

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



TEZĂ DE DOCTORAT

**CERCETĂRI PRIVIND OBȚINEREA,
CARACTERIZAREA ȘI UTILIZAREA
PROTEINELOR MIOFIBRILARE ÎN
INDUSTRIA ALIMENTARĂ
(Rezumat teză)**

**Doctorand,
Ing. Floricel CERCEL**

**Conducător științific
Prof. univ. dr. ing. Petru ALEXE**

Seria I4: Inginerie industrială Nr 39

**GALAȚI
2016**

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



TEZĂ DE DOCTORAT

**CERCETĂRI PRIVIND OBȚINEREA,
CARACTERIZAREA ȘI UTILIZAREA
PROTEINELOR MIOFIBRILARE ÎN
INDUSTRIA ALIMENTARĂ
(Rezumat teză)**

**Doctorand,
Ing. Floricel CERCEL**

**Conducător
științific,**

Referenți științifici

Prof. univ. dr. ing.

Prof. univ. dr. ing.
Cercetător științific grad I
dr.ing.

Prof. univ. dr. ing.

Petru ALEXE

**Adrian RIVIȘ
Nastasia BELC**

Victor CRISTEA

Seria I4: Inginerie industrială Nr 39

GALAȚI

2016

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

Domeniul **ȘTIINȚE INGINEREȘTI**

Seria I 1: **Biotehnologii**

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

Seria I 3: **Inginerie electrică**

Seria I 4: **Inginerie industrială**

Seria I 5: **Ingineria materialelor**

Seria I 6: **Inginerie mecanică**

Seria I 7: **Ingineria produselor alimentare**

Seria I 8: **Ingineria sistemelor**

Domeniul **ȘTIINȚE ECONOMICE**

Seria E 1: **Economie**

Seria E 2: **Management**

Domeniul **ȘTIINȚE UMANISTE**

Seria U 1: **Filologie- Engleză**

Seria U 2: **Filologie- Română**

Seria U 3: **Istorie**

Seria U 4: **Filologie - Franceză**

Domeniul **MATEMATICĂ ȘI ȘTIINȚE ALE NATURII**

Seria C: **Chimie**

Cuvânt înainte...

**„Ca să ai o idee grozavă,
trebuie să ai mai multe idei!”**

(Thomas Edison)

Sunt de formație militară. Când pleci la un drum trebuie să-ți pregătești cu grijă bagajele. Trebuie, să privești cu atenție drumul. Trebuie să crezi că-l poți parcurge, că există un capăt

...

Nu știu câți oameni au crezut, cu adevărat, că eu pot parcurge un drum așa de greu.

Nu știu ce forță m-a făcut să merg cu atâta încăpățănare, numai înainte.

Mulțumesc, astăzi, acestei forțe nevăzute cu toată dragostea de care sunt eu în stare.

Știu câțiva oameni care au avut încredere în mine și sunt mândru că am avut încrederea lor deschisă:

Petru ALEXE cel mai sever „antrenor” și, deopotrivă, cel mai bun „părinte”,

Aurelia IONESCU marea doamnă a iluminării mele, meticuloasă, răbdătoare, pedagogă și generoasă dincolo de toate,

Mariana STROIU un paznic dăruit de Dumnezeu pentru toate căutările mele,

Iuliana APRODU pentru maturitatea spiritului științific într-un trup firav sau pentru victoria absolută a spiritului,

Daniela IANIȚCHI prieten adevărat, un prieten cu știința de a comunica la distanță, un prieten cu vocația luminii,

Camelia VIZIREANU ca girant a activității mele efective la doctorat,

Romulus BURLUC, Livia PĂTRAȘCU, Maricica STOICA, Cristian DIMA, Cristian TUDOSE, Lucia UNGUREANU mari prieteni și tovarăși de drum.

Și încă mulți alții din Universitate sau din armată, marii anonimi ai încrederii în mine.

La sfârșit sunt **Ei, Părinții**. Ei au dreptul la ultima lacrimă. De bucurie.

Da, am ajuns la capăt.

Un capăt care reprezintă un alt început de drum...

Mulțumesc!...

Florice**l CERCEL**

Cuvinte cheie:

- ✓ capacitatea de amulsionare,
- ✓ filme comestibile,
- ✓ pâine cu proteină
- ✓ pește,
- ✓ proprietăți de gelificare,
- ✓ proteine miofibrilare,
- ✓ reologie,
- ✓ solubilitatea proteinelor.

CUPRINS

| | |
|--|-----|
| OBIECTIVE | vii |
| LISTA ABREVIERI | 1 |
| LISTA FIGURI | 6 |
| LISTA TABELE | 9 |
| I. STUDIU DOCUMENTAR | 11 |
| Capitolul 1. Documentare | 11 |
| 1.1. Introducere | 11 |
| 1.2. Carnea ca materie primă | 11 |
| 1.2.1. Proteinele cărni | 12 |
| 1.2.1.1. Proteinele sarcoplasmice | 13 |
| 1.2.1.2. Proteine miofibrilare | 14 |
| 1.2.1.3. Proteinele țesutului conjunctiv | 15 |
| 1.2.2. Proprietățile funcționale ale proteinelor musculare | 18 |
| 1.2.2.1. Capacitatea de reținere a apei | 18 |
| 1.2.2.2. Proprietățile de gelificare ale proteinelor miofibrilare | 19 |
| 1.2.3. Obținerea și utilizarea concentratelor de proteine musculare | 23 |
| 1.2.3.1. Procedeele surimi | 23 |
| 1.2.3.2. Produsele de tip surimi (like - surimi) | 24 |
| 1.2.5.3 Obținerea concentratelor proteice prin tehnica schimbării pH-ului | 25 |
| 1.3 Formarea filmelor biodegradabile/comestibile | 26 |
| 1.3.1 Clasificarea filmelor și învelișurilor | 27 |
| comestibile/biodegradabile | |
| 1.3.2. Procedee de obținere a filmelor | 28 |
| comestibile/biodegradabile | |
| 1.3.2.1 Procesul solvent de formare a filmelor | 28 |
| 1.3.2.2 Mecanisme generale | 29 |
| 1.3.2.3 Agregarea proteinelor | 30 |

| | | |
|----------------------------------|---|----|
| 1.3.3 | Procedeul uscat de formare a filmelor | 31 |
| 1.4 | Metode de obținere a învelișurilor | 31 |
| comestibile/biodegradabile | | |
| 1.5 | Proprietățile filmelor și învelișurilor comestibile | 32 |
| bazate pe proteine | | |
| 1.5.1 | Solubilitatea filmelor | 32 |
| 1.5.2 | Proprietăți mecanice | 32 |
| 1.5.3. | Permeabilitatea la vapori de apă | 32 |
| 1.5.4. | Permeabilitatea la gaze | 33 |
| 1.6. | Aplicațiile filmelor și învelișurilor | 33 |
| comestibile/biodegradabile | | |
| 1.7 | Microîncapsulare | 34 |
| 1.7.1 | Materialele utilizate pentru încapsulare | 35 |
| 1.7.2 | Tehnici de încapsulare | 35 |
| 1.7.3 | Aplicațiile încapsulării în industria alimentară | 37 |
| 1.7.3.1 | Încapsularea probioticelor | 37 |
| 1.7.3.2 | Încapsularea agenților de aromatizare | 37 |
| 1.7.3.3 | Încapsularea polifenolilor | 37 |
| 1.7.3.4 | Încapsularea uleiului de pește | 38 |
| 1.7.3.5 | Încapsularea pigmentilor | 38 |
| 1.7.3.6 | Încapsularea micronutrienților | 39 |
| II. PARTEA EXPERIMENTALĂ | | 40 |
| Capitolul 2. Materiale și metode | | 40 |
| 2.1. | Materia primă | 40 |
| 2.2. | Obținerea concentratelor proteice liofilizate | 43 |
| 2.3. | Metode de analiză | 44 |
| 2.3.1. | Determinarea compoziției chimice aproximative | 44 |
| 2.4. | Proprietățile funcționale ale concentratelor/ | 44 |
| izolatelor proteice | | |
| 2.4.1. | Solubilitatea proteinelor | 44 |
| 2.4.2 | Absorbția apei și uleiului | 44 |
| 2.4.3. | Capacitatea de emulsionare | 45 |

| | |
|--|----|
| 2.4.4. Capacitatea de spumare și stabilitatea spumei | 45 |
| 2.4.5. Proprietățile de gelificare | 46 |
| 2.5. Prepararea fimelor proteice | 46 |
| 2.6. Proprietățile filmelor bazate pe proteine | 46 |
| musculare de pește | |
| 2.6.1. Aspectul filmului | 46 |
| 2.6.2 Măsurarea grosimii filmului | 46 |
| 2.6.3. Permeabilitatea la vapori de apă (PVA) | 47 |
| 2.6.4. Hidroliza cu protează | 47 |
| 2.6.5. Solubilitatea filmului în diferite soluții | 47 |
| denaturante | |
| 2.6.6. Solubilitatea filmului în apă | 48 |
| 2.6.7. Transmisia luminii și transparența | 48 |
| 2.6.8. Măsurarea proprietăților mecanice | 48 |
| 2.6.9. Microscopie prin scanare electronica | 48 |
| 2.7. Prepararea pâinii | 49 |
| 2.7.1. Determinarea proprietăților pâinii | 49 |
| 2.7.1.1. Volumul specific al pâinii | 49 |
| 2.7.1.2. Elasticitatea a miezului de pâine | 49 |
| 2.7.1.3. Porozitatea a miezului de pâine | 49 |
| 2.7.1.4. Analiza senzorială | 49 |
| Capitolul 3. Proteine miofibrilare | 50 |
| 3.1 Studiul proprietăților funcționale ale | 50 |
| concentratelor/izolatelor proteice | |
| 3.1.1 Solubilitatea proteinelor | 52 |
| 3.1.2 Capacitatea de spumare și stabilitatea spumei | 57 |
| 3.1.3 Capacitatea de emulsionare | 61 |
| 3.1.4 Proprietățile de gelificare | 67 |
| 3.1.4.1 Comportamentul reologic al proteinelor de | 68 |
| pește | |
| 3.1.4.2 Comportamentul reologic al proteinelor de vită | 77 |
| 3.1.4.3 Comportamentul reologic al proteinelor de | 78 |

