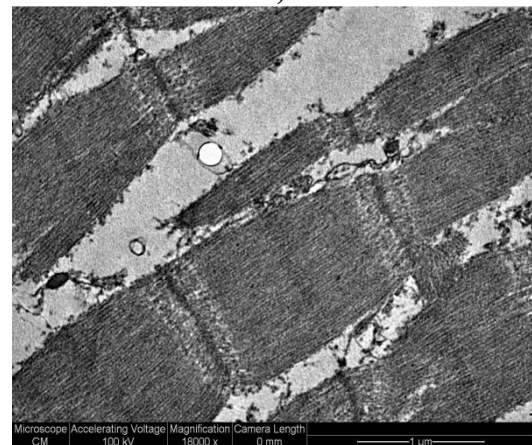
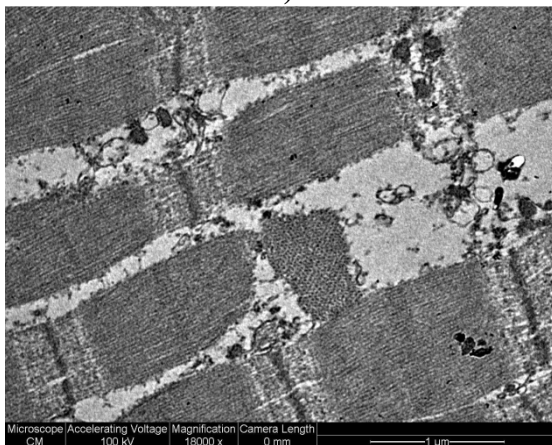
Planșa B –fig.4.6



a)



b)



Imaginea sarcomerilor la 18000 și 29000 magnificare (figura 4.6) ne arată că aceștia și-au păstrat forma inițială, nu s-au observat goluri, neexistând diferențe între probele sonicate și proba control. S-a observat că sarcomerii sunt bine conservați după decongelare, aceștia păstrându-și structura filamentosă în toate cazurile prezentate. Nu s-au observat modificări structurale ale miofibrilelor, nu au existat fracturi ale benzii I și A, liniile M și Z au fost clar diferențiate. Putem aprecia că nu s-a înregistrat o degradare semnificativă a structurii miofibrilare, deoarece în studiul nostru textura probelor nu a suferit nici o modificare semnificativă.

Rezultatele ultrastructurii în studiul nostru sunt în contradicție cu Stadnik, et al. (2008) care a observat o modificare mai avansată a elementelor structurale ale sarcomerului în probele sonicate față de probele control și care au condus spre ipoteza că sonicarea

accelerează procesul de maturare în carne. Probabil aceste diferențe sunt o consecință a modului diferit de aplicare al ultrasunetelor.

Totuși, Got, et al. (1999) prin folosirea 2.6 MHz și 10 W/cm² a arătat că tratamentul cu ultrasunete post-rigor nu a cauzat modificări ale ultrastructurii iar după 6 zile de maturare nu au existat diferențe între probele sonicate și probele control.

În studiul nostru datorită parametrilor folosiți la decongelarea acustică nu se observă diferențe majore între aceste probe și cele decongelate în aer. Putem considera că parametrii folosiți nu au afectat ultrastructura cărnii, nu a avut loc o accelerare a procesului de maturare a cărnii, aceste observații fiind astfel în concordanță cu rezultatele obținute la analiza texturii precum și a pierderilor la decongelare și fierbere.

4.3. Concluzii parțiale

- rezultatele umidității exprimate sunt corelate cu cele ale pierderilor de masă, dar și cu fotografiile ultrastructurii;
- la nivelul structurii miofibrilelor nu se observa diferențe semnificative indiferent de tipul decongelării sau de intensitatea ultrasunetelor aleasă în procesul de decongelare;
- rezultatele obținute la calorimetria cu scanare diferențială, sugerează că decongelarea prin diferite metode nu a modificat stabilitatea miozinei și actinei; entalpia totală a denaturării proteinelor miofibrilare nu s-a modificat semnificativ fiind în concordanță cu rezultatele obținute la textura cărnii fierte.

Capitolul 5. COMPARAȚII ÎNTRE PROPRIETĂȚILE TEHNOLOGICE ȘI REOLOGICE ALE CĂRNII DE PORC LONGISSIMUS DORSI AMBALATĂ ÎN VACUUM ȘI NEAMBALATĂ, SUPUSĂ DECONGELĂRII

5.2. Materiale și metode

8 bucati de Longissimus dorsi au fost obținute de la carcase de porc cu aceeași greutate, depozitate 24h la 4°C după abatorizare. Carnea refrigerată a fost transportată la stația pilot a Universității de la un abator de lângă Galați. Fiecare bucată de Longissimus dorsi a fost porționată în probe de aceeași dimensiune (120 X 60 X 35 mm) și cu o greutate de aproximativ 160g. Fiecare probă de carne a fost ambalată în folie de polietilenă iar apoi a fost congelată 24h la -18°C printr-o metodă convențională într-un congelator (Electrolux) până la

-15°C în centrul probei. Temperatura în centrul probei a fost măsurată cu ajutorul unui termocuplu (SiKa Electronics). După ce probele au fost congelate, fiecare probă a fost scoasă din ambalajul folosit la congelare (folie polietilenă) și a fost ambalată în vacuum cu ajutorul mașinii de vidat existentă în secția de tranșare a stației pilot. Pentru decongelarea ulterioară a probelor s-au folosit următoarele tipuri de decongelare, și anume: (1) decongelarea în aer (temperatura camerei 16°C) a probelor ambalate în vacuum, considerându-se de referință (martor); (2) decongelarea în aer a probelor neambalate; (3) decongelarea acustică la intensități de $0.6\text{W}/\text{cm}^2$ a probelor ambalate în vacuum; (4) decongelarea acustică la intensități de $0.6\text{W}/\text{cm}^2$ a probelor neambalate. Experimentul a fost realizat în duplicat și fiecare măsurătoare s-a efectuat în triplicat.

