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



TEZĂ DE DOCTORAT

**DEZVOLTAREA DE PRODUSE DIN CARNE ÎMBOGĂȚITE ÎN
ACIZI GRAȘI POLINESATURAȚI OMEGA 3: ASPECTE
NUTRIȚIONALE, TEHNOLOGICE ȘI SENZORIALE**

(Rezumatul tezei de doctorat)

**Doctorand,
Lazăr (Cîrstea) Nicoleta**

**Conducător științific,
Prof.univ. dr. ing. Nour Violeta**

Seria I 7: INGINERIA PRODUSELOR ALIMENTARE Nr.24

GALAȚI

2024

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



TEZĂ DE DOCTORAT

**DEZVOLTAREA DE PRODUSE DIN CARNE ÎMBOGĂȚITE ÎN
ACIZI GRAȘI POLINESATURAȚI OMEGA 3: ASPECTE
NUTRIȚIONALE, TEHNOLOGICE ȘI SENZORIALE**

(Rezumatul tezei de doctorat)

Doctorand

Cîrstea (Lazăr) Nicoleta

Președinte

Prof univ.dr.ing. BAHRIM GABRIELA-ELENA
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

Conducător științific,

Prof univ.dr.ing. NOUR VIOLETA
Universitatea din Craiova

Referenți științifici

Prof univ.dr.ing. OROIAN MIRCEA
Universitatea ”Ștefan cel mare,, din Suceava
Prof univ.dr.ing. TIȚA OVIDIU
Universitatea „Lucian Blaga” din Sibiu
Prof univ.dr.ing. BANU IULIANA
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

Seria I 7:INGINERIA PRODUSELOR ALIMENTARE Nr.24

GALAȚI

2024

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

Domeniul fundamental ȘTIINȚE INGINEREȘTI

- Seria I 1: **Biotehnologii**
- Seria I 2: **Calculatoare și tehnologia informației**
- Seria I 3: **Inginerie electrică**
- Seria I 4: **Inginerie industrială**
- Seria I 5: **Ingineria materialelor**
- Seria I 6: **Inginerie mecanică**
- Seria I 7: **Ingineria produselor alimentare**
- Seria I 8: **Ingineria sistemelor**
- Seria I 9: **Inginerie și management în agricultură și dezvoltare rurală**

Domeniul fundamental ȘTIINȚE SOCIALE

- Seria E 1: **Economie**
- Seria E 2: **Management**
- Seria E 3: **Marketing**
- Seria SSEF: **Știința sportului și educației fizice**
- Seria SJ: **Drept**

Domeniul fundamental ȘTIINȚE UMANISTE

- Seria U 1: **Filologie- Engleză**
- Seria U 2: **Filologie- Română**
- Seria U 3: **Istorie**
- Seria U 4: **Filologie - Franceză**

Domeniul fundamental MATEMATICĂ ȘI ȘTIINȚE ALE NATURII

- Seria C: **Chimie**

Domeniul fundamental ȘTIINȚE BIOMEDICALE

- Seria M: **Medicină**
- Seria F: **Farmacie**

CUPRINS	REZUMAT	TEZA
I. OBIECTIVELE ȘTIINȚIFICE ALE TEZEI DE DOCTORAT.....	6	8
II. STUDIU DOCUMENTAR.....	10	18
Capitolul 1.....	10	18
STRATEGII DE ÎMBUNĂȚIRE A VALORII FUNCȚIONALE A CĂRNII ȘI A PRODUSELOR DIN CARNE.....	10	18
Capitolul 2.....	11	22
SUPLIMENTAREA DIETEI ANIMALELOR CU INGREDIENTE FUNCȚIONALE.....	11	22
Capitolul 3	12	28
ADĂUGAREA DE INGREDIENTE FUNCȚIONALE ÎN TIMPUL PROCESĂRII.....	12	28
3.1. Proteine vegetale.....	12	28
3.2. Uleiuri vegetale.....	12	32
3.3. Uleiuri de pește.....	12	33
3.4. Geluri emulsionate și oleogeluri.....	12	33
3.5. Produse vegetale.....	13	36
3.6. Fibre.....	13	37
Capitolul 4.....	14	41
EXTRACTE NATURALE CU PROPRIETĂȚI ANTIOXIDANTE.....	14	41
Capitolul 5.....	14	45
PRODUȚIA DE COMPONENTE FUNCȚIONALE ÎN TIMPUL PROCESĂRII.....	14	45
5.1. Maturarea.....	14	45
5.2. Fermentația.....	15	46
5.3. Hidroliza enzimatică a proteinelor.....	15	50
Concluzii.....	15	51
		56
III. REZULTATE EXPERIMENTALE.....	17	52
CAPITOLUL 6.....	17	52
EPECTELE ÎNLOCUIRII GRĂSIMII DE PORC CU GELURI EMULSIONATE FORMULATE CU UN AMESTEC DE ULEI DE MĂSLINE, CHIA ȘI ALGE ASUPRA CALITĂȚII CHIFTELELOR DE PORC.....	17	52
6.1. Oportunitatea studiului.....	17	52
6.2. Materiale și metode.....	17	54
6.3. Rezultate și discuții.....	18	59
6.4. Concluzii.....	26	74
CAPITOLUL 7.....	27	75

REFORMULAREA PARIZERULUI PRIN ÎNLOCUIREA TOTALĂ A GRĂSIMII DE PORC CU UN GEL EMULSIONAT PE BAZĂ DE ULEIURI DE MĂSLINE, NUCĂ ȘI CHIA ȘI STABILIZAT CU CHITOSAN.....	27	75
7.1. Oportunitatea studiului.....	27	75
7.2. Materiale și metode.....	27	76
7.3. Rezultate și discuții.....	29	81
7.4. Concluzii.....	34	92
CAPITOLUL 8.....	35	94
EFICACITATEA UNOR AGENȚI DE GELIFICARE LA RECE ÎN GELURI EMULSIONATE ÎMBOGĂȚITE ÎN ACIZI GRAȘI POLINESATURAȚI ȘI STABILIZATE CU PROTEINE DIN LEGUMINOASE DESTINATE A FI UTILIZATE CA ÎNLOCUITORI AI GRĂSIMII DE PORC ÎN BURGERII DE VITĂ.....	35	94
8.1. Oportunitatea studiului.....	35	94
8.2. Materiale și metode.....	35	95
8.3. Rezultate și discuții.....	36	101
8.4. Concluzii.....	42	119
CAPITOLUL 9.....	43	120
UTILIZAREA EXTRACTULUI DE TESCOVINĂ DE COACAZE NEGRE PENTRU ÎMBUNĂȚĂȚIREA STABILITĂȚII OXIDATIVE A CRENVURȘTILOR REFORMULAȚI ÎMBOGĂȚIȚI CU ACIZI GRAȘI MONO- ȘI POLINESATURAȚI.....	43	120
9.1. Oportunitatea studiului.....	43	120
9.2. Materiale și metode.....	43	122
9.3. Rezultate și discuții.....	46	130
9.4. Concluzii.....	51	143
CAPITOLUL 10.....	52	145
CONCLUZII FINALE.....	52	145
CAPITOLUL 11.....	54	147
CONTRIBUȚII ȘI PERSPECTIVE DE CONTINUARE A CERCETĂRILOR	54	147
CAPITOLUL 12.....	55	149
DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRILOR EFECTUATE PE TEMATICA TEZEI DE DOCTORAT.....	55	149
Articole/studii publicate în reviste cotate ISI.....	55	149
Articole comunicate la sesiuni științifice internaționale.....	55	149
BIBLIOGRAFIE.....	56	150

I. OBIECTIVELE ȘTIINȚIFICE ALE TEZEI DE DOCTORAT

Progresele recente în știința nutriției și eforturile societății de a implementa educația nutrițională i-au determinat pe consumatori să fie din ce în ce mai conștienți de relația dietă-sănătate și să se concentreze mai mult spre a opta pentru diete și stiluri de viață mai sănătoase (Martins și colab., 2020). Studiile epidemiologice au arătat că un aport mai mare de acizi grași saturați duce la o creștere a nivelului colesterolului cu lipoproteine cu densitate joasă (LDL), care, la rândul său, reprezintă un factor de risc pentru dezvoltarea bolilor cardiovasculare și a diabetului de tip II (Martins și colab., 2020). Drept urmare, ghidurile alimentare au promovat scăderea aportului de acizi grași saturați (SFA) și înlocuirea SFA cu acizi grași polinesaturați (PUFA) (Lenighan și colab., 2019). Pe lângă aceasta, importanța reducerii raportului n-6/n-3 în dieta umană este legată în principal de funcțiile antiinflamatorii ale acizilor grași polinesaturați n-3 (PUFA n-3), în special ale acidului linolenic și ale PUFA n-3 cu lanț lung (Liput și colab., 2021).

Produsele din carne constituie un aport important în dieta multor oameni datorită atractivității lor senzoriale și costului accesibil. Cu toate acestea, în ultimii ani, consumatorii s-au concentrat tot mai mult pe un stil de viață mai sănătos, iar nevoile lor în ceea ce privește dietele s-au schimbat. Ca urmare, interesul lor pentru achiziționarea acestui tip de produs a scăzut pentru a respecta recomandările de aport și profil optim de grăsimi. Pentru a răspunde acestei preocupări, industria cărnii este provocată să dezvolte noi produse cu densitate energetică redusă, cu conținut scăzut de grăsimi saturate și colesterol și cu profiluri îmbunătățite de acizi grași (Ferreira și colab., 2024). Una dintre cele mai actuale modalități de îmbunătățire a profilului grăsimii în produsele din carne este reformularea prin reducerea conținutului de grăsime și/sau înlocuirea grăsimii animale adăugate (de obicei grăsime de porc) cu uleiuri vegetale și/sau marine, caracterizate printr-un conținut mai scăzut de acizi grași saturați și un conținut mai mare de acizi grași mono- (MUFA) și polinesaturați (PUFA) (Ruiz-Capillas și Herrero, 2021). Cu toate acestea, grăsimile animale posedă caracteristici intrinseci unice, cum ar fi textura specifică, suculența, gustul și aroma, care contribuie în mod pozitiv la acceptabilitatea senzorială a produselor din carne tocată. Unele studii anterioare au demonstrat deja că înlocuirea directă a grăsimilor animale cu uleiuri vegetale în produsele din carne a dus la modificări semnificative ale proprietăților texturale, tehnologice, de randament și senzoriale (Barbut și colab., 2016). În plus, înlocuirea ar putea crește susceptibilitatea la oxidare a produselor din carne bogate în grăsimi din cauza gradului mai mare de nesaturare a uleiurilor în comparație cu grăsimile animale (Freire și colab., 2017). Pentru a rezolva aceste probleme, în ultima vreme, oamenii de știință din domeniul procesării cărnii investighează încorporarea uleiurilor vegetale și marine în emulsii solide structurate, cum ar fi oleogelurile sau gelurile emulsionate, destinate a fi utilizate ca alternative la grăsimi în produsele din carne reformulate. Gelurile emulsionate pot fi realizate prin încorporarea unui agent de gelificare la rece într-o emulsie stabilizată cu proteine care conține uleiul. Aceste structuri care captează uleiurile trebuie să fie capabile să mimeze proprietățile texturale ale grăsimilor animale, să mențină capacitatea de reținere a apei și a grăsimilor a produsului din carne și să protejeze lipidele încorporate de oxidare (Pintado și Cofrades, 2020). Au fost efectuate mai multe studii privind reformularea produselor din carne tocată fin, cum ar fi parizerul (da Silva, 2019; Câmara, 2021) și cârnații de tip frankfurter (Franco și colab., 2019; Pérez-Álvarez și colab., 2021) prin utilizarea uleiurilor sănătoase, individuale sau combinate.

Proteinele din soia sunt din ce în ce mai folosite ca stabilizatori în gelurile emulsionate, deoarece, pe lângă valoarea lor nutritivă, disponibilitate, preț scăzut și beneficii pentru sănătate, pot oferi proprietăți funcționale dorite, inclusiv proprietăți de gelificare, emulsionare, absorbție a

grăsimilor și de legare a apei. De asemenea, caracteristicile nutriționale, prețul scăzut, beneficiile pentru sănătate și proprietățile funcționale (emulsionante, gelificatoare și spumante) ale proteinelor din mazăre le-au făcut un ingredient alimentar promițător și o alternativă valoroasă la proteinele din soia (Lu și colab., 2019). Agenții de gelificare la rece pot fi proteine, polizaharide sau combinații ale acestora, care pot stabili interacțiuni polimerice și pot crea o structură de rețea asemănătoare gelului responsabilă de proprietățile lor funcționale (Alejandre și colab., 2017). Polizaharidele, cum ar fi alginatul, inulina, carageenanul, dextrina, konjacul, xantanul sau chitosanul, au fost utilizate anterior în gelurile emulsionate ca agenți de gelificare la rece datorită hidrofilicității, greutatei moleculare ridicate și capacității de gelificare. Aceste proprietăți funcționale le permit să formeze o barieră macromoleculară prin creșterea vâscozității fazei apoase și prin întârzierea coalescenței dintre picăturile de ulei. Chitosanul este un biopolimer cu o bună capacitate de gelificare, studiat pe scară largă pentru realizarea de pelicule și acoperiri utilizate pentru a prelungi durata de viață a fructelor și legumelor (Cîrstea și colab., 2023). Xanthanul este un polizaharid utilizat în mare măsură în industria alimentară pentru folosirea proprietăților sale de reținere a apei și de îmbunătățire a texturii, în principal ca stabilizator de emulsie și agent de îngroșare și, în al doilea rând, ca agent de gelificare (Revilla și colab., 2022).

Stabilitatea oxidativă a produselor din carne reformulate, cu grad mare de nesaturare, și culoarea acestora sunt aspecte care necesită cercetări pentru a fi rezolvate. Cercetări recente au constatat că extractele de fructe de pădure și tescovină au o influență pozitivă asupra termenului de valabilitate și a oxidării lipidelor cărnii, înlocuind antioxidanții și conservanții sintetici, și prezentând potențiale proprietăți funcționale pentru consumatori (Tarasevičienė și colab., 2022). Din câte știm, există doar câteva studii privind utilizarea chitosanului și a xantanului în formularea gelurilor emulsionate utilizate ca înlocuitor de grăsime în produsele din carne (Cîrstea și colab., 2023; Cîrstea și colab., 2023). Există, de asemenea, foarte puține studii care propun adăugarea de extracte naturale pentru protecția antioxidantă a produselor din carne reformulate prin înlocuirea grăsimii de porc adăugate cu geluri emulsionate bogate în acizi grași mono și polinesaturați.

În contextul cercetărilor actuale, teza de doctorat și-a propus următoarele obiective științifice specifice:

- Dezvoltarea de geluri emulsionate care încorporează uleiuri bogate în acizi grași mono și polinesaturați destinate a fi utilizate pentru reformularea produselor din carne;
- Reformularea produselor din carne prin înlocuirea grăsimii de porc adăugate cu geluri emulsionate bogate în acizi grași mono și polinesaturați;
- Adăosul de extracte antioxidante naturale cu conținut ridicat de compuși biologic activi și activitate antioxidantă ridicată în produsele din carne reformulate îmbogățite în acizi grași polinesaturați. Extractele vor fi obținute din tescovină de coacăze (subproduse de la procesarea industrială a coacăzilor pentru obținerea sucului) și vor contribui la îmbunătățirea culorii produselor din carne și la protecția lor antioxidantă;
- Fabricarea de produse din carne inovatoare (parizer, crenvurști) cu funcționalitate ridicată, reformulate prin înlocuirea grăsimii de porc cu geluri emulsionate bogate în acizi grași polinesaturați, cu adaos de extracte antioxidante naturale din tescovina de coacăze.

