



UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS" DIN GALAȚI
FACULTATEA DE ȘTIINȚA ȘI INGINERIA
ALIMENTELOR



Livia MANȚOC (PATRAȘCU)

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

**CERCETĂRI PRIVIND INFLUENȚA UNOR SISTEME DE
SĂRARE ASUPRA CARACTERISTICILOR TEHNOLOGICE ȘI
REOLOGICE ALE MUȘCHIULUI *BICEPS FEMORIS* DE PORC**

Coordonator Științific
Prof. dr. ing. Petru ALEXE

GALAȚI

2013



C5930/02.09.2013

Către

Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați vă face cunoscut că în data de **04.10.2013**, ora 12⁰⁰, în **sala F 103 a Facultății de Știința și Ingineria Alimentației**, va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată: **”CERCETĂRI PRIVIND INFLUENȚA UNOR SISTEME DE SĂRARE ASUPRA CARACTERISTICILOR TEHNOLOGICE ȘI REOLOGICE ALE MUȘCHIULUI BICEPS FEMORIS DE PORC”**, elaborată de doamna/domnul **MANȚOC LIVIA (PĂTRAȘCU)**, în vederea conferirii titlului științific de doctor în domeniul de doctorat **Inginerie industrială**.

Comisia de doctorat are următoarea componență :

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1. Președinte | Prof.univ.dr.ing. Anca-Ioana NICOLAU
Prorector - Universitatea " Dunărea de Jos " din Galați |
| 2. Conducător de doctorat | Prof.univ.dr.ing. Petru ALEXE
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați |
| 3. Referent oficial | Prof.univ.dr.ing. Gheorghe GUTT
Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava |
| 4. Referent oficial | Prof.univ.dr.ing. Adrian RIVIȘ
Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului din Timișoara |
| 5. Referent oficial | Conf.univ.dr.ing. Daniela BORDA
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați |

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



Prof. univ. dr. ing. Iulian Gabriel BÎRSAN

OBIECTIVE ȘTIINȚIFICE ȘI JUSTIFICAREA ALEGERII TEMEI

Carnea este un aliment de bază în nutriția umană. Este principala sursă de proteine pentru organismul uman, iar prelucrarea ei prin diferite procese tehnologice afectează direct calitatea produsului și respectiv sănătatea consumatorului.

Țesutul muscular poate fi introdus în grupul materialelor solide, care nu curg propriu-zis, ci care au proprietatea de a se întinde (deforma) în timp (traducere din engleză pentru *creep*).

Proprietățile reologice ale produselor alimentare „solide” pot fi indicatori vitali ai utilității alimentului pentru diverse aplicații (Myhan, et al., 2012). Rezultatele testelor de deformare asigură caracterizarea proprietăților mecanice ale alimentelor pe baza modelelor reologice (Campus, et al., 2010; Del Nobile, et al., 2007).

Principalul obiectiv al prezentului studiu a constat din urmărirea comportamentului mușchiului *Biceps femoris* de porc întreg sau în bucăți mari în timpul procesului de injectare-tumblerizare și în evidențierea efectului diferitelor tipuri de saramuri (cu/fără adaosuri polizaharidice), combinate cu diferiți timpi de tumblerizare, asupra parametrilor tehnologici, texturii, culorii cărnii de porc. Un alt punct de studiu al acestei teze s-a dorit a fi observarea influenței diferitelor procese tehnologice, asupra structurii cărnii, din punct de vedere reologic, înainte ca aceasta să fie supusă tratamentului termic.

Pe parcursul realizării tezei de doctorat au fost vizate următoarele obiective:

- ❖ Urmărirea comportării probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc în diferite tipuri de saramuri și optimizarea capacității acestora de a reține saramura în matricea cărnii fără a interveni cu alți aditivi specifici creșterii capacității de a reține a apei.
- ❖ Studiarea efectului adaosului unei concentrații mici (<1 %) de polizaharide (k-carrageenan) în masa cărnii asupra randamentului de producție și urmărirea efectului acestuia asupra texturii și culorii cărnii.
- ❖ Investigarea efectului creșterii timpului de tumblerizare asupra caracteristicilor tehnologice și senzoriale ale produsului finit (masă, textură, culoare).
- ❖ Determinarea influenței timpului de tumblerizare, a tipului de saramură, precum și a procentului de saramură adăugată sistemului asupra elasticității, a gradului de deformare și a capacității de relaxare ale mușchiului *Biceps femoris* de porc.
- ❖ Investigarea efectului procesului de maturare, a tipului de saramură, precum și a procentului de saramură adăugat în pasta de carne asupra proprietăților reologice ale mușchiului *Biceps femoris* de porc.

Prezenta teză de doctorat cuprinde 54 figuri și 52 tabele. Pentru elaborarea tezei s-au utilizat 137 referințe bibliografice. Teza a fost structurată în două părți, după cum urmează:

STUDIUL DOCUMENTAR

Capitolul 1, intitulat „Aspecte teoretice privind utilizarea sărării în industria cărnii”, este structurat în trei subcapitole care descriu istoricul utilizării procesului de sărare în industria cărnii, tumblerizarea ca metodă de frăgezire precum și prezența polizaharidelor în produsele din carne.

Capitolul 2, intitulat „Aspecte teoretice privind reologia produselor alimentare - metode și modele matematice utilizate” este structurat în două subcapitole alcătuite din considerații teoretice privind testele reologice utilizate în descrierea caracteristicilor vâscoelastice ale materialelor aparent solide, precum și modelele matematice utilizate în interpretarea datelor.

REZULTATE EXPERIMENTALE

Capitolul 3, intitulat „Aspectele tehnologice ale mușchiului *Biceps femoris* de porc în urma procesului de injectare și tumblerizare” este structurat în trei subcapitole care prezintă rezultatele obținute în urma studierii randamentelor atât din faza procesului de tumblerizare cât și a celui de pasteurizare, de asemenea prezintă capacitatea de reținere a apei a mușchiului *Biceps femoris* de porc inclus în diferite sisteme de sare în urma procesului de tumblerizare, cât și determinarea existenței proteinelor solubile în suc pierdut în timpul pasteurizării.

Capitolul 4, intitulat „Evoluția texturii mușchiului *Biceps femoris* de porc în urma procesului de injectare și tumblerizare” este structurat în trei subcapitole și prezintă analiza a cinci componente ale texturii, (fermitate, duritate, adezivitate, lucrul adezivității și fracturabilitate), pentru a evidenția efectul timpului de tumblerizare, a procentului de saramură adăugat sistemului precum și a prezenței k-carrageenanului în produs asupra caracteristicilor texturale ale probelor (produs finit).

Capitolul 5, intitulat „Aplicarea unei metode moderne în studiul componentelor culorii (CIELAB) ale mușchiului *Biceps femoris* de porc în urma procesului de injectare și tumblerizare” este structurat în trei subcapitole și prezintă studiul efectuat asupra variației culorii probelor (produs finit), prin divizarea acesteia în trei componente, L, a* și b*, respectiv luminozitatea, gradul de roșu și gradul de galben și observarea influenței factorilor variați asupra celor trei componente ale culorii.

Capitolul 6, intitulat „Cercetări privind influența diferitelor procese tehnologice asupra proprietăților reologice ale mușchiului *Biceps femoris* de porc” este structurat în două subcapitole și prezintă analiza fenomenului de fluaj și recuperare observat în cazul probelor injectate și tumblerizate, în stare crudă, înaintea procesului de pasteurizare. Modelul matematic Burger a fost aplicat pentru studierea aprofundată a rezultatelor. Caracterizarea vâscoelastică a amestecului carne-saramură, precum și studiul comportamentului sistemului în timpul simulării tratamentului termic a fost realizat prin transformarea mușchiului în sistem tip bradt, prezentând influența atât a saramurii cât și a timpului de maturare asupra profilelor reologice ale probelor.

În final, au fost prezentate contribuțiile originale ale actualei teze de doctorat, dar și viitoarele perspective de continuare a cercetărilor și diseminarea rezultatelor pe perioada programului de studii doctorale.

Capitolul 3. ASPECTELE TEHNOLOGICE ALE MUȘCHIULUI *BICEPS FEMORIS* DE PORC ÎN URMA PROCESULUI DE INJECTARE ȘI TUMBLERIZARE

3.1. Materiale și metode

Drept referință pentru studiul de față a reprezentat mușchiul *Biceps femoris* de porc, care este un mușchi mare, localizat în partea laterală a piciorului posterior de porc.

Mușchii *Biceps femoris* de la care au fost îndepărtate țesuturile conjunctiv și gras au fost procurați de la același distribuitor local, într-o perioadă de un an. Fiecare mușchi cântărea între 2600 și 2900 g. Toate determinările au fost realizate pe carne proaspătă, refrigerată.

Bucațile mari de mușchi *Biceps femoris* au fost tăiate în fragmente de aproximativ 100 g, fiecare bucată fiind marcată pentru diferențiere cu ață de bumbac de diferite culori. Studiul experimental a fost proiectat cu varierea a trei factori, însumând un număr de 108 probe per replică, după cum urmează:

- ❖ Creșterea procentului de saramură injectată (20, 30, 40 și 50 %);
- ❖ Varierea tipului de saramură injectată (saramură simplă, saramură cu k-carrageenan 0,25 kg/100 kg carne și saramură cu k-carrageenan 0,5kg / 100 kg carne).
- ❖ Creșterea timpului de tumblerizare, de la 1 la 9 ore, analizând probele după fiecare oră de tumblerizare.

Saramura utilizată pentru injectare a conținut clorură de sodiu, nitrit de sodiu, tripolifosfat de sodiu, zaharoză și apă. Ingredientele au fost adăugate în proporții diferite, în funcție de procentul de saramură injectată, astfel încât în produsul finit să rezulte următoarele cantități: sare 1,8 %; tripolifosfat de sodiu 0,3 %, nitrit de sodiu 0,015 % și zahăr 0,3 %, pentru saramura simplă. Pentru saramurile cu adaos de polizaharid, s-a folosit un amestec de carrageenan bogat în fracțiunea kappa (numit în continuare k-carrageenan). Saramurile au fost astfel formate încât, la sfârșitul procesului de injectare, în masa de carne să se regăsească 0,25 respectiv 0,5 % k-carrageenan. Pentru determinarea cantității de aditiv din saramură s-a utilizat formula 3.1.

$$\% \text{ aditiv în saramură} = \frac{\% \text{ aditiv în produs} \times (100 + \% \text{ injectare})}{\% \text{ injectare}}, \quad (3.1)$$

Procesul de tumblerizare a fost efectuat într-un tumbler de laborator, de capacitate mică (Reveo Marivac, SUA) în condiții de vid, la -85 MPa cu o viteză a tamburului de 14 rotații pe minut. Carnea a fost tumblerizată până la nouă ore, în regim de lucru intermitent (20 minute. masare, 10 minute pauză), însumând după nouă ore de lucru un număr de 5040 de rotații. După fiecare oră, câte trei bucați de carne au fost extrase din tumbler și cântărite. Procesul de tumblerizare a avut loc în cameră răcită la o temperatură de +4 °C ÷ +5 °C.

În vederea efectuării tratamentului termic, bucățile de carne au fost introduse separat în recipiente din sticlă, care au fost imersate în baie de apă (Memmert, WNB-45, Germania), crescând gradual temperatura apei cu ~1,5 °C/ minut de la 20 °C±2 °C la 75 °C până la o temperatură internă

a probei de 72 °C, măsurată cu o termocuplă. După tratamentul termic, probele au fost răcite în apă curgătoare și cântărite.

Interpretarea statistică a rezultatelor a fost realizată cu ajutorul ANOVA Single Factor, ($\alpha=0,05$) în programul Excel (Microsoft Office). Analiza existenței diferențelor statistice dintre mediile unui grup, a fost realizată cu ajutorul testului Fisher pentru cea mai mică diferență (LSD), utilizând programul STATGRAPHICS Centurion XV.I.

3.2. Rezultate și discuții

3.2.1. Influența procentului de injectare, a timpului de tumblerezare și a k-carrageenanului asupra creșterii în greutate a probelor

3.2.1.1. Randamente obținute în urma procesului de tumblerezare

Efectul procentului de saramură injectată, a tipului de saramură, precum și al timpului de tumblerezare asupra creșterii în greutate a probelor de carne este indicat în figura 3.3. Creșterea timpului de tumblerezare până la nouă ore, respectiv 5040 rotații, a avut influențe semnificative ($p<0,05$) asupra câștigului în greutate al probelor, (Figura 1, Anexe).

Din figura 3.1 se poate observa că odată cu creșterea timpului de tumblerezare până la nouă ore, atât probele injectate cu saramură simplă, cât și cele injectate cu saramură conținând k-carrageenan 0,25% sau 0,5% raportat la masa cărnii au înregistrat creșteri semnificative în greutate din punct de vedere statistic ($p<0,05$). Diferențe semnificative au fost constatate atât pentru cantitatea de saramură injectată ($p<0,05$), cât și pentru timpii de tumblerezare ($p<0,05$). Mai mult, din analiza diferențelor mediilor, s-a observat o tendință de separare a valorilor, grupându-se, ca și grade de semnificație, probele de la 1-5 h de tumblerezare și cele de la 6-9 h de tumblerezare (Tabelul 1, Anexe).

Adaosul k-carrageenanului, prin comparație cu probele injectate cu saramură simplă, nu a dus la creșterea în continuare a randamentului după tumblerezare. Cu toate că, coeficientul de determinare pentru probele cu k-carrageenan în sistem a arătat în continuare creștere liniară a datelor pe cele nouă ore de tumblerezare, creșterea în greutate a probelor după tratamentul mecanic nu a atins valoarea dorită (Figura 3.3.).

3.2.1.2. Randamente obținute în urma procesului de pasteurizare

Efectele tratamentelor aplicate cărnurilor asupra randamentelor după tratamentul termic sunt indicate în figura 3.4.

Pentru carnea injectată cu saramură simplă, în urma tratamentului termic, greutatea probelor, atinsă după tumblerezare, a scăzut în medie cu 13%, rămânând totuși peste 100% pentru toate cele patru procente de injectare utilizate în studiu. Creșterea timpului de tumblerezare a cărnii a avut și o influență semnificativă ($p<0,05$). Modificarea procentului de saramură injectată a dus la o diferențiere semnificativă a randamentelor ($p<0,05$). În cazul probelor cu saramură simplă în sistem, creșterea procentului de injectare de la 20 la 40% a dus la creșterea randamentului final de la 107 la 120% (după cea de-a noua oră de tumblerezare), însă procentul de injectare nu poate fi considerat un factor determinant pentru creșterea randamentului, deoarece în cazul a 50% saramură simplă injectată, randamentul maxim obținut după tratamentul termic a fost de 112%.

Randamentele la tratament termic obținute în cazul cărnurilor injectate cu saramură conținând k-carrageenan (0,25 kg/100 kg carne) au depășit în medie cu 5% pe cele înregistrate în

cazul probelor injectate cu saramură fără k-carrageenan. Cu toate că valorile randamentelor au crescut, nu s-a înregistrat depășirea greutății de 120%, față de masa inițială a cărnii, atinsă după 9 h de tumblerezare, tot pentru probele injectate cu 40% saramură. Diferențele semnificative statistic ($p < 0,05$) au fost constatate prin compararea seturilor de valori ale randamentelor la tratamentul termic în funcție de timpul de saramură utilizat.

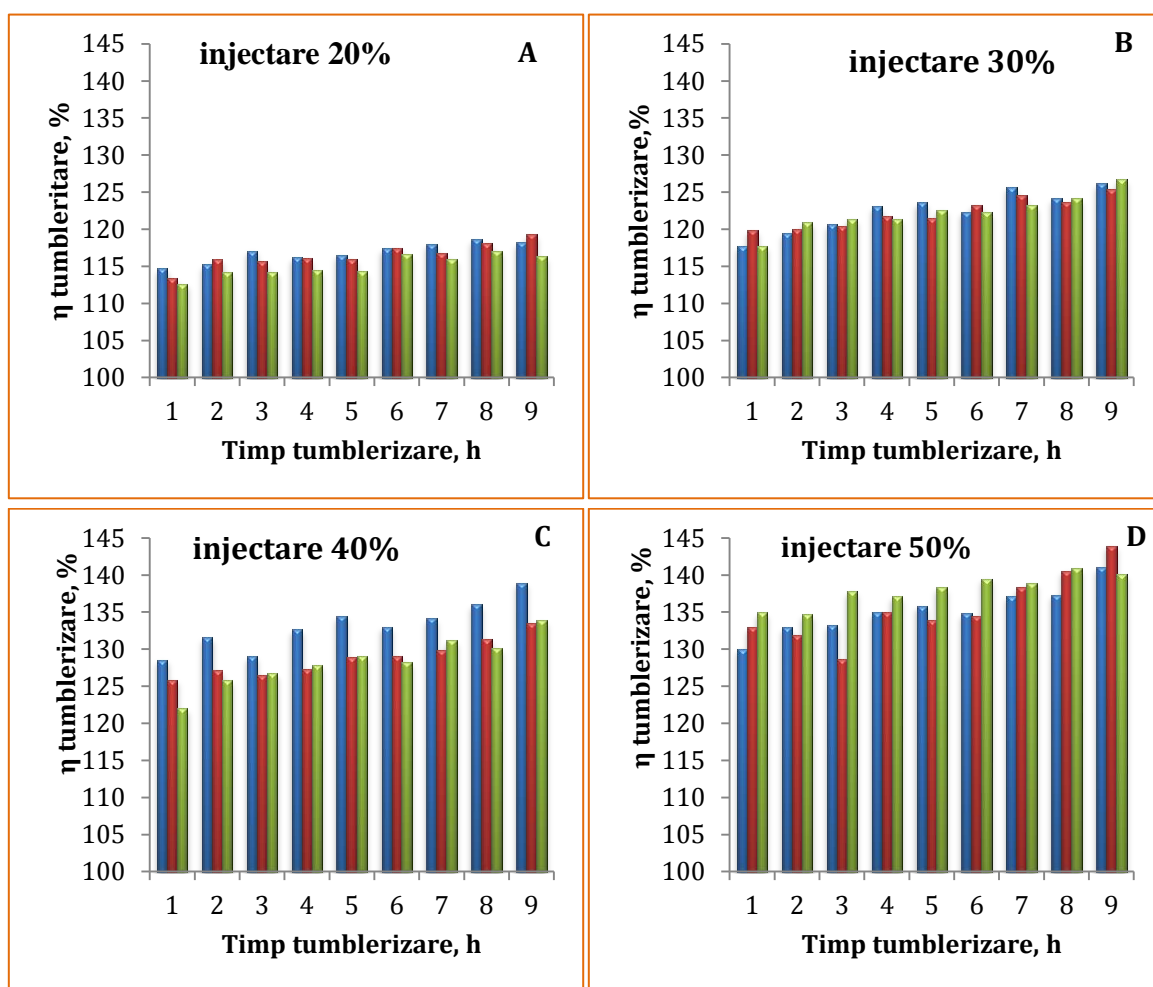


Figura 3.3. Efectul timpului de tumblerezare asupra creșterii în greutate a probelor în urma procesului de tumblerezare, pentru cantități diferite de saramură utilizate și rețete diferite de saramură, după cum urmează : ■ - probe cu saramură simplă; ■ - probe cu 0,25% k-carrageenan; ■ - probe cu 0,5% k-carrageenan

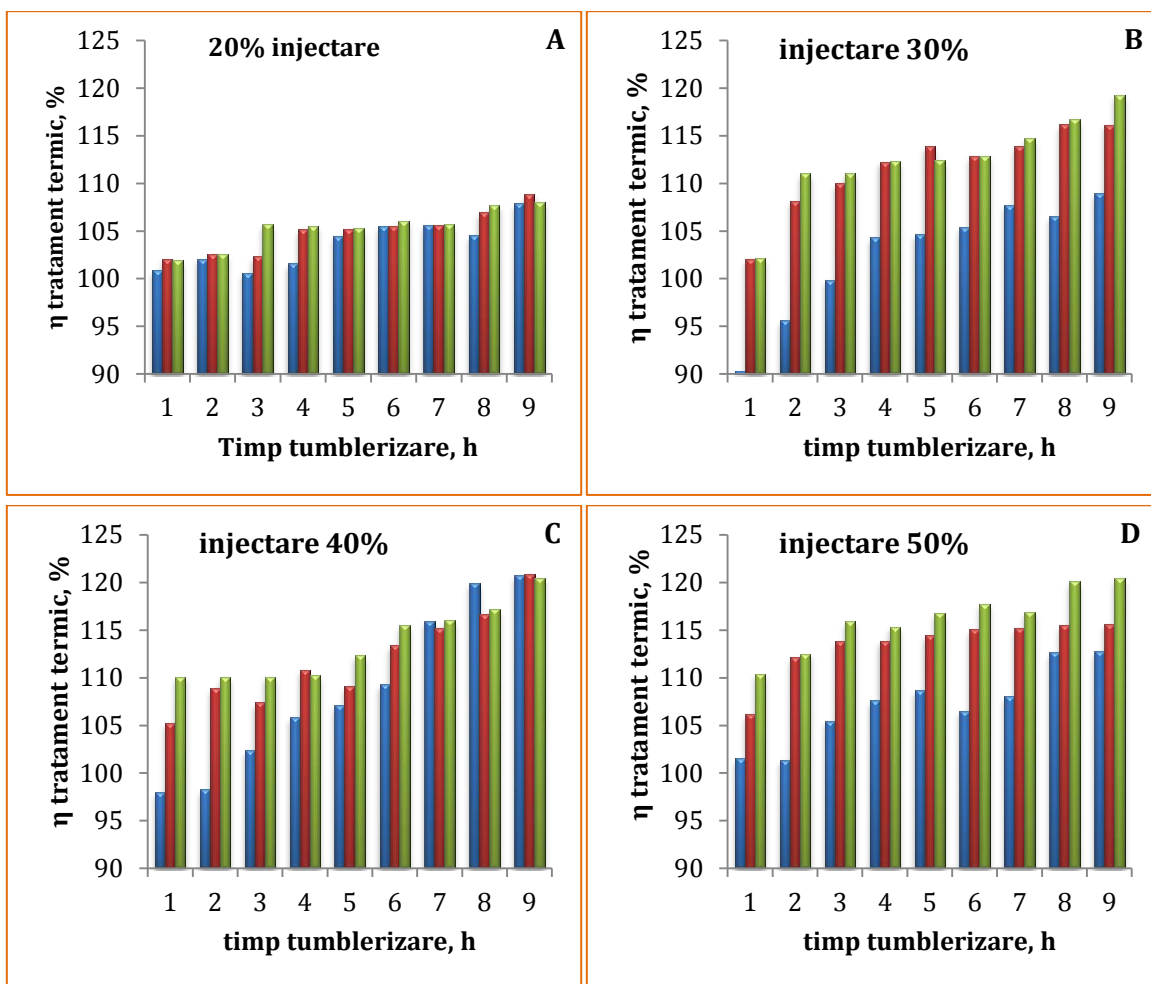


Figura 3.4. Efectul timpului de tumblerezare asupra creșterii în greutate a probelor în urma tratamentului termic, pentru cantități diferite de saramură utilizate și rețete diferite de saramură, după cum urmează : ■ - probe cu saramură simplă; ■ - probe cu 0,25 % k- carrageenan; ■ - probe cu 0,50 % k-carrageenan

3.2.2 Influența procentului de injectare, a timpului de tumblerezare și a k-carrageenanului asupra capacității de reținere a apei

Capacitatea de reținere a apei a fost influențată atât de procentul de saramură injectat, cât și de timpul de tumblerezare pentru fiecare tip de saramură în parte. Astfel, putem observa că, odată cu creșterea cantității de saramură, a crescut și cantitatea de apă expulzată în timpul centrifugării probelor tumblerezate ($p < 0,05$), însă, timpul prelungit de tumblerezare a avut un efect benefic, acesta reducând vizibil cantitatea de saramură pierdută ($p < 0,05$) (Tabelele 3.2; 3.3 și 3.4). Comportamentul a fost identic pentru toate cele trei tipuri de saramuri, cantitatea de apă pierdută în timpul centrifugării scăzând liniar odată cu creșterea timpului de tumblerezare. Efectul timpului de tumblerezare asupra caracteristicilor fizico-chimice din acest studiu a fost în conformitate cu alte cercetări publicate, unde un timp prelungit de tumblerezare, a fost descris ca factor important de creștere a capacității de reținere a apei a cărnii de porc.

Rezultatele au arătat că matricea formată în rețeaua musculară a cărnii după un timp mai lung de tumblerezare, are o capacitate mai bună de a reține apa (Tabelul 3.2.), în raport cu masa de saramură injectată. În cazul probelor injectate cu 50 % saramură, pierderile de apă au fost mai mari,

fapt ce explică randamentele mici de fierbere. Practic, o cantitate mai mare de lichid a avut drept rezultat o “diluare” a proteinelor miofibrilare, solubilizate datorită efectului sării asupra miofilamentelor, astfel ne mai putându-se crea matricea carne-saramură în interiorul mușchiului.