5.3. Rezultate și discuții

5.3.5. Studiul proprietăților reologice

5.3.5.1. Determinare domeniului de viscoelasticitate

În scopul determinării regiunii de viscoelasticitate a pastelor de carne decongelate în condiții diferite au fost realizate teste dinamice oscilatorii la frecvența de 1Hz în condițiile creșterii graduale de la 0,1 la 10% a amplitudinii deformării.

Analizând rezultatele prezentate în figura 5.5 se remarcă diferențe mici în ceea ce privește valoarea modulului de depozitare, între probe decongelate prin diferite metode. Pentru întreg domeniul de deformare analizat cele mai ridicate valori ale lui modulului de depozitare au fost identificate în cazul probelor martor, fără ambalaj, decongelate fără utilizare de ultrasunete. În cazul decongelării asistate de ultrasunete nu au fost înregistrate diferențe între probele ambalate și cele fără ambalaj.

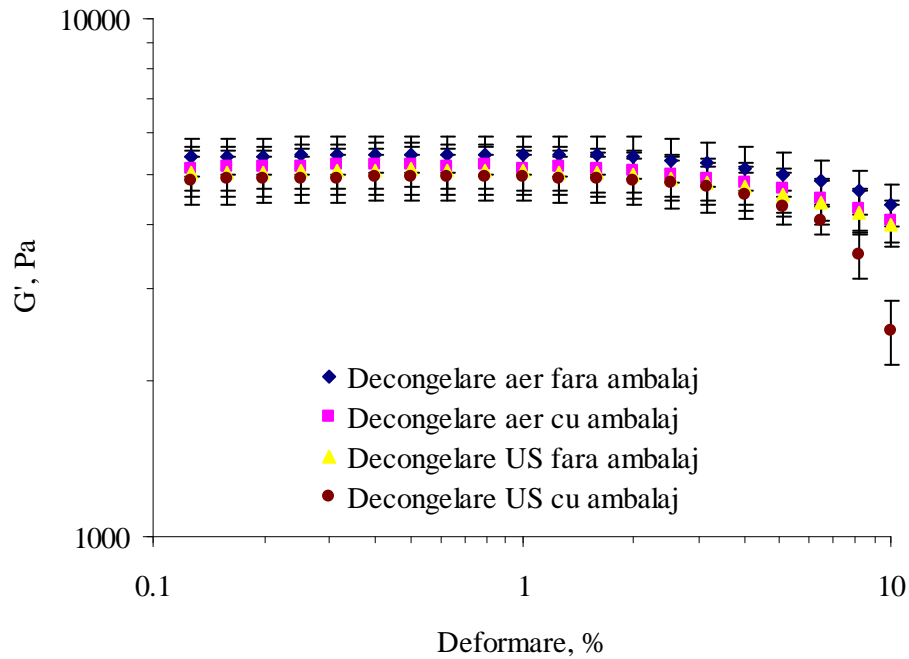


Figura 5.5. Influența metodei de decongelare asupra proprietăților viscoelastice ale pastelor de carne.

Independent de prezența ambalajului și tipul metodei de decongelare ales, se remarcă o scădere ușoară a valorilor modulului de depozitare pentru valori ale deformării peste 4%. O reducere mai accentuată a valorilor modulului de depozitare a fost înregistrat în cazul probelor de carne ambalate și decongelate cu ajutorul ultrasunetelor.

5.3.5.2. Scanarea frecvenței

Comportamentul reologic al pastelor de carne în domeniul liniar al vâscoelasticității, a fost apreciat prin monitorizarea modulului de depozitare, modulului de relaxare și unghiului delta în domeniul de frecvență 0-10 Hz. Acest test permite aprecierea răspunsului probei analizate la diferiți timpi experimentali: o frecvență redusă de aproximativ 1 Hz este asociată unui timp experimental mai lung (1s), pe când o frecvență relativ ridicată de aproximativ 100 Hz oferă indicații despre un timp experimental scurt (0,01 s) (Tunick, 2011).

În figura 5.6 este indicată evoluția acestor parametri reologici pentru proba de carne ambalată și decongelată cu ajutorul ultrasunetelor. Evoluția modulilor de depozitare și relaxare în funcție de frecvență arată o creștere continuă pe tot domeniul de frecvențe testat, cu o ușoară tendință de aplatizare a curbelor în domeniul de frecvențe de oscilație mai mare. Remarcăm faptul că, pe tot domeniul de frecvențe, modulul de relaxare a prezentat valori mai mici decât modulul de depozitare, deci componenta elastică a probelor a fost mai mare în raport cu cea vâscoasă. Creșterea valorilor lui G' este mai accentuată decât în cazul lui G'' ,

sugerând preponderența componentei elastice a probelor, în special la valori ridicate ale frecvenței de oscilație.