Teza de doctorat este structurată în două părți, și 12 capitole, după cum urmează:

STUDIUL DOCUMENTAR este alcătuit din cinci capitole și prezintă sintetizat date recente din literatura de specialitate privind strategiile de îmbunătățire a valorii funcționale a cărnii și

produselor din carne și privind reformularea produselor din carne prin adaos de ingrediente funcționale.

REZULTATE EXPERIMENTALE ce cuprind rezultatele cercetărilor desfășurate pe întreaga durată a stagiului doctoral, și sunt alcătuite din patru capitole prezentate succint în continuare:

CAPITOLUL 6, intitulat „EFECTELE ÎNLOCUIRII GRĂSIMII DE PORC CU GELURI EMULSIONATE FORMULATE CU UN AMESTEC DE ULEI DE MĂSLINE, CHIA ȘI ALGE ASUPRA CALITĂȚII CHIFTELELOR DE PORC” prezintă dezvoltarea de emulsii gelificate formulate cu un amestec de ulei de măsline, chia și alge, emulsionate cu izolat de proteină din soia și stabilizate cu doi agenți de gelificare la rece, gelatină și chitosan, și evaluarea utilizării lor ca înlocuitori ai grăsimii de porc în chiftelele de porc. Au fost evaluate proprietățile nutriționale, tehnologice și senzoriale ale chiftelelor reformulate, precum și stabilitatea lor la oxidare pe parcursul a 15 zile de păstrare în condiții de refrigerare. Ca martori au fost folosite chiftele cu grăsimi animale și chiftele cu conținut redus de grăsime.

CAPITOLUL 7, intitulat „REFORMULAREA PARIZERULUI PRIN ÎNLOCUIREA TOTALĂ A GRĂSIMII DE PORC CU UN GEL EMULSIONAT PE BAZĂ DE ULEIURI DE MĂSLINE, NUCĂ ȘI CHIA ȘI STABILIZAT CU CHITOSAN”, prezintă evaluarea adecvării unui gel emulsionat care conține uleiuri de măsline, nucă și chia stabilizate cu izolat proteic din soia, transglutaminază și chitosan pentru a fi utilizat ca înlocuitor de grăsime de porc în parizerul de porc. Au fost determinate proprietățile nutriționale, texturale și tehnologice ale produsului din carne reformulat și s-au efectuat analize senzoriale. Proprietățile fizico-chimice și oxidarea lipidelor au fost monitorizate timp de 18 zile de depozitare la 4 °C iar parizerul clasic a fost folosit ca martor.

CAPITOLUL 8, intitulat „EFICACITATEA UNOR AGENȚI DE GELIFICARE LA RECE ÎN GELURI EMULSIONATE ÎMBOGĂȚITE ÎN ACIZI GRAȘI POLINESATURAȚI ȘI STABILIZATE CU PROTEINE DIN LEGUMINOASE DESTINATE A FI UTILIZATE CA ÎNLOCUITORI AI GRĂSIMII DE PORC ÎN BURGERII DE VITĂ”, prezintă evaluarea efectelor înlocuirii totale a grăsimii de porc cu geluri emulsionate îmbogățite în acizi grași polinesaturați, realizate cu proteine din leguminoase, cum ar fi izolate proteice din soia și din mazăre, ca stabilizatori, și polizaharide, precum chitosanul, pectina și xanthanul, ca agenți de gelificare la rece, asupra proprietăților nutritive, tehnologice, texturale și senzoriale ale burgerilor de vită.

CAPITOLUL 9, intitulat „UTILIZAREA EXTRACTULUI DE TESCOVINĂ DE COACĂZE NEGRE PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA STABILITĂȚII OXIDATIVE A CRENVURȘTILOR REFORMULAȚI, ÎMBOGĂȚIȚI CU ACIZI GRAȘI MONO- ȘI POLINESATURAȚI”, prezintă evaluarea fezabilității reformulării crenvurștilor prin înlocuirea totală a grăsimii de porc cu geluri emulsionate care conțin ulei de floarea soarelui cu conținut ridicat de acid oleic și ulei de semințe de in, precum și extract de tescovină de coacăze negre ca antioxidant natural. Proprietățile nutriționale, fizico-chimice, tehnologice, texturale și senzoriale ale crenvurștilor reformulați au fost comparate cu probele martor realizate cu grăsime de porc și cu probe martor reformulate cu gel emulsionat fără extract de tescovină de coacăze negre.

CAPITOLUL 10, CONCLUZII FINALE, prezintă principalele concluzii rezultate din experimentele realizate.

CAPITOLUL 11, CONTRIBUȚII ȘI PERSPECTIVE DE CONTINUARE A CERCETĂRILOR, descrie principalele contribuții cu impact în dezvoltarea cunoașterii în tematica abordată și perspectivele propuse de continuare a studiilor.

CAPITOLUL 12, DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRILOR EFECTUATE PE TEMATICA TEZEI DE DOCTORAT, prezintă în final, contribuțiile originale ale tezei de doctorat și modul cum s-a realizat diseminarea rezultatelor obținute în cadrul tezei de doctorat. Astfel, rezultatele cercetărilor au fost valorificate prin elaborarea a 4 articole științifice publicate în reviste cotate ISI situate în zona Q1 precum și prin 3 comunicări la manifestări științifice internaționale reprezentative pentru domeniul ingineriei produselor alimentare.

II. STUDIU DOCUMENTAR

Capitolul 1

STRATEGII DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A VALORII FUNCȚIONALE A CĂRNII ȘI A PRODUSELOR DIN CARNE

Industria cărnii este una dintre cele mai importante în lume și, fie ca urmare a cererii consumatorilor, fie din cauza concurenței feroce în industrie, cercetarea și dezvoltarea de produse noi este un proces continuu. Cu toate acestea, cercetarea și lansarea de noi produse sunt direcționate către furnizarea de alternative sănătoase la ceea ce a fost frecvent acuzat a provoca o varietate de patologii (Jiménez-Colmenero, 2000). Această imagine nefericită a produselor din carne este datorată în principal conținutului ridicat de grăsimi, acizi grași saturați și colesterol și asocierii lor cu bolile cardiovasculare, unele tipuri de cancer, obezitatea etc.

În ultimii ani, cererile consumatorilor pentru carne și produse din carne mai sănătoase, cu nivel redus de grăsimi, colesterol, conținut scăzut de clorură de sodiu și nitriți, compoziție îmbunătățită a profilului de acizi grași și ingrediente care îmbunătățesc sănătatea sunt în creștere rapidă la nivel mondial. Tendința pieței către proiectarea și producția de alimente funcționale a dus la intensificarea cercetărilor privind efectele includerii unuia sau mai multor ingrediente cu proprietăți funcționale în diverse tipuri de alimente, în cadrul cărora carnea și produsele din carne merită o atenție specială. Obiectivul nu este doar acela de a-i oferi anumite proprietăți dezirabile, dar și o încercare de a-i schimba imaginea în prezent, datorită preocupărilor actuale ale consumatorilor tot mai conștienți de sănătatea lor.

Numeroase studii au căutat să demonstreze posibilitatea schimbării imaginii cărnii și produselor din carne de la imaginea tradițional acceptată la una de viață sănătoasă datorită adaosului (legume, extracte, fibre etc.), eliminării (grăsimi) și reducerii (aditivi) diferitelor ingrediente. Îmbunătățirea valorii funcționale a cărnii și produselor din carne poate fi realizată prin următoarele trei strategii majore:

- adăugarea de compuși funcționali, inclusiv acid linoleic conjugat, vitamina E, acizi grași polinesaturați n-3 și seleniu în dieta animalelor pentru a îmbunătăți producția animală, compoziția carcasei și calitatea cărnii proaspete.

- încorporarea de ingrediente funcționale, precum proteinele vegetale, fibrele alimentare, ierburile și mirodeniile și bacteriile lactice, direct în produsele din carne în timpul procesării, pentru a îmbunătăți valoarea lor funcțională pentru consumatori.

- compușii funcționali, în special peptide, pot fi, de asemenea, generați în carne și produse din carne în timpul procesării, prin procese cum ar fi fermentația, maturarea și hidroliza enzimatică.

În ceea ce privește carnea, modificările la care poate fi supusă pentru a-i conferi proprietăți funcționale se bazează pe modificări aduse hranei pe care o primește un animal sau pe manipularea post-mortem a carcasei. Prin primul mijloc, conținutul de lipide, acizi grași și vitamina E poate fi modificat, în timp ce prin al doilea, grăsimea poate fi îndepărtată prin procese mecanice. În ceea ce privește produsele din carne, eforturile sunt în principal direcționate către reformularea lor prin modificarea conținutului de lipide și acizi grași și/sau prin adăugarea unei serii de ingrediente funcționale (fibre, proteine vegetale, acizi grași mononesaturați sau polinesaturați, vitamine, calciu, substanțe fitochimice și așa mai departe) (Jimenez-Colmenero și colab., 2001).

Capitolul 2

SUPLIMENTAREA DIETEI ANIMALELOR CU INGREDIENTE FUNCȚIONALE

Studiile privind suplimentarea dietei animalelor cu ingrediente funcționale s-au axat pe următoarele substanțe biologice active: acidul linoleic conjugat, vitamina E, acizi grași, și seleniu.

Interesul pentru acidul linoleic conjugat (CLA) a crescut în ultimele decenii ca urmare a efectelor sale potențiale și beneficiilor legate de sănătatea umană și asupra producției animale (Khanal, 2004; Roy și Antolic, 2009). Acidul linoleic conjugat (CLA) a fost recunoscut ca având proprietăți anticancerigene și antioxidante la mai multe modele animale. Au fost, de asemenea, studiate efectele introducerii CLA în dieta animalelor pentru creșterea performanței acestora, îmbunătățirea calității cărnii și creșterea conținutului de CLA în carne.

Carnea de porc este un candidat ideal pentru îmbogățirea cu CLA prin hrănirea cu CLA sintetizat chimic, deoarece CLA nu poate fi saturat în continuare și poate fi depus în țesuturi cu o eficiență relativ ridicată (Dugan și colab., 2004). Suplimentarea cu CLA sintetizat a dietei poate crește conținutul de CLA și poate modifica profilul acizilor grași din grăsimea și mușchii animalelor nerumegătoare. Prin urmare, suplimentarea cu CLA a dietelor este o modalitate rezonabilă de a dezvolta un produs din carne cu valoare adăugată.

Este acceptat faptul că suplimentarea cu vitamina E în alimentația animală și produsele din carne poate îmbunătăți calitatea cărnii proaspete și a produselor din carne prin limitarea oxidării proteinelor și lipidelor. Cele mai multe studii susțin că suplimentarea cu vitamina E poate îmbunătăți culoarea cărnii și poate reduce oxidarea lipidelor la carnea de porc, vită și miel.

Selectarea raselor și liniilor genetice în cadrul rasei, schimbările în practicile de hrănire a animalelor, inclusiv unii aditivi pentru hrana animalelor (probiotice, antibiotice etc.) și intervenția în metabolismul animalelor (implanturile anabolice, utilizarea antagoniștilor beta, a hormonilor de creștere etc.) sunt principalele instrumente utilizate pentru a obține o reducere a conținutului de grăsime din carcasă (Chizzolini și colab., 1998), deși multe astfel de practici nu sunt autorizate în Uniunea Europeană.

Suplimentarea dietei cu grăsimi și uleiuri este o metodă eficientă de creștere a conținutului de $\omega 3$ PUFA în mușchii animalelor. Lopez-Ferrer și colab. (2001) au arătat că toate formele de PUFA $\omega 3$ au crescut semnificativ prin hrănirea cu diete suplimentate cu ulei de pește timp de 38 de zile la puii de carne. EPA, DPA și DHA au crescut de 5,65, 6,75 și, respectiv, de 23,2 ori în pulpa de pui de carne prin hrănirea cu o dietă suplimentată cu 4% ulei de pește. Suplimentarea dietei cu uleiuri vegetale, inclusiv ulei de in și ulei de rapiță, ar putea crește, de asemenea, conținutul de acizi grași $\omega 3$ sub formă de acid linolenic, care ar putea fi utilizat pentru a sintetiza PUFA $\omega 3$ cu lanț lung (Lopez-Ferrer și colab., 2001a,b).

Seleniul este un oligomineral esențial pentru om și animale, deoarece este implicat în reglarea diferitelor funcții fiziologice ca parte integrantă a selenoproteinelor. Kim și Mahan (2001) au raportat că suplimentarea alimentară cu 5% sau mai puțin seleniu organic și anorganic nu a influențat greutatea corporală, creșterea zilnică în greutate și aportul de hrană în creșterea-finisarea porcilor, dar a determinat creșterea semnificativă a nivelului de seleniu din sânge și țesuturi. În Coreea, carnea de porc îmbogățită cu seleniu „Selen Pork” a fost produsă prin hrănirea cu seleniu legat de drojdie a porcilor și a fost vândută ca aliment funcțional.

Capitolul 3

ADĂUGAREA DE INGREDIENTE FUNCȚIONALE ÎN TIMPUL PROCESĂRII

În ultimele decenii, au fost utilizate pe scară largă o serie de adaosuri în produsele din carne pentru a reduce costurile și pentru a îmbunătăți funcționalitatea produselor. Aceste adaosuri includ proteine vegetale, fibre alimentare, uleiuri, produse vegetale, ierburi, condimente și probiotice, iar acestea pot crește valoarea nutrițională și pot oferi beneficii sănătății umane.

3.1. Proteine vegetale

Proteinele din soia sunt utilizate pe scară largă în produsele din carne sub formă de făină de soia și concentrate și izolate proteice din soia pentru a îmbunătăți capacitatea de legare a apei și a grăsimilor, a îmbunătăți stabilitatea emulsiei, a îmbunătăți conținutul nutrițional și a crește producția (Chin și colab., 2000). Izolatele de proteine din soia sunt foarte hidrofile și astfel pot fi încorporate în produsele din carne pentru a reduce pierderile de procesare.

Proteinele din zer au prezentat proprietăți nutriționale și funcționale excelente în produsele din carne cu conținut scăzut de grăsimi (Perez-Gago și Krochta, 2001). De asemenea, proteinele din grâu ar putea fi un aditiv excelent datorită capacității lor de a forma masă vâscoelastică de gluten prin interacțiunea cu apa. Glutenul produs din făină de grâu poate fi folosit ca liant sau diluant în produsele din carne.

3.2. Uleiuri vegetale

Uleiurile vegetale au fost, de asemenea, folosite ca înlocuitori parțiali ai grăsimii de porc în produse din carne cu conținut scăzut de grăsimi și alte tipuri de produse gătite, dând naștere la produse cu profiluri de acizi grași și niveluri de colesterol mai adecvate decât cele tradiționale (Muguerza și colab., 2001). Muguerza și colab. (2001) au fabricat cârnați spanioli tradiționali, înlocuind 0% până la 30% din grăsimea de porc cu ulei de măsline preemulsionat. Alte studii au descris adăugarea de ulei de floarea-soarelui cu conținut ridicat de acid oleic la frankfurteri cu conținut scăzut de grăsime ca sursă de grăsimi mononesaturate. Uleiul de in este o altă sursă de grăsime.