| | |
|---|-----|
| piept de pui | |
| 3.1.4.4 Comportamentul reologic al proteinelor de porc | 79 |
| 3.2. Proteine de origine animală și vegetală | 80 |
| 3.3.. Concluzii parțiale | 81 |
| 4.Îmbunătățirea valorii nutritive a pâinii obținuta din făină de grâu | 83 |
| 4.1.Prepararea pâinii | 83 |
| 4.2.Compoziția chimică a probelor de pâine | 84 |
| 4.3. Conținutul de aminoacizi esențiali | 84 |
| 4.4.Efectul proteinei de pește asupra calității pâinii | 85 |
| 4.5.Concluzii parțiale | 87 |
| Capitolul 5.Filme comestibile | 88 |
| 5.1 Compoziția soluției formatoare de film | 88 |
| 5.2 Compoziția aproximativă a proteinelor miofibrilare de Novac | 88 |
| 5.3 Efectul compoziției și pH-ului soluției formatoare de film asupra proprietăților fizice ale filmelor bazate pe proteine miofibrilare de Novac | 89 |
| 5.3.1 Aspectul filmelor | 89 |
| 5.3.2 Grosimea filmelor | 90 |
| 5.4. Conținutul de apă, solubilitatea în apă și permeabilitatea la vaporii de apă ale filmelor | 95 |
| 5.4.1 Conținutul de apă și solubilitatea în apă | 95 |
| 5.4.2 Permeabilitatea la vapori de apă | 100 |
| 5.5.Culoarea filmelor | 104 |
| 5.6.Transmisia luminii și transparența filmelor | 106 |
| 5.7. Proprietățile mecanice ale filmelor bazate pe proteine miofibrilare de Novac | 107 |
| 5.7.Concluzii parțiale | 110 |
| Concluzii finale | 112 |
| Elemente de originalitate ale tezei de doctorat | 116 |
| Diseminarea rezultatelor cercetărilor | 117 |

| | |
|---|-----|
| A. Articole publicate în reviste cotate ISI | 117 |
| B. Articole publicate în reviste cotate BDI | 117 |
| DIRECȚII DE DEZVOLTARE ULTERIOARE A | 119 |
| CERCETĂRII PRIVIND PROTEINELE MIOFIBRILARE | |
| BIBLIOGRAFIE | 122 |

STRUCTURA TEZEI DE DOCTORAT

Teza de doctorat are 150 de pagini, 52 figuri, 22 tabele și este structurată în două părți, respectiv:

I. **STUDIUL DOCUMENTAR** - în care este prezentat - stadiul actual al cunoașterii prin studiul literaturii de specialitate;

II. **PARTEA EXPERIMENTALĂ** - cuprinde rezultate, discuții, concluzii și contribuțiile personale.

Partea experimentală este structurată în patru capitole:

Capitolul 2. **Materiale și metode** – cuprinde enumerarea materiilor prime, obținerea concentratelor proteice liofilizate precum și o descriere a metodelor de lucru folosite;

Capitolul 3. **Studiul proprietăților funcționale ale concentratelor/izolatelor proteice** - proteinele miofibrilare, obținute din surse diferite, au fost caracterizate din punct de vedere funcțional prin determinarea solubilității proteinelor, proprietăților de emulsionare, spumare și de gelificare;

Capitolul 4. **Îmbunătățirea valorii nutritive a pâinii obținută din făină de grâu** - adăugarea de concentrat proteic de pește și concentrat proteic liofilizat de pește în aluat au îmbunătățit valoarea nutritivă a pâinii;

Capitolul 5. **Filme comestibile** – am prezentat obținerea și caracterizarea filmelor comestibile/biodegradabile.

PARTEA EXPERIMENTALĂ se încheie cu un subcapitol de *Concluzii generale și recomandări* prezintă sinteza concluziilor ce se desprind din cercetările efectuate.

Studiu documentar

Introducere

La fabricarea produselor procesate de carne se utilizează diferite tipuri de cărnuri, organe, subproduse comestibile și slănină (ca materii prime), alături de un număr mare de ingrediente non-carne, cu rol important în formulările diferitelor produse. Aceste ingrediente stabilizează amestecurile și adaugă caracteristici și arome specifice. În mod tradițional, se utilizează agenți de extensie și de îngroșare, apă, sare, nitrit, nitrați, ascorbați/erisorbați, glucide, antioxidanți, inhibitori de mucegai, condimente, aromatizanți în funcție de tipul produsului.

Agenții de extensie sunt reprezentați de aditivii proteici, definiți ca proteine non-carne. În prezent, sunt disponibili comercial diferiți agenți de extensie și de îngroșare pentru utilizare la salamurile emulsionate, salamuri cu structură eterogenă și produse de carne restructurate pentru îmbunătățirea capacităților de legare a apei și de emulsionare, a caracteristicilor de feliere și a consistenței. De asemenea, ei determină creșterea conținutului de proteine, adaugă arome specifice, îmbunătățesc randamentul la procesare și reduc costurile formulărilor. Cei mai importanți agenți de extensie pentru preparatele din carne sunt proteinele de soia, proteinele din lapte, amidonul, făinurile și drojdia. Cantitatea maximă permisă pentru agenții de extensie la producția de salamuri este de 3,5% și este strict reglementată prin lege în unele țări. Compoziția cărnii este foarte importantă pentru compoziția produsului finit. Carnea slabă, prin ea însăși, are o compoziție chimică relativ constantă, apropiată de cea a țesutului muscular, dar compoziția cărnurilor care includ și grăsimea externă este foarte variabilă.

Proteinele reprezintă, după apă, constituenții cei mai importanți ai organismelor animale.

Proteinele miofibrilare sunt localizate în miofibrile, contribuie la organizarea filamentosă a mușchiului și participă direct la procesul mecanochimic al contracției și al rigidității musculare. Proteinele structurale reprezintă fracțiunea de proteine cea mai bogată din țesutul muscular (54-70% din totalul proteinelor țesutului muscular).

Proteinele miofibrilare, din punct de vedere tehnologic, contribuie la frăgezimea cărnii, determină capacitatea de reținere a apei și de hidratare a cărnii, capacitățile de emulsionare a grăsimilor și de gelificare. Proteinele miofibrilare prin aportul mare de aminoacizi esențiali, contribuie cu circa 70% din valoarea nutritivă adusă de carne. (Ionescu, Aprodu, Alexe, 2009).

Proteinele miofibrilare au solubilitate intermediară între proteinele sarcoplasmice și stromale (insolubile în apă, dar solubile în soluții saline cu tărie ionică mai mare de 0,3 sau în soluții cu pH controlat). Ele sunt proteine fibrilare care se asociază între ele cu formarea unor structuri complexe paralele (Cuq, ș.a, 1995).

Proteinele cărnii prezintă proprietăți funcționale importante, cum sunt: capacitatea de reținere a apei, de emulsionare și de gelificare.

Proteinele miofibrilare sunt responsabile pentru proprietățile texturale ale produse procesate din carne (Yasui, ș.a., 1980; Asghar, ș.a., 1985). În general, ele sunt extrase în soluții saline cu tărie ionică mare (0,3-0,6 M), sunt cunoscute ca proteine solubile în sare (SSP) și reprezintă 55 până la 60% din proteinele musculare totale sau 10% din greutate musculaturii striate (Asghar ș.a., 1985). Dintre proteinele miofibrilare, miozina și actina contribuie cel mai mult la dezvoltare caracteristicilor de gel la produsele procesate din carne sărată.

Factorii care influențează proprietățile de gelificare indusă termic au fost studiate pentru diferite proteine miofibrilare, îndeosebi, miozina de vită, porc, pasăre, pește și de iepure (Fretheim, ș.a., 1986; Smith, ș.a., 1988; Hennigar, ș.a., 1989; Chan, ș.a., 1992; Xiong, 1992; Lan, ș.a., 1995a, 1995b; Boyer, ș.a., 1996a, 1996b). Gelificarea proteinelor musculare implică denaturarea parțială urmată de agregarea ireversibilă a capetelor miozinei prin formarea legăturilor disulfitice și tranziția corpului moleculei de la forma de helix la spirală care conduce la o rețea cu structură tridimensională (Samejima, ș.a, 1981; Smith, ș.a., 1988; Sharp, ș.a, 1992; Stone, ș.a, 1992). În timpul gelificării, miozina și alte proteine solubile în sare suferă modificări complexe ale caracteristicilor reologice, în funcție de temperatura și pH-ul la care sunt expuse (Egelanddal, ș.a., 1986; Xiong, 1993).

Materiale and metode

Exemplarele de crap au fost procurate în stare proaspătă de la magazinul local de comercializare a peștelui. Peștele a fost transportat la laborator în geantă frigorifică și apoi a fost păstrat la temperatura de 4°C, până la procesare. Peștele după cântărire, a fost desolzit, eviscerat, decapitat și filetat. Fileurile au fost dezosate și jupuite manual. Mușchii roșii au fost detașați manual și separați de mușchii albi. Mușchiul alb, rezultat după cântărire, a fost mărunțit prin utilizarea unei mașini de tocat electrică, prevăzută cu sită cu diametrul ochiurilor de 3 mm.

Cărnurile tocate au fost împărțite în părți egale, fiind destinate obținerii unor concentrate de proteine miofibrilare musculare prin diferite procedee: spălarea repetată a cărnii cu apă răcită (3 spălări), urmată de centrifugare pentru îndepărtarea apelor de spălare; extragerea repetată a cărnurilor tocate cu soluție răcită de KCl 0,15M și 1 mM EDTA;

solubilizare acidă a proteinelor și precipitare acestora din soluție la pH-ul punctului izoelectric al proteinelor musculare; solubilizare alcalină a proteinelor și precipitare acestora din soluție la pH-ul punctului izoelectric al proteinelor musculare.