Tabelul 3.2. Efectul timpului de tumblerezare și a procentului de injectare a saramurii simple, asupra capacității de reținere apă a probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		EM %, saramură simplă			
Timp tumblerezare		% injectare			
	20	30	40	50	
1 h	15,35±5,04 ^a	20,90±0,14	22,20±0,28 ^a	26,14±1,05 ^a	
2 h	13,17±0,51 ^b	17,70±0,55 ^a	20,30±0,28 ^{ab}	20,79±1,21 ^{ab}	
3 h	13,25±0,39 ^c	18,30±0,01 ^a	21,90±1,55 ^{abc}	25,44±0,13 ^{ab}	
4 h	11,70±0,35	16,70±0,17 ^b	19,75±2,33 ^{abcd}	16,17±0,13 ^c	
5 h	10,27±1,38 ^a	16,10±0,04 ^b	18,50±0,00 ^{bde}	16,96±1,77 ^{cd}	
6 h	9,80±0,94 ^a	16,90±0,18 ^b	17,40±0,28 ^{bdef}	17,66±1,42 ^{cd}	
7 h	9,96±0,08 ^a	14,40±0,16	15,00±2,28 ^{fg}	11,23±0,03 ^e	
8 h	8,69±1,58 ^{abc}	10,60±0,24	15,60±0,70 ^{efg}	13,59±1,88 ^{cef}	
9 h	9,70±1,11 ^a	11,80±0,77	10,50±0,42	13,93±1,31 ^{cef}	
Coefficientul de determinare	$R^2=0,863$	$R^2=0,837$	$R^2=0,877$	$R^2=0,732$	
p	$p_{rânduri} < 0.05; p_{coloane} < 0.05;$				

Toate valorile reprezintă medii±Deviația Standard

Mediile urmate de litere similare pe aceeași coloană sunt semnificativ diferite ($p \leq 0,05$)

Tabelul 3.3. Efectul timpului de tumblerezare și a procentului de injectare a saramurii în amestec cu 0,25 kg k-carrageenan/100 kg carne, asupra capacității de reținere apă a probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		EM %, 0,25% k-carrageenan			
Timp tumblerezare		% injectare			
	20	30*	40*	50*	
1 h	19,46±0,65 ^a	25,50±0,52 ^a	21,63±3,00	23,60±1,17 ^a	
2 h	14,99±0,29 ^{ab}	25,36±1,42 ^a	22,36±1,89	18,23±0,40 ^b	
3 h	13,34±1,28 ^{ac}	19,54±1,89	15,01±2,72 ^a	20,21±4,70 ^{abc}	
4 h	13,08±1,88 ^a	21,52±0,84	14,77±0,12 ^{ab}	18,83±1,86 ^{bcd}	
5 h	12,37±1,03 ^a	12,13±0,70 ^b	15,31±0,76 ^{abc}	18,45±0,09 ^{bcde}	
6 h	12,86±0,64 ^a	12,97±1,57 ^b	14,68±2,63 ^{abc}	16,19±2,19 ^{bcddef}	
7 h	12,00±1,57 ^{ab}	12,04±0,58 ^{bc}	10,17±0,40 ^d	13,46±0,94 ^{fg}	
8 h	11,16±1,38 ^{ab}	12,29±0,60 ^{bcd}	9,68±2,04 ^{de}	9,36±0,88 ^{gh}	
9 h	10,42±0,85 ^{abc}	11,10±0,87 ^{bcd}	10,14±1,94 ^{de}	10,96±0,21 ^{gh}	
Coefficientul de determinare	$R^2=0,753$	$R^2=0,831$	$R^2=0,844$	$R^2=0,867$	
p	$p_{rânduri} < 0.05; p_{coloane} < 0.05;$				

Toate valorile reprezintă medii±Deviația Standard

Mediile urmate de litere similare pe aceeași coloană sunt semnificativ diferite ($p \leq 0,05$)

*Mediile urmate de litere similare pe aceeași coloană sunt nesemnificativ diferite ($p > 0,05$)

Tabelul 3.4. Efectul timpului de tumblerizare și a procentului de injectare a saramurii în amestec cu 0,5 kg k-carrageenan/100 kg carne, asupra capacității de reținere apă a probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba	EM %, 0,5% k-carrageenan			
	Timp tumblerizare	% injectare		
	20	30	40	50
1 h	22,40±0,49	18,05±0,63 ^a	24,45±1,10	23,01±1,27 ^a
2 h	16,45±0,56	21,86±1,74	18,33±0,50	20,90±0,81 ^{ab}
3 h	14,17±1,90 ^a	17,21±0,15 ^{abc}	15,83±0,22 ^a	18,02±0,13 ^{cd}
4 h	13,26±0,59 ^{ab}	15,74±1,51 ^{abd}	14,39±0,78 ^{ab}	18,76±2,66 ^{abe}
5 h	13,01±0,67 ^{abc}	16,29±1,69 ^{abde}	13,53±1,39 ^{bc}	16,81±0,23 ^{cf}
6 h	13,88±0,92 ^{abc}	14,12±0,38 ^{def}	13,53±0,29 ^{bcd}	16,85±1,45 ^{bcefg}
7 h	11,41±0,36 ^{bcd}	15,19±1,67 ^{cdef}	13,16±0,61 ^{bcde}	14,74±0,26 ^{fh}
8 h	10,76±0,54 ^{de}	11,67±1,24 ^{fg}	12,98±0,04 ^{bcd}	17,38±0,68 ^{dgh}
9 h	11,51±0,53 ^{bcde}	11,38±0,68 ^{fg}	11,30±0,49 ^e	13,60±0,99 ^h
Coefficientul de determinare	$R^2=0,704$	$R^2=0,787$	$R^2=0,739$	$R^2=0,801$
p	$p_{rânduri} < 0.05; p_{coloane} < 0.05;$			

Toate valorile reprezintă medii±Deviația Standard

Mediile urmate de litere similare pe aceeași coloană sunt ne semnificativ diferite ($p > 0,05$)

3.2.3. Influența procentului de injectare, a timpului de tumblerizare și a k-carrageenanului asupra proteinelor solubile în timpul tratamentului termic

În timpul tratamentului termic, bucățile de carne au pierdut o parte din apa câștigată după tumblerizare, în care s-au regăsit solubilizate și dispersate o parte din proteinele extrase în timpul tratamentului mecanic, dar și datorită efectului sării asupra țesutului muscular

În urma determinării cantității de proteine aflate în lichidul expulzat la fierbere, s-a observat pentru toate cele trei tipuri de saramuri o tendință polinomială de variație a valorilor în funcție de timpul de tumblerizare pentru fiecare procent de saramură injectat, posibil datorită mai multor factori de influență. Noi am constatat că nivelurile de proteine aflate în "lichid" au fost mai mari după prima oră de tumblerizare, apoi au scăzut până în a cincia - șasea oră, după care au fost înregistrate iarăși creșteri (Tabelele 3.5; 3.6; 3.7). Pentru fiecare tip de saramură în parte, valorile au fost semnificativ diferite ($p < 0,05$), excepție făcând probele cu 0,5 % k-carrageenan, unde creșterea timpului de tumblerizare a condus la valori asemănătoare pentru proteinele aflate în lichidul expulzat în timpul fierberii. Mai mult, analiza diferenței mediilor pentru probele injectate cu 20% saramură (Tabelul 3.7) nu a evidențiat vre-o diferență statistică între valori, pe parcursul celor nouă ore de tumblerizare. Același lucru a fost evidențiat și în cazul cantității de proteine solubile înregistrate pentru probele cu 0,25% k-carrageenan în sistem la un nivel de injectare de 40% (Tabelul 3.6).

Tabelul 3.5. Influența procentului de saramură simplă injectată asupra cantității de proteine solubile regăsite în lichidul expulzat în timpul tratamentului termic

Proba	Saramură simplă			
	% injectare			
Timp tumblerezare	20	30	40	50
1 h	0,2445±0,00 ^a	0,1005±0,00 ^a	0,1140±0,01 ^a	0,1714±0,04 ^a
2 h	0,1988±0,01 ^{ab}	0,0787±0,01 ^{ab}	0,0997±0,02 ^b	0,1260±0,00 ^a
3 h	0,2052±0,01 ^{ac}	0,0761±0,00 ^{ac}	0,0922±0,00 ^a	0,1210±0,00 ^a
4 h	0,1680±0,02 ^{abcd}	0,0743±0,02 ^{ad}	0,1049±0,00	0,1253±0,00 ^a
5 h	0,1619±0,01 ^{ad}	0,0725±0,00 ^{ae}	0,1053±0,00 ^c	0,1063±0,00 ^a
6 h	0,1542±0,01 ^{ad}	0,0687±0,01 ^{af}	0,1317±0,00 ^{bcd}	0,1148±0,00 ^a
7 h	0,1801±0,00 ^{ad}	0,0910±0,00 ^{efg}	0,1283±0,00 ^{bce}	0,1273±0,00 ^a
8 h	0,1823±0,01 ^{ad}	0,1015±0,00 ^{bcdef}	0,1069±0,01 ^{de}	0,1271±0,02 ^a
9 h	0,1901±0,00 ^{ad}	0,1166±0,00 ^{bcdefg}	0,1113±0,00 ^d	0,1319±0,00 ^a
<i>p</i>	<i>prânduri <0,05; pcoloane <0,05;</i>			

Toate valorile reprezintă medii±Deviația Standard

Mediile urmate de litere similare pe aceeași coloană sunt semnificativ diferite, (p≤0,05)

Tabelul 3.6. Influența procentului de injectare a saramurii cu 0,25 kg k-carrageenan/100 kg carne asupra cantității de proteine solubile regăsite în lichidul expulzat în timpul tratamentului termic

Proba	0,25 % k-carrageenan			
	% injectare			
Timp tumblerezare	20	30*	40**	50
1 h	0,1335±0,03 ^a	0,1041±0,03 ^{ab}	0,1389±0,09	0,1546±0,01 ^a
2 h	0,0758±0,00 ^{ab}	0,0150±0,00 ^{ac}	0,1285±0,09	0,1170±0,00 ^{ab}
3 h	0,0736±0,01 ^{ac}	0,0000±0,02	0,1333±0,09	0,1029±0,00 ^{ac}
4 h	0,0039±0,00 ^{abcd}	0,0529±0,04 ^d	0,1345±0,10	0,1063±0,00 ^{ad}
5 h	0,0640±0,00 ^{ad}	0,0571±0,04 ^{de}	0,1343±0,09	0,1111±0,00 ^{ae}
6 h	0,0656±0,01 ^{ad}	0,0394±0,02 ^{bcdef}	0,1389±0,10	0,1061±0,00 ^{af}
7 h	0,0696±0,03 ^{ad}	0,0583±0,04 ^{befg}	0,1367±0,10	0,0988±0,01 ^{abeg}
8 h	0,0936±0,01 ^{ad}	0,0464±0,03 ^{cdefg}	0,1322±0,09	0,1051±0,00 ^{ah}
9 h	0,0898±0,00 ^{ad}	0,0754±0,05 ^{deg}	0,1395±0,08	0,1192±0,01 ^{acdfgh}
<i>p</i>	<i>prânduri <0,05; pcoloane <0,05;</i>			

Toate valorile reprezintă medii±Deviația Standard

Mediile urmate de litere similare pe aceeași coloană sunt semnificativ diferite, (p≤0,05)

*Mediile urmate de litere similare pe aceeași coloană sunt nesemnificativ diferite (p>0,05)

**Mediile coloanei nu au prezentat diferențe statistice

Tabelul 3.7. Influența procentului de injectare a saramurii cu 0,25 kg k-carrageenan/100 kg carne asupra cantității de proteine solubile regăsite în lichidul expulzat în timpul tratamentului termic

Proba		0,5 % k-carrageenan			
Timp		% injectare			
tumblerizare	20**	30	40	50	
1 h	0,1175±0,00	0,1684±0,01 ^a	0,1762±0,01 ^a	0,1391±0,00 ^a	
2 h	0,1560±0,06	0,1555±0,00 ^{ab}	0,1850±0,01 ^b	0,1353±0,00 ^b	
3 h	0,1524±0,07	0,1651±0,00 ^c	0,1709±0,02 ^c	0,1566±0,01 ^{abc}	
4 h	0,1480±0,06	0,1466±0,01 ^{acd}	0,1707±0,01 ^d	0,1701±0,00 ^{abd}	
5 h	0,1024±0,00	0,1649±0,00 ^d	0,1691±0,01 ^e	0,1520±0,01 ^{bde}	
6 h	0,1520±0,06	0,1564±0,00 ^{ade}	0,1693±0,00 ^f	0,1351±0,01 ^{cdef}	
7 h	0,1040±0,00	0,1627±0,00 ^d	0,1589±0,00 ^b	0,1552±0,01 ^{bf}	
8 h	0,1058±0,01	0,1691±0,00 ^{bde}	0,1490±0,01 ^{abcdef}	0,1516±0,00 ^d	
9 h	0,1083±0,00	0,1659±0,00 ^{bd}	0,1470±0,01 ^{abcdef}	0,1464±0,00 ^d	
p		<i>p</i> prânduri>0,05; <i>p</i> coloane<0,05;			

Toate valorile reprezintă medii±Deviația Standard

Mediile urmate de litere similare pe aceeași coloană sunt semnificativ diferite, ($p \leq 0,05$)

**Mediile coloanei nu au prezentat diferențe statistice

3.3. Concluzii parțiale

- ❖ Creșterea timpului de tumblerizare a favorizat capacitatea de reținere a apei pentru probele de mușchi *Biceps femoris* luate în analiză, astfel, umiditatea exprimată (EM, %) a prezentat valori în scădere odată cu creșterea timpului tratamentului mecanic.
- ❖ Valorile pentru umiditatea exprimată (EM, %) au prezentat regresie liniară, odată cu creșterea timpului tratamentului mecanic, pentru toate cele trei tipuri de saramuri utilizate, indiferent de procentul de saramură injectat.
- ❖ Prezența k-carrageenanului în saramuri a avut influențe ne semnificative ($p > 0,05$) asupra capacității de reținere a apei pentru probele de mușchi *Biceps femoris* de porc din acest studiu, prin comparație cu probele fără polizaharid în sistem.
- ❖ Utilizând saramură simplă, indiferent de cantitatea injectată, masa probelor de mușchi *Biceps femoris* nu a depășit 120% după tratamentul termic, iar pentru a obține această creștere a fost nevoie de 40% saramură și un timp de tumblerizare de nouă ore.
- ❖ În cazul utilizării unei saramuri simple, pentru mușchiul *Biceps femoris* de porc, se poate crește eficient gardul de injectare doar până la 40% saramură față de masa inițială a cărnii, creșterea în continuare a procentului de saramură având drept efect scăderea capacității de reținere a apei.
- ❖ Pentru a avea creșteri semnificative în greutate, indiferent de rețeta de saramură utilizată, carnea trebuie tumblerizată în regim intermitent mai mult de șase ore.
- ❖ Adaosul k-carrageenanului în cantități mici (0,25 și 0,5%) este eficient în creșterea masei cărnii doar pentru procente mici de injectare (20 și 30%), un proces tehnologic

eficient pentru grade mai mari de injectare, necesitând cantități mai mari de polizaharid.

- ❖ Adaosul de k-carrageenan în cantități mici (0,25 și 0,5%) nu este suficient pentru creșterea greutateii cărnii la valori mai mari, față de o saramură simplă.
- ❖ În timpul tratamentului termic probele au format agregate proteice în suc expulzat, în primele ore de tumblerizare (1-6 ore).

Capitolul 4. EVOLUȚIA TEXTURII MUȘCHIULUI *BICEPS FEMORIS* DE PORC ÎN URMA PROCESULUI DE INJECTARE ȘI TUMBLERIZARE

4.1. Materiale și metode

Caracteristicile de textură ale probelor au fost determinate utilizând texturometrul TA.XT.Plus. Bucățile de carne, tăiate în formă de paralelipiped dreptunghic cu dimensiuni de 2 cm × 2 cm, au fost supuse presării cu un cuțit tip Warner-Bratzler până la tăiere, perpendicular pe direcția fibrelor, cu o viteză de 2 mm/s. Echipamentul Warner Bratzler este cel mai des utilizat în determinarea durității cărnii (Lepetit & Culioli, 1994; Wheeler, et al., 1997).

4.2. Rezultate și discuții

4.2.1. Influența procentului de injectare a saramurii simple și a timpului de tumblerizare asupra texturii mușchiului *Biceps femoris* de porc

Creșterea timpului de tumblerizare, cât și a procentului de saramură injectată, a avut drept rezultat o scădere a fermității probelor ($p < 0,05$). Componentele de textură ale probelor au fost influențate de tratamentul aplicat, având valori în scădere. Pentru parametrii fermitate și duritate valorile înregistrate au avut o tendință liniară de scădere odată cu creșterea timpului de tumblerizare (Tabelele 7 și 8, Anexe), cu excepția valorilor durității pentru probele injectate cu 20 și 30% saramură simplă.

În cazul celorlalte componente ale texturii, distribuția valorilor pe ore de tumblerizare a fost una polinomială. Pentru adezivitate, analiza statistică în funcție de procente de injectare a evidențiat diferențe semnificative între valori și ne semnificative în cazul creșterii timpului de tumblerizare (Tabelul 4.1). Rezultă că fibrele musculare păstrează capacitatea de a sta structural legate indiferent de timpul tratamentului mecanic aplicat, însă un procent de injectare ridicat, determină scăderea forțelor de atracție. Același lucru a fost confirmat și de analiza mediilor, unde s-au înregistrat puține diferențe semnificative, iar în cazul a 40% saramură simplă injectată, nu au fost înregistrate diferențe statistice între medii.

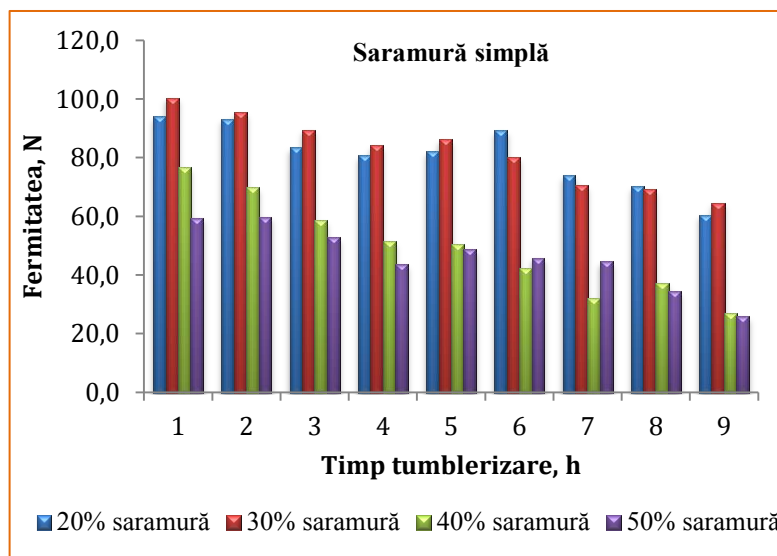


Figura 4.3. Influența procentului de injectare a saramurii simple și a timpului de tumblerezare asupra fermității probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

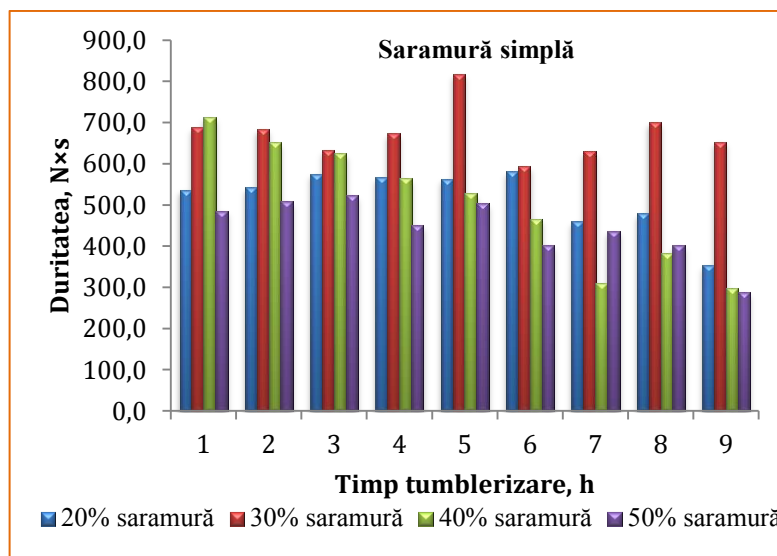


Figura 4.4. Influența procentului de injectare a saramurii simple și a timpului de tumblerezare asupra durității probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Tabelul 4.1. Influența procentului de injectare a saramurii simple și a timpului de tumblerizare asupra adezivității probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		Adezivitatea, N			
Timp tumblerizare	% injectare				
	20	30	40**	50	
1 h	6,16±0,88	8,86±3,89	4,46±0,46	1,48±0,58 ^a	
2 h	7,27±0,86 ^a	5,97±0,95	5,55±3,47	4,17±1,36 ^{ab}	
3 h	5,09±1,15	3,58±1,33	3,69±2,51	2,69±0,61	
4 h	2,80±0,21 ^{ab}	3,02±2,24 ^a	5,03±0,81	0,90±0,10 ^{bc}	
5 h	5,84±1,33	10,21±0,17 ^{ab}	2,82±2,00	3,51±0,19 ^{acd}	
6 h	4,83±1,55	5,38±3,47	1,92±0,04	2,58±1,79	
7 h	6,81±2,64 ^b	6,98±6,86	3,36±2,09	3,97±0,25 ^{ace}	
8 h	4,67±2,57	2,81±0,34 ^b	2,28±0,26	0,97±0,25 ^{bde}	
9 h	5,64±1,90	4,35±0,13	3,36±1,13	2,17±0,20 ^b	
<i>p</i>	<i>p</i> _{rand} >0,05	<i>p</i> _{rand} >0,05	<i>p</i> _{rand} >0,05	<i>p</i> _{rand} <0,05	
<i>p</i> _{coloane} <0,05					

Toate valorile reprezintă medii±Deviația Standard

Mediile urmate de litere similare pe aceeași coloană prezintă diferențe semnificative (*p*≤0,05)

**Mediile coloanei nu au prezentat diferențe statistice

Tabelul 4.2. Influența procentului de injectare a saramurii simple și a timpului de tumblerizare asupra lucrului adezivității a probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		Lucrul adezivității, N×s			
Timp tumblerizare	% injectare				
	20	30	40	50	
1 h	3,17±1,78 ^a	6,96±1,36 ^a	1,85±0,34	0,63±0,15 ^a	
2 h	3,89±0,38 ^b	4,85±4,36	2,93±1,65 ^a	1,78±0,79 ^{ab}	
3 h	1,44±0,29	1,57±1,78 ^a	1,21±0,84	0,80±0,06 ^{bc}	
4 h	1,67±0,56	0,47±0,29 ^a	1,69±0,27	0,16±0,01 ^{bd}	
5 h	1,41±1,60	3,80±1,12	1,01±0,70 ^a	1,18±0,20 ^{de}	
6 h	0,27±0,11 ^{ab}	2,17±1,20	0,96±0,03 ^a	0,84±0,76 ^{bf}	
7 h	1,66±1,74	3,17±4,35	1,76±1,14	1,87±0,00 ^{acdfg}	
8 h	2,18±1,94	0,14±0,06 ^a	0,92±0,05 ^a	0,15±0,03 ^{beg}	
9 h	0,31±0,11 ^{ab}	0,30±0,09 ^a	1,24±0,51	0,78±0,06 ^{bg}	
<i>p</i>	<i>p</i> _{rand} >0,05	<i>p</i> _{rand} >0,05	<i>p</i> _{rand} >0,05	<i>p</i> _{rand} <0,05	
<i>p</i> _{coloane} >0,05					

Toate valorile reprezintă medii±Deviația Standard

Mediile urmate de litere similare pe aceeași coloană prezintă diferențe semnificative (*p*≤0,05)

Tabelul 4.3. Influența procentului de injectare a saramurii simple și a timpului de tumblerizare asupra fracturabilității probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		Fracturabilitatea, N			
Timp tumblerizare	% injectare				
	20	30	40	50	
1 h	79,68±3,31	68,72	68,72	33,71±23,3	
2 h	73,01	54,36±23,6	54,36±23,6	ND	
3 h	ND	52,04±3,65	52,04±3,66	37,65	
4 h	72,73±0,99	30,02	30,02	ND	
5 h	ND	35,71	35,71	36,37±4,67	
6 h	60,70±1,96	ND	ND	ND	
7 h	63,40	19,23±5,22	19,23±5,23	30,93±3,12	
8 h	44	ND	ND	25,71±2,18	
9 h	ND	ND	ND	17,14	

ND - nu a fost posibilă detectarea fracturabilității

Dacă cel puțin pentru una dintre replici s-a detectat prezența fracturabilității, aceasta a fost afișată fără Deviația Standard

4.2.2. Influența procentului de injectare, a adaosului de k-carrageenan și a timpului de tumblerizare asupra texturii mușchiului *Biceps femoris* de porc

Adaosul de k-carrageenan în cantități mici, (0,25 și 0,5%) a avut drept rezultat scăderea fermității probelor de mușchi, fiind nevoie de mai puțină forță pentru secționarea cărnii decât în cazul probelor fără k-carrageenan în sistem (Figura 4.4).