3.3. Uleiuri de pește

Uleiurile cu conținut ridicat de acizi grași polinesaturați n-3 se găsesc în principal în peștii de apă rece, în timp ce acizii grași polinesaturați n-6 provin în principal din plante iar acizii grași saturați din surse animale. Studiile epidemiologice, clinice și biochimice au furnizat o mulțime de dovezi despre efectul protector al acizilor grași polinesaturați n-3 împotriva unor tipuri de cancer, cum ar fi cancerul de sân și de colon, artrita reumatoidă, bolile inflamatorii intestinale și bolile cardiovasculare (Hoz și colab., 2004).

3.4. Geluri emulsionate și oleogeluri

Numeroasele rezultate experimentale obținute de oamenii de știință care au formulat produse din carne care conțin oleogeluri pot reprezenta un punct de plecare pentru ca industria

cărnii să implementeze această formulare alternativă din considerente nutriționale și tehnologice. Produsele din carne procesată conțin în medie 35% grăsimi saturate, fiind un responsabil major pentru apariția bolilor cardiovasculare în rândul consumatorilor (de Oliveira Otto și colab., 2012).

În încercarea de a îmbunătăți proprietățile nutriționale și profilul acizilor grași al produselor din carne și al frankfurterilor, au fost dezvoltate oleogeluri din ulei de canola, soia sau semințe de in cu 10% etil celuloză. Gelurile rezultate au menținut compoziția chimică a uleiului vegetal folosit, transformând în același timp uleiul într-un material structurat adecvat pentru înlocuirea grăsimilor saturate din produsele alimentare.

A fost propusă reformularea frankfurterilor folosind oleogeluri de ulei de floarea soarelui, structurate cu amestec de fitosteroli; s-a realizat o înlocuire parțială fără a afecta proprietățile organoleptice și fizice ale produselor. Au fost preparate, de asemenea, emulsii de oleogeluri cu scopul de a reduce cantitatea totală de grăsime a produsului final. Un salchichon (cârnat spaniol de vară) de vânat a fost preparat cu oleogel de ulei de măsline emulsionat cu proteine din soia și apă, în locul cărnii tradiționale de porc, pentru a rezulta un produs mai sănătos. S-a ajuns la concluzia că salchichonul cu oleogel acceptat de consumatori conține o cantitate dublă de acid oleic față de compoziția tradițională a produsului (Utrilla și colab., 2014).

Uleiul de canola a fost gelificat folosind hidroxipropil metilceluloză, fiind evaluat dacă poate reduce total sau parțial nivelul de grăsime saturată din chiftele de carne prin înlocuirea seului de vită din compoziție. Cea mai bună acceptabilitate generală a probelor la analiza senzorială a fost atinsă pentru proba cu 50% nivel de înlocuire a seului de vită cu oleogel (Oh și colab., 2019).

3.5. Produse vegetale

Legumele sunt ingredientul principal al unei game de preparate fără carne și produse gata de consum, cum ar fi burgeri de legume, cârnați pe bază de legume, grătar de legume și mâncăruri de legume. Atributele legumelor includ bogăția în fibre, conținutul redus de grăsimi și densitatea energetică scăzută. În carne au fost folosiți derivați proteici de origine vegetală produși în scopuri tehnologice pentru a reduce costurile și au fost folosite chiar pentru valoarea lor nutritivă (Jiménez-Colmenero și colab., 2001).

3.6. Fibre

Aportul crescut de fibre dietetice a fost recomandat datorită efectelor acestora în reducerea riscului de cancer de colon, diabet, obezitate și boli cardiovasculare la om (Eastwood, 1992). Fibrele sunt potrivite pentru a fi adăugate produselor din carne și au fost utilizate anterior în produsele din carne gătită pentru a crește randamentul la gătire datorită proprietăților lor de legare a apei și a grăsimilor și pentru îmbunătățirea texturii (Cofrades și colab., 2000). Diverse tipuri de fibre au fost studiate singure sau combinate cu alte ingrediente pentru formulări de produse din carne cu conținut scăzut de grăsimi, în mare parte produse tocate și restructurate și emulsii de carne.

În studiile lui Yilmaz (2004), tărâțele de secară au fost folosite ca înlocuitor de grăsime în producția de chiftele. Ovăzul a fost adăugat de Steenblock și colab. (2001) pentru a determina efectele asupra caracteristicilor calitative ale preparatelor de tip bologna și ale frankfurterilor fără grăsimi. Mendoza și colab. (2001) au preparat cârnați cu conținut scăzut de grăsimi suplimentați cu 7,5% și 12,5% inulină. De asemenea, fibrele din mazăre au fost identificate ca fiind un ingredient capabil să rețină un conținut ridicat de grăsimi și apă în carnea de vită tocată.

Capitolul 4

EXTRACTE NATURALE CU PROPRIETĂȚI ANTIOXIDANTE

Oxidarea lipidelor este una dintre cauzele deteriorării cărnii și produselor din carne deoarece aceasta determină apariția unui număr mare de modificări nedorite ale aromei, texturii și valorii nutriționale. Oxidarea lipidelor poate fi întârziată în mod eficient prin utilizarea antioxidantilor. Antioxidanții sintetici au fost utilizați pe scară largă în industria cărnii, dar îngrijorările consumatorilor cu privire la siguranța și toxicitatea acestora au determinat industria alimentară să găsească surse naturale (Coronado și colab., 2002).

Prin urmare, unele ingrediente naturale, inclusiv ierburi și condimente, au fost studiate în special în țările asiatice ca potențiali antioxidanți în carne și produse din carne (McCarthy și colab., 2001). Compușii din ierburi și condimente conțin multe substanțe fitochimice care sunt surse potențiale de antioxidanți naturali, inclusiv diterpene fenolice, flavonoide, taninuri și acizi fenolici (Dawidowicz și colab., 2006). Acești compuși au activități antioxidante, antiinflamatorii și anticancerigene. În sistemele alimentare, ele pot îmbunătăți aroma, pot întârzia deteriorarea indusă de oxidarea lipidelor, pot inhiba creșterea microorganismelor și pot juca un rol în scăderea riscului unor boli.

Antioxidanții naturali extrași din plante, precum rozmarin, salvie, ceai, soia, coajă de citrice, semințe de susan, măslină, păstăi de roșcove și struguri, pot fi utilizați ca alternative la antioxidanții sintetici datorită efectului lor echivalent sau chiar mai mare asupra inhibării oxidării lipidelor. Dintre condimente, cuișoarele au cea mai puternică capacitate antioxidantă, urmate de petale de trandafir, scorțișoară, nucșoară și alte condimente. În plus, condimentele au capacitate antimicrobiană, în principal datorită compușilor fenolici (Bajpai și colab., 2008).

Capitolul 5

PRODUCȚIA DE COMPONENTE FUNCȚIONALE ÎN TIMPUL PROCESĂRII

5.1. Maturarea

Inițial, maturarea a fost folosită ca metodă de conservare a cărnii. În prezent, însă, maturarea este utilizată în principal pentru a conferi aromă. În timpul acestei prelucrări, pot avea loc multe modificări biochimice în produsele din carne, cum ar fi proteoliza, lipoliza și oxidarea, în special în produsele din carne uscată, și degradarea ribonucleotidelor, care joacă un rol cheie în dezvoltarea compușilor volatili aromatici tipici. În general, proteoliza include trei etape principale în timpul maturării: degradarea proteinelor miofibrilare majore; generarea de polipeptide ca substraturi pentru peptidaze pentru a produce peptide mici; și producerea de aminoacizi liberi (Toldrá, 2006). Lipoliza și auto-oxidarea sunt responsabile pentru modificările lipidelor în timpul maturării (Coutron-Gambotti și Gandemer, 1999). Fosfolipidele (PL) și trigliceridele (TG) degradate de fosfolipaze și lipaze eliberează acizi grași liberi. Acizii grași ar putea suferi oxidare pentru a forma peroxizi care reacționează în continuare cu peptidele, aminoacizii, conducând la

produși de oxidare secundară pentru a forma compuși aromatici (Toldrá, 2006; Zhou și Zhao, 2007). Deși oxidarea este recunoscută ca fiind una dintre principalele cauze ale deteriorării calității cărnii în timpul depozitării și prelucrării, este o reacție crucială pentru a dezvolta aroma tipică a produselor din carne, în special pentru multe tipuri de produse din carne uscată, cu proces de maturare îndelungată (Chizzolini și colab., 1998).

5.2. Fermentația

Un număr semnificativ de reacții biochimice și fizice au loc în timpul procesului de fermentație. Prin urmare, caracteristicile originale ale materiilor prime sunt modificate remarcabil, rezultând produse cu funcționalitate îmbunătățită. De exemplu, se pot obține cârnați fermentați cu aromă caracteristică (Flores și colab., 2004), cârnați fermentați uscați cu textură îmbunătățită, mezeluri fermentate semiuscate cu textură și aromă îmbunătățite. Printre aceste modificări, producția de substanțe aromatice este factorul cheie care determină caracteristicile senzoriale ale produsului final (Rantsiou și Luca, 2008).

5.3. Hidroliza enzimatică a proteinelor

Peptidele care pot exercita diferite funcții biologice sau care prezintă efecte fiziologice sunt cunoscute ca peptide bioactive și au fost generate *in vivo* în diferite organisme vii sau *in vitro* prin hidroliza enzimatică a diferitelor proteine. Peptidele bioactive încorporate în proteine sunt de obicei inactive în proteinele native și se presupune că sunt eliberate în timpul digestiei cu enzime proteolitice sau în timpul procesării alimentelor. Există multe tipuri de peptide bioactive cu proprietăți antihipertensive (Arihara, 2004), antioxidante (Elias și colab., 2008), anticancerigene, antimicrobiene, opioide, de legare a mineralelor, imunomodulatoare, de scădere a colesterolului (Jeong și colab., 2007) și antidiabetice (Jianyun și colab., 2008). Există un interes din ce în ce mai mare pentru potențialele utilizări ale moleculelor bioactive în sectoarele alimentare și de îngrijire a sănătății (McCann și colab., 2005). Carnea a fost folosită ca o sursă valoroasă de proteine pentru producerea de peptide bioactive, în special, utilizarea proteinelor din carne pentru producerea de peptide bioactive inhibitoare a enzimei de conversie a angiotensinei (ACE) este foarte frecventă. De asemenea, utilizarea peptidelor bioactive antioxidante în produsele din carne le transformă în alimente funcționale, evitând riscul potențial pentru sănătate asociat cu antioxidanții artificiali. Proteinele din carne au un potențial ridicat de a produce peptide bioactive pentru a fi utilizate ca ingrediente funcționale pentru produsele din carne. Încorporarea acestor peptide bioactive în produsele din carne pentru a spori valoarea funcțională a acestora poate să nu fie practică în acest moment, dar produsele din carne cu peptide bioactive ar putea deschide calea către o nouă piață, deoarece cererile pentru alimente funcționale este în creștere rapidă (Arihara, 2004).

Concluzii

Strategiile de fortificare a alimentelor cu compuși funcționali pentru creșterea micronutrienților și limitarea sau eliminarea constituenților nedoriti pot fi realizate prin suplimente alimentare la nivel de producție animală, tratamente și manipulare a materiilor prime din carne și reformularea produselor din carne. Cu toate acestea, a fost realizat doar un număr limitat de studii privind posibilele beneficii pentru sănătate ale cărnii și ale produselor din carne funcționale la om. Cele mai multe concluzii sunt trase din faptul că ingredientele funcționale în sine pot fi benefice pentru om. Prin urmare, sunt necesare studii suplimentare pentru a oferi dovezi puternice privind

beneficiile pentru sănătatea umană ale cărnii și produselor din carne funcționale. În cele din urmă, biodisponibilitatea ingredientelor funcționale adăugate ar trebui menținută în timpul procesării și depozitării comerciale. De asemenea, sunt necesare cercetări suplimentare pentru a înțelege interacțiunile ingredientelor funcționale adăugate cu constituenții produselor din carne și, astfel, pentru a le îmbunătăți siguranța lor în potențialele aplicații industriale.

III. REZULTATE EXPERIMENTALE

CAPITOLUL 6

EPECTELE ÎNLOCUIRII GRĂSIMII DE PORC CU GELURI EMULSIONATE FORMULATE CU UN AMESTEC DE ULEI DE MĂSLINE, CHIA ȘI ALGE ASUPRA CALITĂȚII CHIFTELELOR DE PORC

6.1. Oportunitatea studiului

Pentru a satisface cerințele consumatorilor pentru produse alimentare mai sănătoase, industria alimentară este provocată să dezvolte noi produse cu densitate energetică redusă, cu conținut redus de grăsimi saturate și colesterol și cu profil îmbunătățit de acizi grași (Ferreira și colab., 2022). În industria cărnii, una dintre principalele abordări este reformularea produselor din carne prin înlocuirea grăsimii animale cu uleiuri de origine vegetală și marină care răspund mai bine recomandărilor nutriționale actuale (Pintado și colab., 2015). Cu toate acestea, grăsimea animală din produsele din carne este bogată în grăsimi care acționează ca un agent de structurare și de gust, conferind astfel textura, gustul și aspectul specific produselor din carne tradiționale care sunt populare în rândul consumatorilor (Ren și colab., 2022). Ca urmare, înlocuirea grăsimii animale ar putea avea un impact negativ asupra caracteristicilor tehnologice și senzoriale ale produselor din carne, în special asupra texturii și aromei acestora, reducând astfel acceptabilitatea consumatorilor (Ferreira și colab., 2022; Kausar și colab., 2021). În plus, gradul mai mare de nesaturare a lipidelor din uleiurile vegetale și marine crește susceptibilitatea acestora la oxidare, limitând astfel utilizarea lor în produsele din carne (De Ciriano și colab., 2010). Pentru a evita aceste probleme, cercetările din industria cărnii au creat și investigat o varietate de structuri de gel, cum ar fi oleogeluri și geluri emulsionate, capabile să imobilizeze picăturile de ulei și să mimeze fermitatea și capacitatea de reținere a apei ale grăsimii de porc utilizată în majoritatea produselor din carne (Herrero și colab., 2014; Pintado și colab., 2020). În plus, rezultatele au relevat capacitatea acestor sisteme solide structurate cu ulei de a proteja de oxidare lipidele încorporate (Poyato și colab., 2015). Prezentul studiu și-a propus să dezvolte emulsii gelificate formulate cu un amestec de ulei de măsline, chia și alge emulsionate cu izolat de proteină din soia și stabilizate cu doi agenți diferiți de gelificare la rece, gelatină și chitosan, și să evalueze potențiala utilizare a acestora ca înlocuitori ai grăsimii de porc în chiftele de porc coapte. Au fost evaluate proprietățile nutriționale, tehnologice și senzoriale ale chiftelelor reformulate, precum și stabilitatea lor la oxidare pe parcursul a 15 zile de păstrare în condiții de refrigerare. Ca martori au fost folosite chiftele cu grăsimi normale și chiftele cu conținut redus de grăsime.

6.2. Materiale și metode

Două tipuri diferite de geluri emulsionate U/A au fost formulate și utilizate în chiftele ca înlocuitori ai grăsimii de porc, ambele preparate cu sisteme stabilizatoare pe bază de izolat de proteine din soia și un agent de gelificare la rece: (1) gelatină (EGEL) și (2) chitosan (ECHIT). Ambele geluri emulsionate au avut același conținut de ulei (45%), constând dintr-un amestec de 45% ulei de măsline, 35% ulei de chia și 20% ulei de alge. Gelurile emulsionate au fost preparate cu o zi înainte de realizarea chiftelelor conform metodei descrise de Pintado și Cofrades (2020).