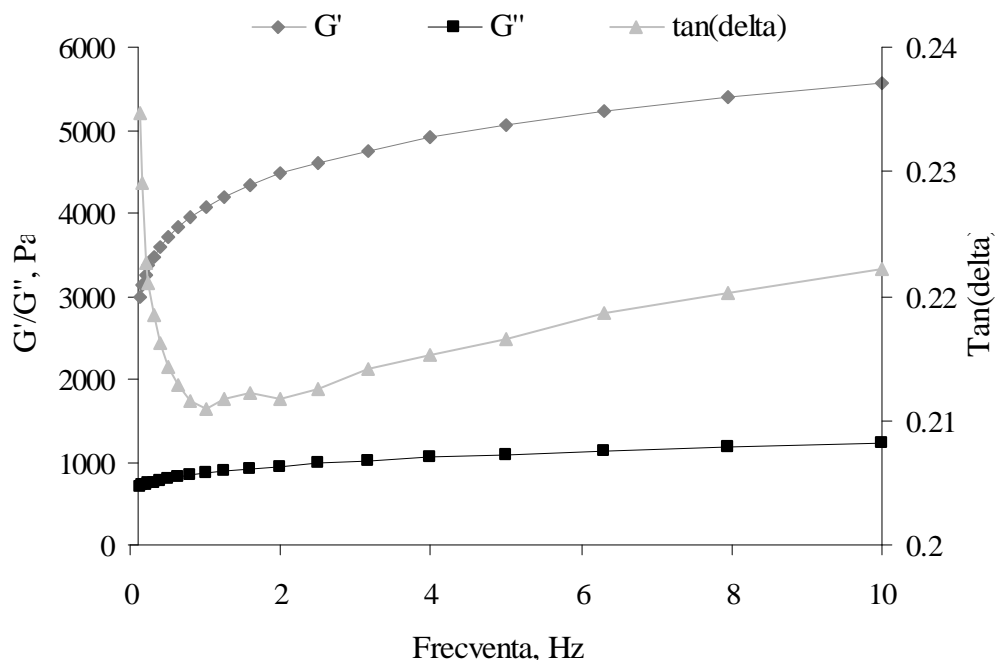


Figura 5.6. Evoluția modurilor de depozitare și relaxare și a valorilor $\tan(\delta)$ în funcție de frecvența de oscilație pentru probele de carne ambalate decongelate prin utilizarea ultrasunetelor.

$\tan \delta$, se calculează ca raport G''/G' , și este o măsură relativă a energiei disipate comparativ cu energia acumulată pe ciclul de deformare. Un unghi δ de 90° este specific unui material perfect viscos, iar materialele perfect elastice sunt caracterizate de unghiuri δ de 0° (Liu et al., 2007).

În figurile 5.7 și 5.8 sunt prezentate comparativ valorile G' și respectiv G'' pentru probele de carne decongelate în condiții diferite. Independent de prezența ambalajului și de utilizarea ultrasunetelor în procesul de decongelare, modulul de depozitare G' (răspunsul elastic, modul de înmagazinare a energiei) a înregistrat valori mult mai mari decât modulul de relaxare G'' (modul vâscos, de pierdere a energiei) determinând astfel caracterul solid al probelor analizate.

Utilizarea ultrasunetelor în procesul de decongelare a probelor de carne a condus la creșterea valorilor modurilor de depozitare și relaxare. Diferențe semnificative se remarcă în special în domeniul de frecvențe mai ridicate (Figurile 5.7 și 5.8). Aceste rezultate conduc la concluzia că tratamentul cu ultrasunete determină reducerea valorii absolute a componentelor energetice asociate compușilor macromoleculari de bază din structura probelor analizate.

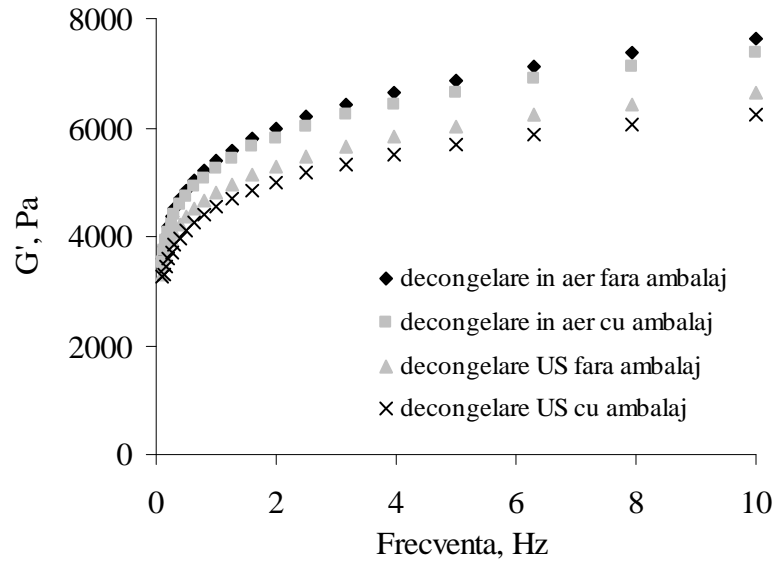


Figura 5.7. Influența modului de decongelare a probelor de carne asupra modului de depozitare.

Referitor la prezența ambalajului, se constată valori ușor mai reduse ale modurilor de depozitare și relaxare atunci când proba de analizat nu intră în contact direct cu aerul pe parcursul etapei de decongelare (Figurile 5.7 și 5.8).

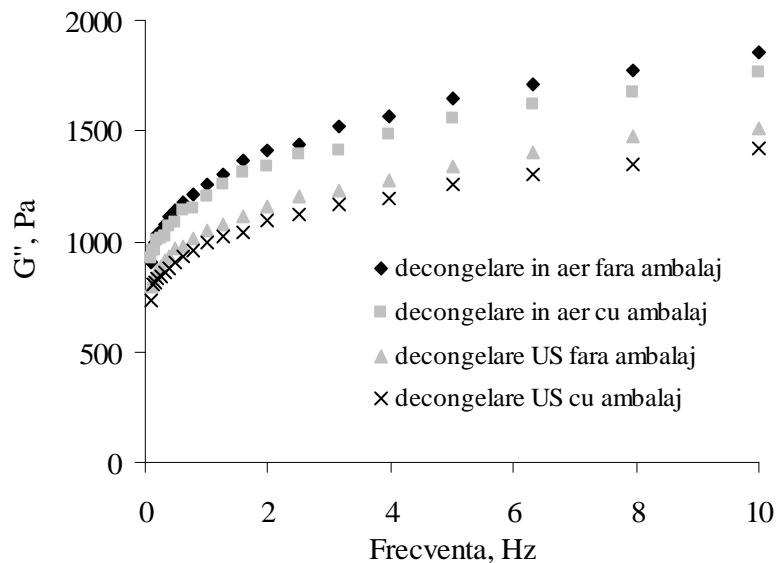


Figura 5.8. Influența modului de decongelare a probelor de carne asupra modului de relaxare.