Determinarea compoziției chimice aproximative

Conținuturile de apă, proteine, grăsime și cenușă au fost determinate prin utilizarea metodelor standard de analiză (AOAC, 1990; Ionescu, ș.a, 1992). De asemenea, umiditatea a fost determinată și prin uscare rapidă până la masă constantă cu ajutorul Termobalanței Precisa XM 60 (figura 2.2). Azotul total a fost determinat prin metoda semimicro Kjeldahl, mineralizarea efectuându-se în instalația de tip Trade Raypa. Proteinele globale au fost calculate prin multiplicarea conținutului de azot total cu factorul 6,25. Toate analizele chimice au fost efectuate în duplicat.

pH-ul a fost determinat potențiomtric cu ajutorul pH-metrului tip Hanna folosind dispersii proteice cu concentrația de 10% (G/V), la temperatura de $22 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Solubilitatea proteinelor

Solubilitatea proteinelor din concentratele proteice umede a fost studiată în domeniul de pH cuprins între 3-11,0. Extragerea proteinelor s-a realizat prin agitarea suspensiei de concentrat proteic (10 g la 1000 ml tampon fosfat pH 7,0) cu ajutorul unui agitator magnetic timp de 1 ore la temperatura camerei. Părți alicote din suspensie au fost prelevate pentru determinarea solubilității proteinelor la diferite valori de pH, ajustate cu HCl 2M sau cu NaOH 2M și agitate timp de 1 oră. Probele au fost apoi centrifugate la 3000 rpm pentru 30 minute și conținutul de azot a fost determinat din supernatant prin metoda semimicro Kjeldahl. Solubilitatea a fost exprimată ca procent din proteina totală a probei originale, prezentă în

fracțiunea solubilă. Pentru construirea curbei de solubilitate au fost folosite valorile medii obținute pentru fiecare valoare de pH. Determinările au fost efectuate în duplicat.

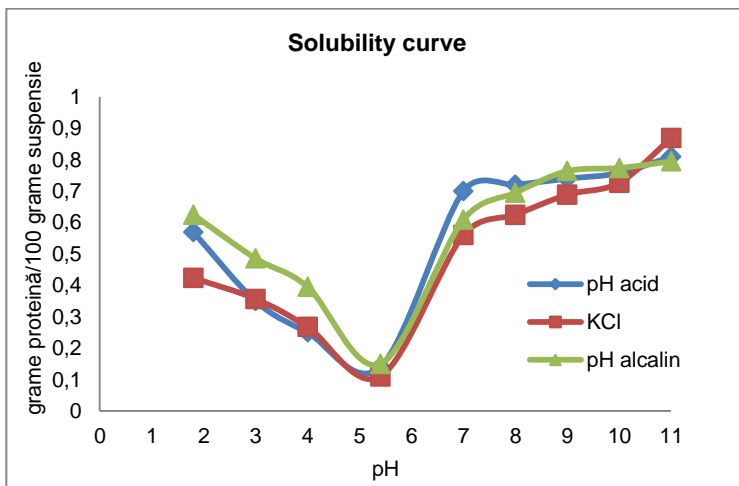
Proprietățile de gelificare

Proprietățile de gelificare au fost determinate prin măsurători reologice dinamice la oscilații de mică amplitudine, efectuate cu un reometru la tensiune controlată (AR 2000, TA Instruments, New Castle, DE), atașat la un computer control software (Rheology Advantage Data Analysis Program, TA, New Castle, DE). Temperatura a fost monitorizată prin utilizarea unui sistem de control al temperaturii Peltier. Toate măsurătorile reologice au fost făcute utilizând o geometrie con placă de 40 mm, cu o unghi de 2° și un gap de 2000 μm . Pentru fiecare test, aproximativ 2 g de suspensie proteică au fost plasate la baza plăcii reometrului. Pentru prevenirea deshidratării s-a adăugat silicon de vâscozitate redusă în jurul marginilor plăcii. Măsurătorile au fost făcute la frecvență unghiulară constantă de 0,3142 rad/min (frecvența de 0,05 Hz) prin scanarea domeniilor de temperatură 4,3 - 74,9°C și 31-80°C. Au fost înregistrate modificările modulului de depozitare (G') și ale unghiului de fază sau de deformare (δ) în funcție de temperatură. Viteza de încălzire a fost programată la 1°C/min. Pentru toate probele a fost stabilit domeniul de vâscoelasticitate liniară la temperatură constantă de 20°C și la frecvența de 0,10 Hz. Pentru fiecare test, proba a fost menținută un timp de 5 minute pentru echilibrarea temperaturii. Probele au fost efectuate în duplicat.

Solubilitatea proteinelor

Caracteristicile de solubilitate ale proteinelor miofibrilare sunt interesante datorită relațiilor cu alte proprietăți funcționale, îndeosebi cele de gelifiere și de reținere a apei

(Hultin, ș.a., 1995). Proteinele musculare sunt diferențiate corespunzător prin solubilitatea lor.



Pentru a găsi valorile de pH corespunzătoare pentru solubilizarea și recuperarea maximă a proteinelor musculare, noi am construit curbele de solubilitate (concentrație proteine versus pH) pentru concentratele și izolatele de proteine miofibrilare.

Curbele privind solubilitatea proteinelor sunt prezentate în figură. Profilele de solubilitate au fost asemănătoare pentru toate pastele proteice analizate.

Concentratele de pește au prezentat solubilitate minimă în domeniul izoelectric, cu pH-ul cuprins între 5,5 - 6,0, caracteristic pentru majoritatea proteinelor musculare (Xiong, 1997), cele mai mici valori ale solubilității proteinelor fiind constatate la pH 5,5. Pentru concentratele/izolatele proteice obținute prin solubilizare alcalină și acidă au fost înregistrate valori mai mari ale solubilității la pH 5,5 (17,89-21,25% per s.u), decât pentru concentratele proteice obținute prin spălarea

cărnurilor tocate cu apă sau cu diferite soluții (KCl și EDTA) (12,45-14,31% per s.u). Acest fapt îl explicăm prin prezența în constituția acestor concentrate proteice a proteinelor sarcoplasmice solubile în apă și în soluții cu tărie ionică mică și care reprezintă circa 20-30% din proteinele mușchiului (Haard, ș.a., 1994; Ionescu, Aprodu, Alexe, 2009)

Reducerea pH-ului față de punctul izoelectric a condus la o creșterea substanțială a solubilității proteinelor până la pH 2,0 unde proteinele au prezentat o solubilitate mai mare de 87% pentru toate probele testate de noi. Maximul solubilității a fost atins la pH 2,0 (pentru concentratul obținut prin solubilizare la pH alcalin și cel obținut la pH acid).

Creșterea valorii pH- ului în raport cu pI duce la creșterea solubilității, brusc până la valoarea 7, după care avem o pantă lină până se atinge solubilitatea maximă la pH 11.

Prin schimbarea valorii de pH a soluției proteice, proteina dobândește o sarcină netă negativă sau pozitivă la care hidratare resturilor încărcate și repulsia electrostatică determină o creștere a solubilității (Damodaran, ș.a, 1996). La valori de pH apropiate de pH-ul izoelectric al proteinelor se reduce repulsia dintre lanțurile de proteine și se produce asocierea acestora. Ca urmare, majoritatea proteinelor prezintă solubilitate minimă la punctul izoelectric (pI), deoarece lipsa de repulsie electrostatică promovează interacțiuni hidrofobe (proteină-proteină) și agregarea moleculelor de proteine. Datorită agregării proteinelor în aceste condiții, ele pot fi separate din soluție cu ajutorul unei forțe centrifuge corespunzătoare.

La pH sub 5,5, proteinele devin încărcate negativ ceea ce conduce la repulsia electrostatică care facilitează proteinele să lege apa și să se umfle. La fel, la pH mai mare decât punctual izoelectric, proteinele capătă sarcină netă pozitivă care conduce la repulsie, la hidratarea proteinelor și creșterea

mărimii hidrodinamice a proteinelor a vâscozității soluțiilor proteice (Damodaran, ș.a, 1996).

Proprietățile de gelificare

Proteinele miofibrilare sunt responsabile pentru proprietățile texturale ale produselor procesate din carne (Yasui, ș.a., 1980; Asghar, ș.a., 1985).

Dintre proteinele miofibrilare, miozina și actomiozina contribuie cel mai mult la dezvoltare caracteristicilor de gel la produsele procesate din carne sărată.

Noi am studiat proprietăților de gelificare ale unor omogentate de mușchi de crap și concentrate proteice umede obținute din crap .

În cadrul studiului nostru, am urmărit comportamentul reologic al suspensiilor proteice prin scanarea unor domenii largi de temperaturi (4,3-74,8oC sau 31-80oC) și monitorizarea parametrilor: modul elastic și unghi de fază (delta). Mărimile reologice au fost stabilite prin metoda reologică dinamică la deformație mică, nedistructivă, condusă în regiunea liniară a vâscoelasticității, care permite determinarea naturii elastice și vâscoase a probei testate.

Modulul elastic de forfecare (de depozitare sau de înmagazinare, G') reprezintă măsura energiei eliberate pe ciclu de deformare pe unitate de volum și proprietatea care face corelație cu natura elastică a materialului.

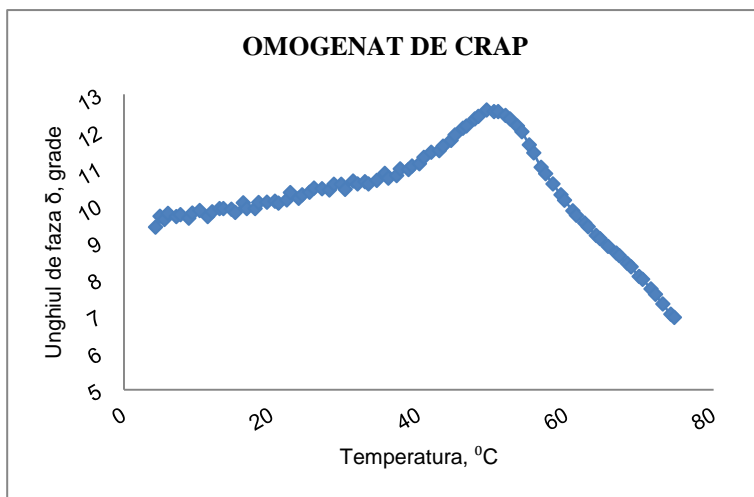
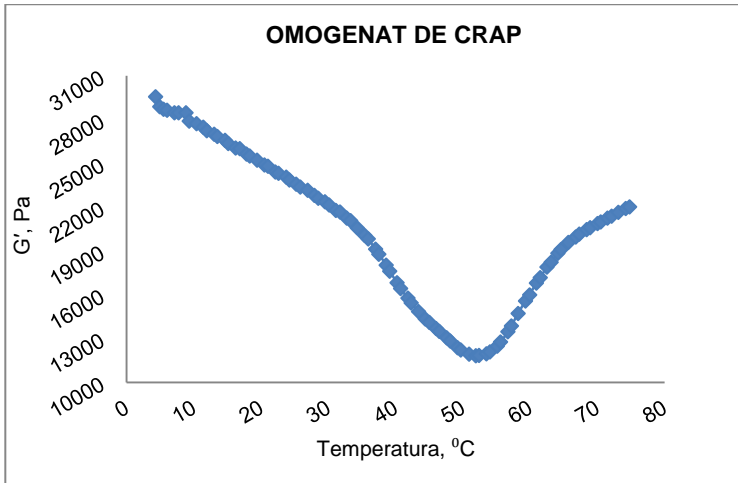
Unghiul de fază sau de deformare (δ) reprezintă măsura preponderenței proprietăților vâscoase (caracteristice lichidului) și a proprietăților elastice (caracteristice solidului) în comportamentul vâscoelastic al unui material. Unghiul de fază este legat de formarea legăturilor din gel în timpul încălzirii/deformării, în principal, la creșterea temperaturii/descreșterea frecvenței oscilațiilor.