Pentru grade mici de injectare, (20 și 30%), mușchii conținând 0,25% k-carrageenan au prezentat valori mai mari pentru fermitate decât mușchii injectați cu același procent de saramură dar cu o cantitate mai mare de k-carrageenan în sistem (0,5%), în cazul unui timp scurt de tumblerizare (o oră) (Figura 4.5). Rezultă că, pentru a obține o scădere imediată a fermității mușchilor, o cantitate mai mare de k-carrageenan are efect pozitiv, chiar și în timp scurt de tratament mecanic. Similar probelor injectate cu saramură simplă, pentru primele două procente de injectare utilizate valorile fermității s-au detașat evident prin comparație cu celelalte două procente utilizate la injectare (40 și 50%), pentru probele cu 0,25% k-carrageenan. Pentru acestea probe, creșterea procentului de injectare a dus la diferențe semnificative între valori ($p < 0,05$), (Tabelul 9, anexe). Contrar, probele cu 0,5% k-carrageenan în sistem, au prezentat pentru fermitate și duritate diferențe nesemnificative, odată cu creșterea cantității de saramură injectată (Tabelul 10, anexe). Pentru aceste probe, factorul decisiv pentru îmbunătățirea caracteristicilor de textură fiind reprezentat în continuare de timpul de tumblerizare ($p < 0,05$).

Cu toate că prelungirea timpului de tumblerizare a redus semnificativ ($p < 0,05$), fermitatea și duritatea probelor, acesta nu a influențat valorile în cazul adezivității și a lucrului adezivității, pentru ambele tipuri de saramură, indiferent de gradul de injectare. Analiza diferenței mediilor a confirmat acest lucru, înregistrându-se puține combinații cu diferențe semnificative între valori, iar în unele cazuri acestea au lipsit cu desăvârșire (Tabelele 4.4; 4.5; 4.7 și 4.8). Cu o singură excepție (Lucrul edezivității, 0,25% k-carrageenan), valorile au fost influențate de creșterea procentului de injectare de la 20 la 50%.

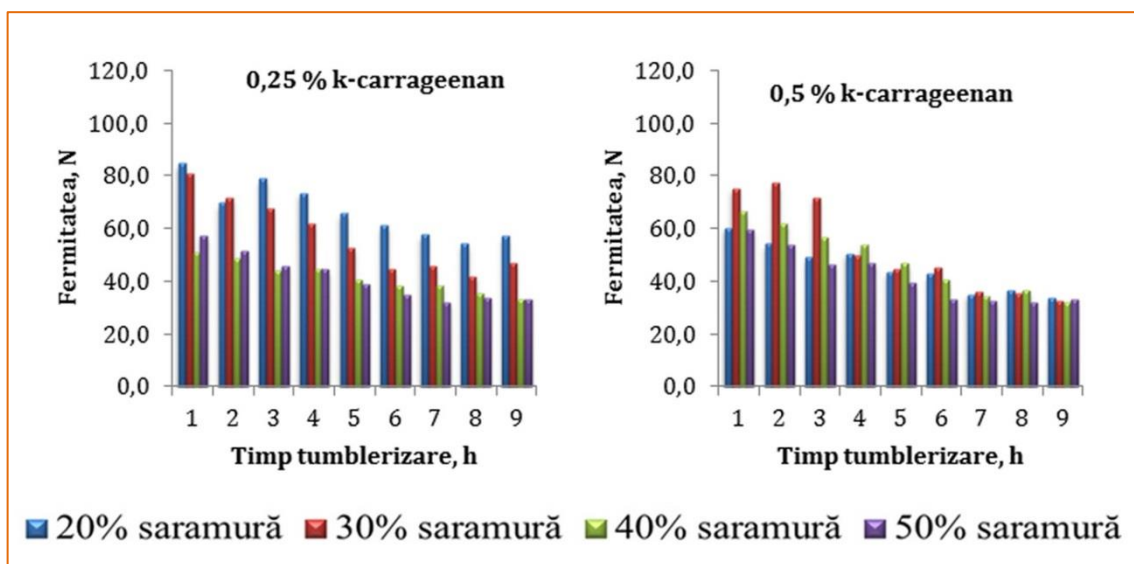


Figura 4.5. Influența procentului de injectare, a adaosului de k-carrageenan și a timpului de tumblerizare asupra fermității probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

În cazul probelor cu 0,5% k-carrageenan în sistem, s-au înregistrat valori ale fracturabilității pentru toate probele, la cel puțin una dintre replici (Tabelul 4.9). Acest lucru semnifică faptul că în aceste grupe s-au putut afla mai multe probe cu un conținut crescut de țesut conjunctiv și totuși valorile fermității au rezultat mai mici în comparație cu cele ale probelor cu 0,25% k-carrageenan și fără poliglucid în sistem. De aici se desprinde ideea că un adaos crescut de k-carrageenan asigură o creștere a frăgezimii chiar și pentru mușchii cu un conținut mai mare de țesut conjunctiv.

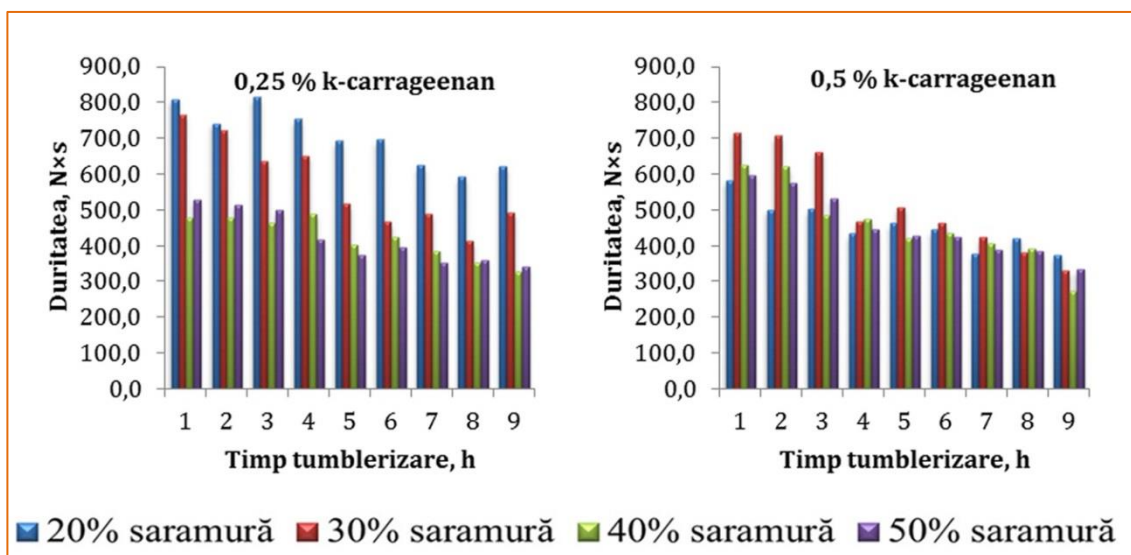


Figura 4.6. Influența procentului de injectare, a adaosului de k-carrageenan și a timpului de tumblerizare asupra durității probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Tabelul 4.4.Influența adaosului de 0,25 % k-carrageenan, a procentului de injectare și a timpului de tumblerizare asupra adezivității probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		Adezivitatea, N			
Timp tumblerizare		% injectare			
		20	30	40**	50
1 h		8,47±5,90 ^a	7,64±3,18 ^a	2,35±1,24	2,47±0,67
2 h		3,40±1,20	1,93±0,57 ^a	3,27±0,90	4,19±0,19 ^a
3 h		3,72±0,00	6,34±3,08 ^b	3,43±0,91	2,33±1,48
4 h		5,21±0,85	5,57±2,01	3,91±1,21	1,27±0,78 ^a
5 h		4,39±1,71	1,66±0,75 ^{ab}	3,66±2,01	0,48±0,25 ^a
6 h		3,94±2,94	1,96±0,43 ^{ab}	1,27±0,06	1,93±1,35 ^a
7 h		2,86±1,29 ^a	2,26±0,57 ^{ab}	2,54±3,06	1,59±0,49 ^a
8 h		4,26±0,49	2,23±0,89 ^{ab}	1,76±0,85	2,29±1,57
9 h		2,24±0,62 ^a	2,88±1,65 ^a	2,69±1,25	2,05±0,43 ^a
<i>p</i>		<i>p</i> _{rand} >0,05	<i>p</i> _{rand} <0,05	<i>p</i> _{rand} >0,05	<i>p</i> _{rand} >0,05
<i>p</i> _{coloane} <0,05					

Toate valorile reprezintă medii±Deviația Standard

Mediile urmate de litere similare pe aceeași coloană prezintă diferențe semnificative ($p \leq 0,05$)

** Mediile coloanei nu au prezentat diferențe statistice

Tabelul 4.5.Influența adaosului de 0,25 % k-carrageenan, a procentului de injectare și a timpului de tumblerizare asupra lucrului adezivității probelor de mușchi *Biceps femoris*

Proba		Lucrul adezivității, N×s			
Timp tumblerizare		% injectare			
		20	30	40	50
1 h		3,46±2,37	3,25±1,65 ^a	0,99±0,42	0,90±0,34
2 h		1,07±0,37	0,86±0,20 ^b	1,03±0,02	1,64±0,16 ^a
3 h		1,13±0,06	3,78±2,53 ^{bc}	1,40±0,10	0,95±1,13
4 h		1,64±0,63	2,78±1,50	1,85±0,87 ^a	0,39±0,05 ^a
5 h		1,42±0,42	0,66±0,48 ^c	1,39±0,66	0,18±0,22 ^a
6 h		4,20±3,38 ^a	0,79±0,05 ^c	0,45±0,01 ^a	0,77±0,60
7 h		1,28±0,64	0,64±0,03 ^{ac}	0,79±0,93	0,53±0,23 ^a
8 h		0,69±0,13 ^a	0,85±0,33 ^c	0,65±0,32 ^a	0,87±0,52
9 h		0,68±0,12 ^a	1,07±0,42 ^c	1,13±0,39	0,65±0,08
<i>p</i>		<i>p</i> _{randuri} >0,05; <i>p</i> _{coloane} >0,05			

Toate valorile reprezintă medii±Deviația Standard

Mediile urmate de litere similare pe aceeași coloană prezintă diferențe semnificative ($p \leq 0,05$)

Tabelul 4.6. Influența adaosului de 0,25 % k-carrageenan, a procentului de injectare și a timpului de tumblerizare asupra fracturabilității probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		Fracturabilitatea, N			
Timp tumblerizare		% injectare			
		20	30	40	50
1 h		59,2±20,7	64,2	42,1±8,8	51,16±0,04
2 h		ND	56,3±6,00	39,9±1,8	45,69±4,1
3 h		ND	59,4±13,8	30,3±3,6	31,85±0,9
4 h		62,6±0,0	53,3±9,7	41,5±1,1	36,86
5 h		57,5	54,0	23,8	33,23±0,9
6 h		49,8±6,19	26,1	30,0±2,5	21,55±1,2
7 h		25,4	30,6±6,0	ND	24,37±2,8
8 h		43,1	33,5±0,0	34,2±1,1	27,19±2,7
9 h		42,8	40,6	25,8±7,9	21,99±0,1

ND - nu a fost posibilă detectarea fracturabilității

Dacă cel puțin pentru una dintre replici s-a detectat prezența fracturabilității, aceasta a fost afișată fără Deviația Standard

Tabelul 4.7. Influența adaosului de 0,5 % k-carrageenan, a procentului de injectare și a timpului de tumblerizare asupra adezivității probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		Adezivitatea, N			
Timp tumblerizare		% injectare			
		20	30	40**	50
1 h		5,62±0,84 ^a	6,11±2,83	3,40±1,16	4,40±0,50
2 h		4,43±0,74 ^b	6,03±5,74	4,15±1,00	4,70±0,55 ^a
3 h		3,96±0,15 ^c	9,14±3,80 ^a	2,12±0,44	4,39±1,76
4 h		5,19±0,61 ^d	4,09±2,30	3,28±1,30	3,46±0,32
5 h		6,09±1,01	1,42±0,67 ^a	2,08±0,36	2,52±1,08 ^a
6 h		4,81±2,18 ^e	3,19±0,77	2,61±1,00	3,13±0,34
7 h		4,62±0,97 ^f	4,44±1,55	2,50±2,21	3,29±0,26
8 h		7,98±0,65 ^{abcdef}	2,59±0,16 ^a	3,20±0,51	4,02±1,58
9 h		6,01±0,58	3,82±1,09	2,08±0,07	3,49±0,76
<i>p</i>		<i>p</i> _{randuri} >0,05; <i>p</i> _{coloane} <0,05			

Toate valorile reprezintă medii±Deviația Standard

Mediile urmate de litere similare pe aceeași coloană sunt semnificativ diferite ($p \leq 0,05$)

**Mediile coloanei nu au prezentat diferențe statistice

Tabelul 4.8. Influența adaosului de 0,5 % k-carrageenan, a procentului de injectare și a timpului de tumblerezare asupra lucrului adezivității probelor de mușchi *Biceps femoris*

Proba		Lucrul adezivității, N×s			
Timp tumblerezare		% injectare			
		20	30	40	50**
1 h		3,13±0,77 ^a	2,51±0,74	1,74±1,06 ^a	2,01±1,15
2 h		3,24±0,47 ^b	1,94±1,51 ^a	1,46±0,08	2,04±0,77
3 h		2,65±0,01 ^c	4,67±2,23 ^{ab}	1,16±0,33	2,56±1,56
4 h		3,89±1,33 ^d	1,99±0,93 ^b	1,24±0,65	1,87±1,52
5 h		3,32±0,29 ^e	0,55±0,28 ^b	1,20±0,49	1,26±0,95
6 h		5,04±1,22 ^{abcdefg}	1,25±0,12 ^b	0,88±0,27	2,09±1,49
7 h		2,00±0,19 ^{dfigh}	2,24±0,83 ^b	0,57±0,47 ^a	1,38±1,05
8 h		3,67±0,40 ^h	1,34±0,47 ^b	1,22±0,04	1,87±0,90
9 h		3,08±0,11 ^g	2,42±0,34	0,69±0,09	1,72±1,45
<i>p</i>		<i>p</i> _{randuri} >0,05; <i>p</i> _{coloane} <0,05			

Toate valorile reprezintă medii±Deviația Standard

Mediile urmate de litere similare pe aceeași coloană sunt semnificativ diferite ($p \leq 0,05$)

**Mediile coloanei nu au prezentat diferențe statistice

Tabelul 4.9. Influența adaosului de 0,5 % k-carrageenan, a procentului de injectare și a timpului de tumblerezare asupra fracturabilității probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		Fracturabilitatea, N			
Timp tumblerezare		% injectare			
		20	30	40	50
1 h		54,84	65,10±4,1	48,19±7,3	40,16
2 h		46,52	67,88	54,54±8,5	41,89±5,9
3 h		36,46±3,2	61,93	31,10	34,53±0,5
4 h		42,26±6,7	48,47	25,24	36,04±4,9
5 h		24,10	33,91	33,61±7,6	29,30±0,9
6 h		28,43±3,8	39,86	33,11±4,6	24,99
7 h		30,97	29,22±2,3	31,62±3,37	28,26±0,8
8 h		33,13±1,4	28,99±1,5	22,77	30,16
9 h		27,25±1,7	23,55±9,2	12,41±2,03	25,01±0,5

Dacă cel puțin pentru una dintre replici s-a detectat prezența fracturabilității, aceasta a fost afișată fără Deviația Standard

4.3. Concluzii parțiale

- ❖ Creșterea timpului de tumblerezare, cât și a procentului de saramură injectată, a avut drept rezultat scăderea fermității probelor.
- ❖ Fibrele musculare au păstrat capacitatea de a sta lipite structural indiferent de timpul tratamentului mecanic, însă creșterea cantității de saramură injectată, a determinat scăderea forțelor de atracție, micșorând forța adezivității.

- ❖ O cantitate mai mare de saramură în sistem a asigurat o frăgezime mai ridicată a cărnii chiar și pentru timp redus de tumblerizare.
- ❖ Putem sugera că pentru a obține raportul optim randament/frăgezime, carnea trebuie injectată cu minim 40 % saramură.
- ❖ Adaosul de k-carrageenan în cantități mici, (0,25 și 0,5 %) a avut drept efect scăderea fermității probelor de mușchi, fiind nevoie de o forță mai mică pentru secționarea cărnii decât în cazul probelor fără k-carrageenan în sistem.
- ❖ Pentru a obține o scădere imediată a fermității mușchilor, o cantitate mai mare de k-carrageenan a avut efect pozitiv, chiar și în timp scurt de tratament mecanic.

Capitolul 5. APLICAREA UNEI METODE MODERNE ÎN STUDIUL COMPONENTELOR CULORII (CIELAB) ALE MUȘCHIULUI BICEPS FEMORIS DE PORC ÎN URMA PROCESULUI DE INJECTARE ȘI TUMBLERIZARE

5.1. Materiale și metode

Pentru urmărirea schimbărilor cromatice, în funcție de tratamentul ales, în bucățile de carne, au fost descrise componentele L^* (luminozitatea), a^* (gradul de roșu) și b^* (gradul de galben), împreună cu unghiul de nuanță și saturația culorii.

În acest studiu, a fost aplicată metoda modificată după Papadakis, et al., (2000). Componentele L^* , a^* și b^* au fost citite cu ajutorul programului Photoshop (CS5×64, Adobe Systems Inc., San Jose, CA). Acesta are posibilitatea de a calcula parametrii L , a și b , utilizând o scară de la 0 la 255 (Adobe Photoshop 5.0 User Guide for Macintosh and Windows, 1998). Pentru a le converti în L^* , a^* și b^* , s-au utilizat următoarele formule de calcul (Lazaridou, 2005):

$$L^* = \frac{L}{255} \times 100; \quad (5.1)$$

$$a^* = \frac{240 \times a}{255} - 120; \quad (5.2)$$

$$b^* = \frac{240 \times b}{255} - 120; \quad (5.3)$$

În plus, a fost calculat unghiul de nuanță (C) (din engleză *hue angle*) și saturația culorii (D), așa numita componentă "*Chroma*" (Sawyer, et al., 2008), după formulele:

$$C = \arctan \frac{b^*}{a^*}; \quad (5.4)$$

$$D = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}; \quad (5.5)$$

5.2. Rezultate și discuții

5.2.1. Influența procentului de injectare a unei saramuri simple și a timpului de tumblerizare asupra componentelor culorii mușchiului *Biceps femoris* de porc

În urma citirii parametrilor CIELAB cu ajutorul programului Photoshop CS5×64, s-a observat că valorile pentru majoritatea parametrilor nu au avut diferențe semnificative ($p>0,05$) în cadrul probelor cu același tip de saramură utilizată.

Luminozitatea L^* , în majoritatea cazurilor a fost orientată peste valoarea de 50 (Tabelul 5.1). Cum L^* variază de la 0 pentru surse întunecate sau negre, la 100 pentru cele luminoase sau albe, rezultatele au arătat că, culorile probelor de carne au fost mai mult luminoase decât întunecate, cantitatea de saramură reținută în produs neafectând, totuși, valorile. Luminozitatea diferă în general în funcție de unghiul sub care este privit un produs și lumina sub care este așezat.

Valorile coeficienților a^* și b^* , pentru toate cele patru procente de injectare (Tabelele 5.2 și 5.3), indiferent de timpul de tumblerizare, s-au poziționat în cadranul pozitiv al graficului tridimensional al culorilor (Figura 5.2), fapt ce denotă că, culoarea probelor de carne a fost caracterizată de nuanțele roșu și galben. Cu toate că, prin analiza diferențelor mediilor s-au identificat valori semnificativ diferite între ele, nu putem spune că acest lucru se datorează tratamentului la care au fost supuse probele, de oarece distribuția datelor nu urmează o regresie liniară.

Timpul de tumblerizare nu a influențat diferențele dintre valori, însă diferențe semnificative s-au înregistrat odată cu creșterea procentului de saramură injectată. Culori mai aprinse au prezentat probele injectate cu 30% saramură simplă (Tabelul 5.2), care au avut valori mai mari pentru a^* și D .

Tabelul 5.1. Influența procentului de injectare a saramurii simple și a timpului de tumblerizare asupra Luminozității probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		L^*			
Timp tumblerizare		% injectare			
		20	30	40	50
1 h		49,21±1,15	55,05±0,22 ^a	47,91±0,11	52,55±0,35 ^a
2 h		54,88±0,67 ^a	56,02±0,02 ^a	55,66±0,49 ^a	53,05±0,21 ^{ab}
3 h		57,41±1,76 ^b	44,14±0,19 ^b	60,79±0,01 ^b	55,00±0,28 ^c
4 h		53,91±0,44 ^{ac}	51,11±0,12 ^c	62,50±0,14 ^{bc}	57,40±0,28
5 h		51,83±0,89 ^{cd}	50,45±1,07 ^c	60,33±0,1 ^{bcd}	51,25±0,07
6 h		53,19±0,02 ^{ace}	44,25±0,35 ^b	56,92±2,38 ^a	55,25±0,64 ^{cd}
7 h		55,51±0,72 ^{abcf}	58,02±0,59	62,82±0,54 ^{bc}	53,90±0,42 ^{be}
8 h		54,75±0,64 ^{acef}	53,08±0,18	65,50±1,84	54,05±0,49 ^e
9 h		52,36±1,07 ^{cde}	70,52±1,87	59,30±0,16 ^{bd}	55,55±0,49 ^{cd}
p		<i>p</i> rânduri >0,05; <i>p</i> coloane >0,05;			

Valorile prezintă medii ±Deviația Standard

Mediile aceleiași coloane urmate de litere similare sunt ne semnificativ diferite ($p>0,05$)

Tabelul 5.2. Influența procentului de injectare a saramurii simple și a timpului de tumblerizare asupra gradului de roșu al probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		a*			
Timp tumblerizare	% injectare				
	20	30**	40	50	
1 h	10,55±0,38 ^a	11,25±1,53 ^a	11,99±0,32 ^a	10,61±0,3 ^a	
2 h	5,41±0,33	10,05±0,08 ^b	9,18±0,34 ^b	8,65±0,92 ^b	
3 h	6,44±0,46	11,26±1,77 ^c	9,21±0,38 ^{bc}	8,25±0,35 ^{bc}	
4 h	8,53±0,59 ^b	11,92±0,33 ^d	5,92±0,27	8,20±0,28 ^{bc}	
5 h	10,59±0,33 ^{ac}	10,92±0,13 ^e	9,73±0,21 ^{bcd}	12,18±0,59 ^a	
6 h	10,59±0,33 ^{ac}	12,170,00 ^f	10,39±0,62 ^{de}	21,93±1,6	
7 h	14,70±0,17	11,96±0,28 ^g	10,87±0,07 ^e	15,14±0,79 ^d	
8 h	8,53±0,59 ^b	11,64±0,17 ^h	11,60±0,23 ^{af}	15,59±0,41 ^{de}	
9 h	9,56±0,46	7,99±2,68 ^{abcde}	11,76±0,00 ^{af}	15,13±0,77 ^{de}	
p	<i>p</i> rânduri <0,05; <i>p</i> coloane <0,05;				

Valorile prezintă medii ±Deviația Standard

Mediile aceleiași coloane urmate de litere similare sunt ne semnificativ diferite ($p > 0,05$)

**Mediile aceleiași coloane urmate de litere similare sunt semnificativ diferite ($p \leq 0,05$)

Tabelul 5.3. Influența procentului de injectare a saramurii simple și a timpului de tumblerizare asupra gradului de galben al probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		b*			
Timp tumblerizare	% injectare				
	20	30**	40	50	
1 h	7,47±0,59 ^a	6,99±0,08 ^a	7,08±0,04	6,21±0,13 ^a	
2 h	3,35±0,08 ^b	8,85±0,13 ^b	6,30±0,27 ^a	4,42±0,26 ^b	
3 h	5,34±0,19	10,78±0,06 ^{ac}	5,22±0,07 ^b	4,32±0,12 ^{bc}	
4 h	7,02±0,05 ^{ac}	11,63±1,51 ^{abd}	5,67±0,45 ^{bc}	4,47±0,33 ^{abc}	
5 h	9,95±0,1	11,29±1,8 ^{ae}	5,23±0,08 ^{bcd}	6,15±0,04	
6 h	8,53±0,59	9,88±0,17 ^{af}	6,31±0,28 ^{ae}	9,66±0,31 ^d	
7 h	4,38±0,21 ^d	7,34±1,73 ^{cdef}	6,04±0,11 ^{ace}	9,04±0,14 ^{de}	
8 h	3,72±0,61 ^{bd}	7,10±1,4 ^{cdef}	5,14±0,04 ^{bcd}	8,53±0,33 ^{ef}	
9 h	7,47±0,59 ^{ac}	7,98±0,01 ^{cde}	4,48±0,35	8,64±0,73 ^{ef}	
p	<i>p</i> rânduri >0,05; <i>p</i> coloane <0,05;				

Valorile prezintă medii ±Deviația Standard

**Mediile aceleiași coloane urmate de litere similare sunt semnificativ diferite ($p \leq 0,05$)

Mediile aceleiași coloane urmate de litere similare sunt ne semnificativ diferite ($p > 0,05$)

5.2.2. Influența procentului de injectare, a adaosului de k-carrageenan și a timpului de tumblerizare asupra componentelor culorii mușchiului *Biceps femoris* de porc

Prezența k-carrageenanului în probele de carne a determinat o scădere a luminozității probelor în comparație cu probele fără polizaharid în sistem (Tabelul 5.5). Nici în acest caz nu s-au identificat diferențe semnificative ($p > 0,05$) în funcție de timpul de tumblerizare aplicat, iar din rezultatele analizei diferențelor mediilor nu putem afirma că timpul de tumblerizare influențează valorile, acestea formând o distribuție polinomială. Valorile medii ale lui L^* , au crescut odată cu creșterea procentului de injectare de la 46,97 pentru 20% saramură injectată, la 49,8 pentru 30% injectare, la 53,67 pentru 40 % injectare și la 58,17 pentru 50% injectare. Același lucru a fost evidențiat și în cazul distribuției valorilor lui a^* (Tabelul 5.6), care nu au fost influențate de timpul de tumblerizare aplicat, dar pentru care mediile per fiecare procent de injectare au variat descrescător cu distribuție liniară a datelor, $R^2 = 0,996$. Analiza diferențelor statistice dintre medii (Tabelul 5.6), a divizat practic valorile gradului de roșu în două grupe și anume probele tumblerizate 1-5 h și probele tumblerizate 5-9 h, după cum se poate observa din distribuția literelor, în cazurile a 40 și 50% saramură în sistem. Din datele înregistrate pentru componenta b^* , nu s-au identificat influențe semnificative ale tratamentelor la care au fost supuse probele, (Tabelul 5.7).