5.3.5.3. Scanarea temperaturii

Testele oscilatorii ce au presupus scanarea temperaturii au fost efectuate la o valoare a deformării și la oscilații cu amplitudine constantă, dar la temperatură variabilă în domeniul 20 - 72°C (viteza de creștere a temperaturii 1°C/12 secunde; frecvența 1 Hz). Pentru prevenirea

deshidratării probelor în cazul realizării testelor oscilatorii prin scanarea domeniului de temperatura, s-a adăugat ulei pentru a acoperi complet marginile conului reometrului. Au fost înregistrate modificările modurilor de depozitare (G') și de relaxare (G'') și ale tangentei unghiului de fază sau de deformare (δ).

Testele de reologie dinamică în domeniul de liniar de vâscoelasticitate, efectuate prin creșterea temperaturii la frecvență constantă, au indicat faptul că profilul parametrilor monitorizați nu variază semnificativ în funcție de metoda de decongelare aplicată (Figura 5.9).

Proprietățile structurale și reologice ale materialelor complexe, cum este cazul cărnii, sunt determinate de interacțiunile dintre principalele elemente componente, și depind în special de structura și concentrația acestora.

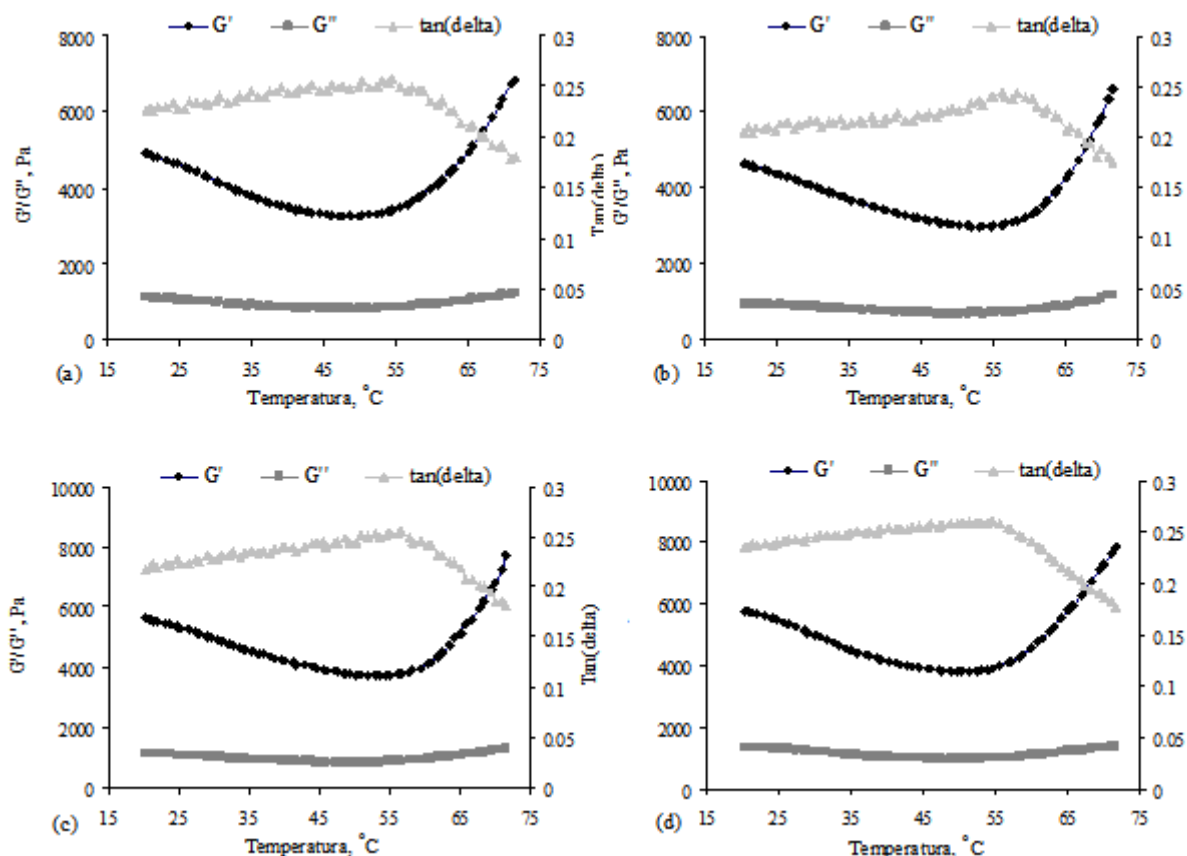


Figura 5.9. Evoluția modului de depozitare, modului de relaxare și a valorilor $\tan(\delta)$ în timpul tratamentului termic până la 72°C. (a) probă fără ambalaj decongelată în aer; (b) probă cu ambalaj decongelată în aer; (c) probă fără ambalaj decongelată cu ajutorul ultrasunetelor; (d) probă cu ambalaj decongelată cu ajutorul ultrasunetelor.

Profilul curbelor prezentate în figura 5.9 este similar celui prezentat de Liu et al.,

(2007), care au studiat reologia dinamică a pastelor de carne de pește și porc. Astfel, se poate observa că probele decongelate acustic au avut un modul elastic mai mic față de probele decongelate în aer, indicând astfel un grad oarecare al afectării structurii acestor probe. Totodată, valorile modulului G'' mai mici decât ale modulului G' arată ca probele sunt mai mult elastic decât vâscoase având tendința de a curge mai greu.