Comportamentul reologic al proteinelor de pește

Așa după cum se poate vedea valorile modulului elastic și ale unghiului de fază (δ) în cazul omogenatului și a derivatelor proteice din mușchi de crap au evoluat diferit în funcție de domeniul de temperatură și de natura probei.

În cazul omogenatului de mușchi de crap (pH 6,3), modulul elastic a avut o evoluție descendentă moderată în domeniul de temperaturi cuprins între 4,3-35,9°C, caracterizat prin valori ridicate ale lui G' , 29580 Pa la temperatura de 4,3°C și 19850 Pa la 35,9°C. Acest interval este urmat de un alt domeniu de temperaturi (35,9-51,9°C) caracterizat prin reducerea mai accentuată a parametrului respectiv până la o valoare minimă de 11970 Pa (51,9°C). În aceste domenii de temperatură diminuarea modulului de înmagazinare o punem pe seama modificării complexe a structurii proteinelor mușchiului de pește ca urmare a denaturării anumitor fracțiuni proteice. Denaturarea structurilor cuaternare, terțiare și secundare la aplicarea unui stres extern (încălzirea), posibil, a implicat disocierea subunităților din filamentele proteice, desfacerea punților disulfite (-S-S-), interacțiunilor necovalente dipol-dipol dintre aminoacizii polari și a interacțiunilor dintre aminoacizii nepolari din lanțurile laterale, precum și conversia parțială a structurilor α -helix și β -pliate la configurația de spirală răsucită la întâmplare.

Termoreograma, prezintă în continuare, o porțiune apropiată de un platou în domeniul 50,9-59,9°C, posibil caracteristic denaturării și agregării simultane a unor fracțiuni proteice, având în vedere natura complexă a sistemului investigat. Constatările noastre sunt în acord cu cele raportate de Westphalen, ș.a. (2005), care au constatat existența platoului în domeniul 50-57°C, în cazul probelor de proteine miofibrilare cu pH 6,0 și concentrație mai redusă.



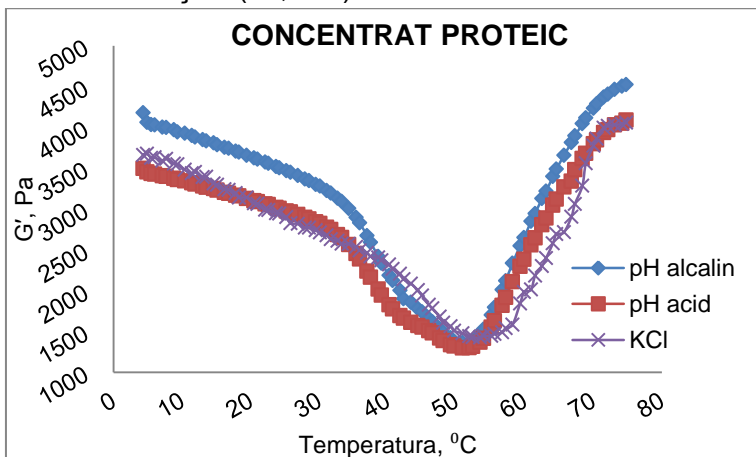
*Modificarea modului elastic în funcție de temperatură -
(concentrația proteică 16,12%, pH 6,3, viteza de încălzire 1 $^{\circ}\text{C}/\text{minut}$)*

Începând cu punctul de inflexiune al curbei (51,90C), valorile modulului elastic au crescut extrem de lent la început, apoi creșterea a fost accentuată după temperatura de 59,90C până la terminare a procesului de încălzire la 74,80C. Acest comportament reologic este caracteristic gelificării termice a proteinelor mușchiului de crap și creșterii tăriei gelului format. Formarea gelului presupune agregarea ireversibilă a proteinelor denaturate cu formarea a noi legături disulfite, în special, între capetele globulare ale miozinei și tranziția spiralei helicate a tijei moleculei de miozină la o structură de rețea tridimensională (Stone, ș.a., 1992; Sharp, ș.a., 1992; Samejima, ș.a., 1981). Modificările caracteristicilor reologic în funcție de temperatură ale omogenatului de crap sunt confirmate și de evoluția unghiului de fază.

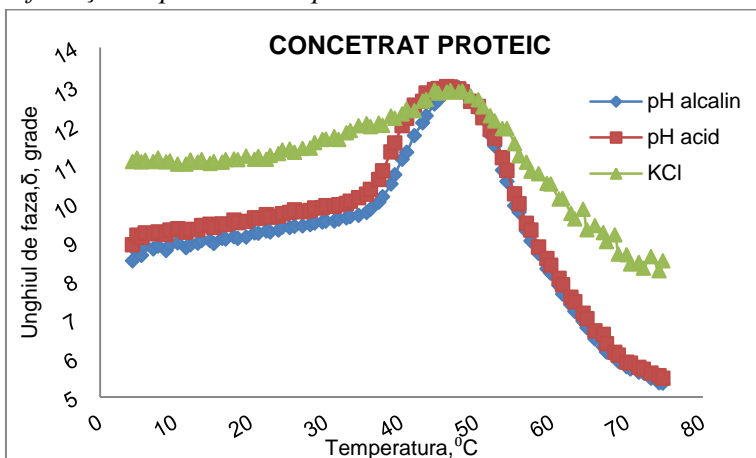
Termoreograma unghiului de fază indică o evoluție inversă în raport cu modul elastic. Valorile reduse ale unghiului de fază, cuprinse între 6,96-12,57°, pe tot domeniul de temperatură 4,3-74,80C sunt specifice corpurilor vâscoelastice la care componenta elastică a fost permanent preponderentă în raport cu componenta vâscoasă. Zonei de palier din termoreograma modulului elastic îi corespund cele mai mari valori ale unghiului de fază, >12,0°.

Mai jos sunt prezentate termoreogramele modulului elastic și ale unghiului de fază pentru concentratele umede de proteine, extrase din mușchiul de crap prin procedeul alcalin, acid și extras prin spălare cu KCl și EDTA. Profilul termogramelor concentratelor proteice a fost similar cu cel al omogenatului de mușchi de crap cu deosebirea că valorile modulului elastic au fost diferite, fiind cu mult mai mari în cazul omogenatului de mușchi (vezi tabelul). Dacă comparăm cele trei tipuri de concentrate proteice (acid , alcalin și KCl) se poate observa că valorile lui G' au fost mai mari pentru

concentratul proteic alcalin în raport cu cel acid și cel extras prin spălare cu KCl. Pentru cele trei tipuri de concentrat proteic temperatura de tranziție de la sol la gel a fost aceeași (50,80C), puțin mai mică decât cea înregistrată în cazul omogenatului de mușchi (51,90C).



Influența temperaturii asupra valorilor modului elastic



Influența temperaturii asupra valorilor unghiului de fază –

Modificarea caracteristicilor reologice la încălzire ale concentratelor proteice de crap în raport cu omogenatul de mușchi de crap le punem pe seama complexității mai mari a omogenatului, diferențelor privind conținutul proteic și valorile de pH caracteristice și eventualelor modificări denaturante în sistemul proteic în timpul tratamentelor de extracție (Yongsawatdigul și Park, 2004). Concentrația proteică și pH-ul sunt parametri extrem de importanți la gelificarea termică a proteinelor cărnii. În plus, este cunoscut faptul că în timpul extracției proteinelor musculare prin procedeul acid, datorită concentrației mari de acid clorhidric suferă modificări care influențează proprietățile funcționale și reologice.

Dependența modului elastic de temperatură și de metoda de extracție a proteinelor musculare

| Natura probei | Modul elastic, Pa | | | |
|--|-------------------|--------|--------|--------|
| | 4,3°C | 50,8°C | 51,9°C | 74,7°C |
| Omogenat de mușchi | 29.580 | - | 11.840 | 22.020 |
| Concentrat proteic - Extracție alcalină | 4.178 | 1.382 | - | 4.523 |
| Concentrat proteic - Extracție acidă | 3.453 | 1.269 | - | 4.070 |
| Concentrat proteic - Extracție cu KCl și EDTA | 3.660 | 1.476 | | 4.058 |

Capacitatea mai redusă de a forma geluri a proteinelor tratate în mediu acid, în comparație cu cele tratate în mediu alcalin poate fi datorată unor modificări conformaționale (pierderea parțială a lanțului greu de miozină) sau datorită conformației nefavorabile a proteinelor în timpul tratamentului acid (mai multe grupări hidrofobe care conduc la agregate mai mari și la un gel mai puțin ordonat). O altă explicație ar fi cea legată de prezența proteinelor sarcoplasmice denaturate

care sunt reținute la procesul acid, dar nu și la cel alcalin (Ingadottir, 2004).

CONCLUZII PARȚIALE

Conținutul de proteine al derivatelor proteice a fost condiționat de tehnica de extracție aplicată.

Solubilizarea proteinelor musculare, în mediu puternic alcalin, urmată de precipitarea acestora din soluție la pH-ul punctului izoelectric (pI) asigură și recuperarea proteinelor sarcoplasmice care precipită la pH 5,5.