Culoarea, pH-ul și stabilitatea termică a gelurilor emulsionate au fost evaluate imediat după obținere, precum și după 10 zile de păstrare în condiții frigorifice (4 °C).

În plus, au fost realizate patru tipuri de chiftele reformulate prin înlocuirea parțială și totală a grăsimii de porc cu gel emulsionat: două în care grăsimea de porc a fost înlocuită pe jumătate cu EGEL (EGEL1/2) sau ECHIT (ECHIT1/2) și alte două formulate prin înlocuirea totală a grăsimii din spate de porc cu EGEL (EGEL1/1) și ECHIT (ECHIT1/1).

Analiza proximală, compoziția în acizi grași și evaluarea senzorială au fost efectuate pe chiftele coapte imediat după procesare (ziua 0). Determinarea pH-ului, a culorii și a substanțelor reactive la acid tiobarbituric (TBARS) ca măsură a oxidării lipidelor au fost efectuate la început (ziua 0) și după 5, 10 și 15 zile de depozitare.

Proprietățile tehnologice evaluate au fost pierderea la gătit, contracția datorată gătirii, retenția de umiditate și retenția de grăsime.

Conținutul de acizi grași din chiftelele gătite a fost determinat în triplicat în extractele lipidice prin cromatografie gazoasă a esterilor metilici ai acizilor grași (FAME) iar rezultatele au fost exprimate ca grame de acizi grași la 100 g de acizi grași totali.

S-a evaluat stabilitatea oxidativă a chiftelelor prin determinarea evoluției valorii substanțelor reactive la acid tiobarbituric (TBARS) pe parcursul a 15 zile de depozitare în condiții frigorifice. Atributele senzoriale ale chiftelelor de porc (culoare, gust, aromă, textură și acceptabilitate generală) au fost evaluate după procesarea chiftelelor pe o scară hedonică de 9 puncte. Datele au fost prelucrate statistic software-ul Statgraphics Centurion XVI (StatPoint Technologies, Warrenton, VA, SUA) iar diferențele dintre medii au fost evaluate cu testul celei mai puțin semnificative diferențe (LSD) la un nivel de probabilitate de 5%.

6.3. Rezultate și discuții

6.3.1. Culoarea, pH-ul și stabilitatea termică a gelurilor emulsionate

Valorile L^* au scăzut în timpul depozitării în ambele geluri și, după 10 zile de păstrare la frigider (4 °C), s-au găsit valori similare L^* pentru ECHIT și EGEL. Valorile a^* au fost, de asemenea, reduse semnificativ ($p < 0,05$) în timpul depozitării în ambele geluri emulsionate, dar au rămas semnificativ mai mari ($p < 0,05$) în ECHIT în comparație cu EGEL, atât inițial, cât și la sfârșitul a 10 zile de depozitare în stare refrigerată.



EGEL



ECHIT

Figura 2. Aspectul gelurilor emulsionate stabilizate cu gelatină (EGEL) și chitosan (ECHIT) imediat după procesare.

Valorile b^* au rămas în limite similare ($p > 0,05$) în timpul depozitării pentru EGEL, în timp ce au scăzut pentru ECHIT, astfel că, după 10 zile de păstrare la frigider, valorile b^* au fost mai mici pentru ECHIT decât pentru EGEL.

Scăderea valorilor b^* în timpul depozitării a fost anterior legată de izomerizarea și degradarea oxidativă a carotenoidelor (Khoo și colab., 2011) iar aceste procese ar putea fi și motivul scăderii valorilor a^* în studiul actual. Modificările parametrilor de culoare în timpul depozitării au fost mai mari în ECHIT în comparație cu EGEL, demonstrând o mai mare stabilitate a culorii a gelurilor emulsionate EGEL.

Valoarea pH-ului a fost semnificativ mai mare ($p < 0,05$) în ECHIT față de EGEL pe tot parcursul depozitării. Un pH mai mare a fost asociat anterior cu o capacitate mai mare de reținere a apei în produsele din carne (Verma și colab., 2008; Kumar și Tanwar, 2011). pH-ul a crescut ușor în timpul depozitării în ambele geluri emulsionate ca rezultat al compușilor azotați alcalini formați prin degradarea crescută a proteinelor. Nu s-a observat nicio sinereză sau eliberare de exudat în timpul procesării sau depozitării la frigider pentru 10 zile în ambele geluri emulsionate. Ambele geluri emulsionate au prezentat o stabilitate termică excelentă atât inițial, cât și după 10 zile de depozitare; cu toate acestea, ECHIT a arătat o stabilitate termică semnificativ ($p < 0,05$) mai mare decât EGEL.

6.3.2. Compoziția proximală și valoarea energetică

Înlocuirea a jumătate din conținutul de grăsime cu apă în PBF1/2 a condus la o creștere semnificativă a conținutului de umiditate al chiftelelor coapte (cu 15,7%) față de cele martor (PBF1/1) (Tabelul 4). De asemenea, înlocuirea grăsimii de porc cu geluri emulsionate a dus la creșteri ale conținutului de umiditate (cu valori de la 9,1 la 16,4%). Conținutul mai mare de umiditate al chiftelelor reformulate ECHIT și EGEL se poate datora conținutului ridicat de umiditate al gelurilor utilizate pentru a înlocui grăsimea de porc.

Cel mai mare conținut de grăsime a fost găsit la chiftelele PBF1/1 (martor) (21,47%), în timp ce înlocuirea a jumătate din conținutul de grăsime cu apă (PBF1/2) a determinat un nivel considerabil de reducere a grăsimilor (36,1%).

Chiftelele reformulate prin înlocuirea pe jumătate a grăsimii de porc au prezentat o reducere considerabilă a grăsimii în compoziția lor (21,23% și, respectiv, 23,01% pentru EGEL1/2 și ECHIT1/2), în timp ce înlocuirea completă a grăsimii cu geluri emulsionate a dus la o reducere a grăsimii de 39,88 % și, respectiv, 36,8% pentru EGEL1/1 și ECHIT1/1. Valoarea energetică a chiftelelor reformulate cu înlocuirea completă a grăsimii de porc a fost de aproximativ 213 kcal/100 g, ceea ce înseamnă o reducere a valorii energetice a acestor produse de aproximativ 26%. La chiftelele martor, aproximativ 67,2% din valoarea energetică a fost furnizată de grăsime, în timp ce, la chiftelele reformulate, acest procent a scăzut, ajungând la 55% pentru EGEL1/1 și, respectiv 57% pentru ECHIT1/1.

Tabelul 4. Compoziția proximală și valoarea energetică ale chiftelelor de porc martor și reformulate.

	PBF1/1	PBF1/2	EGEL1/2	EGEL1/1	ECHIT1/2	ECHIT1/1
Umiditate (%)	53,00 ± 0,87 ^a	61,34 ± 0,68 ^c	57,99 ± 0,88 ^b	61,39 ± 0,56 ^c	57,85 ± 0,72 ^b	61,69 ± 0,64 ^c
Proteine (%)	22,62 ± 0,63 ^{a,b}	22,43 ± 0,49 ^a	22,59 ± 0,37 ^{a,b}	23,39 ± 0,48 ^b	22,31 ± 0,65 ^a	21,90 ± 0,54 ^a
Grăsimi (%)	21,47 ± 0,56 ^d	13,72 ± 0,36 ^b	16,91 ± 0,3 ^c	12,91 ± 0,48 ^a	16,53 ± 0,45 ^c	13,57 ± 0,39 ^{a,b}
Cenușă (%)	2,33 ± 0,1 ^{a,b}	2,27 ± 0,13 ^{a,b}	2,21 ± 0,11 ^a	2,29 ± 0,11 ^{a,b}	2,38 ± 0,09 ^{a,b}	2,43 ± 0,14 ^b
Valoare energetică (kcal/100 g)	290,50 ± 5,98 ^c	217,80 ± 4,08 ^a	247,73 ± 5,01 ^b	213,46 ± 4,27 ^a	245,71 ± 4,83 ^b	214,96 ± 4,02 ^a
Valoare energ. din grăsimi (kcal/100 g)	195,38 ± 5,10 ^d	124,85 ± 3,28 ^b	153,88 ± 3,37 ^c	117,48 ± 4,37 ^a	150,42 ± 4,10 ^c	123,49 ± 3,5 ^{a,b}
Reducerea grăsimilor (%)	-	36,10 ± 0,45 ^c	21,23 ± 0,33 ^a	39,88 ± 0,67 ^d	23,01 ± 0,69 ^b	36,80 ± 0,57 ^c
Reducerea valorii energetice (%)	-	25,02 ± 0,34 ^c	14,72 ± 0,2 ^a	26,52 ± 0,28 ^e	15,42 ± 0,18 ^b	26,00 ± 0,14 ^d

* Litere mici diferite indică diferențe semnificative între formulări ($p < 0,05$); PBF1/1 - chiftele cu grăsimi normale; PBF1/2 - chiftele obținute prin înlocuirea pe jumătate a grăsimii de porc cu apă; EGEL1/2 - chiftele obținute prin înlocuirea pe jumătate a grăsimii de porc cu EGEL; ECHIT1/2 - chiftele obținute prin înlocuirea pe jumătate a grăsimii de porc cu ECHIT; EGEL1/1 - chiftele obținute prin înlocuirea completă a grăsimii de porc cu EGEL; ECHIT1/1 - chiftele obținute prin înlocuirea completă a grăsimii de porc cu ECHIT.

6.3.3. Profilul acizilor grași

Conținutul de SFA a fost redus cu aproximativ 44% la chiftelele reformulate prin înlocuirea a jumătate din conținutul de grăsimi de porc cu geluri emulsionate (EGEL1/2 și ECHI1/2) și cu aproximativ 64,4% în probele cu înlocuire completă (EGEL1/1 și ECHIT1/1) în comparație cu chiftelele martor (PBF1/1). Un nivel mai scăzut al conținutului de MUFA a fost observat, de asemenea, în chiftelele reformulate (cu aproximativ 15,1% și 32% în probele cu înlocuire pe jumătate și, respectiv, cu înlocuire completă) în comparație cu probele martor. Cu toate acestea, acidul oleic a rămas principalul acid gras în chiftelele reformulate ca și în cele martor (Tabelul 5), ca urmare a conținutului său ridicat atât în grăsimea de porc, cât și în uleiul de măsline care a contribuit cu 45% în faza lipidică a gelurilor emulsionate (Pintado și Cofrades, 2020; Wood și colab., 2008).

Conținutul de PUFA a crescut de 3,2 ori la chiftelele reformulate prin înlocuirea parțială a grăsimii de porc cu geluri emulsionate (EGEL1/2 și ECHIT1/2) și de 4,6 ori la cele reformulate prin înlocuire completă (EGEL1/1 și ECHIT1/1). Alte studii care utilizează uleiuri de pește sau de alge ca înlocuitori de grăsimi animale au raportat creșterea conținutului total de PUFA și în special a acizilor grași PUFA n-3 cu lanț lung în produsele din carne reformulate (Alejandre și colab., 2017; Domínguez și colab. 2017).

Tabelul 5. Profilul acizilor grași și indicatorii nutriționali ai chiftelelor de porc maror și reformulate.*

Acizi grași	PBF1/1	PBF1/2	EGEL1/2	EGEL1/1	ECHIT1/2	ECHIT1/1
Σ SFA	45,04 ± 1,86 ^c	44,48 ± 1,65 ^c	25,19 ± 0,94 ^b	16,02 ± 1,00 ^a	24,85 ± 1,14 ^b	16,39 ± 0,83 ^a
Σ MUFA	42,33 ± 1,38 ^c	44,49 ± 1,95 ^c	35,93 ± 1,08 ^b	28,78 ± 1,36 ^a	33,86 ± 1,48 ^b	28,87 ± 1,39 ^a
Σ PUFA	11,74 ± 0,55 ^a	10,16 ± 0,45 ^a	37,91 ± 1,88 ^b	54,38 ± 2,26 ^b	40,33 ± 1,54 ^c	54,08 ± 2,37 ^c
Σ PUFA n-6	9,61 ± 0,49 ^b	7,81 ± 0,36 ^a	23,46 ± 1,1 ^{c,d}	22,95 ± 0,93 ^c	24,53 ± 0,87 ^d	22,62 ± 0,87 ^c
Σ PUFA n-3	2,13 ± 0,06 ^a	2,35 ± 0,09 ^a	14,45 ± 0,77 ^b	31,43 ± 1,33 ^c	15,80 ± 0,67 ^b	31,46 ± 1,51 ^c
EPA + DHA	0,37 ± 0,04 ^b	0,26 ± 0,02 ^a	3,39 ± 0,20 ^c	8,18 ± 0,36 ^d	3,87 ± 0,23 ^c	7,82 ± 0,45 ^d
n-6/n-3	4,51 ± 0,15 ^d	3,32 ± 0,09 ^c	1,62 ± 0,08 ^b	0,73 ± 0,02 ^a	1,55 ± 0,06 ^b	0,72 ± 0,03 ^a
AI	0,62 ± 0,02 ^c	0,60 ± 0,03 ^c	0,27 ± 0,01 ^b	0,15 ± 0,01 ^a	0,26 ± 0,01 ^b	0,15 ± 0,01 ^a
TI	1,21 ± 0,04 ^c	1,18 ± 0,05 ^c	0,32 ± 0,02 ^b	0,12 ± 0,01 ^a	0,30 ± 0,02 ^b	0,12 ± 0,01 ^a
h/H	1,64 ± 0,04 ^a	1,68 ± 0,05 ^a	3,72 ± 0,09 ^b	6,43 ± 0,16 ^c	3,83 ± 0,08 ^b	6,20 ± 0,12 ^c

* Litere mici diferite indică diferențe semnificative între formulări (p < 0,05)

În dieta actuală occidentală, nivelul de n-6 PUFA este ridicat, în timp ce cel de n-3 PUFA este foarte scăzut, ceea ce a dus la o creștere a raportului n-6:n-3 la mai mult de 10:1 (Jeyapal și colab., 2018). Nu s-au găsit diferențe semnificative între probele maror (PBF1/1) și cele cu jumătate de conținut de grăsime de porc (PBF1/2) în ceea ce privește conținutul de SPA, MUFA, PUFA și PUFA n-3. Totuși, înlocuirea a jumătate din adaosul de grăsime cu apă a determinat o scădere semnificativă (p < 0,05) a conținutului de PUFA n-6 precum și a raportului n-6/n-3, în principal datorită valorilor mai scăzute ale acizilor linoleic și arahidonic. Conținutul de PUFA n-3 s-a multiplicat, de asemenea, în chiftelele reformulate de 6,78 și, respectiv, de 7,41 ori în probele EGEL1/2 și, respectiv, ECHIT1/2, și de aproximativ 14,75 ori în chiftelele EGEL1/1 și ECHIT1/1. Conținutul de PUFA n-6 a fost, de asemenea, crescut prin reformularea chiftelelor, dar într-o măsură mai mică comparativ cu PUFA n-3; ca urmare, raportul n-6/n-3 a scăzut semnificativ (p < 0,05). *Chiftelele maror (PBF1/1)* au prezentat valori ale raportului n-6/n-3 aproape de 4,5, în timp ce acest raport a scăzut de 2,78-2,90 ori la chiftelele reformulate prin înlocuirea a jumătate din grăsimea de porc cu geluri emulsionate (1,62 pentru EGEL1/2 și 1,55 pentru ECHIT1/2) și de 6,17-6,26 ori la cei cu substituție completă (0,73 pentru EGEL1/1 și 0,72 pentru ECHIT1/1) (Tabelul 5). Raportul n-6/n-3 a fost mai mic decât valorile considerate a fi sănătoase (1:1 până la 2:1) la toate chiftelele reformulate, în acord cu recomandările nutriționale (Simopoulos, 2011).