5.4. Concluzii parțiale

- ✚ pierderile totale sunt semnificativ mai mici la probele neambalate față de probele ambalate, rezultatele fiind în concordanță și cu valorile umidității exprimate;
- ✚ valorile TBARS ale probelor decongelate sunt destul de scăzute, fiind sub valoarea pragului de râncezire 1-2 mg MDA/kg carne;
- ✚ culoarea probelor de carne nu a fost afectată nici de modul de ambalare și nici de modul de decongelare;
- ✚ tipul decongelării nu a influențat în mod semnificativ textura cărnii, ambalajul nu a reprezentat o barieră care ar fi putut împiedica transferul radiațiilor ultrasonice în carne;
- ✚ nu au existat diferențe semnificative ale proprietăților reologice între probe, toate probele având capacitatea de a forma gel

Capitolul 6. EFECTUL TEMPERATURII DE CONGELARE, GRADULUI DE MATURARE ȘI TIPULUI DE DECONGELARE ASUPRA PROPRIETĂȚILOR TEHNOLOGICE ALE CĂRNII DE PORC DECONGELATĂ LONGISSIMUS DORSI

6.3. Materiale și metode

Mușchiul *Longissimus dorsi* care a fost obținut de la 8 carcace cu aproximativ aceeași greutate, la 24 ore post mortem, a fost transportat la stația pilot a Universității Dunarea de Jos, în condiții de refrigerare de la un abator de lângă Galați. Fiecare dintre bucățile de mușchi a fost fasonată, îndepărtându-se țesutul conjunctiv și urmele de grăsime, și porționată în bucăți de 100 g. apoi, bucățile au fost ambalate în folii de polietilena și împărțite în 8 bucăți, astfel încât, din fiecare bucată de mușchi să existe probe pentru fiecare din procesele care urmează a fi prezentate. Probele au fost împărțite astfel:

- congelare la -18°C a probelor la 24 h postmortem;
- congelare la -18°C a probelor care au fost în prealabil maturate la o temperatură de $2-4^{\circ}\text{C}$ într-un frigider Electrolux timp de 3 zile și apoi congelate la -18°C ;
- congelare la -60°C a probelor la 24 h postmortem;
- congelare la -18°C a probelor care au fost în prealabil maturate la o temperatură de $2-4^{\circ}\text{C}$ într-un frigider Electrolux timp de 3 zile și apoi congelate la -18°C ;

După ce probele au fost pregătite pentru congelare, ele au fost depozitate timp de o lună la temperatura la care a fost realizată congelarea. După o lună, probele au fost scoase din congelator, vidate și decongelate folosind două tipuri de decongelare:

- decongelare în aer $+16^{\circ}\text{C}$, decongelare lentă (timpul necesar probei să traverseze intervalul de temperatură de la -7°C la -1°C a fost de 55 minute);
- decongelare acustică la o intensitate de 0.6 W/cm^2 și o frecvență de 25 KHz, într-o baie de apă la $+15^{\circ}\text{C}$, decongelare rapidă (timpul necesar probei să traverseze intervalul de temperatură de la -7°C la -1°C a fost de 8 minute).

6.4.1. Pierderile de masă la decongelare

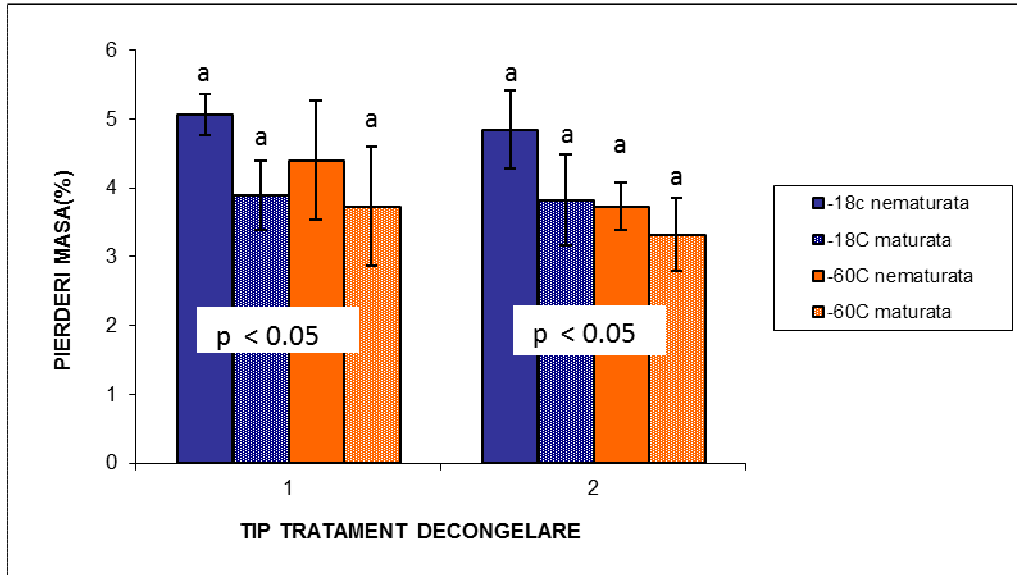


Figura 6.1. Influența modului de decongelare a probelor de carne asupra pierderilor de masă, în funcție de gradul de maturare și temperatura de congelare a probelor; 1-decongelarea în aer, 2-decongelarea acustică.