Solubilitatea proteinelor musculare, componente ale derivatelor proteice, este o proprietate critică, ea controlează celelalte caracteristici funcționale ale proteinelor (capacitatea de emulsionare, de spumare și de formare a gelurilor).

Variația modulului elastic (G') și a unghiului de fază (δ) în timpul tratamentului termic al suspensiilor proteice reflectă modificări profunde la nivelul sistemului proteic (denaturare, disociere și reasociere) în funcție de temperatură.

Toate tipurile de concentrate/izolate de proteine musculare s-au comportat din punct de vedere reologic ca sisteme vâscoelastice cu componenta elastică mare, dar variabilă în funcție de temperatură, sursă de proteine, metodă de extracție și de procesul de uscare prin liofilizare.

Valorile modulului elastic au fost direct proporționale cu concentrația proteinei din suspensia proteică. Coeficienții de corelație dintre concentrația proteinei și modulul elastic în timpul încălzirii (30-71,9°C) au înregistrat valori peste 0,930, valori ușor mai crescute la concentrații proteice mai mici.

Concentratele/izolatele proteice analizate posedă capacități funcționale adecvate pentru utilizare în diverse sisteme pe bază de carne aducând produselor un plus de valoare nutritivă prin componenta lor proteică, dar se justifică obținerea lor din punct de vedere economic în cazul speciilor

de pești neutilizabile, cărnurilor de calitate inferioară și al unor organe.

Îmbunătățirea valorii nutritive a pâinii obținută din făină de grâu

Prepararea pâinii

La prepararea aluatului au fost folosite urătoarele materiale: făină, apă, sare și concentrat proteic de pește umed sau liofilizat. Frământarea s-a efectuat în Kitchen Aid (model 5 KSM 150, Anglia) în trei etape: 1 min la turația de 280 rpm; 1 min la 360 rpm și 20 secunde la 440 rpm. După amestecare, aluatul s-a menținut pentru fermentare, timp de 60 min. la 30°C și umiditatea relativă (RH) de 85%. Apoi, aluatul a fost scos din cuva malaxorului și împărțit în 2 părți de câte 320 g. Fiecare porțiune de aluat a fost formată ca pâine, plasată într-o tavă de copt și menținută în fermentator pentru încă 60 min. În final, aluatul a fost copt timp de 30 min la 230°C, într-un cuptor electric. După scoatere din cuptor, pâinea a fost răcită timp de 2 ore, la 20°C și 50% RH. Experimentările au fost repetate de două ori pentru fiecare rețetă folosită.

Determinarea proprietăților pâinii

Volumul specific al pâinii

Determinarea a constat în măsurarea volumului dezlocuit de pâine într-un mediu format din particule solide mici (de obicei semințe de rapită). Măsurătorile s-au efectuat după cântărirea prealabilă a probelor de pâine.

Trei măsurători au fost făcute pentru fiecare bucată de pâine și valorile medii au fost raportate la 1g de pâine (cm³/g) (Bordei și Burluc, 2003).

Elasticitatea miezului de pâine

Din fiecare probă de pâine au fost decupate câte trei bucăți cilindrice de miez de pâine, cu dimensiunile 4,15 x 6 cm (D x H) cu ajutorul unui cuțit cilindric. Bucățile cilindrice au fost presate până la jumătate din înălțimea inițială (1 min), iar după îndepărtarea preseii a fost înregistrată înălțimea finală (1 minut). Elasticitatea relativă reprezintă înălțimea după 1 minut de la revenire, exprimată în % față de înălțimea inițială, conform relației (Bordei și Burluc, 2003):

$$\text{Elasticitatea, \%} = \frac{H_f}{H_i} \times 100 ,$$

unde:

H_i - înălțimea inițială a cilindrului de miez, în mm;

H_f - înălțimea finală a cilindrului de miez, în mm.

Porozitatea miezului de pâine

Porozitatea pâinii reprezintă volumul total al porilor dintr-un anumit volum de miez exprimat în %. Din fiecare probă de pâine se decupează trei cilindri gradați dimensiunile 4.15 x 6 cm (D x H) cu ajutorul unui cuțit cilindric. După presarea acestora până la dispariția golurilor, bilele compacte se introduc într-un cilindru cu ulei pentru stabilirea volumului acestora. Porozitatea relativă a miezului se calculează prin împărțirea volumului inițial la volumul final și multiplicarea cu 100 (Bordei și Burluc, 2003).

Analiza senzorială

Analiza senzorială a probelor a fost realizată de un grup de 10 specialiști aparținând Departamentului de analize senzoriale al Facultății de Știința și Ingineria Alimentelor,

Universitatea Dunarea de Jos din Galați, România. Fiecare bucată de pâine a fost verificată prin sistemul de calitate de 30 puncte. Acest sistem include indicii fizici (volum specific, porozitate, elasticitate) și indicii senzoriale (volum pâine - 4 puncte; culoarea crustei - 4 puncte; textura - 6 puncte; porozitate - 6 puncte; aroma - 4 puncte și gust - 6 puncte).

Prepararea pâinii

Tabelul 4.1. Compoziția chimică aproximativă a materiilor prime (CPMC1 - concentrat proteic miofibrilar obținut prin extracție în soluție salină de KCl și EDTA – mușchi de Crap; CPMCL - concentrat proteic miofibrilar liofilizat de Crap)

| | Umiditate % | Proteina % | Lipide % | Cenusa % |
|---------------|----------------|---------------|-------------|-------------|
| Făina de grâu | 13,80 | 10,00 | 0,90 | 0,48 |
| CPMC1 | 83,45 | 15,12 | 0,10 | 0,30 |
| CPMCL | 7,10 | 89,7 | 0.50 | 1.70 |

În tabelul 4.1. am prezentat compoziția chimică a materiilor prime: făina de grâu, concentrat proteic miofibrilar liofilizat de Crap (CPMCL) și concentrat proteic miofibrilar obținut prin extracție în soluție salină de KCl și EDTA – mușchi de Crap (CPMC1)

Rețetele detaliate fost rezumate în tabelul 4.2. Cantitatea de apă a fost stabilită în funcție de aluatul din proba martor I (martor C), la Konsystograf Typ SZ-5 din Sadkiewicz Instruments.

Tabelul 4.2.. Rețetele de pâine conțin - concentrat proteic miofibrilar obținut prin extracție în soluție salină de KCl și EDTA – mușchi de Crap – CMPC1 și concentrat proteic miofibrilar liofilizat de Crap - CMPCL;

| Proba | Făină, g | CPMC1, g | CPMCL, g | Ulei (O), g | Apă, ml | Drojdie, g | Sare, g |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| I | 200 | - | - | - | 120 | 6 | 3 |
| II | 200 | 140 | - | 10 | 61 | 6 | 3 |
| III | 200 | 140 | - | - | 61 | 6 | 3 |
| IV | 200 | - | 20 | - | 146 | 6 | 3 |

Conținutul de aminoacizi esențiali (mg / g) la făină și FPC (tabelul 4.3.) a fost calculat conform [ww.nutritionvalue.org]. Conținutul de aminoacizi esențiali a fost calculat pentru fiecare aminoacid esențial prin următoarea formulă: [miligrame de aminoacizi din proteinele din probă 1g / miligrame de aminoacizi a proteinei de referință 1g] x 100. Modelul de referință utilizat a fost cel stabilit de FAO (Seligson și Mackey, 1984)

Tabelul 4.3. Conținutul de aminoacizi esențiali (mg aminoacizi./ g. proteina) la făină și concentrate proteice de pește (crap).

| Proba | Val | Iso | Leu | Lys | Met + Cis | Thr | Trp | Phe + Tyr |
|--|------------|------------|------------|------------|--------------------------|------------|------------|--------------------------|
| Făină | 49 | 43 | 84 | 18 | 44 | 31 | 12 | 92 |
| Concentrat proteic de pește | 51,5 | 46 | 81 | 92 | 41 | 44 | 11 | 83 |

Compoziția chimică a probelor de pâine

Așa cum se arată în Tabelul 4.4. probele de pâine cu proteine de pește sunt caracterizate prin conținutul ridicat de

proteine, lipide și cenușă. Nivelul de proteine (% su) este îmbunătățit de la 9,73 la C la 19,26 la pâinea cu concentrat proteic și la 19,37, în probele de pâine cu concentrat proteic liofilizat.

Tabelul 4.4. Compoziția chimică a probelor de pâine

| Proba | Umiditate (%) | Proteine | | Lipide | | Cenușă | |
|-------|---------------|----------|--------|--------|-------|--------|--------|
| | | % | % s.u. | % | %s.u. | % | % s.u. |
| I | 42,98 | 5,55 | 9,73 | 0,25 | 0,43 | 0,50 | 0,87 |
| II | 48,58 | 9,90 | 19,26 | 3,83 | 7,46 | 0,53 | 1,03 |
| III | 49,29 | 9,66 | 19,09 | 0,35 | 0,69 | 0,60 | 1,17 |
| IV | 46,03 | 10,45 | 19,37 | 0,34 | 0,63 | 0,78 | 1,45 |

Valoarea nutritivă a probelor de pâine suplimentate cu concentrat proteic miofibrilar umed de crap (CPMC1) și concentrat proteic miofibrilar liofilizat de crap (CPMCL) a fost îmbunătățită datorită unui conținut de aminoacizi esențiali mai echilibrat, în special în lizină.

Îmbunătățirea valorii nutritive prin suplimentarea pâinii cu diferite surse de proteine a fost raportată anterior în literatură în diverse lucrări precum Campos și El-Dash (1978), El-Dash și colab., (1980), Schoenlechner și colab., (2013), Suhrendo și colab., (1993).

Conținutul de aminoacizi esențiali

Concentratul proteic de pește și concentratul proteic de pește liofilizat au îmbogățit în aminoacizi esențiali probele de pâine după cum se observă din următoarele tabele 4.5 și 4.6.

În tabelul 4,5 este arătat conținutul de aminoacizi esențiali (mg. aa/ gr.proteină) ale probelor de pâine și în tabelul 4.6 este prezentat conținutul de aminoacizi din probele de pâine raportat la conținutul de aminoacizi din proteina etalon FAO.