Nu s-au găsit diferențe semnificative între EGEL1/2 și ECHIT1/2 și respectiv între EGEL1/1 și ECHIT1/1 în ceea ce privește conținutul de SPA, MUFA, PUFA, PUFA n-3, PUFA n-6 și toți indicatorii nutriționali calculați.

Un rezultat pozitiv este creșterea conținutului de acizi grași docosahexaenoic (C22:6n-3, DHA) și eicosapentaenoic (C22:5n-3, EPA) în chiftelele reformulate, care este direct legată de compoziția de acizi grași a uleiului de alge încorporat în emulsii. Acești PUFA n-3 cu lanț lung au fost asociați cu o serie de beneficii pentru sănătate împotriva bolilor cardiovasculare, inclusiv efecte hipotrigliceridemice și anti-inflamatorii, precum și efecte antihipertensive, anticancerigene, antioxidante, antidepresive, antiîmbătrânire și antiartrite (Siriwardhana și colab., 2012).

Uleiul de chia a contribuit, de asemenea, la creșterea conținutului de n-3 PUFA al chiftelelor, deoarece are un conținut de până la 68% n-3 PUFA și 19% n-6 PUFA, dintre care

acidul linolenic este reprezentat în cea mai mare cantitate (Knez Hrnčić și colab., 2020). Uleiul de măsline a fost folosit anterior pentru înlocuirea parțială a grăsimii de porc în produsele din carne (Jiménez-Colmenero și colab., 2010), la fel și uleiul de chia (Pintado și Cofrades, 2020; Heck și colab., 2017) pentru a crește raportul PUFA/SFA și pentru a reduce raportul n-6/n-3, iar rezultatele raportate au fost în bună concordanță cu cele obținute în studiul de față.

Acidul clupanodonic C22:5n-3 (acid docosapentaenoic, DPA) este, de asemenea, un acid PUFA n-3 cu lanț foarte lung și un metabolit al algelor care nu a fost detectat la probele martor, dar a fost cuantificat în chiftelele reformulate. DPA este recunoscut ca un acid gras bioactiv esențial, având în vedere poziția sa intermediară între acidul eicosapentaenoic și acidul docosahexaenoic în calea de sinteză n-3. Beneficiile sale potențiale pentru sănătate includ acțiuni antiinflamatorii, antiagregare plachetară și profil îmbunătățit al lipidelor plasmatică (Kaur, 2016).

Atât înlocuirea parțială, cât și totală a grăsimii de porc cu geluri emulsionate au îmbunătățit semnificativ profilul nutrițional a chiftelelor de porc prin scăderea indicelui de aterogenitate (0,62 în PBF1/1 martor față de 0,27 și 0,15 în EGEL1/2 și, respectiv, EGEL1/1) și a indicelui de trombogenitate (1,21 în PBF1/1 martor față de 0,32 și 0,12 în EGEL1/2 și respectiv EGEL1/1) și prin creșterea raportului h/H, în acord cu rezultatele raportate anterior în studiile privind reformularea produselor din carne prin înlocuirea grăsimii animale cu uleiuri vegetale sau marine (Ferreira și colab., 2022). Reducerea AI și TI, precum și creșterea raportului h/H la chiftelele reformulate în comparație cu chiftelele pe bază de grăsime de porc se datorează în principal scăderii SFA (acizii palmitic, miristic și stearic), care sunt bine cunoscuți a avea un efect aterogen indirect datorită creșterii concentrației LDL-colesterolului dar, de asemenea, și un efect direct prin activarea procesului inflamator (Poledne, 2016).

6.3.4. Proprietățile tehnologice

Pierderea la coacere a fost semnificativ ($p < 0,05$) mai mare la chiftelele reformulate pe bază de geluri emulsionate realizate cu gelatină ca agent de stabilizare în comparație cu chiftelele martor (Tabelul 6). Cu toate acestea, pierderea la coacere a fost cea mai scăzută la chiftelele realizate cu înlocuirea 100% a grăsimii de porc cu geluri emulsionate preparate cu chitosan (ECHIT1/1), în timp ce nu s-au găsit diferențe semnificative privind pierderile la gătit între chiftelele realizate cu înlocuirea pe jumătate a grăsimii de porc cu geluri emulsionate stabilizate cu chitosan (ECHIT1/2) și cele martor (PBF1/1).

Tabelul 6. Proprietățile tehnologice ale chiftelelor de porc martor și reformulate. *

	PBF1/1	PBF1/2	EGEL1/2	EGEL1/1	ECHIT1/2	ECHIT1/1
Pierdere la gătit (%)	26,6 ± 1,31 ^b	33,7 ± 1,06 ^d	28,82 ± 1,26 ^c	29,32 ± 0,92 ^c	26,62 ± 0,87 ^b	23,14 ± 0,82 ^a
Contrația (%)	4,85 ± 0,15 ^b	4,71 ± 0,10 ^a	4,82 ± 0,13 ^{a,b}	4,84 ± 0,11 ^b	4,87 ± 0,14 ^b	4,87 ± 0,13 ^b
Reținerea umidității(%)	38,90 ± 1,19 ^a	40,67 ± 0,73 ^b	41,28 ± 1,36 ^b	43,39 ± 0,81 ^c	42,45 ± 0,74 ^{b,c}	47,41 ± 0,96 ^d
Reținerea grăsimii (%)	93,25 ± 1,46 ^c	91,70 ± 1,64 ^c	83,30 ± 1,37 ^b	76,26 ± 1,69 ^a	84,35 ± 2,01 ^b	87,35 ± 2,15 ^b

* Litere mici diferite la exponent indică diferențe semnificative între formulări ($p < 0,05$).

Valorile mai mici ale pierderilor la coacere ale acestor probe s-ar putea datora capacității de reținere a apei și proprietăților de reținere a apei ale chitosanului împreună cu cele ale izolatului proteic din soia. Reținerea umidității după prelucrarea termică este un parametru tehnologic important care afectează suculența produsului. Cea mai mare retenție de umiditate a fost găsită la chiftelele reformulate prin înlocuirea completă a grăsimii de porc cu geluri emulsionate stabilizate cu chitosan (ECHIT1/1), urmate de cele stabilizate cu gelatină (EGEL1/1), în timp ce cea mai scăzută retenție de umiditate a fost găsită la chiftelele martor (PBF1/1). Cea mai mare retenție de grăsime a fost găsită la chiftelele martor, în timp ce cea mai scăzută la chiftelele reformulate obținute prin înlocuirea completă a grăsimii de porc cu geluri emulsionate stabilizate cu gelatină (EGEL1/1). Dintre chiftelele reformulate, cea mai mare retenție de grăsime a fost găsită la chiftelele cu 100% înlocuire a grăsimii din spate de porc cu geluri emulsionate stabilizate cu chitosan (ECHIT1/1). Prin urmare, utilizarea chitosanului ca stabilizator al gelului emulsionat a contribuit la creșterea retenției de umiditate și grăsime în timpul procesării termice în comparație cu gelatina, în bună concordanță cu stabilitatea termică mai mare găsită pentru gelul emulsionat ECHIT în comparație cu EGEL.

6.3.5. Parametrii de culoare și pH-ul

Reformularea chiftelelor de porc prin înlocuirea grăsimii din spate de porc cu geluri emulsionate a determinat închiderea la culoare (scăderea valorilor L^*) precum și creșterea valorilor b^* în comparație cu martorul (PBF1/1), dar nu a determinat variații semnificative ($p < 0,05$) privind roșeața (valorile a^*) (Tabelul 7). Creșterea valorilor b^* poate fi atribuită nuanței gălbui a uleiurilor încorporate, așa cum s-a raportat și în alte studii (Ferreira și colab., 2022; Pintado și colab., 2015; Jiménez-Colmenero și colab., 2010), precum și izolatului de proteină din soia utilizat în prepararea gelului emulsionat.

Înlocuirea a jumătate din conținutul de grăsime cu apă (PBF1/2) a crescut luminozitatea (valorile L^*) și a scăzut semnificativ valorile a^* la chiftele în comparație cu chiftelele martor.

Tabelul 7. Parametrii de culoare (L^* - luminozitate, a^* - roșu/verde și b^* - gălbenuș/albastru) și pH-ul chiftelelor martor și reformulate la 0, 5, 10 și 15 zile de păstrare la 4 °C. *

Parametru	Probă	Timp de depozitare (zile)			
		0	5	10	15
L^*	PBF1/1	74,63 ± 1,24 ^{c,A}	74,43 ± 1,29 ^{b,A}	74,39 ± 2,07 ^{b,A,B}	75,31 ± 1,88 ^{b,B}
	PBF1/2	76,59 ± 1,70 ^{c,A}	77,10 ± 1,02 ^{c,A,B}	77,48 ± 1,97 ^{c,A,B}	78,75 ± 0,83 ^{c,B}
	EGEL1/2	73,31 ± 3,21 ^{b,A}	74,35 ± 1,24 ^{b,A,B}	74,33 ± 1,11 ^{b,A,B}	75,92 ± 0,40 ^{b,B}
	EGEL1/1	73,39 ± 0,71 ^{b,A}	73,93 ± 0,67 ^{b,A,B}	74,72 ± 0,40 ^{b,B}	75,60 ± 0,81 ^{b,C}
	ECHIT1/2	73,23 ± 2,45 ^{b,A}	73,84 ± 1,21 ^{b,A,B}	74,65 ± 0,78 ^{b,A,B}	75,47 ± 1,59 ^{b,B}
	ECHIT1/1	68,26 ± 1,71 ^{a,A}	69,03 ± 0,60 ^{a,A}	69,29 ± 1,33 ^{a,A}	69,90 ± 2,64 ^{a,A}
a^*	PBF1/1	5,79 ± 0,10 ^{c,C}	4,53 ± 0,15 ^{c,B}	4,47 ± 0,42 ^{c,B}	3,61 ± 0,28 ^{c,A}
	PBF1/2	4,88 ± 0,29 ^{a,C}	3,87 ± 0,22 ^{a,B}	3,61 ± 0,36 ^{b,B}	3,18 ± 0,21 ^{b,A}
	EGEL1/2	5,34 ± 0,47 ^{b,C}	3,80 ± 0,28 ^{b,B}	2,97 ± 0,18 ^{a,A}	2,74 ± 0,20 ^{a,A}
	EGEL1/1	5,38 ± 0,43 ^{b,c,D}	4,69 ± 0,16 ^{c,C}	3,85 ± 0,05 ^{b,B}	3,45 ± 0,15 ^{b,c,A}
	ECHIT1/2	5,38 ± 0,44 ^{b,c,C}	5,13 ± 0,19 ^{d,C}	4,56 ± 0,28 ^{c,B}	3,64 ± 0,41 ^{c,A}
	ECHIT1/1	5,55 ± 0,26 ^{b,c,A}	5,65 ± 0,24 ^{e,A}	5,63 ± 0,10 ^{d,A}	5,62 ± 0,13 ^{d,A}

b*	PBF1/1	11,15 ± 2,81 ^{a,A}	11,37 ± 0,44 ^{a,A}	12,07 ± 1,30 ^{b,A}	12,40 ± 1,06 ^{a,b,A}
	PBF1/2	11,15 ± 0,60 ^{a,A}	11,83 ± 0,35 ^{a,b,B}	10,99 ± 0,28 ^{a,A}	12,14 ± 0,17 ^{a,B}
	EGEL1/2	11,90 ± 0,77 ^{a,b,A}	12,27 ± 0,47 ^{b,A,B}	12,74 ± 0,11 ^{b,B,C}	13,10 ± 0,64 ^{b,c,C}
	EGEL1/1	13,13 ± 0,74 ^{b,A,B}	13,60 ± 0,49 ^{d,B}	12,85 ± 0,25 ^{b,A}	13,55 ± 0,07 ^{c,d,B}
	ECHIT1/2	12,23 ± 0,99 ^{a,b,A}	12,20 ± 0,43 ^{b,A}	12,95 ± 0,65 ^{b,A,B}	13,25 ± 0,79 ^{c,B}
	ECHIT1/1	12,59 ± 0,43 ^{a,b,A}	13,06 ± 0,30 ^{c,A,B}	13,44 ± 0,34 ^{b,B}	14,28 ± 0,93 ^{d,C}
pH	PBF1/1	5,89 ± 0,13 ^{a,A}	5,98 ± 0,08 ^{a,b,A}	6,00 ± 0,11 ^{a,b,A}	6,07 ± 0,16 ^{a,b,A}
	PBF1/2	5,79 ± 0,09 ^{a,A}	5,85 ± 0,12 ^{a,A}	5,87 ± 0,14 ^{a,A}	5,89 ± 0,11 ^{a,A}
	EGEL1/2	5,90 ± 0,12 ^{a,A}	5,92 ± 0,14 ^{a,b,A}	5,94 ± 0,16 ^{a,b,A}	5,96 ± 0,14 ^{a,A}
	EGEL1/1	5,94 ± 0,09 ^{a,A}	5,96 ± 0,15 ^{a,b,A}	5,98 ± 0,11 ^{a,b,A}	6,01 ± 0,14 ^{a,b,A}
	ECHIT1/2	5,98 ± 0,12 ^{a,A}	6,09 ± 0,10 ^{b,c,A}	6,15 ± 0,13 ^{b,c,A}	6,20 ± 0,14 ^{b,c,A}
	ECHIT1/1	6,28 ± 0,13 ^{b,A}	6,32 ± 0,18 ^{c,A}	6,36 ± 0,10 ^{c,A}	6,39 ± 0,09 ^{c,A}

* Litere mici diferite indică diferențe semnificative între probele de chifle ($p < 0,05$) pentru aceeași perioadă de depozitare, în timp ce litere mari diferite indică diferențe semnificative între timpii de prelevare pentru aceeași formulare de chifle ($p < 0,05$).

Eșantioanele ECHIT1/1 au înregistrat cele mai mici valori L* și cele mai ridicate valori b* dintre toate formulările, în bună concordanță cu valorile L* mai mici și valorile b* mai mari găsite pentru ECHIT în comparație cu EGEL.

Imediat după procesare, valorile pH-ului în chiftelele martor au fost mai mici decât în oricare dintre produsele reformulate. Cu toate acestea, nu au fost găsite diferențe semnificative între formulări în ceea ce privește pH-ul lor, cu excepția pH-ului ECHIT1/1, care a fost semnificativ ($p < 0,05$) mai mare (Tabelul 7).

S-a observat că pH-ul chiftelelor reformulate prin înlocuirea parțială sau totală a grăsimii de porc cu geluri emulsionate stabilizate cu chitosan a fost mai mare decât al celor corespunzătoare realizate cu gelatină. Acest lucru era de așteptat, deoarece pH-ul gelurilor emulsionate ECHIT a fost semnificativ mai mare decât cel al EGEL. pH-ul a crescut ușor pe parcursul a 15 zile de păstrare în condiții de refrigerare.