Dupa cum se observă în figura 6.1, pierderile la decongelare sunt semnificativ diferite ($p < 0.05$) atât în cazul probelor decongelate în aer, cât și în cazul probelor decongelate acustic. Astfel, în cazul decongelării în aer există o diferență semnificativă între probele nematurate și cele maturate, indiferent de temperatura de congelare, valoarea cea mai mică a pierderilor

fiind in cazul decongelării la -60°C la carnea maturată. În cazul probelor decongelate acustic există diferențe semnificative atât între probele nematurate și cele maturate cât și între cele decongelate la temperaturi diferite. Aceste rezultate arată că pierderile în cazul decongelării acustice au fost mai mici în cazul cărnii maturate față de carnea nematurată și în cazul probelor congelate la temperaturi mai scăzute. În ceea ce privește carnea nematurată congelată la -18°C și decongelată în aer, pierderile acesteia sunt semnificativ mai mari față de cele ale cărnii congelate la -60°C indiferent de starea de maturare, cât și față de cele ale cărnii maturate și congelate la -18°C . Totuși, se observă că nu există diferențe semnificative între carnea congelată la -18°C nematurată și decongelată în aer și între carnea congelată la -18°C nematurată și decongelată acustic, fiind în concordanță cu rezultatele obținute de noi într-un studiu anterior (Gambuteanu C, Alexe P, Comparison of thawing assisted by low-intensity ultrasound on technological properties of pork Longissimus dorsi muscle), când a fost folosită o carne nematurată. În ceea ce privește influența temperaturii de congelare asupra pierderilor de exudat, Sakata et al., (1985) a arătat că temperatura de congelare nu are nici o influență asupra capacității de reținere a apei (-20°C versus -80°C) iar Bertram et al., (2007) nu a observat nici un efect al temperaturii de congelare (-20°C versus -80°C) asupra distribuției apei. În încercarea de a face o comparație cu rezultatele studiului nostru putem observa că au existat diferențe în ceea ce privește modul de lucru. Astfel, dacă în cazul celor două studii menționate carnea a fost congelată la -80°C și apoi depozitată la -20°C , în cazul nostru depozitarea cărnii timp de o lună a fost realizată la aceeași temperatură la care a fost realizată și congelarea cărnii. În cazul studiilor lui Sakata et al., (1985) și Bertram et al., (2007), modul de pregătire al probelor diferit față de al nostru ar fi putut conduce la recristalizări datorate diferențelor de temperatură, care ar fi putut conduce la obținerea unor rezultate diferite ale pierderilor de exudat. Mai mult decât atât în ambele studii probele au fost supuse unei decongelări lente. Rezumând, în cazul decongelării lente, putem observa prin comparație cu studiul nostru, rezultatele obținute sunt doar parțial în concordanță cu ale celorlalte studii, în sensul că nu există diferențe semnificative între pierderile de masă la carnea nematurată congelată la -18°C și cea nematurată congelată la -60°C ; în cazul decongelării rapide, se observă că temperatura de congelare scăzută a influențat pozitiv pierderile la decongelare, iar mărimea cristalelor la temperaturi -60°C se pare că au avut o influență pozitivă. În ceea ce privește folosirea unei decongelări rapide la care timpul caracteristic de decongelare (timpul necesar produsului să traverseze domeniul de temperatură de la -5°C to -1°C la decongelare) a fost 8 minute (decongelarea acustică) versus 55 minute (decongelarea în aer) se pare că rezultatele au fost pozitive. Aceste rezultate sunt în concordanță cu Ngapo et al. (1999a) care

a arătat ca pierderile de exudat scad proporțional cu scurtarea timpului de decongelare, dar în contradicție cu Gonzales-Sanguinetti et al. (1985) care a arătat că prin scurtarea timpului de decongelare au loc pierderi de exudat mai mari. O legătură între alegerea timpului optim de congelare postmortem și pierderile de exudat la decongelare, a fost făcută de către Yu et al. (2009), studiul evidențiind o congelare a cărnii realizată la 45 minute după abatorizare în loc de 24 ore după abatorizare, poate determina scăderi semnificative ale pierderilor de exudat la decongelare.

6.4.4. Analiza fermității la carnea crudă

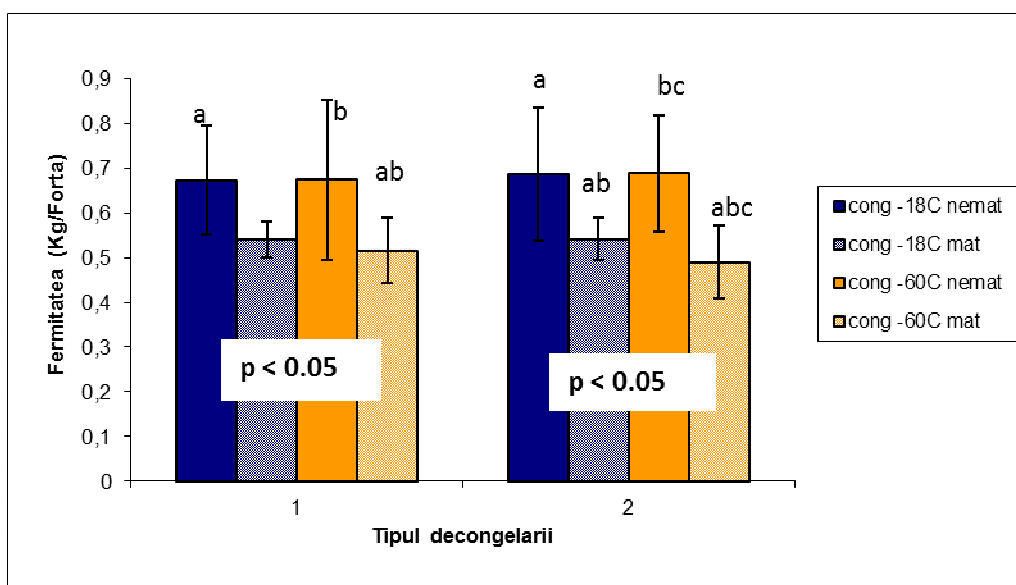


Figura 6.4. Influența modului de decongelare a probelor de carne asupra fermității, în funcție de gradul de maturare și temperatură de congelare a probelor; 1-decongelarea în aer, 2-decongelarea acustică