Valorile înregistrate pentru unghiul de nuanță și saturația culorilor în cazul probelor cu 0,25 % k-carrageenan în sistem (Tabelul 5.8), au fost asemănătoare cu cele înregistrate pentru probele injectate cu saramură simplă, probele fiind caracterizate de un roșu estompat. nici în acest caz timpul de tumblerizare nu a influențat valorile parametrilor de culoare, diferențele dintre acestea fiind date de creșterea procentului de injectare. Similar celorlalte componente ale culorii înregistrate pentru probele cu 0,25% k-carrageenan în sistem, distribuția componentelor C și D a fost una liniară, atunci când s-au comparat valorile medii ale celor nouă ore de tumblerizare în funcție de procente de injectare aplicate. Astfel, pentru unghiul de nuanță (C), s-a înregistrat un $R^2 = 0,850$, iar valorile medii au crescut în funcție de procentul de injectare aplicat. Similar, pentru saturația culorii (D), s-a înregistrat distribuție liniară a mediilor (timp tumblerizare), în funcție de procente de injectare, cu $R^2 = 0,982$. Valorile medii pentru componenta D au scăzut de la 15,45 pentru 20% injectare, la 12,56 pentru 30% injectare, la 11,05 pentru 40% injectare și la 9,10 pentru 50% injectare.

Probele cu o cantitate de 0,5% k-carrageenan au prezentat rezultate asemănătoare celor anterioare. Din tabelul 5.9 se observă că varierea timpului de tumblerizare nu a avut influențe semnificative asupra valorilor înregistrate pentru Luminozitate, diferențele fiind date de creșterea procentului de injectare. Totuși valorile medii înregistrate pentru toate cele nouă ore de tumblerizare în funcție de procente de injectare nu au avut o distribuție liniară, ($R^2 = 0,017$). Analizând componentele culorii pentru probele cu 0,5% k-carrageenan în sistem, similar probelor cu 0,25% poliglucid în sistem, s-a evidențiat distribuție liniară a datelor pentru gradul de roșu (a^*). Similar, saturația culorii a scăzut odată cu creșterea procentului de injectare de la 14,51 (20% injectare) la 10,3 (50% injectare) cu $R^2 = 0,874$.

În concluzie putem afirma că timpul de tumblerizare nu este un factor care să determine modificarea culorii cărnii, aceasta fiind influențată mai degrabă de procentul de saramură adăugat sistemului, precum și de adaosul unor aditivi, în cazul de față a k-carrageenan-ului.

Tabelul 5.5. Influența procentului de injectare a saramurii cu 0,25 kg k-carrageenan/100 kg carne și a timpului de tumblerizare asupra Luminozității probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		L*			
Timp tumblerizare		% injectare			
		20	30	40	50
1 h		40,60±0,28	51,83±0,25 ^a	51,73±0,38 ^a	52,48±0,11
2 h		46,82±0,25 ^a	45,69±0,13	52,46±0,08 ^{ab}	63,31±0,41
3 h		43,77±0,24	53,05±0,35 ^b	54,36±0,63 ^c	56,74±0,09 ^a
4 h		49,22±0,02 ^b	49,05±0,22 ^c	51,45±0,21 ^{ad}	55,46±0,21
5 h		51,35±0,72	49,72±0,17 ^c	52,85±0,07 ^{be}	59,79±0,30
6 h		49,35±0,21 ^b	47,78±0,25 ^d	51,05±0,35 ^{ad}	56,87±0,10 ^{ab}
7 h		47,52±0,45 ^{ab}	52,86±0,65 ^b	53,70±0,13 ^{ce}	57,38±0,76 ^{abc}
8 h		46,53±0,38 ^a	47,24±0,06 ^d	58,55±0,77	56,89±0,13 ^{abc}
9 h		47,59±0,51 ^b	51,41±0,30 ^a	56,90±0,14	64,69±0,16
p		<i>prânduri</i> >0,05; <i>pcoloane</i> <0,05;			

Valorile prezintă medii ±Deviația Standard

Mediile aceleiași coloane urmate de litere similare sunt ne semnificativ diferite(p>0,05)

Tabelul 5.6. Influența procentului de injectare a saramurii cu 0,25 kg k-carrageenan/100 kg carne și a timpului de tumblerizare asupra gradului de roșu al probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		a*			
Timp tumblerizare		% injectare			
		20	30	40	50
1 h		18,21±0,16	10,99±0,28	6,48±0,52 ^a	8,20±0,28 ^a
2 h		13,88±0,36 ^a	12,62±0,09	5,40±0,32 ^a	7,3±50,44 ^{ab}
3 h		15,62±0,16	7,17±0,19	7,45±0,56 ^{ab}	4,44±0,30
4 h		9,69±0,23 ^b	11,72±0,04 ^a	7,07±0,03 ^{abc}	8,13±0,20 ^{abc}
5 h		12,10±0,50 ^c	9,82±0,04 ^b	8,23±0,33 ^{bcd}	8,28±0,40 ^{abc}
6 h		9,95±0,14 ^b	13,83±0,30	10,04±0,22 ^e	5,42±0,35 ^d
7 h		13,56±0,08 ^{ad}	9,03±0,16	10,97±0,21 ^e	5,55±0,67 ^{de}
8 h		13,48±0,21 ^{ade}	11,88±0,19 ^a	8,97±0,04 ^{def}	5,53±0,50 ^{def}
9 h		12,81±0,63 ^{ce}	9,85±0,01 ^b	9,17±1,32 ^{def}	5,46±0,41 ^{def}
p		<i>prânduri</i> >0,05; <i>pcoloane</i> <0,05;			

Valorile prezintă medii ±Deviația Standard

Mediile aceleiași coloane urmate de litere similare sunt ne semnificativ diferite(p>0,05)

Tabelul 5.7. Influența procentului de injectare a saramurii cu 0,25 kg k-carrageenan/100 kg carne și a timpului de tumblerizare asupra gradului de galben al probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		b*			
Timp tumblerizare		% injectare			
		20	30	40	50
1 h		9,69±0,23	6,23±0,20 ^a	6,93±0,18 ^a	8,86±0,12 ^a
2 h		8,18±0,29 ^a	7,13±0,14 ^b	2,90±0,78	8,67±0,49 ^a
3 h		8,83±0,11 ^{ab}	4,28±0,10	6,01±0,15	6,89±0,23 ^b
4 h		7,05±0,03 ^c	5,12±0,05	6,88±0,25 ^a	3,09±0,74 ^c
5 h		6,27±0,25 ^c	7,14±0,15 ^{bc}	8,24±0,34 ^b	5,86±0,36 ^d
6 h		7,87±0,15 ^{acd}	7,97±0,01	9,19±0,35 ^c	3,48±0,27
7 h		8,14±0,25 ^{abde}	5,99±0,14 ^a	8,74±0,29 ^{bcd}	6,69±0,40 ^{cde}
8 h		7,87±0,13 ^{adef}	7,02±0,01 ^{cd}	9,11±0,24 ^{cd}	6,21±0,14 ^{bdef}
9 h		7,31±0,93 ^{cdf}	7,04±0,01 ^{bcd}	8,28±0,08 ^{bd}	5,81±0,43 ^{bdef}
p		<i>p</i> randuri>0,05; <i>p</i> coloane>0,05;			

Valorile prezintă medii ±Deviația Standard

Mediile aceleiași coloane urmate de litere similare sunt ne semnificativ diferite ($p>0,05$)

Tabelul 5.9. Influența procentului de injectare a saramurii cu 0,50 kg k-carrageenan/100 kg carne și a timpului de tumblerizare asupra Luminozității probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		L*			
Timp tumblerizare		% injectare			
		20	30	40	50
1 h		50,93±0,18 ^a	53,00±1,97 ^a	51,93±0,66 ^a	50,12±0,40 ^a
2 h		57,85±0,21	42,88±0,11	52,46±0,08 ^{ab}	50,4±1,13 ^{ab}
3 h		50,95±0,21 ^a	52,85±0,64 ^{ab}	54,36±0,63 ^c	45,76±0,78
4 h		54,45±0,07 ^b	51,17±0,62 ^{abc}	51,45±0,21 ^a	58,67±0,18
5 h		52,68±0,17	49,85±0,21 ^{cd}	52,87±0,10 ^{bd}	53,14±0,08
6 h		54,28±0,18 ^{bc}	49,91±1,57 ^{cde}	56,90±0,14 ^e	48,83±0,04 ^c
7 h		51,95±0,07	51,61±0,01 ^{abcde}	53,70±0,13 ^{cd}	50,04±0,06 ^{ab}
8 h		53,91±0,13 ^c	40,77±0,52	58,57±0,74	51,99±0,02
9 h		47,77±0,33	48,83±0,52 ^{de}	56,94±0,19 ^e	48,36±0,06 ^c
p		<i>p</i> randuri>0,05; <i>p</i> coloane<0,05;			

Valorile prezintă medii ±Deviația Standard

Mediile aceleiași coloane urmate de litere similare sunt ne semnificativ diferite ($p>0,05$)

Tabelul 5.10. Influența procentului de injectare a saramurii cu 0,50 kg k-carrageenan/100 kg carne și a timpului de tumblerizare asupra gradului de roșu al probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		a*			
Timp tumblerizare		% injectare			
		20	30	40	50
1 h		13,85±0,30 ^a	6,83±0,29 ^a	6,48±0,52 ^a	10,77±0,03 ^a
2 h		13,54±0,15 ^{ab}	9,83±0,04 ^b	5,40±0,32 ^a	10,60±0,28
3 h		13,83±0,26 ^{abc}	7,94±0,04	7,45±0,56 ^{ab}	11,92±0,25
4 h		13,85±0,30 ^{abc}	11,31±0,61	7,07±0,03 ^{abc}	8,19±0,30 ^b
5 h		11,16±0,48 ^d	12,70±0,02 ^c	8,23±0,33 ^{bcd}	7,05±0,03 ^c
6 h		12,27±0,81 ^e	9,67±0,25 ^b	8,34±0,78 ^{bcde}	7,86±0,16 ^{bd}
7 h		12,79±0,12 ^{be}	12,78±0,13 ^{cd}	10,97±0,21	8,10±0,18 ^{bd}
8 h		11,88±0,16 ^{def}	12,69±0,01 ^{cd}	9,17±1,32 ^{def}	6,12±0,04
9 h		11,89±0,18 ^{def}	6,98±0,08 ^a	8,94±0,00 ^{def}	7,28±0,35 ^c
<i>p</i>		<i>p</i> rânduri >0,05; <i>p</i> coloane <0,05;			

Valorile prezintă medii ±Deviația Standard

Mediile aceleiași coloane urmate de litere similare sunt ne semnificativ diferite ($p > 0,05$)

Tabelul 5.11. Influența procentului de injectare a saramurii cu 0,50 kg k-carrageenan/100 kg carne și a timpului de tumblerizare asupra gradului de galben al probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc

Proba		b*			
Timp tumblerizare		% injectare			
		20**	30	40	50
1 h		7,25±0,28 ^a	3,51±0,33 ^a	6,90±0,21 ^a	6,20±0,16 ^a
2 h		7,21±1,55 ^b	5,84±0,35 ^b	2,90±0,78	6,14±0,07 ^{ab}
3 h		6,89±0,23	4,25±0,05 ^{ac}	6,41±0,42 ^{ab}	6,79±0,34 ^c
4 h		7,04±0,01	5,06±0,13 ^{bd}	6,88±0,25 ^{ab}	4,29±0,11 ^d
5 h		7,16±0,15 ^c	5,81±0,40 ^{bd}	8,24±0,34 ^c	5,92±0,24 ^{abe}
6 h		5,88±0,33 ^{abc}	7,70±0,38	8,61±1,17 ^{cd}	6,13±0,06 ^{abef}
7 h		6,09±0,04	6,90±0,19	8,73±0,30 ^{cde}	4,32±0,16 ^d
8 h		7,10±0,06	9,90±0,07	8,28±0,08 ^{cdef}	3,59±0,45
9 h		7,06±0,01	4,71±0,70 ^{cd}	9,11±0,24 ^{cdef}	6,32±0,33 ^{abcef}
<i>p</i>		<i>p</i> rânduri >0,05; <i>p</i> coloane >0,05;			

Valorile prezintă medii ±Deviația Standard

Mediile aceleiași coloane urmate de litere similare sunt ne semnificativ diferite ($p > 0,05$)

**Mediile aceleiași coloane urmate de litere similare sunt semnificativ diferite ($p \leq 0,05$)

5.3. Concluzii parțiale

- ❖ Varierea cantității de saramură, cât și a timpului de tumblerizare, nu a influențat semnificativ culoarea probelor pentru fiecare tip de saramură în parte.
- ❖ Probele injectate cu saramură simplă au avut valori mai mari ale luminozității, iar odată cu adăugarea și creșterea concentrației de k-carrageenan luminozitatea (L^*) scade.
- ❖ Gradul de roșu (a^*), a scăzut odată cu adaosul k-carrageenanului în mușchi, însă nu a fost afectat de cantitatea acestuia.
- ❖ Gradul de roșu (a^*) a scăzut odată cu creșterea procentului de saramură injectată în probe.
- ❖ Adaosul de k-carrageenan nu a influențat semnificativ gradul de galben (b^*) al probelor.
- ❖ Odată cu adaosul de k-carrageenan în saramură, unghiul de nuanță (C) al probelor, s-a depărtează puțin de roșu.
- ❖ Probele cu 0,25 și 0,5 % k-carrageenan în sistem au prezentat o scădere în saturație a culorii, odată cu creșterea procentului de injectare, nefiind influențat de timpul de tumblerizare.

Capitoulul 6. CERCETĂRI PRIVIND INFLUENȚA DIFERITELOR PROCESE TEHNOLOGICE ASUPRA PROPRIETĂȚILOR REOLOGICE ALE MUȘCHIULUI *BICEPS FEMORIS* DE PORC

6.1. Materiale și metode

6.1.1. Pregătirea probelor pentru testări reologice

6.1.2. Teste reologice quasi statice aplicate

- ❖ Testul de fluaj și recuperare a fost realizat în următoarele condiții:
- ❖ Temperatura, asigurată de sistem Placă Peltier, de +20 °C;
- ❖ Sistem geometric placă-placă, de 40 mm diametru.
- ❖ Închidere 2000 μm .
- ❖ Tensiunea aplicată în faza de deformare, a fost de 30 Pa, (asigurată că nu distruge sistemul vâscoelastic al probei, prin testul *stress-sweep*, aplicat anterior pe probă separată, Figura 1, anexe).
- ❖ Timpul de menținere a tensiunii a fost impus de 300 s.

Etapa de recuperare a constat din înlăturarea imediată a tensiunii aplicate inițial (*shear stress* = 0 Pa). A fost impusă atingerea stării de echilibru al materialului. Timpul de recuperare a fost impus dublu timpului de deformare (600 s).

Marginile geometriei au fost acoperite cu silicon de densitate 1 g/ml (Merck KGaA, Germania) pentru a evita evaporarea apei de la marginile probei în timpul testărilor.

Prelucrarea matematică a datelor a fost realizată cu programul Rheology Advanced Data Analysis, aplicând modelul matematic denumit aici „Discrete Retardation Spectrum”, care combină modelul lui Voigt cu cel al lui Burger. Ecuația aplicată a fost:

$$J(t) = J_0 + \sum \{J_k [1 - \exp(-t/\lambda)]\} + t/\eta_0; \quad (6.1.)$$

6.1.3. Teste dinamice oscilatorii aplicate

Testele dinamice oscilatorii au fost aplicate probelor de carne tocată. Determinările efectuate și condițiile în care au fost realizate sunt următoarele:

- ❖ Test de creștere progresivă a deformării (Strain sweep)
- ❖ Test de creștere a frecvenței oscilațiilor (Frequency sweep)
- ❖ Test de creștere progresivă a temperaturii (Temperature ramp step)

6.2. Rezultate experimentale

6.2.1. Caracterizarea comportamentului reologic al probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc după procesul de injectare și tumblerizare

6.2.1.1. Comportamentul probelor injectate cu saramură simplă

Determinările reologice au arătat faptul că timpul de tumblerizare a influențat evoluția curbilor de fluaj, respectiv a modului elastic al probelor. După cum se poate observa din figura 6.2, după 300 s de menținere a tensiunii la valoare constantă, gradul de deformare a crescut semnificativ ($p < 0,05$) de la 1,76% după prima oră de tumblerizare până la 4,15% după nouă ore de tumblerizare. În urma înlăturării tensiunii, deformarea elastică a avut tendința de a se recupera în timp, oprindu-se după atingerea stării de echilibru la valori cuprinse între 0,66% în cazul probelor tumblerizate o oră și 2,15% după nouă ore de tratament mecanic și în acest caz cu diferențe semnificative ($p < 0,05$) între valori pentru timpi de tumblerizare diferiți.

După aplicarea modelului matematic Burger, au fost obținuți parametrii de fluaj, redați în tabelul 6.1. Deoarece J_0 reprezintă valoarea inversă a modului elastic instantaneu, valori mici pentru J_0 vor însemna valori mai mari pentru G_0 , respectiv, o duritate mai mare a materialului analizat (Steffe, 1996). Din tabelul 6.1. se poate observa că după un timp de tumblerizare de nouă ore, valoarea J_0 crește, reducându-se astfel și duritatea materialului. Acest lucru poate fi observat și din valorile vâscozității, care scad pe măsura creșterii timpului de tumblerizare. Timpul de întârziere a răspunsului elastic nu a fost afectat, totuși, de timpul de tumblerizare, acesta neprezentând caracter de liniaritate, cu toate că au fost sesizate diferențe semnificative între valori ($p < 0,05$). Atât J_1 , cât și J_e au crescut odată cu creșterea timpului tratamentului mecanic. Indicii statistici au arătat diferențe semnificative ($p < 0,05$) pentru valorile J_1 , J_e și η_0 , cu o tendință liniară a valorilor, $R^2 = 0,665$ pentru J_1 , $R^2 = 0,621$ pentru η_0 și $R^2 = 0,677$ pentru J_e .

În cazul creșterii procentului de saramură injectată la 30% față de masa inițială a cărnii, după cum se poate observa din figura 6.3, gradul de deformare în urma tumblerizării timp de nouă ore a fost mai mare față de probele injectate cu 20% saramură. În acest caz, deformarea maximă după 300 s de aplicare a tensiunii a crescut semnificativ ($p < 0,05$), de la 1,13% după o oră de tumblerizare până la 7,38% după nouă ore de tumblerizare. Valorile deformării remanente în acest caz au variat de la 0,30% pentru o oră de tumblerizare, până la 3,92% după nouă ore de tumblerizare.

În urma modelării matematice a datelor (Tabelul 6.2), s-au observat tendințe de liniaritate a valorilor pentru J_1 , J_e și η_0 , cu $R^2=0,742$ pentru η_0 , $R^2=0,768$ pentru J_1 și $R^2=0,762$ pentru J_e .

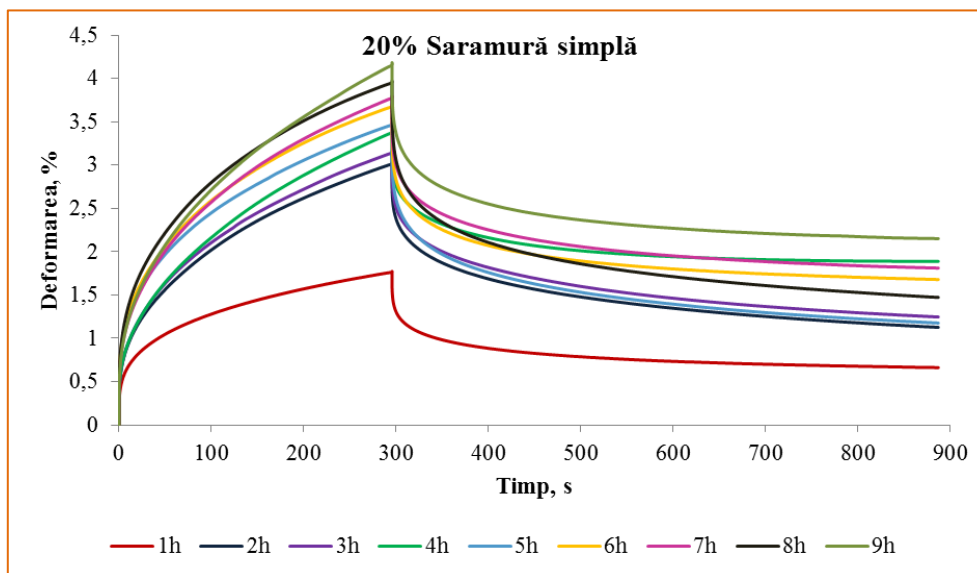


Figura 6.2. Curbele de fluaj și recuperare pentru probele injectate cu 20 % saramură în urma tumblării

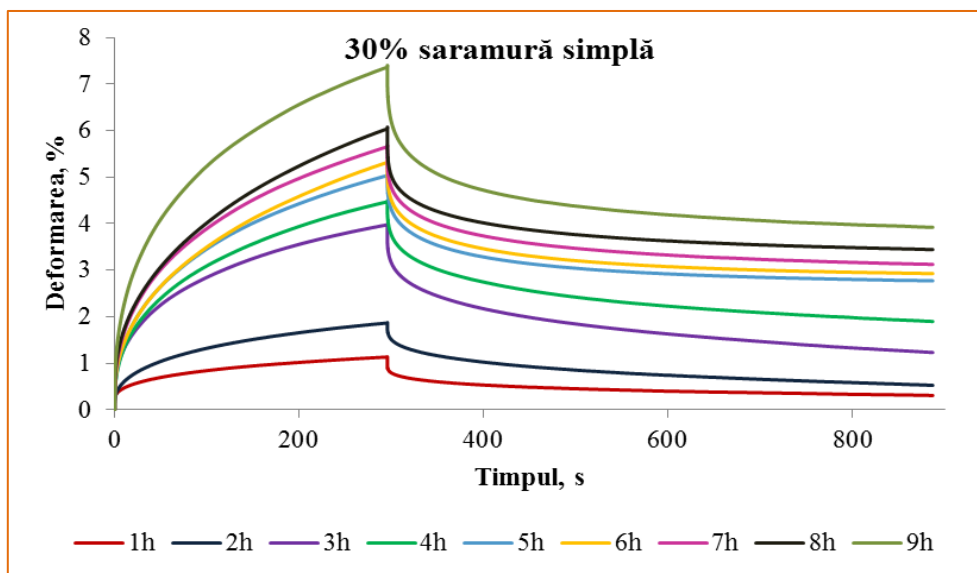


Figura 6.3. Curbele de fluaj și recuperare pentru probele injectate cu 30% saramură simplă în urma tumblării

Probele injectate cu 40% saramură simplă față de masa inițială a cărnii (Figura 6.4) au prezentat curbe de fluaj cu o deformare maximă cu variații semnificative ale datelor ($p < 0,05$), valorile crescând de la 2,47% pentru o oră de tumblărire, până la 9,40% după nouă ore de tumblărire, reprezentând o scădere a valorii componente elastice față de componenta vâscoasă, materialul transformându-se în gel cu densitate mai mică, cu particule mai puțin aglomerate, care curge mai ușor.