6.3.6 Oxidarea lipidelor

Oxidarea PUFA este o problemă majoră la depozitarea produselor cu conținut ridicat de lipide, deoarece este responsabilă pentru formarea de arome neplăcute, procese de degradare și producere de compuși toxici (Pei și colab., 2022; Santoro și colab., 2022). După procesare, valori TBARS semnificativ mai mici ($p < 0,05$) au fost observate la produsele reformulate în comparație cu martorul, probabil ca urmare a conținutului redus de grăsime din aceste produse în combinație cu statusul oxidativ mai scăzut al uleiurilor încorporate, probabil mai mic decât cel al grăsimii de porc. Rezultate similare au fost raportate anterior de Alejandre și colab. (2017) în chiftele de carne de vită cu conținut scăzut de grăsimi reformulate cu o emulsie gelificată care conținea ulei de alge, sau de Poyato și colab. (2015) în chiftele reformulate obținute prin înlocuirea grăsimii de porc cu o emulsie gelificată cu ulei de in. Ei au atribuit acest comportament capacității emulsiei gelificate de a proteja fracția lipidică din sistemul de carne pe baza rezultatelor studiilor care compară stabilitatea oferită de emulsia care captează uleiul, comparativ cu încorporarea directă a uleiului în produsul de carne (Bloukas și colab., 1997). În plus, atât gelatina cât și

chitosanul sunt agenți de gelificare care acționează ca o barieră pentru oxigen și, astfel, reduc oxidarea lipidelor (Sato și colab., 2014).

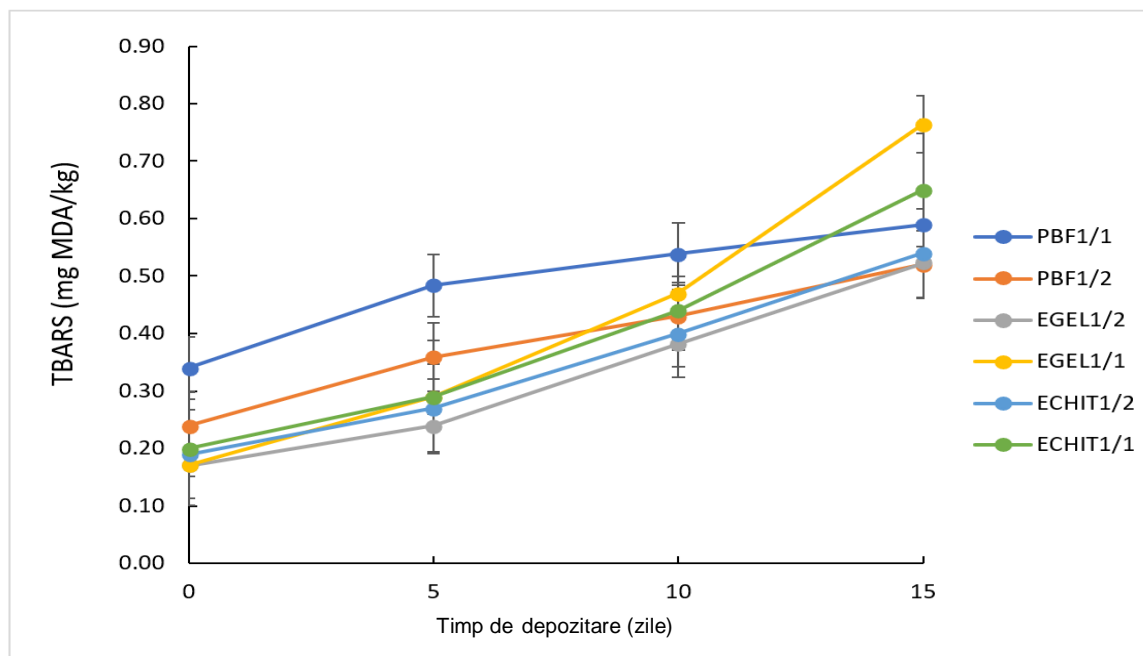


Figura 3. Valorile TBARS (mg MDA/kg) ale chiftelelor de carne de porc maror și reformulate la 0, 5, 10 și 15 zile de depozitare la 4 °C.

Valorile TBARS au variat de la 0,17 mg MDA/kg până la 0,76 mg MDA/kg, ceea ce a indicat un status oxidativ scăzut al lipidelor în toate formulările, chiar și după 15 zile de depozitare la 4 °C. Cele mai scăzute valori TBARS după 15 zile de păstrare s-au găsit în chiftelele obținute prin înlocuirea a jumătate din conținutul de grăsime cu apă (PBF1/2), probabil ca urmare a efectului conjugat al conținutului de grăsime diminuat și a gradului mai mic de nesaturare. După 15 zile de depozitare, cel mai mare conținut de MDA a fost găsit în probele EGEL1/1, urmate de ECHIT1/1. Conținutul ridicat de lipide cu un grad ridicat de nesaturare prezent în EGEL1/1 și ECHIT1/1 poate explica susceptibilitatea mai mare a lipidelor la oxidare în timpul depozitării, în ciuda prezenței antioxidanților naturali protectori în aceste probe. Cu toate acestea, toate formulările au avut valori TBARS sub 1,0 mg MDA/kg, considerat a fi pragul de râncezire la care consumatorii pot detecta arome oxidate și râncede (Domínguez și colab., 2019).

6.3.7. Analiza senzorială

Scorurile de gust și aromă au fost cele mai mari la chiftele realizate prin înlocuirea pe jumătate a grăsimii de porc cu geluri emulsionate (EGEL1/2 și ECHIT1/2), în timp ce chiftelele realizate prin înlocuirea completă a grăsimii cu geluri au primit scoruri semnificativ mai mici în comparație cu celelalte formulări. Aceste evaluări se pot datora mirosului și gustului caracteristic de pește al uleiului de alge, care s-a simțit mai puternic în EGEL1/1 și ECHIT1/1. Gustul de pește s-a simțit și la probele EGEL1/2 și ECHIT1/2, dar a fost estompat și mascat de gustul grăsimii de porc, așa că gustul rezultat a fost foarte plăcut. Pentru acceptabilitatea generală, nu s-au găsit diferențe semnificative între chiftelele maror (7,50) și cele reformulate prin înlocuirea la jumătate

a grăsimii de porc cu geluri emulsionate (7,33 pentru EGEL 1/2 și 7,67 pentru ECHIT1/2). Cu toate acestea, formulările cu înlocuire completă au primit scoruri semnificativ ($p < 0,05$) mai mici (6,50 pentru EGEL1/1 și 6,58 pentru ECHIT1/1).

6.4. Concluzii

Gelurile formulate cu un amestec de ulei de măsline, chia și alge emulsionate cu izolat de proteină din soia și stabilizate cu gelatină (EGEL) sau chitosan (ECHIT) s-au dovedit a fi un înlocuitor adecvat parțial sau total al grăsimii de porc în chiftelele de porc, în vederea dezvoltării de noi produse de carne funcționale și mai sănătoase. Ambele geluri emulsionate au prezentat o stabilitate termică și de separare a fazelor excelente în timp; cu toate acestea, ECHIT a arătat o stabilitate termică mai mare decât EGEL. O scădere semnificativă a conținutului de grăsime a fost obținută la chiftelele reformulate în comparație cu martorii, însoțită de creșterea conținutului de PUFA și EPA+DHA și de scăderea SFA și a raportului n-6/n-3. Ca rezultat, profilul lipidic a fost îmbunătățit, așa cum demonstrează indicii de aterogenitate (AI) și trombogenitate (TI). Înlocuirea pe jumătate a grăsimii de porc cu ECHIT a fost cea mai bună formulare, deoarece a îmbunătățit valoarea nutritivă, parametrii tehnologici și stabilitatea oxidativă a chiftelelor de porc, fără a avea un impact negativ asupra caracteristicilor senzoriale și acceptabilității acestora.

CAPITOLUL 7

REFORMULAREA PARIZERULUI PRIN ÎNLOCUIREA TOTALĂ A GRĂSIMII DE PORC CU UN GEL EMULSIONAT PE BAZĂ DE ULEIURI DE MĂSLINE, NUCĂ ȘI CHIA ȘI STABILIZAT CU CHITOSAN

7.1. Oportunitatea studiului

Parizerul este un preparat din carne emulsionat foarte popular, derivat din Mortadella italiană, realizat din carne de vită, porc, curcan sau pui mărunțită fin, umplut într-o membrană și apoi fiert sau afumat. Mai este numit și „la grassa”, datorită conținutului său ridicat de grăsimi (între 20 și 30%), dominate de grăsimi saturate, și a valorii energetice ridicate (în jur de 300 kcal/100g) (Barretto și colab., 2015), având potențialul de a crește riscul anumitor boli cronice și de a contribui la creșterea în greutate. Parizerul constituie un produs important în dieta multor oameni datorită atractivității sale senzoriale și a costului accesibil (Beiloune, 2014).

Cu toate acestea, în ultimii ani, consumatorii s-au concentrat tot mai mult pe un stil de viață mai sănătos, iar nevoile lor în ceea ce privește dietele s-au schimbat. Ca urmare, interesul lor pentru achiziționarea acestui tip de produs a scăzut pentru a respecta recomandările de consum și profil optim de grăsimi. Pentru a răspunde acestor preocupări, industria cărnii se confruntă cu provocarea de a cerceta și adopta diferite alternative pentru producerea de produse din carne mai sănătoase, cu un conținut mai scăzut de grăsimi și cu un profil de acizi grași îmbunătățit.

Una dintre cele mai actuale modalități de îmbunătățire a profilului grăsimii în produsele din carne este reformularea prin reducerea conținutului de grăsime și/sau înlocuirea grăsimii animale adăugate (de obicei slănină de pe spate de porc) cu uleiuri vegetale și/sau marine încorporarea uleiurilor vegetale și marine încorporate în emulsii solide structurate, cum ar fi oleogelurile sau gelurile emulsionate. Scopul prezentului experiment a fost acela de a evalua adecvarea unui gel emulsionat care conține uleiuri de măsline, nucă și chia stabilizate cu izolat proteic din soia, transglutaminază și chitosan pentru a fi utilizat ca înlocuitor de grăsime de porc în parizer. Au fost determinate proprietățile nutriționale, texturale și tehnologice ale produsului din carne reformulat și s-au efectuat analize senzoriale. Proprietățile fizico-chimice și oxidarea lipidelor au fost monitorizate timp de 18 zile de depozitare la 4 °C. Parizerul clasic a fost folosit ca martor.

7.2. Materiale și metode

Gelul emulsionat a fost produs după o metodă a lui Pintado și Cofrades (Pintado și colab., 2020) Pe scurt, izolatul de proteină din soia (8%) și transglutaminaza (1%) au fost dispersate sub agitare constantă timp de 2 minute în apă (43%) la temperatura camerei într-un mixer planetar, apoi s-a adăugat chitosan (3%) ca agent de gelificare la rece și s-a continuat omogenizarea timp de 3 minute până la amestecarea completă. Amestecul final a fost emulsionat pentru încă 3 minute sub agitare cu includerea continuă a amestecului de ulei (45%).

Parizerul reformulat (RBS) a fost produs pe baza aceleiași rețete și tehnologii ca și cel martor (CBS), cu excepția faptului că grăsimea de porc a fost înlocuită cu gelul emulsionat. Loturi

de 25 kg au fost produse în trei exemplare pentru fiecare formulare. Probele de parizer au fost analizate a doua zi după procesare privind conținutul de umiditate, grăsimi, proteine și cenușă urmând procedurile oficiale AOAC. Compoziția de acizi grași a fost analizată în trei exemplare prin cromatografie de gaze a esterilor metilici ai acizilor grași (FAME).

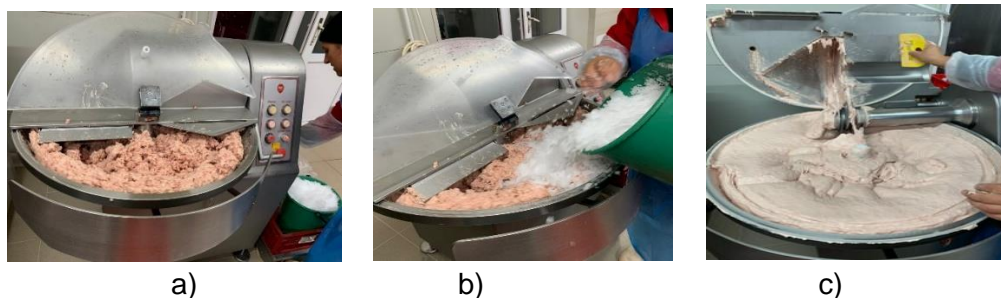


Figura 4. Aspecte din procesul tehnologic de fabricare a parizerului: a) mărunțirea fină a cărnii la cutter; b) adaugarea de gheață, ingrediente și aditivi în compoziție c) aspectul pastei finale pregătită pentru umplere în membrană.

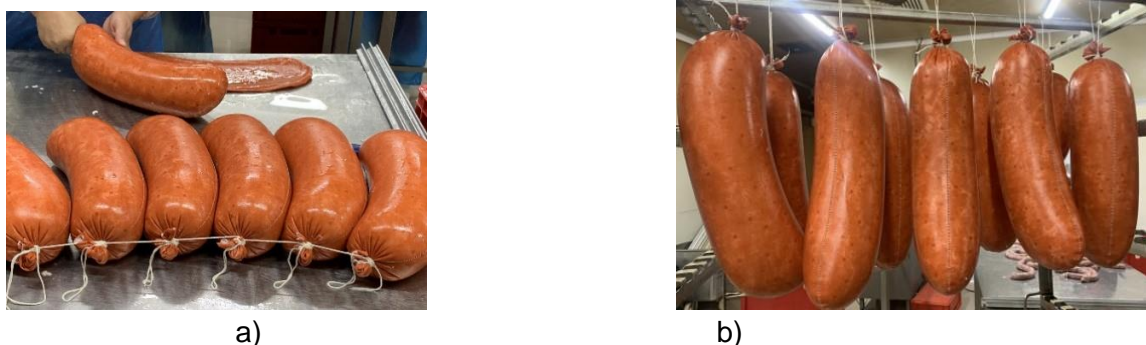


Figura 5. Aspectul parizerului în urma umplerii în membrana artificială: a) aspectul parizerului imediat după umplere în membrană artificială; b) parizerul pregătit pentru camera de fierbere.

Pierdere prin procesare termică și răcire peste noapte la 2 °C, a fost calculată prin diferența de greutate dintre batoanele de parizer crude și cele fierte. Culoarea cărnaților a fost evaluată a doua zi după procesare și după 4, 8, 12 și 18 zile de depozitare din șase secțiuni proaspăt tăiate în trei puncte diferite ale fiecărei secțiuni.

Proprietățile texturale ale probelor au fost caracterizate folosind următorii determinanți: fermitate, elasticitate, reziliență, gumozitate și coeziune. **S-a** efectuat și testul de forfecare Warner-Bratzler pentru a determina forța de forfecare (N) ca indicator al fermității.

Stabilitatea oxidativă a probelor de parizer a fost evaluată prin evoluția substanțelor reactive la acid tiobarbituric (TBARS) pe parcursul a 18 zile de păstrare în condiții de refrigerare.