După cum se observă în figura 6.4. fermitatea măsurată este semnificativ afectată atât în cazul decongelării lente cât și în cazul decongelării rapide. În cazul decongelării lente, valorile fermității arată că probele nematurate și congelate la -18°C sunt semnificativ diferite de probele nematurate congelate la -60°C , iar probele nematurate congelate la -60°C sunt semnificativ diferite de probele maturate congelate la -60°C . În cazul decongelării rapide, în plus față de decongelarea lentă, există diferențe atât în cazul probelor nematurate la -18°C și cele maturate la -18°C cât și față de cele maturate la -60°C . Luând în considerare aceste rezultate putem observa că maturarea probelor înainte de congelare la temperaturi scăzute de -60°C afectează în cea mai mare măsură fermitatea cărnii crude, cea mai mică valoare se poate observa la acest tip de probe care au fost decongelate rapid. În literatura de specialitate nu există prea multe date despre influența temperaturii de congelare asupra texturii cărnii crude. Totuși, în cazul studiului nostru se pare că temperaturile scăzute de congelare au avut o influență pozitivă asupra cărnii maturate indiferent de metoda de decongelare aleasă. O

posibilă explicație ar putea fi legată de formarea cristalelor mici de gheață intracelulară apărute în cazul unei congelări rapide, care ar fi putut mări gradul de maturare prin creșterea activității enzimatice (Dransfield, 1986). În ceea ce privește fermitatea cărnii crude se pare că există o corelație a acesteia cu umiditatea exprimată, observând că în cazul cărnii maturate și congelată la temperaturi scăzute (-60°C) există cele mai scăzute valori ale fermității și cele mai scăzute valori ale umidității exprimate, indiferent de regimul de decongelare folosit. Astfel, aceste rezultate par a fi în concordanță cu rezultatele lui Huff-Lonergan, et al (2002) care a arătat că există o legătură între pierderile de exudat și textura cărnii, probele cu pierderi de exudat mari tind să fie mai puțin fragede.

6.5. Concluzii parțiale

- ✚ procesul de decongelare acustică are o influență pozitivă în cazul cărnii maturate congelată la temperaturi scăzute în ceea ce privește fermitatea cărnii, pierderile la fierbere și pierderile la decongelare ;
- ✚ temperaturile scăzute folosite la congelare și depozitare au condus la obținerea celor mai bune valori ale parametrilor analizați, indiferent de metoda de decongelare folosită;
- ✚ folosirea unei cărnii maturate a avut o influență pozitivă în ceea ce privește parametrii analizați

CONCLUZII FINALE

În ceea ce privește rezultatele obținute în această lucrare putem să reținem câteva din cele mai importante aspecte care ar putea aduce o contribuție majoră în viitoarele studii:

- ✚ timpul total de decongelare s-a redus cu 76-84 % comparativ cu decongelarea în aer și cu 50-66 % față de decongelarea prin imersie;
- ✚ stimularea transferului termic la schimbarea de fază (de la -5°C la -1°C), timpul s-a redus cu 79 % la decongelarea acustică ($0.6\text{W}/\text{cm}^2$) față de decongelarea prin imersie în apă, și cu 87% față de decongelarea control;
- ✚ decongelarea acustică a redus semnificativ timpul de decongelare, timpul de decongelare scăzând odată cu creșterea intensității ultrasunetelor;

- ✚ scurtarea timpului de decongelare are repercursiuni pozitive asupra eficacității procesului și implicit asupra aspectului economic, deoarece într-un timp mai scurt are loc decongelarea unor cantități mai mari de carne congelată;
- ✚ la nivelul structurii miofibrilelor nu se observa diferențe semnificative indiferent de tipul decongelării sau de intensitatea ultrasunetelor aleasă în procesul de decongelare;
- ✚ rezultatele obținute la calorimetria cu scanare diferențială, sugerează că decongelarea prin diferite metode nu a modificat stabilitatea miozinei și actinei; entalpia totală a denaturării proteinelor miofibrilare nu s-a modificat semnificativ fiind în concordanță cu rezultatele obținute la textura cărnii fierte;
- ✚ prin scurtarea timpului de decongelare a scăzut numărul total de bacterii aerobe, procesul de decongelare desfășurându-se în condiții de securitate alimentară.
- ✚ ambalajul nu a reprezentat o barieră care ar fi putut împiedica transferul radiațiilor ultrasonice în carne;
- ✚ pierderile totale sunt semnificativ mai mici la probele neambalate față de probele ambalate, rezultatele fiind în concordanță și cu valorile umidității exprimate;
- ✚ nu au existat diferențe între probele ambalate și cele neambalate din punct de vedere al proprietăților reologice, toate probele fiind capabile să formeze gel;
- ✚ folosirea cărnii maturate înainte de congelare, a temperaturilor scăzute de congelare și a unei decongelări rapide influențează pozitiv proprietățile tehnologice ale cărnii decongelate.
- ✚ temperaturile scăzute folosite la congelare și depozitare au condus la obținerea celor mai bune valori ale parametrilor analizați, indiferent de metoda de decongelare folosită;
- ✚ procesul de decongelare acustică are o influență pozitivă în cazul cărnii maturate congelată la temperaturi scăzute în ceea ce privește fermitatea cărnii, pierderile la fierbere și pierderile la decongelare;
- ✚ temperaturile scăzute la congelare și depozitare corelate cu folosirea unei cărnii maturate, precum și a unei decongelări rapide reprezintă soluția ideală la obținerea unei cărnii decongelate cu reale calități tehnologice.