În proba martor (I) lizina și treonina sunt aminoacizii deficitari. Adaosul de CPMC1 și CPMCL au îmbunătățit conținutul de lizină și treonină, dar treonina este încă un aminoacid deficitar (doar în jur de 10%) (tabelul 4.5)

Tabelul 4.5.. Conținutul de aminoacizi esențiali (mg. aa/ gr.proteină) ale probelor de pâine și FAO

| Proba | Val | Iso | Leu | Lys | Met + Cis | Thr | Trp | Phe + Tyr |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------|
| I | 43,00 | 38,00 | 69,00 | 24,00 | 39,00 | 28,00 | 11,50 | 77,00 |
| II | 47,00 | 42,00 | 74,00 | 54,50 | 40,00 | 35,00 | 11,00 | 75,00 |
| III | 46,50 | 41,20 | 74,00 | 52,80 | 40,00 | 34,80 | 10,70 | 75,00 |
| IV | 47,00 | 41,60 | 74,90 | 56,10 | 40,00 | 35,60 | 12,50 | 75,00 |
| FAO | 50,00 | 40,00 | 70,00 | 55,00 | 35,00 | 40,00 | 10,00 | 60,00 |

Tabelul 4.6.. Conținutul de aminoacizi din probele de pâine raportat la conținutul de aminoacizi din proteina etalon FAO

| Proba | Val | Iso | Leu | Lys | Met + Cis | Thr | Trp | Phe + Tyr |
|-------|------|-------|-------|-------|-----------|------|-------|-----------|
| I | 86,0 | 95,0 | 98,5 | 44,0 | 111,0 | 70,0 | 115,0 | 128,0 |
| II | 94,0 | 105,0 | 106,0 | 99,0 | 114,0 | 88,0 | 110,0 | 125,0 |
| III | 93,0 | 103,0 | 106,0 | 96,0 | 114,0 | 87,0 | 107,0 | 125,0 |
| IV | 94,0 | 104,0 | 107,0 | 102,0 | 114,0 | 89,0 | 125,0 | 125,0 |

Efectul proteinei de pește asupra calității pâinii

Controlul probelor de pâine sunt prezentate în figura.4.7. și figura. 4.8. și s-a observat o diminuare a volumului pâinii în ordinea: C (I), CPMCL (IV), CPMC1 (III), CPMC1+ O (II).

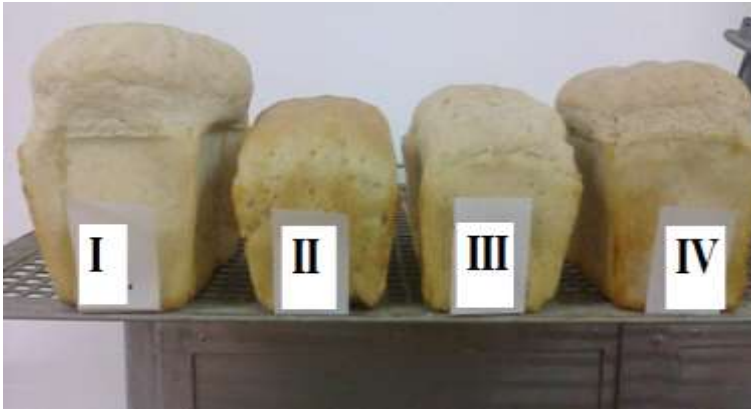


Figura 4.1. Caracteristicile externe ale probelor de pâine făină de grâu

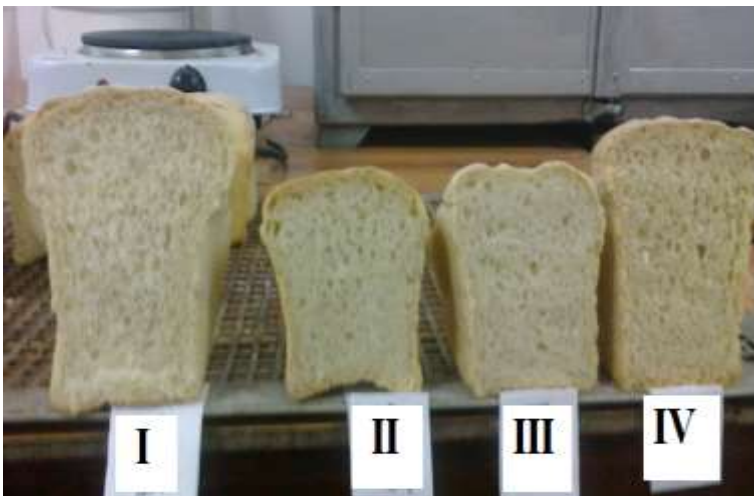


Figura 4.2. Caracteristicile interne ale probelor de pâine făină de grâu

Indicii fizici ai probelor de pâine sunt prezentați în Tabelul 4.7.

Tabelul 4.7. Indicii fizici ai probelor de pâine

| Proba | Volumul specific g / cm³ | Porozitate % | Elasticitate % |
|--------------|--|-------------------------|---------------------------|
| I | 3,9 | 76 | 97 |
| II | 2,5 | 75 | 98 |
| III | 3,1 | 74 | 97 |
| IV | 3,2 | 75 | 97 |

Volumul specific a scăzut în ordinea: C (I), CPMCL (IV), CPMC1 (III) și CMPC1 + O (II);

Porozitatea a scăzut în ordinea: C (I), CMPCL (IV), CMPC1 + O (II) și CMPC1 (III);

Elasticitatea a scăzut în ordinea: CMPC1 + O (II), C (I), CMPC1 (III) și CMPCL (IV).

Evaluarea senzorială a probelor de pâine sunt prezentate în tabelul 4.8.

Tabelul 4.8.. Evaluarea senzorială a probelor de pâine

| Proba | Volum pâine | Culoarea crusteii | Textura | Porozitate | Aromă | Gust | Total puncte |
|--------------|------------------------|------------------------------|----------------|-------------------|--------------|-------------|-------------------------|
| I | 4 | 3 | 5 | 6 | 3 | 4 | 25 |
| II | 2 | 4 | 6 | 5 | 4 | 5 | 26 |
| III | 3 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 24 |
| IV | 3 | 4 | 5 | 5 | 2 | 3 | 22 |

La evaluarea senzorială, probele de pâine s-au situat în următoarea ordine: CMPC1 + O (II), C (I), CPMC1 (III), CMPCL (IV).

CONCLUZII PARȚIALE

Adăugarea de concentrat proteic de pește și concentrat proteic liofilizat de pește în aluat au îmbunătățit valoarea nutritivă a pâinii.

Conținutul de lizină, aminoacid esențial deficitar în pâine, a fost adus la nivelul proteinei etalon FAO în probele de pâine cu concentrate proteic umed sau liofilizat de pește.

Concomitant s-a îmbunătățit și conținutul de treonină dar nu în totalitate (avem un deficit de 10%)

Aceste produse au volumul specific, textura și porozitatea bune și o structură a miezului care au fost acceptate bine de către consumatori.

Cea mai importantă concluzie este că deficitul mic din evaluarea senzorială este compensate de echilibrarea spectaculoasă a pâinii în aminoacizi esențiali.

Această utilizare are cerere de brevet din august 2016.

Elemente de originalitate ale tezei de doctorat

1. Optimizarea tehnologiilor de extracție a proteinelor miofibrilare.

- ✓ Pe parcursul tezei de doctorat, tehnologiile de extracție au fost optimizate în sensul obținerii unor bune randamente de extracție.
- ✓ Au fost operate modificări ale extracției cu EDTA și KCl 0,15 M, la numărul și intensitatea spălărilor efectuate și la stabilirea unor timpi de extracție reproductibili.
- ✓ Rezultatele acestor optimizări au făcut obiectul unor comunicări științifice.

2. Utilizarea proteinelor miofibrilare ca echilibrant nutrițional în tehnologia de fabricație a pâinii.

- ✓ Această utilizare constituie noutate absolută și face obiectul unei cereri de brevet de invenție depus în august 2016 la OSIM.
- ✓ Elementul principal de originalitate îl constituie echilibrarea nutrițională a pâinii prin intermediul proteinelor miofibrilare adăugate.
- ✓ În fapt se realizează încadrarea în normele FAO a unei pâini realizate cu adaos de proteine miofibrilare. În tehnologia clasică se obținea o pâine care avea compoziție dezechilibrată în lizină și treonină.

3. Optimizarea tehnologiilor de obținere a filmelor comestibile/biodegradabile.

- ✓ Primul element de originalitate îl constituie utilizarea proteinelor miofibrilare sub forma unui concentrat umed sau sub formă liofilizată.

- ✓ În obținerea filmelor comestibile s-au utilizat tehnologii care au necesitat modificări, adaptări sau încercări:
 - Concentrația proteinelor miofibrilare utilizate;
 - Nivelul de glicerină adăugată;
 - Nivelul de gelatină adăugată;
 - Nivelul de ciclodextrină adăugată;

Putem sublinia și demararea unor investigații imagistice ale structurii filmelor comestibile la Universitatea Politehnică București și la Universitatea "Dunărea de Jos" Galați.

Diseminarea rezultatelor cercetărilor

A. Articole publicate în reviste cotate ISI

1. **Cercel, F.**, Stroiu, M., Alexe, P., 2015 Characterization of myofibrillar chicken breast proteins for obtain protein films and biodegradable coatings generation. *Journal of Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 6, 197-205;
2. **Cercel, F.**, Burluc, R.M., Alexe, P., 2016. Nutritional effects of added fish proteins in wheat flour bread. Manuscris în pregătire, 2016.

B. Cerere de brevet de invenție:

1. **Floricelel Cercel**, Petru Alexe, Romulus Marian Burluc, 2016, Obținerea pâinii echilibrată nutrițional în proteine, Cerere de brevet de invenție nr. A/00602 din 31.08.2016, România.