Probele de parizer au fost evaluate a doua zi după procesare în termeni de culoare, gust, aromă, textură și acceptabilitate generală folosind o scară hedonică de 9 puncte, variind de la 1 care denotă „îmi displace extrem” până la 9 ce denotă „îmi place extrem”.

Analiza statistică a datelor a fost efectuată folosind software-ul Statgraphics Centurion XVI (StatPoint Technologies, Warrenton, VA, SUA). A fost efectuat testul de comparație multiplă LSD ($p < 0,05$) pentru a investiga efectul formulării și perioadei de depozitare asupra valorilor pH-ului, parametrilor de culoare și valorilor TBARS.

7.3. Rezultate și discuții

7.3.1. Culoarea, pH-ul și stabilitatea termică a gelului emulsionat

Gelul emulsionat obținut și utilizat în acest studiu a avut o culoare crem-gălbuie ($b^* = 20,63$) care a influențat într-o oarecare măsură culoarea parizerului. Valorile L^* au crescut semnificativ, în timp ce valorile a^* și b^* au scăzut semnificativ ($p < 0,05$) după 10 zile de depozitare la 4 °C. Aceste modificări ale parametrilor de culoare demonstrează o pierdere perceptibilă a intensității culorii în timpul depozitării, cauzată în principal de scăderea tentei galbene.

Tabelul 9. Parametrii de culoare (L^* , a^* și b^*), pH-ul și eliberarea totală de fluide a gelului emulsionat la 0 și 10 zile de depozitare la 4 °C.*

Parametru	Timp de depozitare (zile)	
	0	10
L^*	70,59 ± 3,61 ^a	79,43 ± 1,77 ^b
a^*	1,53 ± 0,20 ^b	0,17 ± 0,08 ^a
b^*	20,63 ± 0,95 ^b	16,90 ± 0,23 ^a
pH	7,61 ± 0,07 ^a	8,21 ± 0,06 ^b
Eliberare totală de fluide %	1,01 ± 0,05 ^a	1,37 ± 0,08 ^b

* Litere diferite la exponent indică diferențe semnificative între timpii de eșantionare ($p < 0,05$).

pH-ul gelului emulsionat a fost ridicat în comparație cu celelalte geluri emulsionate formulate în studiile anterioare și acest lucru s-a datorat în principal încorporării chitosanului. Gelul emulsionat a prezentat o structură solidă, cu o bună stabilitate și fără sinereză sau eliberare de exudat în timpul procesării sau depozitării. Utilizarea gelurilor emulsionate în produsele din carne prelucrate termic face ca stabilitatea lor termică să fie o caracteristică tehnologică de interes major. Gelul emulsionat formulat în studiul de față a arătat o stabilitate termică excelentă atât inițial, cât și după 10 zile de depozitare, având în vedere că încălzirea a determinat niveluri scăzute de eliberare a fluidelor (1,01% după procesare și 1,37% după 10 zile de depozitare).

7.3.2. Compoziția proximală și valoarea energetică

Reformularea parizerului a determinat o ușoară creștere a conținutului de proteine și o mică scădere a conținutului de umiditate care a atins o semnificație statistică ($p < 0,05$). Deși s-a observat o ușoară scădere, nu s-au constatat diferențe statistice semnificative între parizerul martor și cel reformulat în ceea ce privește conținutul de grăsime ($p < 0,05$), fapt explicat deoarece amestecul de ulei a reprezentat 45% din rețeta gelului emulsionat.

7.3.3. Profilul acizilor grași

Conținutul de MUFA al parizerului martor (48,25%) a scăzut la 41,60% în produsul reformulat. Conținutul de PUFA n-6 a crescut de 1,3 ori, dar, de departe, cea mai spectaculoasă creștere a fost realizată pentru conținutul de PUFA n-3 care s-a multiplicat de 12 ori în produsul reformulat, în principal ca urmare a creșterii conținutului de acid α -linolenic (C18:3n-3) de la 1,06 la 12,28 g/100 g acizi grași totali. Ca urmare, s-a realizat o scădere puternică a raportului n-6/n-

3, de la 16,85 la 1,86 (de 9 ori) în produsul reformulat în comparație cu martorul, în timp ce raportul PUFA/SFA a crescut de la 0,57 la 1,61.

Tabelul 10. Compoziția proximală și valoarea energetică ale parizerului martor și reformulat *

	CBS	RBS
Umiditate (%)	68,31 ± 0,87 ^b	66,47 ± 0,28 ^a
Proteine (%)	11,58 ± 0,23 ^a	12,28 ± 0,39 ^b
Grăsimi (%)	12,41 ± 0,23 ^a	12,26 ± 0,26 ^a
Cenușă (%)	2,31 ± 0,10 ^a	2,24 ± 0,13 ^a
Valoare energetică (kcal/100 g)	191,98 ± 1,88 ^a	198,77 ± 2,08 ^b
Valoare energetică dată de grăsime (kcal/100 g)	112,93 ± 2,09 ^a	111,56 ± 1,68 ^a

* Litere diferite la exponent din același rând indică diferențe semnificative între formulările de parizer ($p < 0,05$); CBS - parizer martor; RBS - parizer reformulat.

Tabelul 11. Profilul acizilor grași (exprimat în g/100 g acizi grași totali) și indicii nutriționali ai parizerului martor și reformulat *

Indici nutriționali	CBS	RBS
Σ SFA	32,79 ± 1,36 ^b	22,13 ± 0,95 ^a
Σ MUFA	48,25 ± 1,38 ^b	41,60 ± 1,05 ^a
Σ PUFA	18,92 ± 0,55 ^a	35,61 ± 1,25 ^b
Σ PUFA n-6	17,86 ± 0,49 ^a	23,16 ± 0,86 ^b
Σ PUFA n-3	1,06 ± 0,05 ^a	12,45 ± 0,49 ^a
n-6/n-3	16,85	1,86
AI	0,41	0,24
TI	0,89	0,31
h/H	2,69	4,63

* Litere diferite la exponent din același rând indică diferențe semnificative între formulările de parizer ($p < 0,05$). CBS - parizer martor; RBS - parizer reformulat.

Creșterea conținutului de n-3 PUFA în parizerul reformulat a reflectat compoziția benefică în acizi grași a uleiurilor de chia și nucă, care împreună reprezintă 45% din amestecul de ulei utilizat în gelul emulsionat. Uleiul de chia are un conținut ridicat de acizi grași polinesaturați (>80%), dintre care aproximativ 60% este acid α -linolenic (18:3n-3) (Rodriguez și colab., 2019), în timp ce uleiul de nucă este cunoscut, de asemenea, că posedă unul dintre cele mai mari conținuturi de PUFA (până la 78% din conținutul total de acizi grași), cu o cantitate notabilă de acid α -linolenic (8-15,5%) (Martínez și colab., 2010).

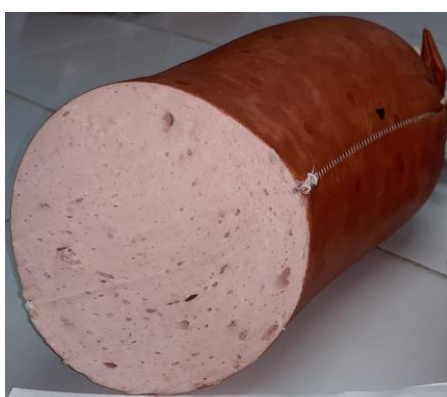
Raportul n-6/n-3 a fost în intervalul considerat sănătos (1:1 până la 2:1) la parizerul reformulat, în acord cu recomandările dietetice (Simopoulos, 2011). În consecință, înlocuirea grăsimii de porc cu gelul emulsionat formulat în studiul de față a îmbunătățit considerabil profilul

dietetic al parizerului prin scăderea atât a indicelui aterogen (0,41 la parizerul martor față de 0,24 la parizerul reformulat) cât și a indicelui trombogen (0,89 la martor vs. 0,31 în produsul reformulat) și prin creșterea raportului h/H de la 2,69 pentru martor la 4,63 pentru produsul reformulat.

Ținând cont de rezultatele obținute în ceea ce privește reducerea conținutului de SFA, parizerul reformulat poate fi considerat drept „produs cu conținut redus de grăsimi saturate” conform Reglementărilor Europene (EFSA, 2010). În plus, parizerul reformulat poate fi de asemenea revendicat ca având „conținut ridicat de grăsimi nesaturate” și „conținut ridicat de acizi grași polinesaturați omega-3”, deoarece cel puțin 70% din acizii grași prezenți în produs provin din grăsimi nesaturate, iar produsul conține cel puțin 0,6 g acid alfa-linolenic la 100 g, conform revendicărilor stipulate în Rectificarea la Regulamentul (CE) nr. 1924/2006 (European Parliament, 2007) și în Regulamentul Comisiei nr. 432/2012 (European Commission, 2012).

7.3.4. Parametrii de culoare și pH-ul

Reformularea a avut unele efecte asupra parametrilor de culoare ai parizerului. Parizerul reformulat a avut o culoare semnificativ mai deschisă (valori L^* mai mari) ($p < 0,05$) și a prezentat valori b^* semnificativ mai mari ($p < 0,05$) decât produsul martor care conține grăsime de porc. Cu toate acestea, tenta roșie (valorile a^*) a scăzut doar ușor la înlocuirea totală a grăsimii de porc cu gelul emulsionat.



CBS



RBS

Figura 8. Aspectul parizerului martor și al celui reformulat imediat după procesare; CBS - parizer martor; RBS - parizer reformulat.

Valorile pH-ului au crescut semnificativ ($p < 0,05$) ca urmare a reformulării datorită pH-ului mai mare ($7,61 \pm 0,07$) al gelului emulsionat în comparație cu grăsimea de porc utilizată în produsul martor ($6,31 \pm 0,06$). Este de așteptat ca un pH mai mare să aibă un impact pozitiv asupra capacității de reținere a apei în produsele din carne datorită acțiunii directe a pH-ului asupra sarcinii nete a proteinelor miofibrilare și a distanței dintre filamente (Verma și colab., 2008; Kumar și colab., 2011).

7.3.5. Proprietățile tehnologice

Doar o ușoară creștere a pierderii prin fierbere a fost înregistrată la fabricarea noului produs față de produsul martor, însoțită de o reducere a retenției de umiditate. Cu toate acestea,

valorile au indicat un comportament termic bun al gelului emulsionat în produsul din carne și proprietăți bune de legare a grăsimilor și a apei. Aceste efecte pot fi legate de stabilitatea termică bună a gelului emulsionat, precum și de conținutul mai mare de proteine în produsul reformulat.

7.3.6. Analiza texturii

Modificările proprietăților texturale reprezintă una dintre principalele provocări în reformularea produselor din carne. Înlocuirea grăsimii de porc cu gel emulsionat a dus la un parizer semnificativ mai ferm. Toate celelalte proprietăți texturale, cu excepția coezivității, au fost, de asemenea, semnificativ mai mari ($p < 0,05$) pentru parizerul reformulat în comparație cu matorul (Tabelul 14), demonstrând că gelul emulsionat are o structură fermă, cu caracteristici flexibile, care imită textura grăsimii de porc și, în consecință, poate fi utilizat pentru a înlocui grăsimea de porc în parizer. Adăugarea de transglutaminază a contribuit la creșterea fermității și gumozității produsului reformulat, ca o consecință a rolului său în stabilizarea emulsiilor realizate cu proteină din soia și în promovarea formării unei matrice de gel mult mai stabilă.

Tabelul 13. Pierderea prin fierbere și retenția de umiditate a parizerului mator și a celui reformulat*

	CBS	RBS
Pierdea prin gătire (%)	$0,68 \pm 0,06^a$	$1,53 \pm 0,28^b$
Retenția de umiditate (%)	$67,84 \pm 0,63^b$	$65,44 \pm 0,49^a$

* Litere diferite la exponent în același rând indică diferențe semnificative între formulările de parizer ($p < 0,05$). CBS - parizer mator; RBS - parizer reformulat.

Tabelul 14. Parametrii texturali ai parizerului mator și ai celui reformulat*

Parametrii	CBS	RBS
Fermitate (N)	$42,83 \pm 5,34^a$	$52,56 \pm 7,6^b$
Elasticitate (%)	$0,68 \pm 0,10^a$	$0,81 \pm 0,02^b$
Rezistență (adm)	$1,66 \pm 0,13^a$	$1,93 \pm 1,15^b$
Coezivitate (adm)	$1,00 \pm 0,01^a$	$1,00 \pm 0,04^a$
Gumozitate (N)	$29,19 \pm 1,85^a$	$42,46 \pm 6,20^b$
Forța de forfecare (N)	$21,55 \pm 1,22^a$	$27,51 \pm 2,17^b$

* Litere diferite la exponent din același rând indică diferențe semnificative între formulările de parizer ($p < 0,05$). CBS - parizer mator; RBS - parizer reformulat

7.3.7. Oxidarea lipidelor

Valori TBARS mai mari au fost găsite la produsul reformulat comparativ cu cel mator pe întreaga perioadă de depozitare, indicând că înlocuirea grăsimii de porc cu gel emulsionat ce încorporează uleiuri vegetale cu un grad ridicat de nesaturare în formularea parizerului a promovat un grad mai mare de oxidare a lipidelor.

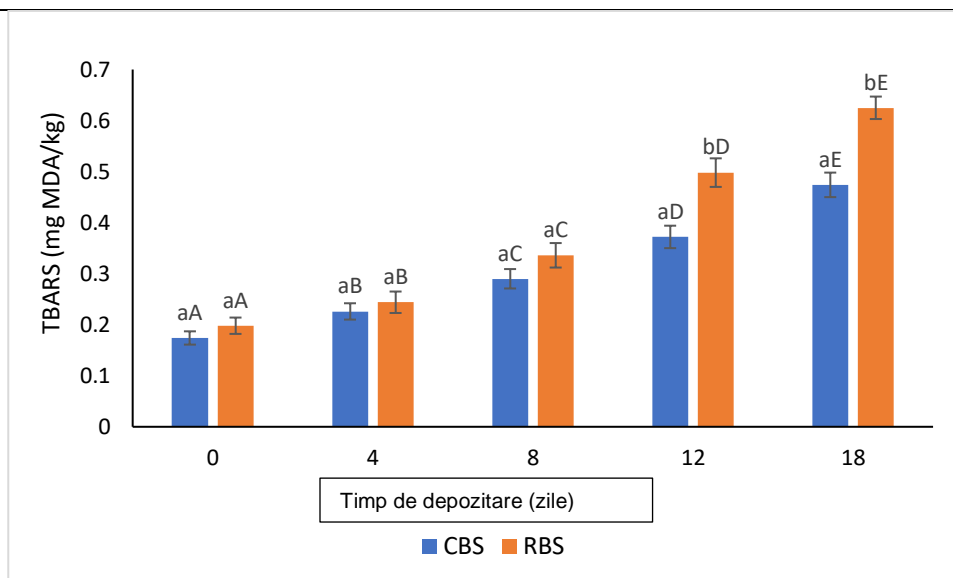


Figura 9. Valorile TBARS (mg MDA/kg) ale parizerului martor și ale celui reformulat la 0, 4, 8, 12 și 18 zile de depozitare la 4 °C. Litere mici diferite indică diferențe semnificative între formulările de parizer ($p < 0,05$) pentru aceeași perioadă de depozitare, în timp ce litere mari diferite indică diferențe semnificative între timpii de prelevare pentru aceeași formulare de parizer ($p < 0,05$).