Deformările remanente după îndepărtarea tensiunii, pentru cele nouă ore de tratament mecanic au crescut de la 1,15% pentru prima oră de tumblerezare, până la 4,07% pentru a noua oră de tumblerezare. Deformările remanente în cele nouă ore de tumblerezare au fost semnificativ mai mari ($p < 0,05$) față de deformarea remanentă după prima oră de tumblerezare, odată ajuns materialul la starea de echilibru.

Modelarea matematică a datelor pentru reogramele probelor injectate cu 40% saramură simplă (Tabelul 6.3) au arătat valori în scădere, semnificativ diferite ($p < 0,05$) pentru η_0 , cu o distribuție liniară a datelor, $R^2 = 0,895$. De asemenea, valorile complianțelor J_1 și J_e au prezentat valori în creștere, semnificativ diferite ($p < 0,05$), cu un $R^2 = 0,932$ pentru fluajul stării de echilibru (J_e) și $R^2 = 0,882$ pentru J_1 .

Creșterea procentului de injectare la 50% saramură simplă față de masa inițială a cărnii (Figura 6.5), a avut drept rezultat creșterea deformării maxime atinse de probele de carne, atunci când au fost supuse unei tensiuni de 30 Pa timp de 300 s, față de probele injectate cu cantități mai mici de saramură. Astfel, valorile pentru deformare (% strain) au crescut de la 2% după prima oră de tumblerezare, până la 13,4% după a noua oră de tumblerezare, cu diferențe semnificative a datelor ($p < 0,05$). După înlăturarea tensiunii, (după 600 s de recuperare), valorile deformării remanente ale probelor au fost de 1,12% pentru o oră de tumblerezare, crescând semnificativ ($p < 0,05$) până în a noua oră de tumblerezare, când valoarea deformării remanente s-a oprit la 8,25%.

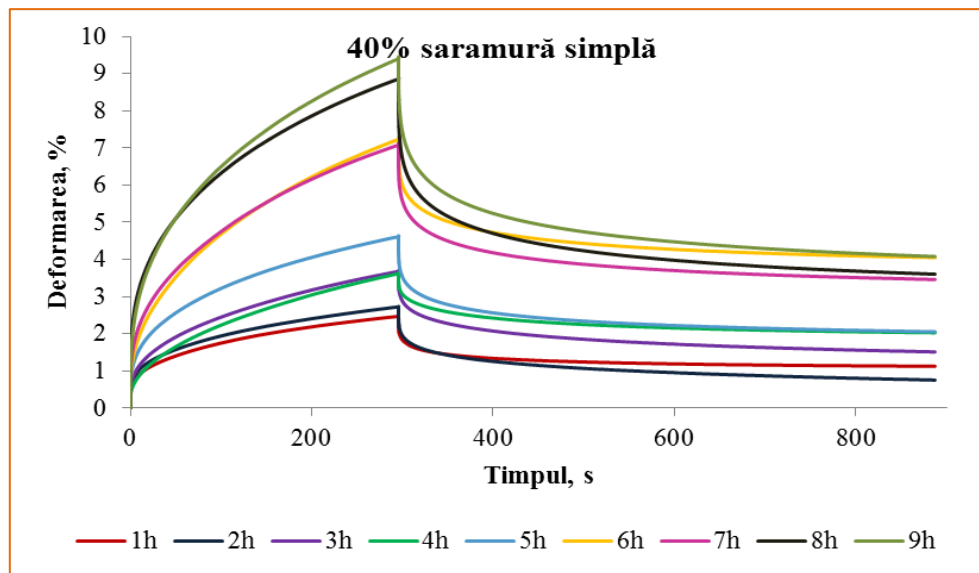


Figura 6.4. Curbele de fluaj și recuperare pentru probele injectate cu 40% saramură simplă în urma tumblerezării

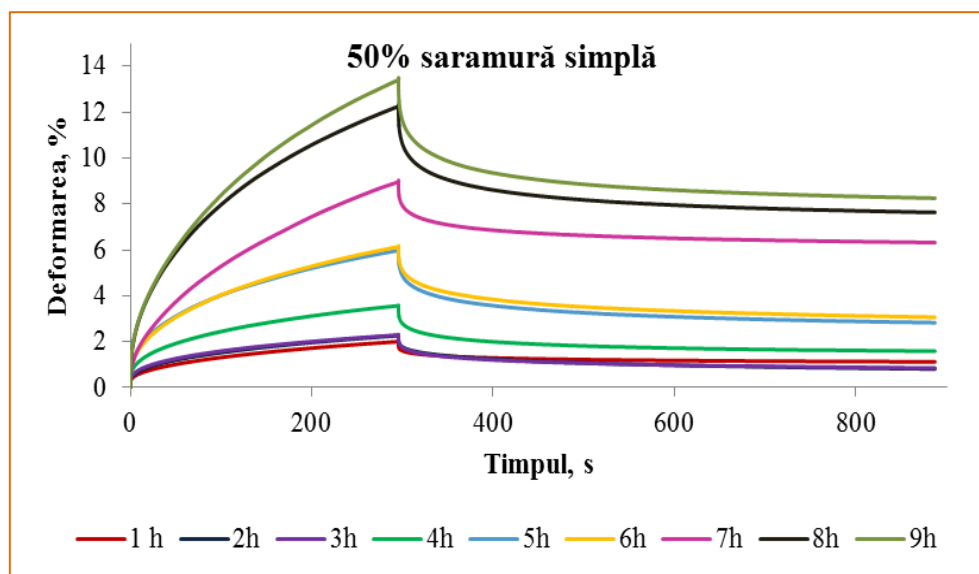


Figura 6.5. Curbele de fluaj și recuperare pentru probe injectate cu 50% saramură simplă în urma tumblerizării

După modelarea matematică a datelor (Tabelul 6.4), s-au înregistrat tendințe similare cazurilor anterioare. Diferențe semnificative ($p < 0,05$) s-au înregistrat pentru valorile parametrilor J_1 , G_1 , J_e și η_0 pentru cele nouă ore de tumblerizare. G_1 și η_0 au avut tendință de scădere, cu $R^2=0,923$ pentru η_0 și $R^2=0,911$ pentru G_1 . Valorile pentru fluaj au fost în creștere ($p < 0,05$), pentru cele nouă ore de tumblerizare, atât pentru fluajul întârziat (J_1), cât și pentru fluajul la echilibru (J_e), prezentând ambele tendință de liniaritate, $R^2=0,884$ pentru J_1 și $R^2=0,895$ pentru J_e .

Prin comparația datelor celor patru procente de injectare cu saramură simplă s-a observat că deformarea maximă după 300 s de aplicare a tensiunii a crescut semnificativ ($p < 0,05$) odată cu creșterea procentului de saramură, cu o distribuție liniară a datelor, $R^2=0,985$. Timpul de tumblerizare a avut impact semnificativ și asupra vâscozității Newtoniene a elementului vâscos din sistemul Voigt ($p < 0,05$). Valorile pentru η_0 au scăzut liniar ($R^2=0,991$), de la 4,615 Pa×s pentru probe injectate cu 20% saramură simplă și nouă ore de tumblerizare până la 1,683 Pa×s pentru probele injectate cu 50% saramură simplă și nouă ore de tumblerizare. De asemenea și valorile pentru fluajul stării de echilibru (J_e), au avut tendință liniară de creștere ($R^2=0,977$) cu diferențe semnificative ale datelor ($p < 0,05$). Astfel, fluajul la starea de echilibru a crescut de la 7,478 (1/Pa), pentru probele injectate cu 20% saramură simplă și nouă ore de tumblerizare, la 27,84 (1/Pa) în cazul injectării cu 50% saramură simplă și nouă ore de tumblerizare.

Concluzii parțiale

- ❖ Creșterea timpului de tumblerizare până la nouă ore pentru probele injectate cu saramură simplă în procente de 20, 30, 40 și 50 % a avut drept rezultat formarea unei structuri de gel mai moale și scăderea vâscozității.
- ❖ Creșterea procentului de injectare a avut drept rezultat creșterea gradului de deformare al probelor pentru o tensiune de 30 Pa aplicată timp de 300 s și scăderea vâscozității probelor de carne.

- ❖ Timul necesar atingerii a 63,2 % din deformația maximă (λ_{ret}), nu a arătat a fi influențată de procentul de saramură injectată sau de timpul de tumblerizare.

6.2.1.2. Comportamentul probelor injectate cu saramură conținând 0,25 kg k-carrageenan/100 kg carne

În cazul probelor ce conțineau k-carrageenan în proporție de 0,25 kg/100 kg carne, injectate cu 20% saramură, s-au înregistrat curbe de fluj în timpul aplicării tensiunii de 30 Pa timp de 300 s, reprezentate în figura 6.6. În funcție de timpul de tumblerizare, deformările maxime, înregistrate de țesut în timpul testelor reologice după 300 s de aplicare a tensiunii, au crescut semnificativ ($p < 0,05$), de la 2,22% pentru probele tumblerizate o oră, până la 7,68% pentru probele tumblerizate nouă ore, având un coeficient de liniaritate $R^2 = 0,961$ (Figura 2, anexe).

Odată înlăturată tensiunea, s-a observat tendința de recuperare a deformărilor, curbele de fluj ajungând până la deformări remanente de 0,761% în cazul probelor tumblerizate o oră, care au evoluat liniar ($R^2 = 0,920$) până la 4,48% pentru probele tumblerizate nouă ore. Și în acest caz au existat diferențe semnificative între date ($p < 0,05$). Prin comparație cu probele injectate cu 20% saramură simplă, se poate observa faptul că deformările înregistrate în acest caz (injectare cu saramură conținând 0,25% k-carrageenan față de masa cărnii) sunt mai mari decât în primul caz, unde valorile deformărilor maxime nu au depășit 4,15%. Cum un fluj mai pronunțat este caracteristic unui material în stare de gel mai puțin dens (mai aerat), putem spune că adăugarea k-carrageenanului a avut drept rezultat scăderea durității musculare, formând un gel cu capacități de curgere ridicate. Același grad de elasticitate, în cazul unei saramuri simple a fost atins de injectarea unei cantități mai mari de saramură (30%).

Prin analiza datelor cu ajutorul modelului matematic (Tabelul 6.5), s-a observat faptul că vâscozitatea probelor (η_0) a scăzut semnificativ ($p < 0,05$). Prin comparație cu probele injectate cu aceeași cantitate de saramură, dar fără k-carrageenan în sistem, valorile vâscozității în acest caz, au fost puțin mai mici, pentru întreg procesul de tratament mecanic, dar cu diferențe statistice nesemnificative ($p = 0,232$). Fluajul elastic instantaneu (J_0), nici de data aceasta, nu a prezentat importanță statistică, acest lucru însemnând că nu este posibilă obținerea unui răspuns vâscos în timp scurt, iar materialul va ajunge să curgă după un timp mai îndelungat de aplicare a unei tensiuni de 30 Pa. În cazul fluajului întârziat (J_1), cât și în cazul fluajului la echilibru (J_e), valorile au fost semnificativ diferite ($p < 0,05$), cu un grad de corelație ridicat, $R^2 = 0,880$ pentru J_1 și $R^2 = 0,881$ pentru J_e .

Curbele de fluj în cazul probelor injectate cu 30% saramură și 0,25% k-carrageenan au variat în amplitudine, ajungând până la deformări cuprinse între 2,97%, pentru probele tumblerizate o oră și 14,99% pentru cele tumblerizate nouă ore (Figura 6.7). Coeficientul de liniaritate în acest caz a fost: $R^2 = 0,976$, cu o diferență semnificativă între valori, ($p < 0,05$). După cele 600 s de recuperare a deformărilor, valorile acestora s-au oprit la 1,52% pentru probele tumblerizate o oră, crescând liniar ($R^2 = 0,981$), până la valoarea de 10,13% pentru probele tumblerizate nouă ore, cu diferențe semnificative între date ($p < 0,05$). Prin comparație cu probele injectate cu 30% saramură simplă, în cazul adaosului de k-carrageenan în proporție de 0,25%, s-au înregistrat valori mult mai mari pentru fluj decât în primul caz. Diferențele statistice între grupele de valori au fost semnificativ diferite ($p < 0,05$).

Pentru parametrii reologici de fluj determinați cu ajutorul modelului matematic Burger (Tabelul 6.6) s-au înregistrat valori semnificativ diferite ($p < 0,05$) în cazul celor nouă ore de tumblerizare, pentru J_1 , G_1 , J_e și η_0 , cu $R^2 = 0,972$ pentru J_1 , $R^2 = 0,767$ pentru η_0 , $R^2 = 0,966$ în cazul fluajului la echilibru (J_e) și $R^2 = 0,807$ pentru modulul G_1 .

Valorile înregistrate pentru vâscozitate (η_0) în cele nouă ore de tumblerizare au fost semnificativ diferite ($p < 0,05$) față de valorile vâscozității înregistrate pentru probele injectate cu 30% saramură simplă, însă aproximativ egale cu valorile vâscozităților în cazul probelor injectate cu 20% saramură și 0,25% k-carrageenan. Diferențe semnificative ($p < 0,05$) între valorile de fluaj ale celor două tipuri de saramură injectate în aceeași proporție, s-au înregistrat pentru fluajul la echilibru J_e , probele ce conțineau k-carrageenan în proporție de 0,25%, fiind mai puțin dure în final față de probele fără carrageenan în sistem.

Probele de carne injectate cu 40% saramură și 0,25% k-carrageenan s-au comportat asemănător celor anterioare, în timpul testelor reologice, după cum se poate observa și din figura 6.8. Deformarea maximă după 300 s de aplicare a tensiunii a evoluat de la 2,35% pentru o oră de tumblerizare, până la 14,23% pentru nouă ore de tumblerizare, diferențele statistice fiind semnificative ($p < 0,05$).

După 600 s de recuperare, curbele de fluaj invers au avut tendință de scădere, dar în funcție de deformarea maximă atinsă în timpul aplicării tensiunii, acestea s-au oprit la valori ale deformării remanente ce au variat de la 0,95 % pentru o oră de tumblerizare, până la 9,50 % după nouă ore de tumblerizare ($p < 0,05$). Față de probele injectate cu aceeași cantitate de saramură simplă, probele ce au conținut 0,25 % k-carrageenan au avut valori mai mari ale deformării pentru curbele de fluaj, însă cu diferențe statistice ne semnificative ($p = 0,149$).

Modelarea matematică a datelor reologice a scos la iveală valori cu grade de corelații ridicate pentru patru din cei șapte parametri redați (Tabelul 6.7). Astfel, vâscozitatea a scăzut semnificativ ($p < 0,05$), de la valoarea maximă de 11,6 Pa·s înregistrată după două ore de tumblerizare până la 1,36 Pa·s după nouă ore de tumblerizare. Pentru fluajul elastic întârziat, cât și pentru fluajul la echilibru s-au înregistrat diferențe statistice semnificative ($p < 0,05$), cu $R^2 = 0,836$ pentru J_1 , și $R^2 = 0,850$ pentru J_e . Nici în acest caz, valorile pentru fluajul elastic instantaneu (J_0), respectiv modulul G_0 , nu au avut relevanță statistică, acestea fiind neuniform distribuite.

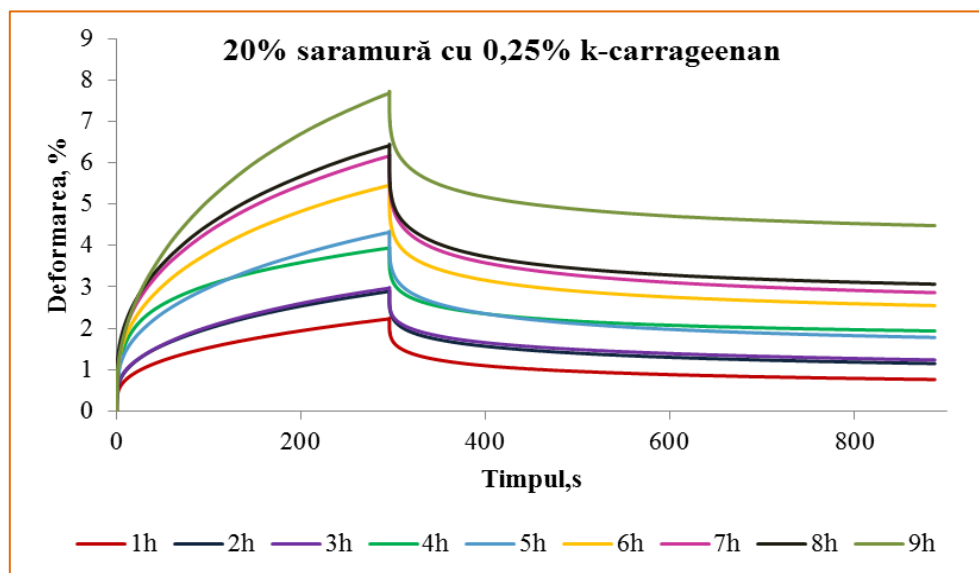


Figura 6.6. Curbele de fluaj și recuperare pentru probele injectate cu 20% saramură și 0,25 % k-carrageenan, în urma procesului de tumblerizare

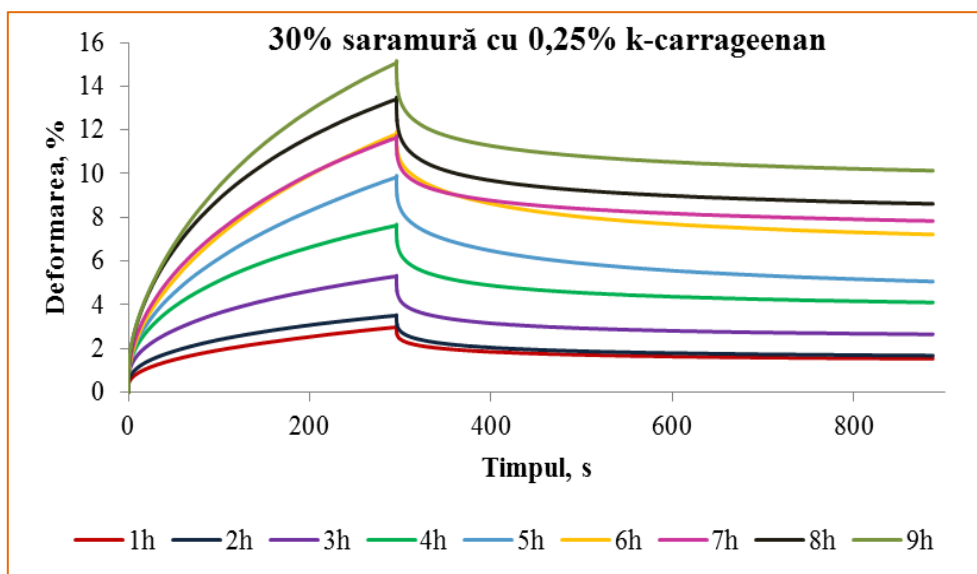


Figura 6.7. Curbele de fluaj și recuperare pentru probele injectate cu 30% saramură și 0,25% k-carrageenan în urma tumblării

Pentru probele injectate cu 50% saramură și 0,25% k-carrageenan curbele de fluaj au prezentat deformări în creștere în funcție de timpul de tumblare (Figura 6.9). După prima oră de tratament mecanic, s-a înregistrat o deformare maximă de 3,94%, iar după nouă ore de tumblare, valoarea deformării a ajuns la 15,98%, fiind cea mai mare înregistrată pentru probele cu 0,25% k-carrageenan în sistem. Diferențele statistice dintre valori în funcție de timpul de tumblare au fost semnificativ diferite ($p < 0,05$), cu un coeficient de liniaritate $R^2 = 0,991$.

După îndepărtarea tensiunilor, deformarea a tins să revină la starea inițială ajungând în cazul probelor tumblate o oră la valoarea de 0,33%, iar după nouă ore de tumblare la 10,44%, diferențele dintre valori fiind semnificativ diferite ($p < 0,05$), cu $R^2 = 0,952$.

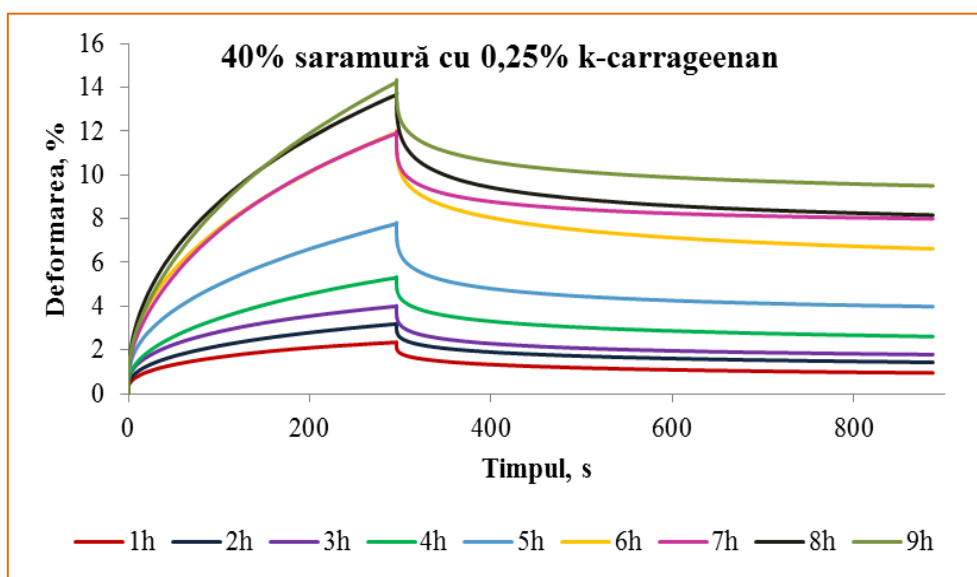


Figura 6.8. Curbele de fluaj și recuperare pentru probele injectate cu 40% saramură și 0,25% k-carrageenan în urma tumblării

Rezultatele modelării matematice a datelor pentru fluaj și recuperare din acest caz (Tabelul 6.8) au dezvăluit corelații pentru valorile fluajului elastic întârziat (J_1), dar și pentru valorile vâscozității (η_0). Creșterea timpului de tumblerezare a avut drept rezultat creșterea semnificativă ($p < 0,05$) a valorilor J_1 , fapt ce denotă o rigiditate mai mică pentru probele tumblerezate mai mult timp.

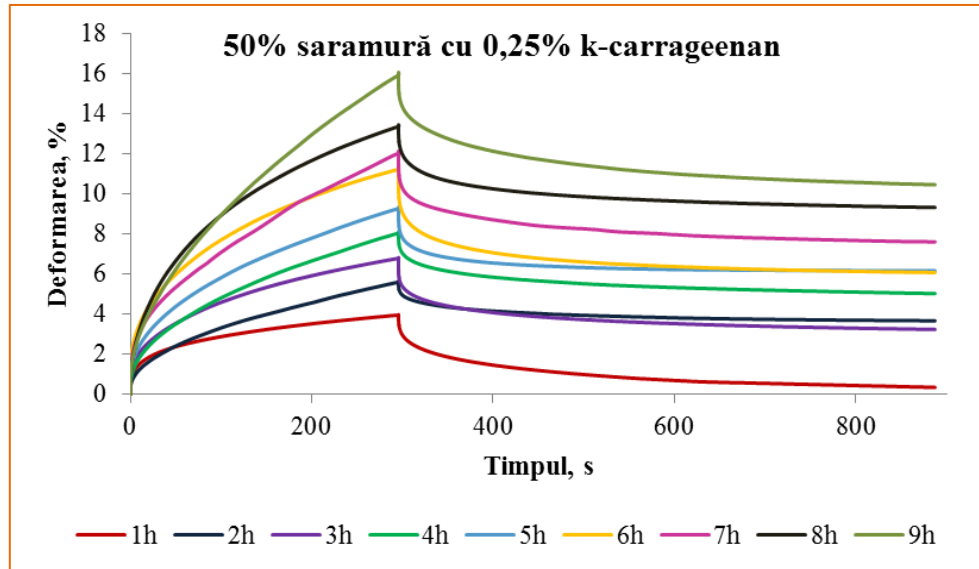


Figura 6.9. Curbele de fluaj și recuperare pentru probe injectate cu 50 % saramură și 0,25 % k-carrageenan în urma tumblerezării

Vâscozitatea în cazul de față, cu toate că a prezentat valori semnificativ diferite ($p < 0,05$), nu a scăzut cu o amplitudine atât de mare precum în cazurile anterioare, probele ce au conținut 50% saramură și 0,25% k-carrageenan având din prima oră de tumblerezare o vâscozitate relativ mică, existând puține cazuri cu diferențe semnificative între medii.