ELEMENTE DE ORIGINALITATE. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

Motivația pe care am avut-o, din momentul în care o idee a fost transformată într-un studiu cu rezultate concrete, a fost în strânsă legătură cu punerea în practică a unor elemente de originalitate. De aceea în cele ce urmează vor fi prezentate elementele de noutate ale acestei teze, prin care s-a încercat obținerea de rezultate concrete axate pe trei direcții principale, astfel:

1. S-a obținut un regim optim al decongelării acustice (25KHz, 0.6W/cm²) care a făcut posibilă scăderea timpului de decongelare, cu rezultate economice pozitive, prin:

- scurtarea timpului de decongelare fără a afecta proprietățile tehnologice ale cărnii de porc;
- folosirea unor parametrii diferiți față de cei utilizați în studiile precedente care au folosit ultrasunete în procesul de decongelare al cărnii, precum și o variantă constructivă eficientă în ceea ce privește decongelarea asistată de ultrasunete;
- intensitățile scăzute aplicate și tipul aparatului folosit care au condus la o decongelare uniformă în toată masa cărnii decongelate, neexistând diferențe mari între temperatura cărnii la suprafața probei și cea din centrul probei;
- prezentarea nu numai unei noi variante de decongelare acustică, dar și efectele ultrasunetelor asupra proprietăților tehnologice ale cărnii, spre deosebire de celelalte studii care au studiat doar procesul de decongelare.

2. Au fost obținute date referitoare la importanța ambalajului în procesul de decongelare, prin:

- prezentarea importanței ambalajului în procesul de decongelare al cărnii în ceea ce privește calitățile tehnologice ale cărnii decongelate;
- prezentarea unor date ale parametrilor culorii cărnii prin care s-a arătat că decongelarea fără ambalaj a cărnii ar putea face posibilă folosirea cărnii nu numai în procesul de producție cât și în cel de comercializare;
- s-a arătat că ambalajul nu reprezintă o barieră împotriva ultrasunetelor de intensitate joasă, în literatura de specialitate existând numeroase incertitudini pe această temă.

3. Au fost obținute date referitoare la alegerea momentului congelării, prin:

- s-a arătat influența conjugată a temperaturii de congelare, gradului de maturare și tipului de decongelare asupra calității cărnii de porc decongelată;
- s-a arătat importanța alegerii unor temperaturi joase la congelare și depozitare;
- s-a prezentat importanța procesului de maturare înainte de congelare, în ceea ce

privește influența asupra pierderilor la decongelare, fermității cărnii.

În speranța că rezultatele obținute vor fi puncte de plecare în studiile viitoare, considerăm ca potențiale direcții de cercetare urmărirea unor specte legate de:

- ✓ aplicarea studiului realizat pe bucăți mai mari de carne congelată pentru a urmări atât timpul de decongelare cât și diferența de temperatură existentă între suprafața și centrul geometric al produsului;
- ✓ calculul de rentabilitate al unui astfel de echipament folosit la nivel industrial pentru a putea alege o soluție eficientă de decongelare și din punct al costului de producție, ținând cont ca aceste costuri se răsfrâng asupra produsului finit și implicit asupra prețului final pe care trebuie să-l plătească consumatorul;
- ✓ proiectarea unui echipament de decongelare la nivel industrial care să utilizeze ultrasunetele;
- ✓ importanța maturării cărnii înainte de congelare, fără a pierde din vedere în ce măsură folosirea unei cărnii maturate ar afecta din punct de vedere economic prețul produsului finit;
- ✓ utilizarea cărnii decongelate prin diferite moduri în procesul de injectare sau cuterizare având ca scop investigarea atributelor calității produsului finit obținut;
- ✓ combinarea eficientă a ultrasunetelor folosite la decongelarea cărnii cu procesul de tumblerizare;
- ✓ folosirea ultrasunetelor în procesul de sărare-tumblerizare urmărind scurtarea procesului de tumblerizare precum și gradul de afectare al caracteristicilor tehnologice ale cărnii.

DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRII

Lucrări publicate

1. **Gambuteanu C**, Alexe P, Effects of ultrasound assisted thawing on microbiological, chemical and technological properties of unpackaged pork Longissimus dorsi, The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle VI, Food Technology 37(2), 2013;
2. **Gambuteanu C**, Alexe P, Effects of freezing temperature and ageing on weight loss from pork Longissimus dorsi during frozen storage, Global Research Analysis, 2(9) 2013;
3. **Gambuteanu C**, Alexe P, Principles and effects of acoustic cavitation - A review, The

Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle VI, Food Technology 37(2), 2013

4. **Gambuteanu C**, Diaconu V, Alexe P, Effects of ultrasound on technological properties of meat - A review, Annals. Food Science and Technology, 14(2), 2013;

5. **Gambuteanu C**, Borda D, Alexe P, The effect of freezing and thawing on technological properties of meat: Review, Journal of Agroalimentary Processes and Technologies, 19(1), 88-93, 2013

Lucrări în curs de publicare cotate ISI Thompson

1. **Gambuteanu C**, Alexe P, Comparison of thawing assisted by low-intensity ultrasound on technological properties of pork *Longissimus dorsi* muscle, Journal of Food Science and Technology –accepted with revision

2. **Gambuteanu C**, Patrascu L, Alexe P, Effect of freezing-thawing process on some quality aspects of pork *Longissimus dorsi* muscle, Romanian Biotechnological Letters-under review.

Conferințe

Gambuteanu C, Borda D, Alexe P, The effect of freezing and thawing on technological properties of meat: Review. *The 4th International Conference on Food Chemistry, Engineering & Technology*. Book of Abstracts, p.35