C. Articole publicate în reviste cotate BDI

1. **Cercel, F.**, Stroiu, M., Ianițchi, D., Alexe, P., 2016, Rheological properties description of myofibrillar protein homogenates and concentrates obtained by different methods and from different species. *International Conference "Agriculture for Life, Life for Agriculture"* 9 - 11 iunie 2016, Book of Abstracts Section 3 Animal Science University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest Faculty of Animal Science, ISSN 2501-7160 (CD-ROM), ISSN-L 2457-3221;

2. **Cercel,F.**, Stoiu, M., Alexe, P. 2015 Characterization of myofibrillar proteins obtained from fresh abramis brama (common bream) meat. International Conference "Agriculture for Life, Life for Agriculture", 4-6 of June, 2015 at University of Agronomic Science and Veterinary Medicine of Bucharest, Romania series D. animal science volume LVIII, 2015;
3. Tudose,C., Iordachescu, G., Stan, F., **Cercel, F.**, Alexe, P., 2014, Influence of animal fat replacement with vegetable oils on the sensorial perception of meat emulsified products, The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI – Food Technology, 38(2);
4. Dima, C., Neagu, C., **Cercel,F.**, Alexe, P. 2014, Sensory, physico-chemical and microbiological properties of cooked ham with β -cyclodextrin loaded with coriander and pimento essential oils. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies 2014, 20(4), 319-329;
5. Cercel, F., Stoica, M., Popescu, A., Stoiu, M., Alexe P., 2010. The extraction and characterization of myofibrillar fish proteins. International Conference "Agricultural And Food Sciences, Processes And Technologies" Sibiu, December 9 - 12, 2010;
6. **Cercel,F.**, Stoiu, M., Alexe, P., 2010. Characterization of myofibrillar pork proteins for obtain the comestibles films. The 39th international session of scientific communications of the Faculty of Animal Science, Series D, vol III, ISSN 1843-6048, Bucharest 2010;

7. **Cercel,F.**, Stroi, M., Alexe, P.,2010. Characterization of myofibrillar fish and beef proteins for obtain the comestibles films. The 39th international session of scientific communications of the Faculty of Animal Science, Series D, vol III, ISSN 1843-6048, Bucharest 2010;
8. **Cercel,F.**, Pătrașcu, L., Alexe, P., Stroi, M., 2009. Preliminary characteristics of myofibrillar proteins obtained for edible byofilms realization. Proceedings of the 2nd international symposium "New Researches in Biotechnology" Series F, ISSN 1224-7774, Bucharest 2009.
9. **Cercel,F.**, Stroi, M., Alexe, P., 2009. Preliminary study concerning the production of biofilms from myofibrillar proteins. Food Science and Food Industry in the Recession Era, Paper of the International Symposium, ISSN 1843-5114, Galati, October 9-10, 2009.
10. Patrascu,L., **Cercel,F.**, Alexe, P., 2009. Influence of extraction method on rheological properties of myofibrillar proteins from different sources. Challenges for Food Science and Food Industry in the Recession Era, Paper of the International Symposium, ISSN 1843-5114, Galati, October 9-10, 2009;
11. **Cercel,F.**, Pătrașcu, L., Alexe, P., 2009. Myofibrillar proteins; optimization of extraction method and characterization of different myofibrillar proteins obtained. Challenges for Food Science and Food Industry in the Recession Era, Paper of the

International Symposium, ISSN 1843-5114, Galati,
October 9-10, 2009;

12. Patrascu, L., **Cercel, F.**, Alexe, P., 2009. Influence of extraction method on rheological properties of myofibrillar proteins from different sources – The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle VI Food Technology, New Series Year III (XXXII), ISSN 1843-5157, Galati University Press 2009;

D. Participări conferințe internaționale

1. **Cercel, F.**, Stroi, M., Ianițchi, D., Alexe, P., 2016, Rheological properties description of myofibrillar protein homogenates and concentrates obtained by different methods and from different species. International Conference “Agriculture for Life, Life for Agriculture” 9 - 11 iunie 2016, București, România, (prezentare orală);
2. **Floricele Cercel**, Romulus Marian Burluc, Petru Alexe 2016. Nutritional effects of added fish proteins in wheat flour bread. International Conference “Agriculture for Life, Life for Agriculture” 9 - 11 iunie 2016, București, România, (prezentare orală);
3. **Floricele Cercel**, Mariana Stroi, Petru Alexe 2015 Characterization of myofibrillar chicken breast proteins for obtain protein films and biodegradable coatings generation. International Conference "Agriculture for Life, Life for Agriculture", 4-6 of June, 2015 at University of Agronomic Science and Veterinary Medicine of Bucharest, 2015 (prezentare orală) ;

4. **Florice! Cercel**, Mariana Stroi! , Petru Alexe , 2015. Characterization of myofibrillar proteins obtained from fresh abramis brama (common bream) meat. International Conference "Agriculture for Life, Life for Agriculture", 4-6 of June, 2015 at University of Agronomic Science and Veterinary Medicine of Bucharest, 2015;
5. **Florice! Cercel**, Mariana Stroi! , Petru Alexe. 2014. Carp miofibrilar protein concentrate dry by using spray dryer technology and elemental mapping of microstructures by scanning electron microscopy. The 8th International Conference on WATER IN FOOD Politehnica "University of Timi!oara, Romania, 25-27 Mai, 2014, Timi!oara, Romania;
6. **Florice! Cercel**, Maricica Stoica, Anca Popescu, Mariana Stroi! , Petru Alexe 2010. The extraction and characterization of myofibrillar fish proteins, International Conference "Agricultural And Food Sciences, Processes And Technologies" Sibiu, December 9 - 12, 2010. (prezentare orală)
7. Florice! Cercel, Maricica Stoica, Mariana Stroi! , Petru Alexe, 2010. The extraction and characterization of myofibrillar fish proteins – International Workshop on "Fishery and Aquaculture – a view point upon the sustainable management of the water resources in the Balkan Area", Galati, May 26-28, 2010, – ROMANIA (poster);
8. **Florice! Cercel**, Mariana Stroi! , Petru Alexe., 2010. Characterization of myofibrillar pork proteins for obtain the comestibles films - Department of Biochemistry and

Technologies, Faculty of Food Science and Engineering “Dunarea de Jos” University of Galati of the 39th international session of scientific communications of the Faculty of Animal Science, Bucharest 2010; (prezentare orală)

9. **Florice! Cercel**, Mariana Stroi! , Petru Alexe 2010. Characterization of myofibrillar fish and beef proteins for obtain the comestibles films - Department of Biochemistry and Technologies, Faculty of Food Science and Engineering “Dunarea de Jos” University of Galati of the 39th international session of scientific communications of the Faculty of Animal Science, Bucharest 2010 (poster);

E. Participari conferințe naționale

1. **Florice! Cercel**, Mariana Stroi! , Petru Alexe 2014, Characterization of edible films made from myofibrillar proteins obtained from fresh Abramis brama (Common bream) meat. Scientific Conference of Doctoral Schools from “Dunărea de Jos” University of Galati Second Edition - Galați, 15-16 Mai 2014.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. AOAC, (1990. Moisture in Meat. Official Methods of Analysis 950.46, 11, 931.
2. AOAC, 1990. Crude protein in Meat. Official Methods of Analysis 981.10, 11, 937.
3. Artharn, A., Benjakul, S., Prodpran, T. and Tanaka, M. 2007. Properties of a protein-based film from round scad (*Decapterus maruadsi*) as affected by muscle types and washing. *Food Chemistry* 103: 867–874
4. Asghar, A., Samejima, K., Yasui, T., 1985. Functionality of muscle proteins in gelation mechanisms of structured meat products. *CRC Crit. Rev. Food Sci., Nutr.*, 22, 27-106.
5. Banu, C., Alexe, P., Vizireanu, C., *Procesarea industrială a cărnii*, 1997, Editura Tehnică, București, 643 pg., ISBN 973- 31-2177-0
6. Bourtoom, T. and Chinnan, M.S., 2008. Preparation and properties of rice starch - chitosan blend biodegradable film. *Lebensm-Wiss. U-Technol.*, 2008, 41:1633-1641
7. Boyer, C., Joandel, S., Ouali, A., Culioli, J., 1996b. Ionic strength effects on heat-induced gelation of myofibrils and myosin from fast- and slow-twitch rabbit muscles. *J. Food Sci.*, 61, 1143-1148
8. Brewer, M.S., Peterson, W.J., Carr, T.C., McCusker, R., Novakofski, J., 2005. Thermal gelation properties of myofibrillar protein and gelatin combinations. *J. Muscle Foods*, 16, 126-140.
9. Cao, X., Chen, Y., Chang, P.R., Stumborg, M. and Huneault, M. A. 2008. Green composites reinforced with hemp nanocrystals in plasticized starch. *Journal of Applied Polymer Science* 109: 3804-3810.

10. Campos, J.E., El-Dash, A.A., 1978, Effect of Addition of Full Fat Sweet Lupine Flour on Rheological Properties of Dough and Baking Quality of Bread, *Cereal Chemistry* 55(5) 619-627;
11. Chan, J.K., Gill, T.A., Paulson, A.T., 1992. Cross-linking of myosin heavy chains from cod, herring and silver hake during thermal setting. *J. Food Sci.*, 57, 906-912.
12. Chinabark, K., Benjakul, S., Prodpran, T. Effect of pH on the properties of protein-based film from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) surimi. *Bioresour. Technol.*, 2007, 98(1):221-225.
13. Choi, Y.J., Park, J.W., 2002. Acid-Aided Protein Recovery from Enzyme-Rich Pacific Whiting. *Journal of Food Science*, 67, 2962-2967.
14. Cuq, B., Aymard, C., Cuq, J.L., and Guilbert, S., 1995. Edible packaging films based on fish myofibrillar proteins: formulation and functional properties. *Journal of Food Science*, 60, 1369-1374.
15. Dagher, S.M.; Hultin, H.O.; Liang, Y., 2000. Solubility of Cod Muscle Myofibrillar Proteins at Alkaline PH. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 9, 49-59.
16. Damodaran, S., 1989. Interrelationship of molecular and functional properties of food proteins. In: Kinsella JE, Soucie WG, editors. *Food proteins*. Champaign, Ill.: The American Oil Chemists' Society., 21-51.
17. Desai, K.G.H. & Park, H.J. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Drying Technol.*, 2005, 23:1361-1394.
18. Egelandsdal, B., Fretheim, K., Samejima, K., 1986. Dynamic rheological measurements on heat-induced myosin gels, effect of ionic strength, protein concentration and addition of adenosine triphosphate or pyrophosphate. *J. Sci. Food Agric.*, 37, 915-926.