Prin comparația rezultatelor reologice pentru cele patru procente de saramuri utilizate la injectare, s-a observat o creștere ne semnificativă ($p > 0,05$) a procentului de deformare înregistrat pentru probe după 300 s de aplicare a tensiunii de 30 Pa. Valorile funcției de fluaj la echilibru, au fost semnificativ diferite ($p < 0,05$) în cazul celor patru procente de saramură utilizate, crescând odată cu creșterea procentului de injectare. Tendință asemănătoare au avut și valorile vâscozității care au fost statistic diferite ($p < 0,05$), scăzând odată cu creșterea procentului de saramură.

Concluzii parțiale

- ❖ Adăosul unei cantități de 0,25% de k-carrageenan în produs a avut drept rezultat creșterea valorilor funcției de fluaj și respectiv a deformărilor, prin comparație cu probele fără k-carrageenan în sistem.
- ❖ Valorile deformărilor înregistrate de probe după nouă ore de tumblerezare pentru procente de saramuri peste 20% au fost asemănătoare (saramura cu adaos de k-carragenan, 0,25%), neînregistrând diferențe semnificative între date.
- ❖ Vâscozitatea probelor a scăzut odată cu creșterea cantității de saramură injectată.

- ❖ Timpul necesar atingerii a 63,2% din deformația maximă (λ_{ret}), nu a fost influențat de procentul de saramură injectată sau de timpul de tumblerizare în cazul folosirii saramurii cu adaos de 0,25% k-carrageenan.

6.2.1.3. Comportamentul probelor injectate cu saramură conținând 0,5 kg k-carrageenan/100 kg carne

Testele de fluaj și recuperare pentru probele injectate cu 20% saramură simplă și k-carrageenan în proporție de 0,5% au arătat existența fluajului, încadrând materialul analizat în domeniul vâscoelastic (Figura 6.10). Deformarea cu care a răspuns probele, a avut o creștere semnificativă ($p < 0,05$) în funcție de timpul de tumblerizare, variind de la 5,5 % pentru probele tumblerizate o oră, pînă la 10,45% pentru probele tumblerizate nouă ore ($R^2 = 0,907$). Față de probele injectate cu aceeași cantitate de saramură conținând 0,25% k-carrageenan și probele injectate cu 20% saramură simplă, o concentrație mai mare de polizaharid a avut drept efect creșterea semnificativă a răspunsului elastic al probelor pe ore de tumblerizare ($p < 0,05$). Mai mult, coeficientul de liniaritate pentru deformarea maximă după nouă ore de tumblerizare, pentru cele trei tipuri de saramuri injectate în proporție de 20%, a avut valoarea de 0,9952. Astfel, dacă am dori adăugarea unei noi valori (spre exemplu, deformarea maximă după nouă ore de tumblerizare, pentru o probă injectată cu 20% saramură și 0,75% k-carrageenan), am putea determina noul punct cu o acuratețe de 99,52%, doar aplicând ecuația dreptei ($Y = 3,15 \times X + 1,1267$).

Pentru parametrii determinați cu ajutorul modelului matematic (Tabelul 6.9), doar fluajul elastic întârziat a arătat a avea valori diferite din punct de vedere statistic ($p < 0,05$), cu $R^2 = 0,632$. Restul parametrilor au prezentat valori asemănătoare, fără variații statistice liniare. Vâscozitatea (η_0) în cazul de față, s-a păstrat în jurul valori de 2 Pa×s pentru toate cele nouă ore de tumblerizare. Pentru fluajul la starea de echilibru (J_e) nu s-au înregistrat diferențe semnificative între valori. Nici prin analiza statistică a mediilor nu s-au observat diferențe.

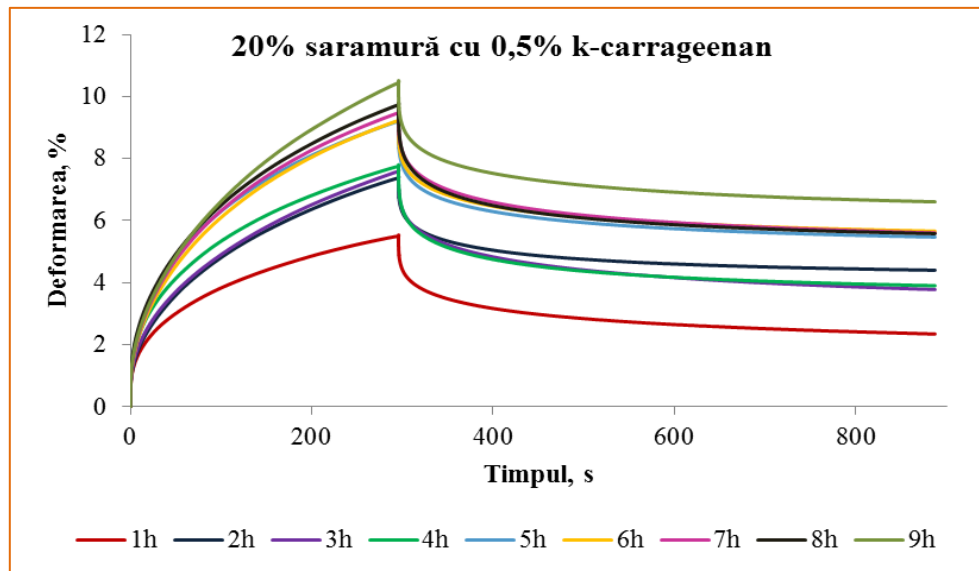


Figura 6.10. Curbele de fluaj și recuperare pentru probele injectate cu 20% saramură și 0,5% k-carrageenan în urma tumblerizării

Curbele de fluaj pentru probele de mușchi *Biceps femoris* injectate în proporție de 30% saramură și 0,50% k-carrageenan sunt prezentate în figura 6.11. În cazul de față, deformarea maximă în faza finală de aplicare a tensiunii, a răspuns cu o valoare de 7,35% pentru probele tumblerizate o oră și a crescut liniar ($R^2=0,968$) până la valoarea de 14,44% pentru probele tumblerizate nouă ore.

Comparând răspunsul probelor analizate, pentru cele trei tipuri de saramuri injectate în aceeași cantitate (30%), s-au obținut valori semnificativ diferite din punct de vedere statistic ($p<0,05$) pentru cele nouă ore de aplicare a tratamentului mecanic. Cu toate acestea, dacă pentru probele injectate cu 20% saramură, variind concentrația de polizaharid (0, 0,25 și 0,5%), coeficientul de corelație pentru răspunsul elastic obținut după nouă ore de tumblerizare, a variat semnificativ, în cazul unei cantități mai mari de saramură (30%), creșterea cantității de k-carrageenan de la 0,25 la 0,5% a avut o influență redusă, valoarea R^2 fiind egală cu 0,684, fiind necesară probabil, o concentrație mai mare de polizaharid pentru obținerea unui răspuns elastic mai ridicat.

După înlăturarea tensiunii, deformatiile au tins să se recupereze în timp, oprindu-se la valori cuprinse între 4,72% pentru o oră de tumblerizare și 8,26% pentru nouă ore de tumblerizare ($p<0,05$; $R^2=0,775$).

Parametrii reologici determinați cu ajutorul modelului matematic (Tabelul 6.10), au prezentat valori semnificativ diferite ($p<0,05$) în cazul fluajului elastic întârziat (J_1) cu $R^2=0,847$, a fluajului la echilibru (J_e), cu $R^2=0,932$ dar și în cazul vâscozității (η_0), $R^2=0,830$. În funcție de concentrația de polizaharid, pentru același procent de saramură injectată (30 %), valorile vâscozității au fost semnificativ diferite ($p<0,05$), însă fără a fi influențate semnificativ de timpul de tumblerizare ($p=0,0558$). Cea mai mare diferență pentru valorile vâscozității în funcție de timpul tratamentului mecanic, în cazul injectării cu 30% saramură au prezentat probele fără k-carrageenan în sistem, unde putem spune că timpul de tumblerizare a avut cea mai pronunțată influență asupra comportamenului reologic al probelor. Diferența dintre valori pe timp de tumblerizare a scăzut odată cu creșterea concentrației de polizaharid în produs, varianța statistică având valoarea 4 pentru 0,25% k-carrageenan și 0,2 pentru 0,5% k-carrageenan.

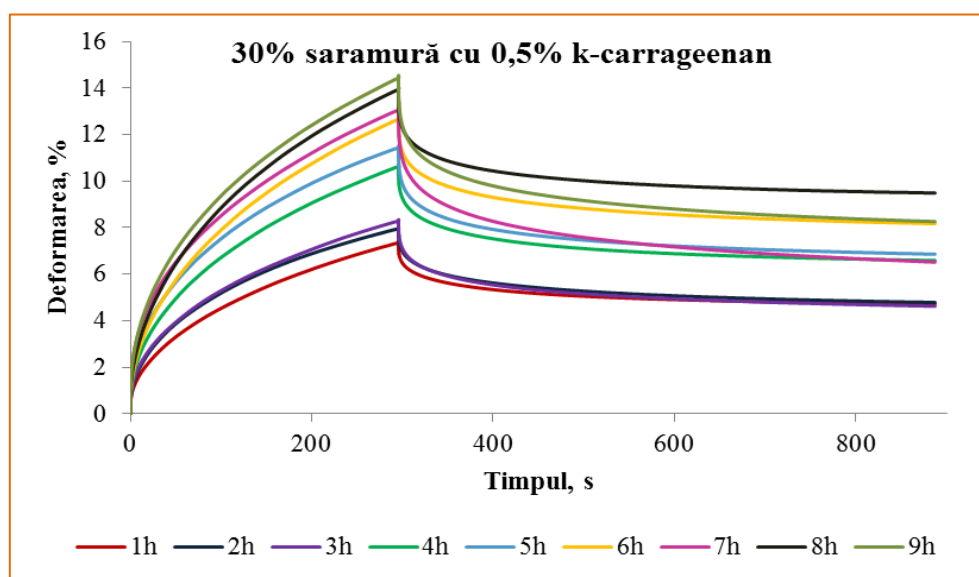


Figura 6.11. Curbele de fluaj și recuperare pentru probele injectate cu 30% saramură și 0,5% k-carrageenan în urma tumblerizării

Pentru probele injectate cu 40% saramură și 0,5% k-carrageenan, curbele de fluaj (Figura 6.12), pe ore de tumblerizare au prezentat valori semnificativ diferite ($p < 0,05$), iar deformarea maximă după 300 s de aplicare a tensiunii a variat de la 1,11% pentru o oră de tratament mecanic, până la 14,64% pentru nouă ore de tumblerizare, cu $R^2 = 0,986$. După îndepărtarea tensiunii, curbele de fluaj invers au prezentat deformări remanente ce au variat de la 0,02%, până la 9,79%, ($p < 0,05$) prin creșterea timpului tratamentului mecanic, de la o oră la nouă ore.

Curbele de fluaj pentru probele injectate cu 50% saramură și 0,5% k-carrageenan, (Figura 6.13) au prezentat valori în creștere pentru timpi de tumblerizare diferiți, atât în cazul menținerii tensiunii, cât și în cazul îndepărtării acesteia. Deformarea maximă înregistrată după 300 s de testare sub tensiunea de 30 Pa, a variat de la 4,34% pentru o oră de tratament mecanic, până la 17,36% pentru nouă ore de tumblerizare ($p < 0,05$; $R^2 = 0,933$), fiind și valoarea maximă înregistrată pe parcursul cercetării.

Valorile deformării pentru toate probele injectate cu 50% saramură și concentrații diferite de polizaharid au prezentat diferențe semnificative, atât în funcție de timpul de tumblerizare, cât și în funcție de tipul saramurii.

Îndepărtarea tensiunii, a avut drept rezultat tendința de recuperare a deformărilor, curbele de fluaj invers au prezentat valori pentru deformare ce au ajuns la 2,72% pentru probele tumblerizate o oră și la 11,29% pentru cele tumblerizate nouă ore ($p < 0,05$).

Parametrii reologici determinați cu ajutorul modelului matematic (Tabelul 6.12), au prezentat valori semnificativ diferite ($p < 0,05$) în cazul J_1 , G_1 , J_e și η_0 , cu $R^2 = 0,925$ în cazul răspunsului elastic la echilibru (J_e), $R^2 = 0,923$ pentru modulul vâscos (G_1), $R^2 = 0,886$ pentru fluajul elastic întârziat (J_1) și $R^2 = 0,863$ pentru vâscozitate (η_0).

În cazul vâscozității, valorile acesteia au fost semnificativ diferite ($p < 0,05$), atât în funcție de procentul de saramură injectată, pentru aceiași concentrație de polizaharid (0,5%), dar și în funcție de tipul de saramură injectată (simplă, cu 0,25 k-carrageenan și 0,5% k-carrageenan) în aceiași cantitate.

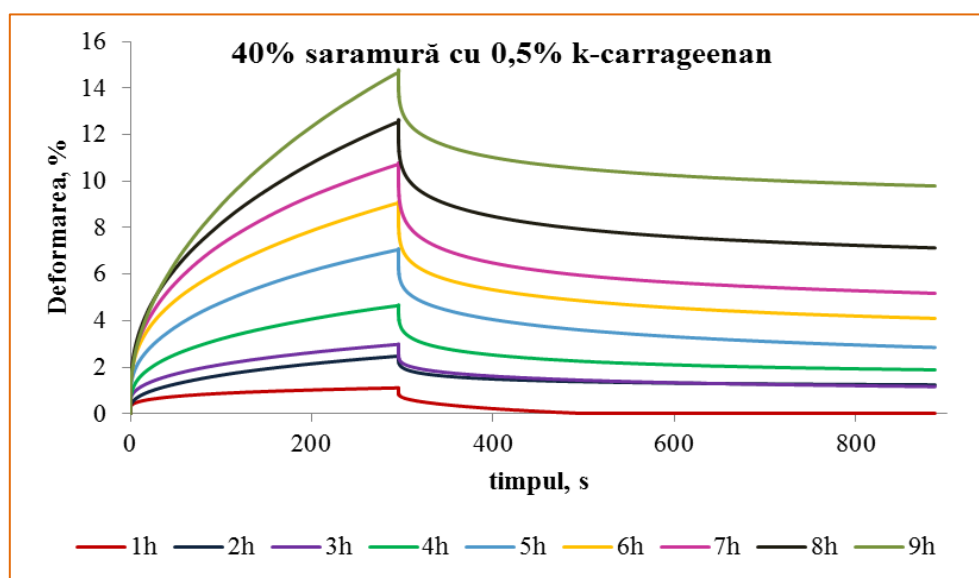


Figura 6.12. Curbele de fluaj și recuperare pentru probele injectate cu 40 % saramură și 0,5 % k-carrageenan în urma tumblerizării

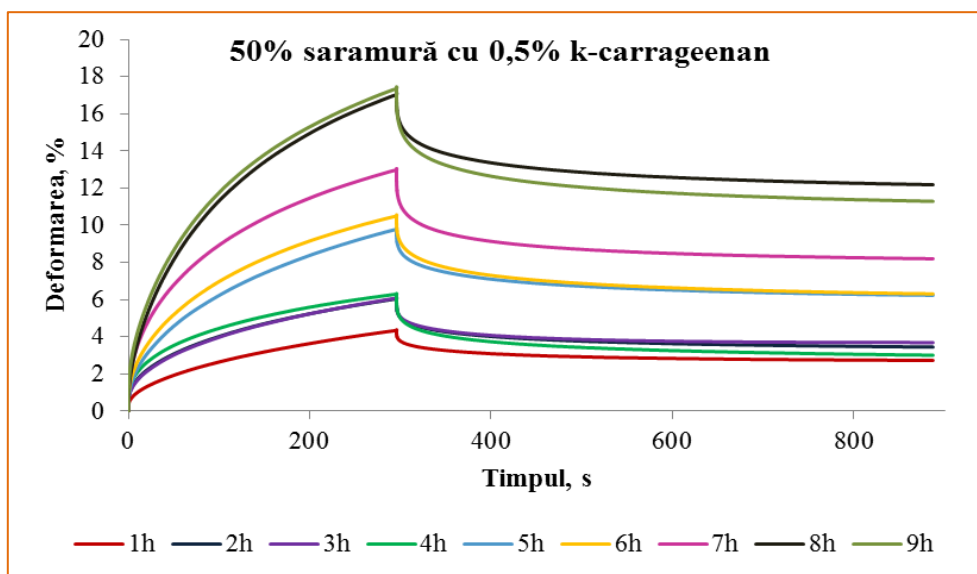


Figura 6.13. Curbele de fluaj și recuperare pentru probele injectate cu 50 % saramură și 0,5 % k-carrageenan în urma tumblerizării

Concluzii parțiale

- ❖ Adăosul unei cantități de 0,5 % k-carragenan în saramuri a avut drept rezultat creșterea valorilor funcției de fluaj și respectiv a deformărilor, prin comparație cu probele cu 0,25 % sau cele fără k-carrageenan în sistem.
- ❖ Valorile deformărilor înregistrate de probe după nouă ore de tumblerizare pentru carnea injectată cu saramuri conținând 0,5 % k-carrageenan, injectate în cantități de peste 20 % au fost asemănătoare, neînregistrându-se diferențe semnificative între date.
- ❖ Vâscozitatea probelor a scăzut odată cu creșterea cantității de saramură injectată, cu adaos de 0,5 % k-carrageenan, dar și odată cu creșterea cantității de polizaharid din carne.
- ❖ Timpul necesar atingerii a 63,2 % din deformația maximă (λ_{ret}), nu a fost influențat de procentul de saramură, cu adaos de 0,5 % k-carrageenan, injectată sau de timpul de tumblerizare.

6.2.2. Cercetări privind influența diferitelor saramuri asupra proprietăților reologice a mușchiului *Biceps femoris* de porc în urma maturării

6.2.2.1. Profilele reologice ale probelor în amestec cu saramură simplă

Profilele reologice ale probelor de mușchi *Biceps femoris* tocat, în amestec cu diverse saramuri, au arătat ușoare tendințe de creștere a modulului elastic după menținerea probelor la maturare, pentru ambele teste aplicate (creșterea frecvenței oscilațiilor și creșterea graduală a temperaturii). Toate probele au început să formeze gel, după cum se vede din tendința de creștere a modulului elastic (G') și de scădere a unghiului de fază (δ), în jurul temperaturii de 40 °C. Această tendință a continuat până în jurul temperaturii de 60 °C, după care valorile G' au crescut, până la temperatura finală de 72 °C.

Pentru probele de carne tocată în amestec cu 20% saramură simplă, în cazul modulului elastic (G'), s-au înregistrat valori superioare față de modulul vâscos (G''), după cum se poate observa din figura 6.14.

Pe parcursul determinărilor, valorile acestuia din urmă au variat puțin, sau chiar deloc, după procesul de maturare, timp de 24 h. Un modul elastic mai mare, reprezintă un material cu structură mai compactă, cu duritate mai mare, care necesită o tensiune de forfecare mai mare pentru a curge. Valorile pentru modulul de elasticitate au scăzut odată cu creșterea procentului de saramură adăugat în pastă, atât în cazul testului de creștere a frecvenței oscilațiilor, cât și în cazul testelor de creștere graduală a temperaturii.

Testul de creștere graduală a temperaturii a evidențiat momentul coagulării proteinelor, care a avut loc până în jurul valori de 55-60 °C. După acest moment curba modulului de elasticitate a avut tendință bruscă de creștere, valoare pentru G' a crescut de la 3434 Pa până la 18350 Pa, la 72 °C. După 24 h de maturare, valoarea modulului a fost mai mare la începutul testului decât în prima zi, 4179 Pa, însă la finalul testului de creștere a temperaturii, nu s-a mai înregistrat această tendință, G' ajungând până la valoarea de 17340 Pa. Astfel, în urma procesului de maturare s-a obținut o pastă mai bine legată, care curge mai greu, dar care la finalul tratamentului termic are capacitatea de a forma un produs mai fraged. Aceiași tendință a fost bine conturată și de curbele unghiului de fază, care după 24 h de maturare a avut valori mai mici (17°, față de 18° inițiale), dar care în final s-au egalat (8,5° imediat și 8,4° după 24 h), încadrând amestecul în grupul corpurilor vâscoelastice, în stare crudă, iar după tratamentul termic apropiindu-se de solid, în egală măsură pentru ambele zile.

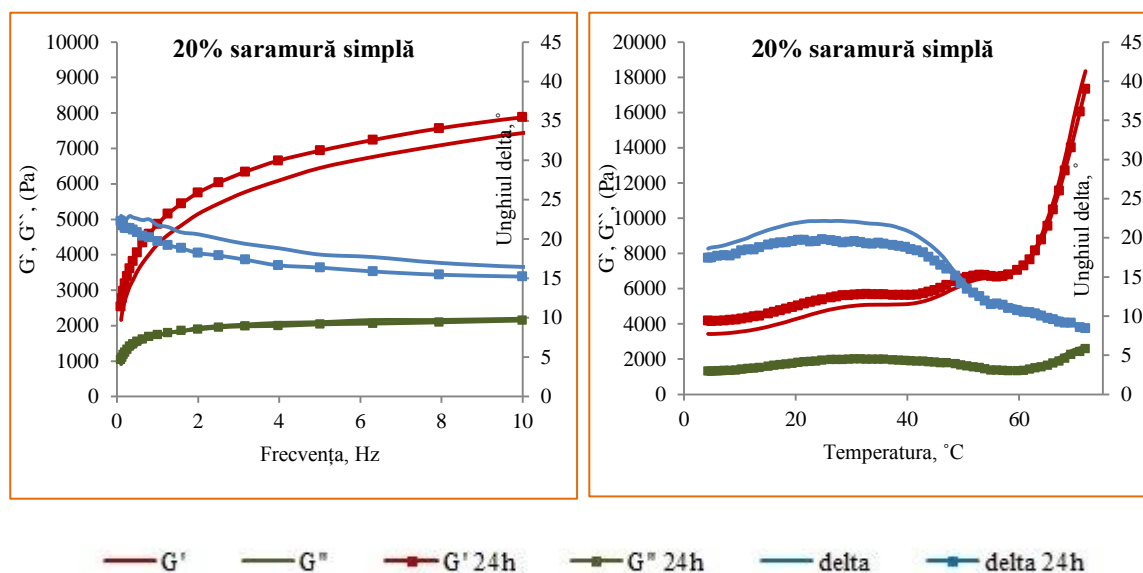


Figura 6.14. Variația parametrilor reologici (G' , G'' și Delta) pentru probele de mușchi *Biceps femoris* tocat în amestec cu 20 % saramură simplă în funcție de frecvența oscilațiilor (stânga) și de temperatură (dreapta)

Adăugarea unei cantități mai mari de saramură (30%) a avut drept rezultat scăderea valorilor parametrilor reologici, față de probele cu 20% saramură în sistem (Figura 6.15). Pentru testul de creștere a frecvenței, G' a evoluat de la 1434 Pa până la 8447 Pa în prima zi, iar a doua zi s-a încadrat între 1774 și 9576 Pa, evidențiind efectul procesului de maturare asupra tăriei gelului. Procesul de maturare nu a influențat valorile G'' , acestea fiind foarte apropiate, 625-1584 Pa în prima zi și 716-1575 Pa după 24 h.

Testul de creștere graduală a temperaturii a arătat diferențe mici pentru parametrii reologici în urma procesului de maturare. În comparație cu probele cu 20% sare în sistem, cele cu 30 % sare au răspuns cu un modul elastic mai mic, 2309 Pa la 4° și 15490 Pa, în final, la 72 °C.

După 24 h valoarea modulului elastic a crescut în faza inițială, fiind de 2826 Pa, însă la sfârșitul testului, la 72 °C, acesta nu a depășit valoarea modulului din ziua unu, mai mult a fost chiar mai mic, de 13790 Pa, față de 15490 Pa din prima zi. Am avut, deci, o pastă mai bine legată a doua zi, care după tratamentul termic, a prezentat frăgezime mai mare, față de prima zi, totuși din punct de vedere statistic diferențele dintre modulele elastice pentru cele două zile de testări au fost nesemnificative ($p>0,05$).

Până în momentul coagulării proteinelor (50 °C), diferențele de structură au fost bine vizibile în curbele unghiului de fază, cu o diferență semnificativă ($p<0,05$), de două grade pentru cele două zile de testări. Însă, după momentul acesta, diferențele dintre valorile unghiului delta s-au anulat ($p>0,05$), în final oprindu-se la 8°, similar probelor cu 20% sare, produsul tinzând vizibil spre solid.

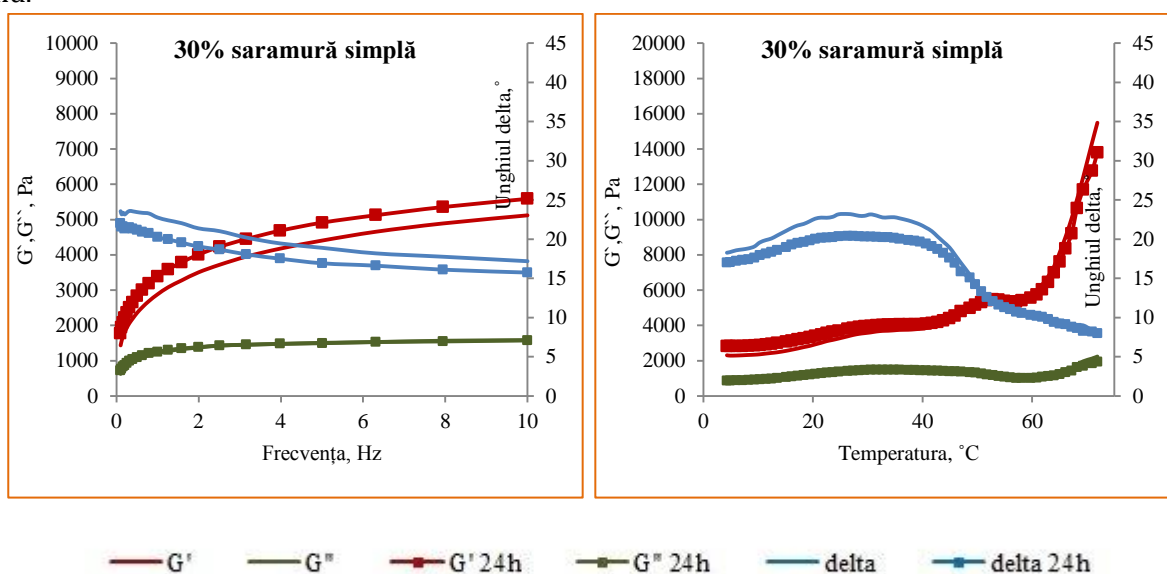


Figura 6.15. Variația parametrilor reologici (G' , G'' și Delta) pentru probele de mușchi *Biceps femoris* tocat în amestec cu 30 % sare simplă în funcție de frecvența oscilațiilor (stânga) și de temperatură (dreapta)

Modulul de vâscozitate, G'' , nu a prezentat diferențe în cele două zile de testare. Creșterea procentului de sare adăugată la 40%, a dus la scăderea în continuare a valorilor modulelor vâscoelastice, față de probele anterioare, atât pentru testul de creștere a frecvenței oscilațiilor, cât și pentru testul de creștere graduală a temperaturii (figura 6.16).

În timpul testului de creștere graduală a temperaturii, valorile pentru modulul elastic s-au diferențiat, pentru cele două zile de testări, fiind mai mare după 24 h de maturare, însă diferențele au fost nesemnificative din punct de vedere statistic ($p>0,05$). Alura curbelor unghiului delta au fost asemănătoare probelor anterioare (cu 20 și 30 % sare simplă), prezentând diferențe semnificative ($p<0,05$) în structura materialului între prima și a doua zi, până în momentul coagulării proteinelor, fiind aproape identice după acest moment pentru ambele zile de testare ($p>0,05$).

Creșterea în continuare a cantității de sare în pasta de carne (50%), a dus la scăderea răspunsului elastic al probelor (Figura 6.17), în comparație cu amestecurile cu mai puțină sare

în sistem. Testul de creștere a frecvenței oscilațiilor s-a soldat cu valori mai mici pentru G' , care s-au încadrat între 940 și 3397 Pa în prima zi și 1022-1054 după 24 h de maturare a amestecului.

În urma creșterii graduale a temperaturii, s-au evidențiat valori mai mici ale modulelor de vâscoelasticitate, față de probele anterioare, cu diferențe nesemnificative ($p>0,05$), după perioada de maturare. Unghiul delta, pe de altă parte, cu toate că s-a încadrat în valori similare testelor anterioare, ($18\pm 8^\circ$ în prima zi și $17\pm 8^\circ$ după 24 h), a prezentat diferențe în structura probelor ($p<0,05$), până în momentul coagulării proteinelor, după care s-au egalat ($p>0,05$).

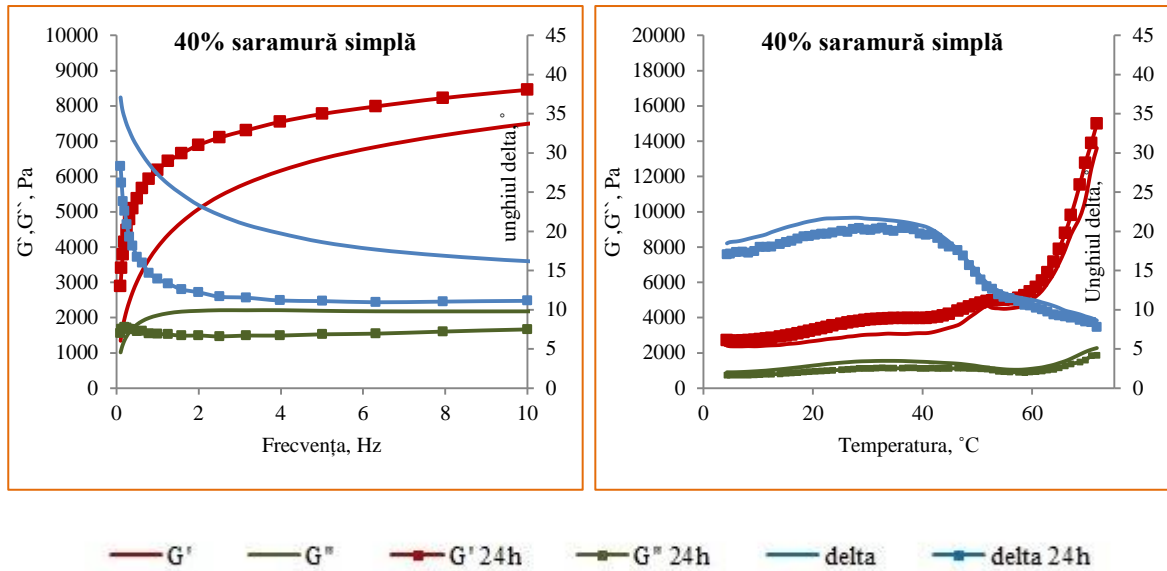


Figura 6.16. Variația parametrilor reologici (G' , G'' și Delta) pentru probele de mușchi *Biceps femoris* tocat în amestec cu 40 % sare simplă în funcție de frecvența oscilațiilor (stânga) și de temperatură (dreapta)

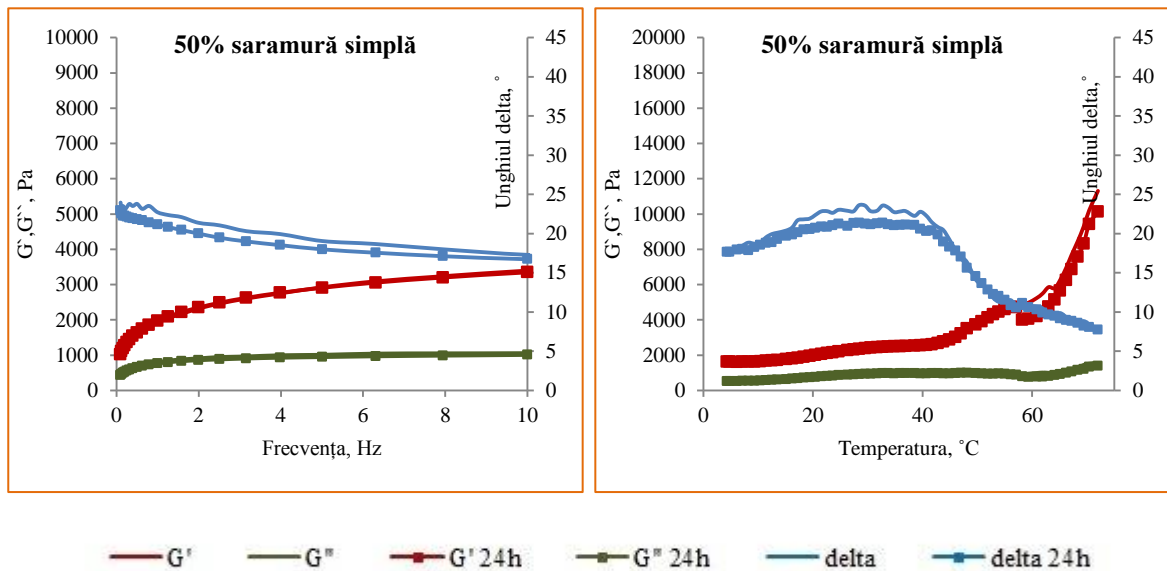


Figura 6.17. Variația parametrilor reologici (G' , G'' și Delta) pentru probele de mușchi *Biceps femoris* tocat în amestec cu 50 % sare simplă în funcție de frecvența oscilațiilor (stânga) și de temperatură (dreapta)

Concluzii parțiale

- ❖ Creșterea procentului de saramură din pastă a avut drept rezultat scăderea durtății amestecului tip bradt.
- ❖ Procesul de maturare a influențat structura probelor până în momentul coagulării proteinelor în urma tratamentului termic.
- ❖ După tratamentul termic nu s-au evidențiat influențe semnificative ale procesului de maturare asupra comportamentului reologic al probelor.
- ❖ Amestecul cu o cantitate mai mare de saramură simplă în sistem (50 %) și-a păstrat structura fluidă și după perioada de maturare.
- ❖ Unghiul de fază a prezentat valori similare pentru probele cu cantități diferite de saramură adăugată, cu valori mai mici după procesul de maturare, care s-au egalat după momentul denaturării proteinelor.
- ❖ Recomandăm utilizarea unei cantități de maximum 40 % saramură simplă (fără aditivi de îngroșare) în amestecurile de carne tip bradt.

6.2.2.2. Profilele reologice ale probelor în amestec cu saramură conținând 0,25 kg k-carrageenan/100 kg carne

Adaosul k-carrageenanului în saramură a avut drept efect scăderea densității amestecului de carne - saramură, rezultând o pastă mai moale. Indicii reologici (G' și G'') au avut valori mai mici, iar în cazul unghiului delta, mai mari, odată cu creșterea concentrației saramurii în pastă.

Pentru probele cu 20% saramură conținând 0,25% k-carrageenan, testul de creștere a frecvenței oscilațiilor a indicat valori pentru G' mai mici decât în cazul probelor cu aceeași cantitate de saramură, dar fără polizaharid în sistem, ca și pentru valorile lui G'' , (Figura 6.18). Totuși, dacă e să vorbim despre domeniul vâscoelastic, unghiul delta s-a încadrat în valori asemănătoare probelor fără polizaharid în sistem, variind între 23 și 17°. După 24 h de repaos, valorile lui G' au fost semnificativ mai mari față de ziua anterioară ($p < 0,05$), (2516-7134 Pa), arătând influența maturării asupra structurii amestecului. În același context și valorile modulului vâscos au crescut ($p < 0,05$), variind între 995 Pa și 2171 Pa. Unghiul de fază a scăzut semnificativ ($p < 0,05$), după 24 h, variind de la 21 la 15,6°.

În timpul testului de creștere graduală a temperaturii, modulele vâscoelastice au crescut de la temperatura de lucru până la temperatura finală a tratamentului termic, componenta elastică prevalând asupra componentei vâscoase. Perioada de 24 h de maturare a dus la creșterea semnificativă ($p < 0,05$) a valorilor modulului elastic până în momentul coagulării proteinelor, moment după care modulele s-au egalat ca valoare, neexistând diferențe între fermitatea finală a probelor ($p > 0,05$).

Aceiași tendință s-a înregistrat și pentru unghiul de fază, care a arătat valori semnificativ diferite în cele două zile de testare, până în momentul denaturării proteinelor, dar ne semnificative după temperatura de 50,7 °C. Cu toate că modulele vâscoelastice au avut valori net inferioare modulelor probelor fără polizaharid în sistem, pentru delta, s-au înregistrat valori asemănătoare, acesta variind de la 18 la 8° în prima zi și de la 17 la 8°, după perioada de 24 h de maturare.

Pentru probele cu 30% saramură și 0,25% k-carrageenan în amestec (Figura 6.19) s-au înregistrat, spre deosebire de cazurile anterioare, valori mai mari pentru unghiul de fază, în timpul ambelor teste reologice, depărtând materialul de corp solid și îndreptându-se spre unul perfect vâscoelastic ($\delta=45^\circ$).

În cazul testului de creștere graduală a temperaturii, delta a evoluat de la 30 la 7,4 în prima zi și de la 29 la 7,4 în cea de-a doua zi. După cum se observă, la finalul tratamentului termic, structura amestecului s-a uniformizat, chiar dacă la temperaturi inferioare punctului de coagulare al proteinelor, după perioada de maturare, pasta de carne a fost mai bine legată.

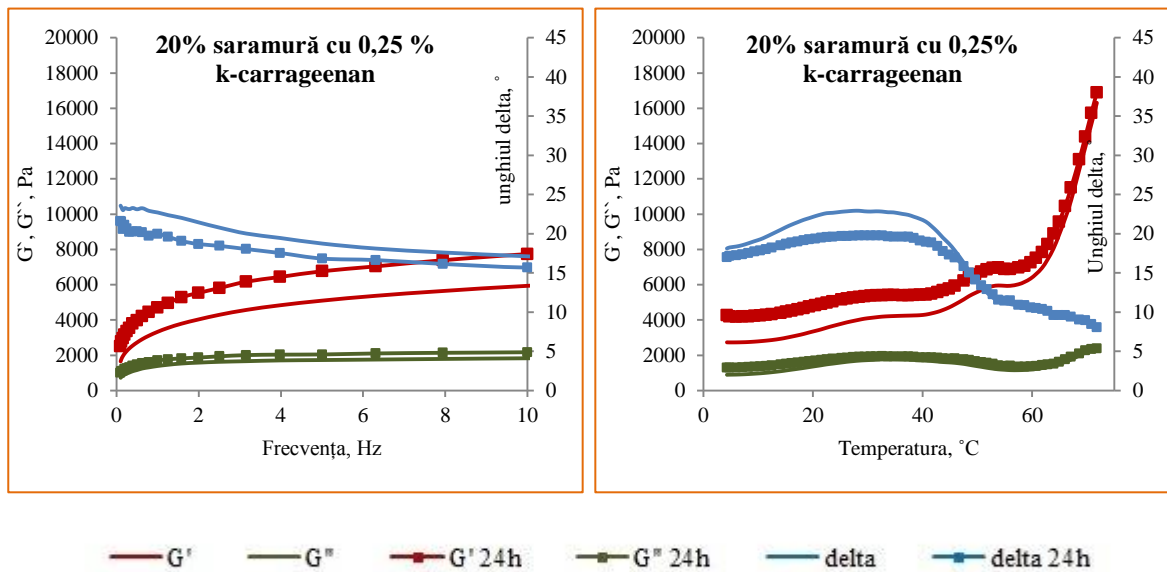


Figura 6.18. Variația parametrilor reologici (G' , G'' și Delta) pentru probele de mușchi *Biceps femoris* tocat în amestec cu 20% saramură și 0,25% k-carrageenan în funcție de frecvența oscilațiilor (stânga) și de temperatură (dreapta)

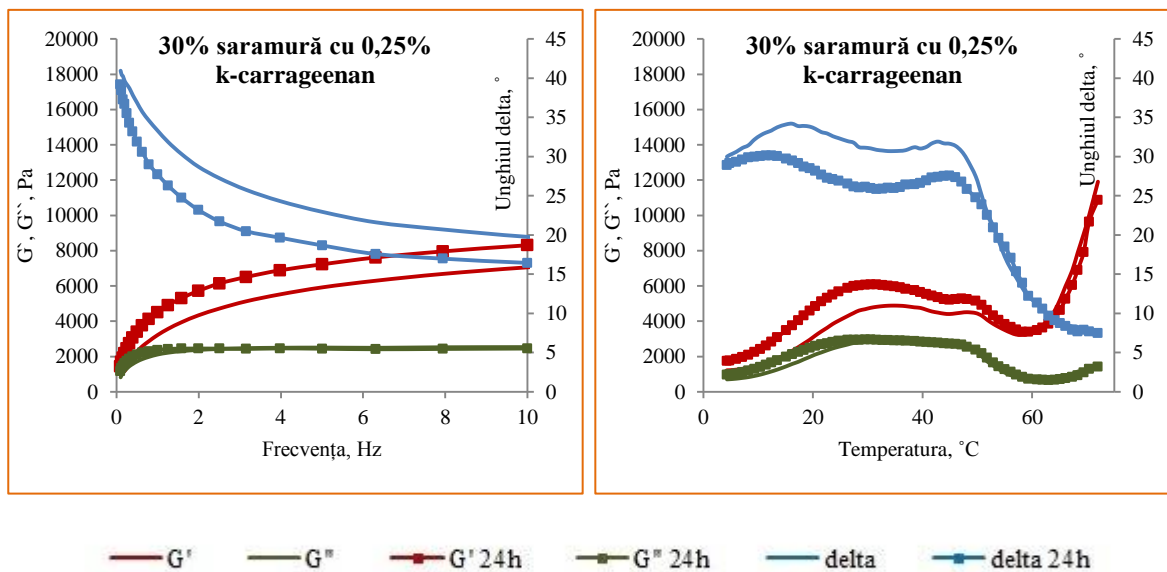


Figura 6.19. Variația parametrilor reologici (G' , G'' și Delta) pentru probele de mușchi *Biceps femoris* tocat în amestec cu 30 % saramură și 0,25 % k-carrageenan în funcție de frecvența oscilațiilor (stânga) și de temperatură (dreapta)

Corespunzător unghiului de fază, pentru o cantitate mai mare de saramură în sistem, modulele de vâscoelasticitate au avut valori mai mici, o dată față de probele cu aceeași cantitate de polizaharid în amestec și a doua oară, față de probele cu aceeași cantitate de saramură, dar fără k-carrageenan. Pentru testul de creștere a frecvenței oscilațiilor, diferențele valorilor modulului G' pentru cele două zile de testări, au fost vizibile, dar ne semnificative ($p > 0,05$). G'' a avut evoluții ne semnificative în cele două zile de testări.

Testul de creștere graduală a temperaturii, a avut în cele două zile de testare, valori semnificativ diferite ($p < 0,05$) în cazul G' , până în momentul coagulării proteinelor, diferențe care s-au anulat pe măsura creșterii în continuare a temperaturii. Modulul de vâscozitate a fost relativ identic pentru ambele zile de testare pe întreg experimentul de creștere a temperaturii.

Adaosul a 40% saramură și 0,25% k-carrageenan a avut drept efect scăderea în continuare a durității pastei de carne, în comparație cu probele anterioare, după cum poate fi observat și din figura 6.20. Modulele G' și G'' au scăzut ca valoare față de probele cu 30 % saramură în amestec.

În timpul testului de creștere a frecvenței oscilațiilor, G' a crescut de la 886 Pa la 6389 Pa în prima zi și de la 1388 Pa la 7904 Pa, după 24 h de maturare, însă, cu diferențe ne semnificative, ($p = 0,0536$). Unghiul de fază, nu s-a diferențiat față de probele cu 30% saramură în sistem și nici după 24 h de maturare nu a scăzut semnificativ ($p > 0,05$).

Creșterea graduală a temperaturii, în acest caz, a avut drept rezultat module cu valori mai mici decât în cazul probelor anterioare. Modulul elastic a variat de la 1110 Pa până la 11110 Pa în prima zi și de la 1674 Pa la 10650 Pa, a doua zi, cu diferențe semnificative ($p < 0,05$) până în momentul coagulării proteinelor și aproximativ egale după acest moment ($p > 0,05$). Pentru unghiul delta s-au înregistrat valori identice probelor cu 30% saramură și 0,25% k-carrageenan în sistem, ajungând pentru ambele zile de determinări la $\sim 7^\circ$.

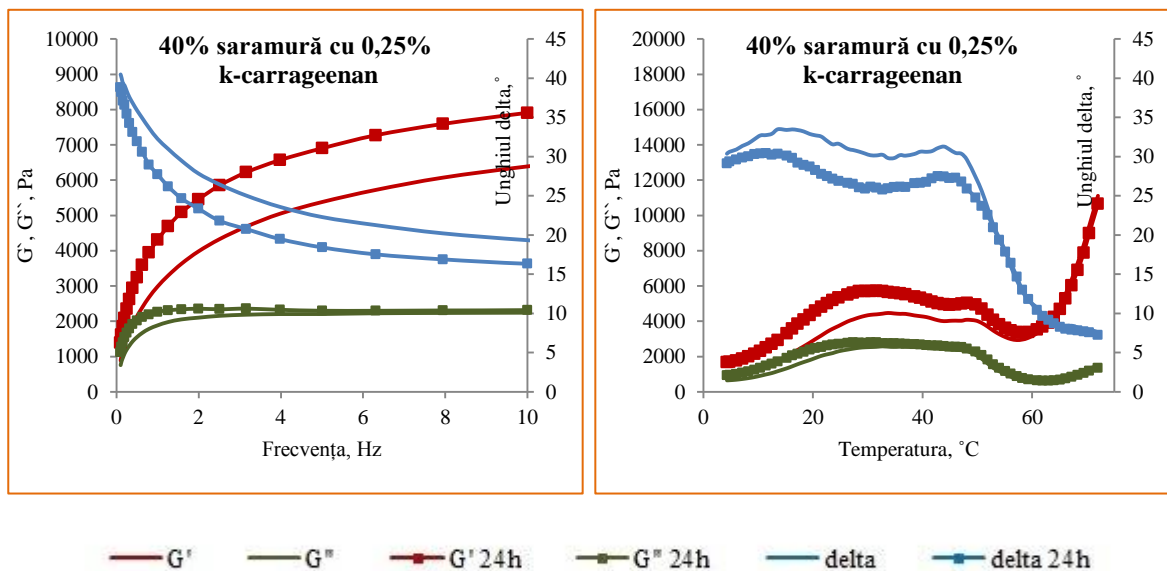


Figura 6.20. Variația parametrilor reologici (G' , G'' și Delta) pentru probele de mușchi *Biceps femoris* tocat în amestec cu 40 % saramură și 0,25 % k-carrageenan în funcție de frecvența oscilațiilor (stânga) și de temperatură (dreapta)

Profilele reologice ale probelor de carne tocată, în amestec cu 50% saramură și 0,25% k-carrageenan au prezentat diferențe ne semnificative ale datelor ($p > 0,05$), în cazul testului de creștere a frecvenței oscilațiilor, pentru cele două zile de testări (figura 6.21, stânga). Numeric,

modulele G' și G'' au înregistrat valori inferioare probelor cu 40% saramură, evidențiind caracterul mai fluid al structurii amestecului.

Pentru testul de creștere a frecvenței oscilațiilor, G' a evoluat de la 985 Pa până la 8138 Pa în prima zi și de la 1048 Pa, până la 10790 Pa în a doua zi. Valorile modulului G'' , pe de altă parte, au avut o evoluție mai puțin spectaculoasă, crescând de la 589 Pa la 1025 Pa în prima zi și de la 603 Pa până la 1440 Pa, după 24 h, fără diferențe semnificative ($p > 0,05$). Unghiul delta s-a încadrat în valori asemănătoare probelor cu mai puțină saramură în sistem, variind între 41° și 20° în prima zi și $42,5-19^\circ$ după 24 h de maturare.

În timpul testului de creștere graduală a temperaturii (figura 6.21, dreapta), modulul elastic a variat de la 985 Pa la 8138 Pa a doua zi și de la 1048 Pa la 10790 Pa a doua zi fără valori semnificativ diferite pe parcursul testului ($p > 0,05$). Pentru unghiul de fază, contrar modulelor vâscoelastici, nu s-au înregistrat diferențe față de probele cu mai puțină saramură în amestec, acesta variind de la 30° la $7,6^\circ$ în prima zi și de la $30,8^\circ$ la $7,1^\circ$ a doua zi. Unghiul delta este și singurul în cazul de față care a evidențiat diferențe în structura amestecului de carne, pe parcursul experimentului de creștere a temperaturii, cu diferențe semnificative între valori pentru cele două zile de testare, până în momentul denaturării proteinelor. Prin comparația celor patru procente de saramură cu 0,25% k-carrageenan utilizate, s-a observat că o cantitate mai mare de apă a avut drept efect slăbirea matricei proteice, rezultând amestecuri mai puțin dure.