19. El-Dash, A.A., Sgarbieri, V.C., Campos, J.E., 1980, Sweet Lupine-Fortified Bread: Nutritional Value and Amino Acid Content, *Cereal Chemistry* 57(1) 9-11;
20. Fang, Y., Tung, M.A., Britt, I.J., Yada, S. and Dalgleish, D.G. 2002. Tensile and barrier properties of edible films made from whey proteins. *Journal of Food Science*, 2002, 67:188-193.
21. Fretheim, K., Samejima, K., & Egelanddsdal, B., 1986. Myosins from red and white bovine muscles: Part 1 – Gel strength (elasticity) and water-holding capacity of heat-induced gels. *Food Chemistry*, 22, 107-121.
22. García, F.T., Sobral, P.J.A. Effect of the thermal treatment of the film-forming solution on the mechanical properties, color and opacity of films based on muscle proteins of two varieties of tilapia. *LWT – Food Science and Technology*, 2005, 38:289-296.
23. Goto, Y., Fink, A.L., 1994., Acid Induced Folding of Heme Proteins. In *Methods in Enzymology*; Academic Press, Inc.: New York, 3-15.
24. Hennigar, C.J., Buck, E.M., HultIn: H.O., Peleg, M., Varelziz, K., 1989. Mechanical properties of fish and beef gels prepared with and without washing and sodium chloride. *J. Food Qual.*, 12, 155-156.
25. Hernandez-Munoz, P., Villalobos, R. and Chiralt, A. 2004. Effect of cross-linking using aldehydes on properties of glutenin-rich films. *Food Hydrocolloids* 18: 403– 411.
26. Hrynets, Y., Omana, D.A., Xu, Y., Betti, M., 2010. Effect of Acid- and Alkaline-Aided Extractions on Functional and Rheological Properties of Proteins Recovered from Mechanically Separated Turkey Meat (MSTM). *Journal of Food Science*, 75(7), E477-E486.

27. Hun, J. H. and Gennadios, A. (2005). Edible films and coatings: a review. *Innovations in Food Packaging*. ISBN: 0-12-3 11632-5.
28. Ionescu, A., Berza, M., Banu, C., 1992. Metode și tehnici pentru controlul peștelui și produselor din pește. Editura Universității din Galați, 238p.
29. Ionescu, A., Aprodu, I., Alexe, P., 2009. Tehnologii generale – Tehnologie și control în industria cărnii, Galați University Press, 123 p.
30. Ishioroshi, M, Samejima, K, Yasui, T., 1979. Heat-induced gelation of myosin: factors of pH and salt concentrations. *J. Food Sci.*, 44, 1280-1284.
31. Iwata, K., Ishizaki, S., Handa, A., & Tanaka, M., 2000. Preparation and characterization of edible films from fish-water soluble proteins. *Fisheries Science*, 66, 372-378.
32. Kim, K.I., Yoon, Y.H. & Baek, Y.J., Effects of rehydration media and immobilization in Ca-alginate on the survival of *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium bifidum*. *Korean J Dairy Sci.*, 1996, 18:193-198.
33. Krochta, M. and Johnston, C.D: Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. *Food Technol.*, 1997, 51:61-74.
34. Lanier, T.C., 1986 Functional properties of surimi. *J. Food Technol.* 3, 107–114&124.
35. Lesiów, T., Xiong, Y.L., 2001a. Gelation properties of poultry myofibrillar proteins and comminuted poultry meat: effect of protein concentration, pH and muscle type: a review. *Fleischwirtschaft*, 4, 39-44.
36. Lesiów, T., Xiong, Y.L., 2003. Chicken muscle homogenate gelation properties, effect of pH and muscle fiber type. *Meat Sci.*, 64, 399-403.
37. Limpan, N., Prodpran, T., Benjakul, S., Prasarpran, S., Influences of degree of hydrolysis and molecular weight

- of poly(vinyl alcohol) (PVA) on properties of fish myofibrillar protein/PVA blend films. *Food Hydrocolloids*, 2012, 29:226-233.
38. McClements, J., 1999. Rheological Properties of Emulsions. In *Food Emulsions. Principles, Practice and Techniques*; CRC Press: Boca Raton, 1999; pp 254-264.
 39. Mutilangi, W. A. M., Panyam, D., & Kilara, A. (1996). Functional properties of hydrolysates from proteolysis of heat-denatured whey protein isolate. *Journal of Food Science*, 61, 270–274, 303.
 40. Nemet, N.T., Šošo, V.M. and Lazić, V.L., Effect of glycerol content and pH value of film-forming solution on the functional properties of protein-based edible films. *APTEFF*, 2010, 41, 57-67.
 41. Nuthong, P., Benjakul, S., Prodpran, T., Effect of some factors and pretreatment on the properties of porcine plasma protein-based films. *Food Science and Technology*, 2009, 42:1545-1552.
 42. Parris, N., Cooke, P.H. & Hicks, K.B., Encapsulation of Essential Oils in Zein Nanospherical Particles. *J. Agric. Food Chem.*, 2005; 53:4788-4792.
 43. Paschoalick, T. M., Garcia, F. T., Sobral, P. J. A. and Habitante, A. M. Q. B. 2003. Characterization of some functional properties of edible films based on muscle proteins of Nile tilapia. *Food Hydrocolloids* 17: 419– 427.
 44. Perez-Gago, M.B., & Krochta, J.M., 2001. Denaturation time and temperature effects on solubility, tensile properties, and oxygen permeability of whey protein edible films. *Journal of Food Science*, 66(5), 705-710.
 45. Petruccelli, S, Anon, M.C., 1994. Soy protein isolates components and their interactions. *J. Agric. Food Chem.*, 43, 1762-1767.

46. Phillips, L. G., Whitehead, D. M., & Kinsella, J. E. (1994). Protein stabilized foams. In L. G. Phillips, D. M. Whitehead, & J. E. Kinsella (Eds.), *Structure-function of food proteins.*, New York, USA: Academic Press, 131-152.
47. Pîrvu, C., Manole, C. C., Stoian, A. B., Demetrescu, I., 2011. Understanding of electrochemical and structural changes of polypyrrole/polyethylene glycol composite films in aqueous solution, *Electrochimica Acta, Volume 56, Issue 27, 30 November 2011, Pages 9893-9903*
48. Samejima, K., Ishioroshi, M., & Yasui, T., 1981. Relative roles of the head and tail portions of the molecule in heat-induced gelation of myosin. *Journal of Food Science*, 46, 1412-1418.
49. SAS INSTITUTE, 1990, *SAS User's Guide : Statistic*, v.6, 4 ed. The Institute : Cary, NC;
50. Schoenlechner, R., Szatmari, M., Bagdi, A., Tomoskozi, S., 2013, Optimisation of bread quality produced from wheat and proso millet (*Panicum miliaceum* L.) by adding emulsifiers, transglutaminase and xylanase, *Food Science and Technology* 51(1), 361-366;
51. Seligson, F.H., Mackey, L.N., 1984. Variable Predictions of Protein Quality by Chemical Score Due to Amino Acid Analysis and Reference Pattern, *Journal of Nutrition*, 682-691;
52. Sharp, A., Offer, G., 1992. The mechanism of formation of gels from myosin molecules. *J. Sci. Food Agric.*, 58, 63-73.
53. Smith, A.B., O'Neill, E., 1997. Heat-induced gelation properties of surimi from mechanically separated chicken. *J. Food Sci.*, 62, 326-330.
54. Smith, D.M., Alvarez, V.B., Morgan, R.G., 1988. A generalized model for predicting heat-induced chicken

- myofibrillar protein gel strength. *J Food Sci.*, 53, 359-362.
55. Smith, D.M., Alvarez, V.B., Morgan, R.G., 1988. A generalized model for predicting heat-induced chicken myofibrillar protein gel strength. *J. Food Sci.*, 53, 359-362.
 56. Sobral, P.J.A., Influência da espessura sobre certas propriedade de biofilmes á base de proteínas miofibrilares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 2000, 35(6):251-1259.
 57. Suhrendo, E.L., Waniska, R.D., Rooney, L.W., 1993, Effect of Added Proteins in Wheat Tortillas, *Cereal Chemistry* 70(4), 412-416.
 58. Undeland, I.A., Kelleher, S.D., Hultin, H.O., McClements, J., Thongraung, C., 2003. Consistency and Solubility Changes in Herring (*Clupea Harengus*) Light Muscle Homogenates as a Function of pH. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 3992-3998.
 59. Vos, P., Faas, M.M., Spasojevic, M. & Sikkema, J., Review: Encapsulation for preservation of functionality and targeted delivery of bioactive food components. *Int. Dairy J.*, 2010, 20:292-302
 60. Wandrey, C., Bartkowiak, A. & Harding, S.E., Materials for Encapsulation In: Zuidam N.J., Nedovic, V.A. (Eds.) *Encapsulation Technologies for Food Active Ingredients and Food Processing*, Springer: Dordrecht, The Netherlands; 2009, p. 31-100.
 61. Westphalen, A.D., Briggs, J.L., & Lonergan, S. M., 2005. Influence of pH on rheological properties of porcine myofibrillar protein during heat induced gelation. *Meat Science*, 70, 293-299.

62. Xiong, Y.L., 1993., A comparison of the rheological characteristics of different fractions of chicken myofibrillar proteins. *J. Food Biochem.*, 16, 217-227.
63. Xiong, Y.L., 1992. Thermally induced interactions and gelation of combined myofibrillar proteins from white and red broiler muscles. *J. Food Sci.*, 57, 581-585.
64. Xiong, Y.L., 1994. Myofibrillar protein from different muscle fiber types: Implications of biochemical and functional properties in meat processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34, 293-320.
65. Xiong, Y.L., 1997 Structure-Function Relationship of Muscle Proteins. In *Food Proteins and Their Applications*; S. Damodaran and A. Paraf, Eds.; Marcel Dekker: New York, 341-392.
66. Yasui, T., Ishiroshi, M., and Samejima, K., 1980. Heat-induced gelation of myosin in the presence of actin. *J. Food Biochem.*, 4, 61-78.
67. Yongsawatdigul, J.; Park, J.W., 2004. Effects of Alkali and Acid Solubilization on Gelation Characteristics of Rockfish Muscle Proteins. *Journal of Food Science*, 69, 499-505.
68. Zayas, F.J., 1997: *Functionality of proteins in Food*: ed. Springer, 373p.