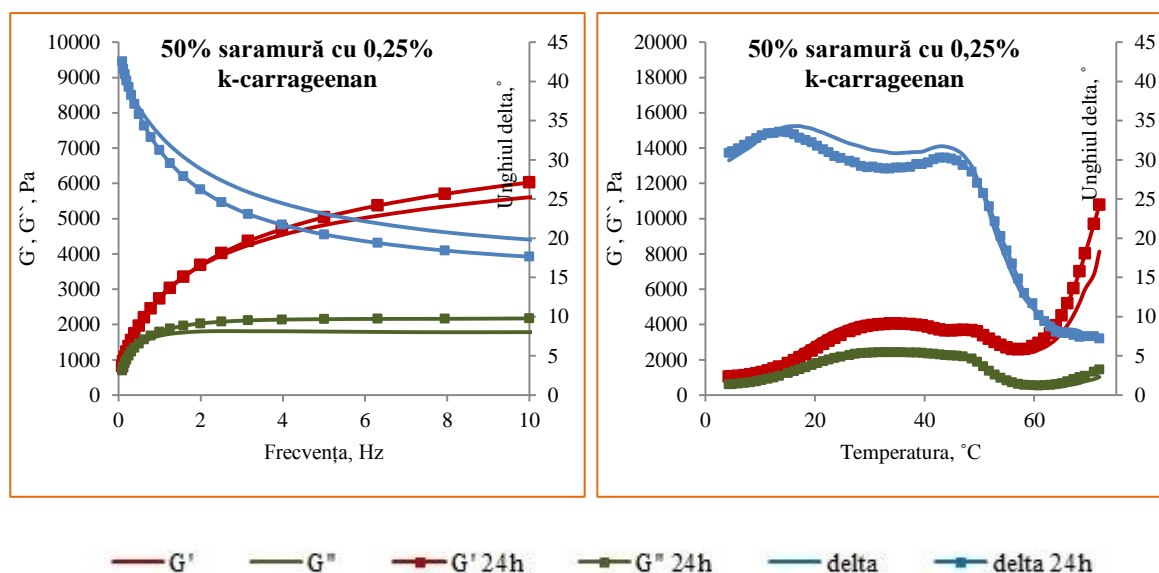


Figura 6.21. Variația parametrilor reologici (G' , G'' și Delta) pentru probele de mușchi *Biceps femoris* tocat în amestec cu 50 % saramură și 0,25 % k-carrageenan în funcție de frecvența oscilațiilor (stânga) și de temperatură (dreapta)

Concluzii parțiale

- ❖ Adiția k-carrageenan-ului în saramură a avut drept urmare fluidizarea structurii amestecului tip brad.
- ❖ Testul de creștere a frecvenței oscilațiilor, care simulează caracteristicile de curgere a materialului, în trei cazuri din patru (pentru cantități de saramură ce depășesc 20 %) a evidențiat valori asemănătoare pentru parametrii reologici în cele două zile de testări.

- ❖ Valorile unghiului de fază s-au apropiat foarte mult de valorile unui corp perfect vâscoelastic pentru toate cele patru tipuri de amestecuri.

6.2.2.3. Profilele reologice ale probelor în amestec cu saramură conținând 0,5 kg k-carrageenan/100 kg carne

Creșterea procentului de k-carrageenan la 0,5% în pasta de carne, a avut drept rezultat scăderea valorilor parametrilor reologici în comparație cu probele anterioare (fără polizaharid și cu 0,25% polizaharid în amestec), (Figura 6.22).

Pentru probele cu 20% saramură în amestec, testul de creștere a frecvenței a indicat pentru modulul elastic valori de la 1392 Pa la 7632 Pa, pentru prima zi și de la 1625 Pa la 8489 Pa pentru a doua zi, cu diferențe nesemnificative în urma procesului de maturare ($p > 0,05$). Evoluție similară s-a înregistrat și pentru modulul de vâscozitate, care a avut valori apropiate în cele două zile de testări, fără diferențe statistice majore ($p > 0,05$). Unghiul de fază, spre deosebire de probele cu 0,25% k-carrageenan în sistem, a avut valori mai ridicate, apropiate de 40° , caracteristice unui corp cu textură mai moale. Totuși, la frecvența de 10 Hz, unghiul dintre faze a ajuns similar probelor cu 0,25% polizaharid în sistem și chiar a celor fără polizaharid în sistem, situându-se în jurul valorii de 17° în ambele zile de testări, cu diferențe nesemnificative ($p > 0,05$).

Pe parcursul experimentului de creștere graduală a temperaturii, s-au observat diferențe semnificative ($p < 0,05$), pentru cele două zile de testări pentru G' și unghiul delta, până în momentul coagulării proteinelor. Modulul de vâscozitate, a rămas totuși la valori similare în ambele zile de testări, variind în prima zi de la 1037 Pa la 2068 Pa, iar după 24 h de la 1111 Pa la 2017 Pa.

Unghiul de fază, până în momentul denaturării proteinelor a prezentat valori semnificativ diferite în cele două zile de testări, egalându-se după acest moment și ajungând în final la $7,8 \div 7,5^\circ$.

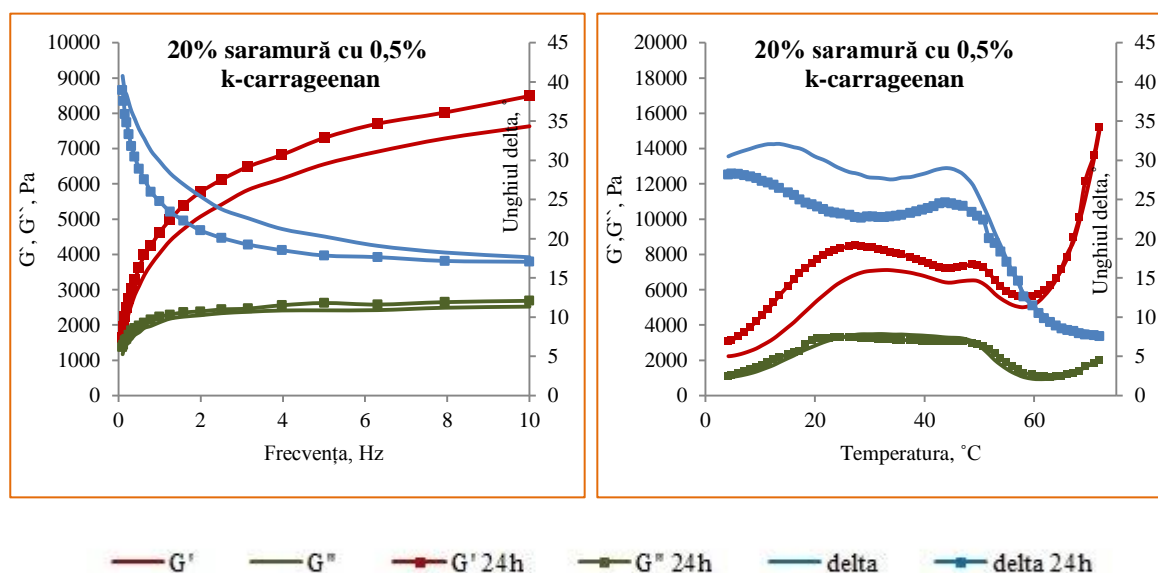


Figura 6.22. Variația parametrilor reologici (G' , G'' și Delta) pentru probele de mușchi *Biceps femoris* tocat în amestec cu 20 % saramură și 0,5 % k-carrageenan în funcție de frecvența oscilațiilor (stânga) și de temperatură (dreapta)

Pentru probele cu 30% saramură și 0,5% k-carrageenan în sistem (Figura 6.23), G' a avut evoluție nesemnificativă ($p > 0,05$), în cea de-a doua zi, în timpul testului de creștere a frecvenței oscilațiilor. Pentru G'' , valorile înregistrate au fost mai mici decât valorile G' În cele două zile de

testări, diferențe mici s-au înregistrat până la frecvența de 2 Hz, după care valorile modulului s-au uniformizat pentru ambele zile ($p > 0,05$). Unghiul de fază a crescut cu aproximativ două grade față de probele cu mai puțină saramură în sistem, dar nesemnificativ din punct de vedere statistic ($p > 0,05$). În prima zi a evoluat de la 42 la 20°, iar după 24 h de maturare de la 42 la 17,7°, fără diferențe semnificative ($p > 0,05$).

În timpul testului de creștere a temperaturii, valorile modulului elastic au fost mai mici, o dată față de probele cu mai 20% saramură și 0,5% k-carrageenan și a doua oară față de probele cu aceeași cantitate de saramură la mai puțin poliglucid în sistem. Acestea au variat de la 1138 Pa la 10040 Pa în prima zi și de la 1305 la 10140 Pa în cea de-a doua zi, cu diferențe semnificative ($p < 0,05$) până la temperatura de 50 °C, egalându-se în final.

Modulul de vâscozitate, a avut valori mai mici față de probele cu 20 % saramură în amestec și a înregistrat în continuare diferențe nesemnificative între valori pentru cele două zile de determinare. Unghiul delta a păstrat aceleași valori ca și pentru probele cu 20 % saramură și 0,5 % k-carrageenan, variind între 30,5 și 7,0° în prima zi și 31÷7° după 24 h de maturare, cu diferențe semnificative între date până la temperatura de ~50°C, când s-a constatat a fi momentul denaturării proteinelor.

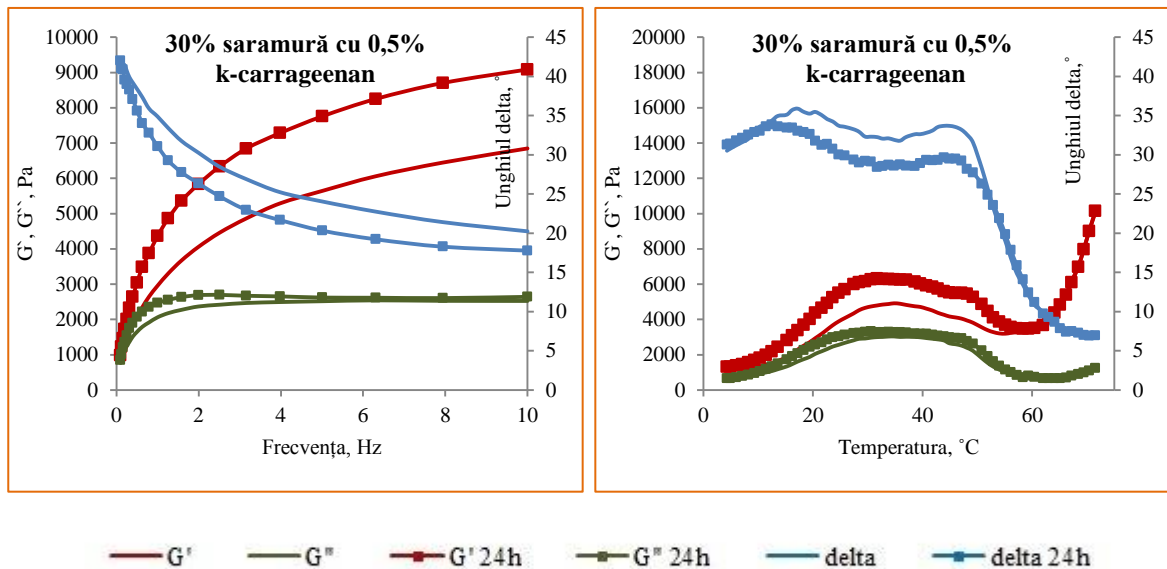


Figura 6.23. Variația parametrilor reologici (G' , G'' și Delta) pentru probele de mușchi *Biceps femoris* tocat în amestec cu 30 % saramură și 0,5 % k-carrageenan în funcție de frecvența oscilațiilor (stânga) și de temperatură (dreapta)

La adaosul a 40% saramură cu 0,5% k-carrageenan, în pasta de carne, structura amestecului s-a modificat nesemnificativ în urma procesului de maturare (Figura 6.24). Pentru testul de creștere a oscilațiilor, parametrii reologici au avut diferențe nesemnificative ($p > 0,05$) pentru cele două zile de determinare.

Pentru testul de creștere a temperaturii, spre deosebire de probele cu 30% saramură și 0,5% k-carrageenan și de probele cu 40% saramură și 0,25 k-carrageenan, valorile parametrilor reologici au scăzut nesemnificativ ($p > 0,05$) după perioada de 24 h de maturare. G' s-a încadrat între 1076 ÷ 10200 Pa în prima zi și între 1122 ÷ 10130 Pa în a doua zi. G'' a avut valori inferioare modulului elastic și a crescut pe măsura creșterii temperaturii, de la 560 Pa la 1344 Pa în prima zi și de la 624 Pa la 1244 Pa în cea de-a doua zi. Doar prin evoluția unghiului de fază s-au sesizat diferențele dintre

structura amestecului în cele două zile de testări. Până la temperatura de 50 °C, valorile delta au fost semnificativ diferite ($p < 0,05$) scăzând de la 31° la 25° în prima zi și de la 30° la 25° în a doua zi, după care, pentru ambele zile, unghiul de fază a urmat același curs până la valoarea de 7°.

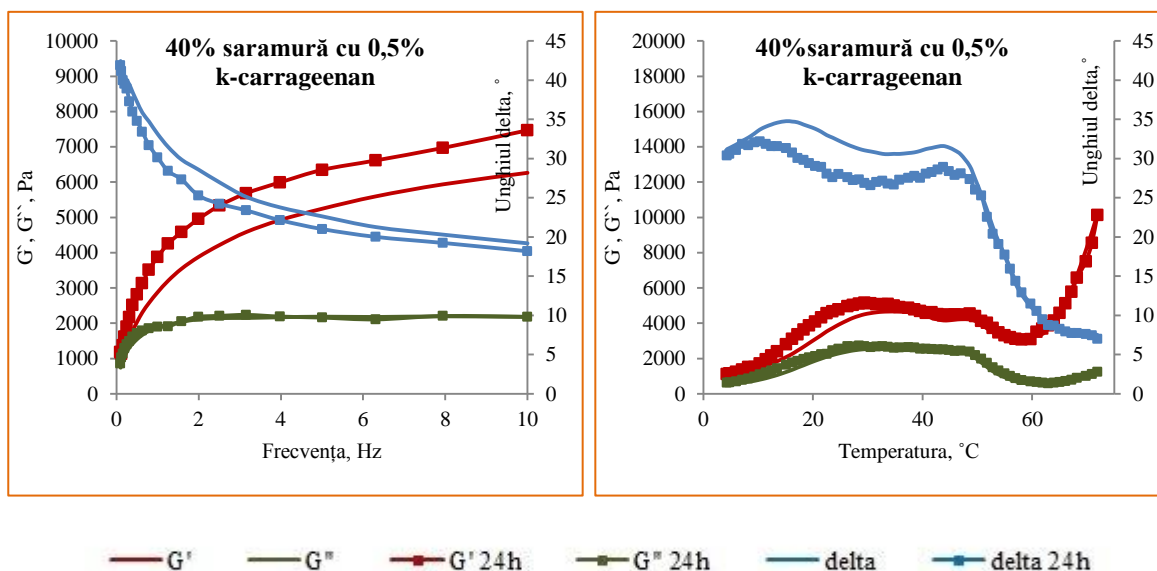


Figura 6.24. Variația parametrilor reologici (G' , G'' și Delta) pentru probele de mușchi *Biceps femoris* tocat în amestec cu 40 % saramură și 0,5 % k-carrageenan în funcție de frecvența oscilațiilor (stânga) și de temperatură (dreapta)

Asemănător probelor cu 40% saramură și 0,5% k-carrageenan, cele cu 50% saramură și 0,5% k-carrageenan au prezentat profile reologice similare în cele două zile de testări, fără diferențe semnificative între date, atât pentru testul de creștere a frecvenței, cât și pentru testul de creștere a temperaturii, după cum se poate observa și din figura 6.25.

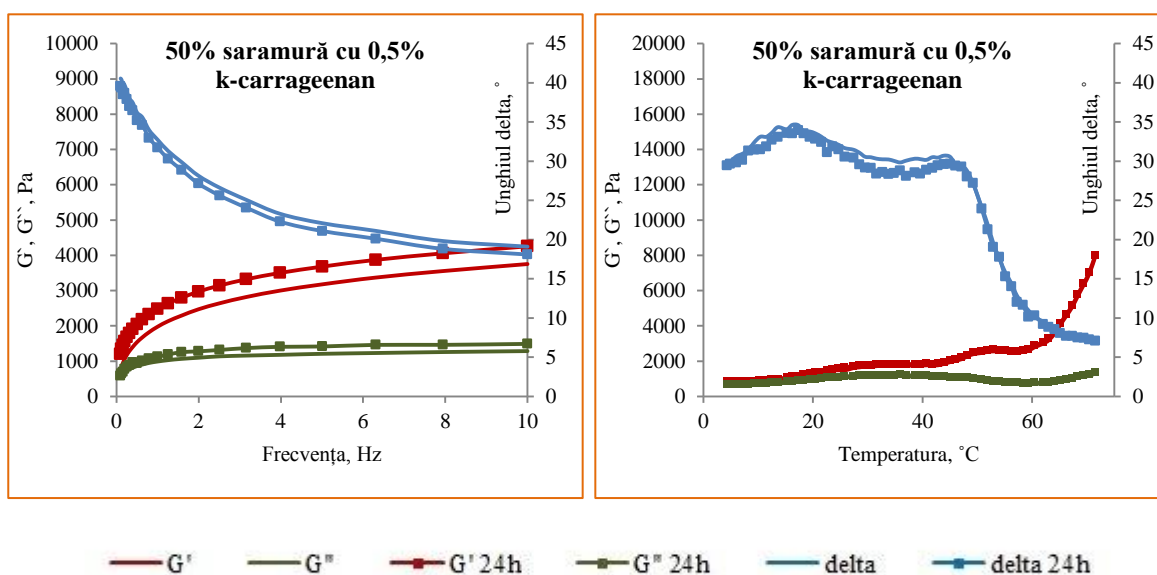


Figura 6.25. Variația parametrilor reologici (G' , G'' și Delta) pentru probele de mușchi *Biceps femoris* tocat în amestec cu 50 % saramură și 0,5 % k-carrageenan în funcție de frecvența oscilațiilor (stânga) și de temperatură (dreapta)

Capitolul 7. CONCLUZII FINALE ȘI PERSPECTIVE

Concluzii finale

- ❖ Comportamentul mușchiului *Biceps femoris* de porc a fost evaluat din punct de vedere al caracteristicilor fizico-chimice, reologice și tehnologice, în cazul folosirii unor sisteme de sărare simple incluzând aditivi strict necesari din punct de vedere tehnologic (sare, polifosfat și nitrit) dar și un hidrocoloid (k-carrageenan); a fost testată atât influența procentului de saramură adăugată cât și a duratei totale a tratamentului mecanic de tumblerizare.
- Principalele observații rezultate în urma acestor studii sunt următoarele:
- ❖ Prin creșterea timpului de tumblerizare s-a favorizat absorbția de saramură a probelor de mușchi *Biceps femoris* de porc.
- ❖ Obținerea unui randament bun după procesul tehnologic de injectare-tumblerizare, în cazul utilizării unei saramuri fără agenți de îngroșare a fost posibilă doar pentru procente mici de injectare (20 și 30 %).
- ❖ Carrageenanii sunt utilizați în tehnologia cărnii în special pentru capacitatea acestora de a crește procentul de saramură reținut în sistem. Pentru a observa efectul adaosului unei cantități mici de hidrocoloid sistemului carne-saramură s-a determinat capacitatea de reținere a apei în probe după parcurgerea operațiilor de injectare și tumblerizare.
- ❖ Astfel, am observat că adaosul k-carrageenanului sistemului carne-saramură în cantități mici (0,25 ÷ 0,5 %) nu a asigurat creșterea cantității de saramură reținută de probele de mușchi *Biceps femoris*, prin comparație cu un sistem simplu de sărare.
- ❖ În urma realizării tratamentului termic, s-a determinat textura probelor analizate prin aprecierea a cinci componente ale texturii (fermitate, duritate, adezivitate, lucrul adezivității și fracturabilitate). Am identificat faptul că, creșterea timpului de tumblerizare a favorizat textura mușchiului *Biceps femoris* de porc, conducând la scăderea fermității și durității probelor.
- ❖ Adaosul de k-carrageenan sistemului de carne – saramură a condus la îmbunătățirea texturii mușchiului *Biceps femoris* de porc, acesta fiind mai fraged decât în cazul utilizării unei saramuri simple în procesul tehnologic.
- ❖ Culoarea mușchiului *Biceps femoris* de porc nu a fost influențată de procesul tehnologic aplicat, cu excepția luminozității care a prezentat ușoare tendințe de scădere odată cu adaosul k-carrageenanului în sistem.
- ❖ Creșterea timpului de tumblerizare precum și adaosul de k-carrageenan sistemului de carne-saramură a avut drept rezultat creșterea valorilor funcției de fluaj, respectiv a deformărilor, pentru probele de mușchi *Biceps femoris* de porc.
- ❖ Vâscozitatea sistemului carne-saramură a scăzut odată cu creșterea timpului de tumblerizare și cu adaosul de k-carrageenan.
- ❖ Prin aplicarea modelului matematic Burger, s-a pus în evidență faptul că dintre cei șapte parametri analizați, doar patru au prezentat importanță din punct de vedere statistic.
- ❖ Determinările reologice au evidențiat faptul că procesul de maturare a amestecului de carne-saramură tip bradț a influențat comportamentul vâscoelastic al probelor până în momentul coagulării proteinelor.

Perspective

În urma realizării prezentului studiu propun următoarele perspective și viitoare direcții de cercetare:

- ❖ Studiarea comportamentului altor tipuri de mușchi proveniți de la porcine, precum și de la taurine, în sisteme de sărare similare, în vederea obținerii unor preparate de calitate superioară.
- ❖ Studiul influenței altor agenți de îngroșare (gume, extracte din alge), precum și a altor aditivi utilizați pe piață (săruri derivate ale acidului lactic, diacetatul de sodiu, etc) asupra caracteristicilor tehnologice ale diferitelor tipuri de mușchi.
- ❖ Combinarea procesului de tumblerizare cu alte tehnici (ultrasunete, presiuni înalte) și găsirea de soluții pentru reducerea timpului necesar tratamentului în vederea creșterii capacității de hidratare și a frăgezimii produsului, fără să afecteze cantitatea de exsudat proteic formată sau calitatea finală a produsului.
- ❖ Aprofundarea cercetărilor reologice asupra caracteristicilor vâscoelastice ale diferitelor grupe de mușchi și studierea efectului diferitelor sisteme de sărare asupra profilelor reologice ale acestora.

Capitolul 8. CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI REALIZĂRI ȘTIINȚIFICE

8.1. Contribuțiile proprii aduse prin prezenta lucrare

Originalitatea prezentului studiu constă în următoarele:

- ❖ Studiarea amănunțită a procesului de tumblerizare, prin evidențierea efectului prelungirii tratamentului mecanic raportat la procedura standard asupra caracteristicilor tehnologice și reologice ale mușchiului *Biceps femoris* de porc.
- ❖ Prelungirea tratamentului de tumblerizare până la nouă ore, însumând un total de 5040 rotații ale tamburului.
- ❖ Studiarea comportamentului fizico-chimic, tehnologic și reologic al mușchiului în stare refrigerată imediat după terminarea stării de rigor.
- ❖ Detalierea rezultatelor obținute pentru textură și calcularea a cinci componente (fermitate, duritate, adezivitate, lucrul adezivității și fracturabilitate).
- ❖ Studiarea fenomenului de fluaj prezent în evoluția reologică a mușchiului *Biceps femoris* de porc în diferite sisteme de sărare, înainte efectuării tratamentului termic și după fiecare oră de tumblerizare.
- ❖ Aplicarea modelului matematic Burger și observarea efectului factorilor analizați asupra evoluției parametrilor de fluaj.
- ❖ Studiarea efectului procesului de maturare asupra caracteristicilor vâscoelastice ale pastei tocate din mușchi *Biceps femoris* de porc în amestec cu diferite tipuri de saramuri.

8.2. Lista lucrărilor publicate în domeniul tezei

Patrascu, L., Dobre, I., & Alexe, P. (2010). K-carrageenan effects on texture characteristics of meat emulsified systems. *Studia Universitatis Babeș-Bolyai Chimia*, 55(3), 75-82.

Patrașcu, L., Ianitchi, D., Dobre, I., & Alexe, P. (2011). Effect of tumbling time and injection rate on the processing characteristics, tenderness and color of pork *Biceps femoris* muscle. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI: Food Technology*, 35 (1), 9-18.

Patrașcu, L., Dobre, I., & Alexe, P. (2013). Effect of tumbling time, injection rate and k-carrageenan addition on processing, textural and color characteristics of pork *Biceps femoris* muscle. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle VI: Food Technology*, 37 (1), in press.

Conferințe

Patrașcu, L., & Alexe, P. (2013). Effect of technological processing on textural and rheological characteristics of porc *Biceps femoris* muscle. *The 4th International Conference on Food Chemistry, Engineering & Technology*. Book of Abstracts, p.72.

Lucrări în curs de publicare

Patrașcu, L., & Alexe, P. (2013). Rheological behavior of pork *Biceps femoris* muscle influenced by injection-tumbling process and brine type, *Meat Science*, (under review).

Patrașcu, L., & Alexe, P. (2013). Rheological and physical characteristics of minced *Biceps femoris* muscle in different brining systems, *Food Technology and Biotechnology*, (under review).