Stabilitatea lipidică totuși bună a produsului reformulat a fost asigurată probabil de capacitatea gelului emulsionat de a captura și reține amestecul de ulei, acționând ca o barieră față de oxigen și protejând fracția lipidică din produs (Bloukas și colab., 1997), precum și de stabilitatea oxidativă a izolatului proteic din soia (Faraji și colab., 2004). Compușii antioxidanți naturali care se găsesc în amestecul de ulei de măsline, nuci și chia ar putea contribui, de asemenea, la scăderea oxidării lipidelor în produsul reformulat.

7.3.8. Analiza senzorială

Cu excepția aromei, scorurile au fost mai mari pentru produsul martor, însă diferențele nu au fost semnificative ($p < 0,05$).

Produsul martor a primit un scor mai mare pentru textură, care poate fi atribuit suculenței sale mai mari, în bună corelație cu retenția mai mare de umiditate și fermitatea mai mică, așa cum a fost prezentat anterior. Produsul reformulat a primit, de asemenea, un scor mai mic pentru culoare, probabil din cauza nuanței ușor gălbui a parizerului reformulat. Cu toate acestea, nici scorurile pentru textură, nici cele pentru culoare nu au diferit semnificativ ($p > 0,05$) între parizerul martor și cel reformulat.

Produsul reformulat a fost evaluat mai bine din punct de vedere al aromei, probabil datorită aromelor provenite din uleiurile de măsline și nucă, însă diferențele au fost abia perceptibile. Nu au existat diferențe semnificative ($p > 0,05$) între parizerul martor și cel reformulat în ceea ce privește scorurile de acceptabilitate generală, produsul reformulat fiind foarte bine acceptat de către paneliști.

7.4. Concluzii

Un gel emulsionat cu stabilitate termică bună a fost realizat cu succes utilizând izolat de proteină din soia, transglutaminază și chitosan ca agenți de gelificare la rece într-o structură solidă care conține un amestec de uleiuri de măsline, nucă și chia. Înlocuirea grăsimii de porc cu gelul emulsionat a îmbunătățit considerabil profilul lipidic al parizerului prin reducerea conținutului de acizi grași saturați, a raportului n-6/n-3, și a indicilor aterogenic și trombogenic datorită profilului sănătos de acizi grași al amestecului de ulei încorporat în produsul reformulat. Parizerul reformulat poate fi considerat drept „produs bogat în grăsimi nesaturate” și „cu conținut ridicat de acizi grași omega-3”, conform reglementărilor europene. Fermitatea, elasticitatea, gumozitatea, reziliența și forța de forfecare au fost mai mari la parizerul reformulat în comparație cu maritorul, cu toate acestea, diferențele au fost mici și greu sesizabile de consumatori. Luminozitatea și tenta galbenă au crescut în produsul reformulat, în timp ce tenta roșie a scăzut ușor, cu toate acestea, culoarea parizerului reformulat nu a fost puternic afectată de substituție, după cum au indicat rezultatele analizei senzoriale. Produsul reformulat dezvoltat în studiul de față ar putea fi o alternativă mai sănătoasă la parizerul tradițional, deoarece proprietățile tehnologice, stabilitatea oxidativă și acceptabilitatea generală de către consumator au fost doar în mică măsură afectate de reformulare.

CAPITOLUL 8

EFICACITATEA UNOR AGENȚI DE GELIFICARE LA RECE ÎN GELURI EMULSIONATE ÎMBOGĂȚITE ÎN ACIZI POLINESATURAȚI ȘI STABILIZATE CU PROTEINE DIN LEGUMINOASE DESTINATE A FI UTILIZATE CA ÎNLOCUTOR AL GRĂSIMII DE PORC ÎN BURGERII DE VITĂ

8.1. Oportunitatea studiului

Agenții de gelificare de origine polizaharidică (carrageenan, alginat, făină de chia, chitosan, inulină) sau de origine proteică (gelatina) au fost utilizați anterior pentru a formula geluri emulsionate, utilizate cu succes ca înlocuitor de grăsime în diferite produse din carne, cum ar fi frankfurterii (Delgado-Pando și colab., 2010; Pintado și colab., 2015; Salcedo-Sandoval și colab., 2015; Pintado și colab., 2016; Herrero și colab., 2017), parizerul (da Silva și colab., 2019; Cîrstea și colab., 2019; 2023b), cârnații fermentați uscați (Alejandre și colab., 2016), burgerii și chiftelutele de porc (Poyato și colab., 2015; Cîrstea și colab., 2023).

Proteinele din soia sunt din ce în ce mai folosite ca stabilizator în gelurile emulsionate, deoarece, pe lângă valoarea lor nutritivă, disponibilitate, preț scăzut și beneficii pentru sănătate, ele pot oferi proprietăți funcționale dorite, inclusiv proprietăți de gelificare, emulsionare, absorbție a grăsimilor și de legare a apei (Grața și colab., 2016). De asemenea, caracteristicile nutriționale, prețul scăzut, beneficiile pentru sănătate și proprietățile funcționale (emulsionante, gelificatoare și spumante) ale proteinelor din mazăre le-au făcut un ingredient alimentar promițător și o alternativă valoroasă la proteinele din soia (Grața și colab., 2016; Lu și colab., 2019; Santos și colab., 2022). Hidrofobicitatea și flexibilitatea moleculară a proteinelor din soia și mazăre le fac emulgatori buni, permițând absorbția lor rapidă la interfață pentru a forma un strat protector macromolecular coerent și pentru a conferi stabilitate interfacială. Prezentul studiu și-a propus să evalueze efectele înlocuirii totale a grăsimii de porc cu geluri emulsionate îmbogățite în acizi grași polinesaturați, realizate cu proteine din leguminoase, cum ar fi izolate proteice din soia și mazăre, ca stabilizatori, și polizaharide, precum chitosanul, pectina și xanthanul, ca agenți de gelificare la rece, asupra proprietăților nutritive, tehnologice, texturale și senzoriale ale burgerilor de vită.

8.2. Materiale și metode

Au fost elaborate șase formulări de oleogeluri pe baza testelor preliminare, așa cum se arată în Tabelul 16, pentru a fi utilizate în burgeri ca înlocuitori ai grăsimii de porc.

Toate cele șase geluri emulsionate au inclus un conținut fix de ulei (40%) constând dintr-un amestec de 75% ulei de măsline extravirgin și 25% ulei de in presat la rece.

Au fost preparate șapte formulări diferite de burgeri de aproximativ 2 kg fiecare. Formula martor fără înlocuirea grăsimii de porc a fost preparată ca referință (C), în timp ce celelalte șase formulări au fost realizate prin înlocuirea totală a grăsimii de porc cu gelurile emulsionate corespunzătoare dezvoltate anterior, după cum urmează: PPI-CH, PPI-P, PPI-X, SPI-CH, SPI-P, SPI-X prin înlocuirea grăsimii de porc cu geluri emulsionate EG-PPI-CH, EG-PPI-P, EG-PPI-X, EG-SPI-CH, EG-SPI-P, EG-SPI-X. Compoziția proximală și de conținutul în acizi grași au fost determinate după fabricarea și răcirea burgerilor (ziua 0). Determinările de culoare, pH și TBARS

au fost efectuate în ziua 0 și după 5 și 10 zile de depozitare la frigider. Evaluarea senzorială a burgerilor gătiți a fost efectuată imediat după fabricarea burgerilor.

Tabelul 16. Formularea (g/100 g) diferitelor geluri emulsionate

Formulări	EG-PPI-CH	EG-PPI-P	EG-PPI-X	EG-SPI-CH	EG-SPI-P	EG-SPI-X
Izolat proteic din mazăre (PPI)	16	16	16	-	-	-
Izolat proteic din soia (SPI)	-	-	-	10	10	10
Transglutaminază	1	1	1	1	1	1
Chitosan (CH)	3	-	-	3	-	-
Pectină (P)	-	3	-	-	3	-
Xantan (X)	-	-	1	-	-	1
Apă	40	40	42	46	46	48
Amestecul de ulei	40	40	40	40	40	40

Stabilitatea gelului emulsionat a fost măsurată în ziua 0 și ziua 7 și exprimată ca eliberare totală de fluid (TFR, %). Culoarea și pH-ul gelurilor emulsionate a fost măsurată în zilele 0 și 7 de depozitare. Conținutul de umiditate, grăsimi, proteine și cenușă a fost determinat în burgeri conform metodelor AOAC (AOAC, 1990). Conținutul de acizi grași al burgerilor a fost analizat în triplicat în extractele lipidice prin cromatografie de gaze a esterilor metilici ai acizilor grași (FAME).

Caracteristicile texturale ale gelurilor emulsionate și ale burgerilor gătiți au fost determinate folosind un analizor de textură TVT-6700 de la Perten Instruments (Hagersten, Suedia). Pentru probele de burgeri s-a evaluat comportamentul atât la compresie, cât și la tăiere.

Stabilitatea oxidativă a burgerilor a fost evaluată prin monitorizarea concentrațiilor de substanțe reactive la acid tiobarbituric (TBARS) pe parcursul a 10 zile de depozitare la frigider.

8.3. Rezultate și discuții

8.3.1. Culoarea, pH-ul și stabilitatea gelurilor emulsionate

Au fost obținute geluri emulsionate stabile, omogene, cu culoare crem-gălbui și consistență solidă, care au fost utilizate în continuare pentru a înlocui total grăsimea de porc din burgeri. pH-ul a fost semnificativ mai mare ($p < 0,05$) în gelurile emulsionate realizate cu chitosan, urmate de cele făcute cu xantan (Tabelul 17). Valorile mai ridicate ale pH-ului sunt în general asociate cu o capacitate mai mare de reținere a apei în produsele din carne. În plus, valorile pH-ului influențează capacitatea de emulsione. Geluri emulsionate mai stabile au fost obținute din izolat de proteină din soia în comparație cu cele realizate cu izolat de proteină din mazăre, atât imediat după procesare, cât și după 7 zile de depozitare. În ceea ce privește influența agentului de gelificare la rece, gelurile emulsionate realizate cu xantan au prezentat cea mai mare stabilitate la centrifugare și tratament termic, urmate de cele realizate cu chitosan, în timp ce stabilitatea gelurilor emulsionate realizate cu pectină a fost mult mai scăzută.

8.3.2. Analiza texturii gelurilor emulsionate

Rezultatele analizei texturale au arătat că atât proteina, cât și agentul de gelificare la rece au influențat parametrii de textură ai emulsiilor. După procesare, emulsiile cu proteină din soia au fost mai dure decât cele preparate cu proteină din mazăre, în ciuda conținutului mai mare de proteine al acestora din urmă. Emulsiile cele mai dure și mai gumoase, mai masticabile și mai adezive au rezultat din încorporarea chitosanului ca agent de gelificare la rece, în timp ce utilizarea pectinei a determinat formarea celor mai puțin adezive emulsii. Coeziunea și elasticitatea nu au fost afectate semnificativ ($p < 0,05$) nici de proteină, nici de agentul de gelificare la rece.

Tabelul 17. Parametrii de culoare (L^* , a^* și b^*), pH-ul și eliberarea totală de fluide a gelurilor emulsionate la 0 și 7 zile de depozitare la 4 °C.*

Timp de depozitare (zile)	EG-PPI-CH	EG-PPI-P	EG-PPI-X	EG-SPI-CH	EG-SPI-P	EG-SPI-X
L^*						
0	65,17±2,32 ^{ab}	71,14±2,19 ^{bb}	72,71±1,44 ^{bcA}	76,85±3,03 ^{deB}	75,19±1,65 ^{cdA}	77,91±2,56 ^{eb}
7	59,32±2,53 ^{aA}	67,63±2,32 ^{bA}	70,66±1,87 ^{cA}	68,87±1,87 ^{bcA}	87,12±0,47 ^{dB}	67,98±1,93 ^{bA}
a^*						
0	5,33±0,97 ^{cA}	6,90±0,20 ^{dA}	5,05±0,46 ^{cA}	1,28±0,27 ^{aA}	2,49±0,20 ^{bA}	1,22±0,24 ^{aA}
7	4,67±0,30 ^{dA}	6,44±0,48 ^{tA}	5,31±0,35 ^{eA}	1,74±0,05 ^{aB}	2,68±0,22 ^{cA}	2,15±0,08 ^{bB}
b^*						
0	24,14±0,62 ^{abA}	27,93±1,12 ^{cA}	23,74±0,77 ^{aA}	23,40±1,01 ^{aB}	24,73±0,31 ^{bA}	24,36±0,81 ^{abA}
7	22,99±0,27 ^{bA}	28,09±0,87 ^{dA}	24,13±0,82 ^{cA}	21,19±0,73 ^{aA}	28,01±0,27 ^{dB}	23,74±1,24 ^{bcA}
pH						
0	7,67±0,12 ^{dA}	6,05±0,09 ^{aA}	6,74±0,14 ^{bA}	8,04±0,10 ^{eA}	6,12±0,08 ^{aA}	7,17±0,12 ^{cA}
7	7,65±0,05 ^{dA}	6,05±0,06 ^{aA}	6,83±0,04 ^{bA}	8,36±0,08 ^{eb}	6,07±0,07 ^{aA}	7,11±0,06 ^{cA}
Eliberare totală de fluid (%)						
0	2,43±0,18 ^{dA}	10,47±0,56 ^{eA}	0,75±0,04 ^{bcA}	0,49±0,03 ^{abA}	1,14±0,06 ^{cA}	0,11±0,01 ^{aA}
7	11,89±0,44 ^{dB}	17,61±0,56 ^{eb}	2,83±0,11 ^{cb}	1,93±0,09 ^{bB}	3,14±0,18 ^{cb}	0,18±0,01 ^{aB}

* Litere mici diferite în același rând indică diferențe semnificative între formulările de geluri emulsionate ($p < 0,05$) pentru aceeași perioadă de depozitare, în timp ce litere mari diferite în aceeași coloană indică diferențe semnificative între timpurile de prelevare pentru aceeași formulare de gel emulsionat ($p < 0,05$).

8.3.3. Compoziția proximală și valoarea energetică ale burgerilor

Burgerii obținuți prin reformulare au fost burgeri cu conținut scăzut de grăsimi deoarece conținutul lor de grăsimi, care a fost între 10,46% și 13,52%, reprezintă o reducere între 21,49% și 39,46% comparativ cu conținutul de grăsime al burgerilor martor. Cele mai mici reduceri ale conținutului de grăsime s-au înregistrat la burgerii fabricați cu geluri emulsionate folosind pectină ca agent de gelificare la rece (21,49% și, respectiv, 23,01% pentru PPI-P și SPI-P), în timp ce cele mai mari la burgerii reformulați cu geluri emulsionate stabilizate cu chitosan (39,26% și

34,56% pentru PPI-CH și respectiv SPI-CH). Spre deosebire de xantan, care se dizolvă în apă rece formând soluții vâscoase cu caracter slab de gel, pectina este o macromoleculă ramificată cu greutate moleculară mare, care are proprietăți de umflare, dar nu se dizolvă în apă (Rodsamran și Sothornvit, 2019; Martău și colab., 2019).

Chitosanul, care este, de asemenea, insolubil în apă, dar solubil în soluții slabe de acizi organici, s-a demonstrat că posedă proprietăți de absorbție a apei și grăsimilor, de emulsionare și gelificare (No și colab., 2007; Aşık-Canbaz și colab., 2021). Rezultatele au arătat că chitosanul a fost semnificativ ($p < 0,05$) mai eficient în reținerea apei decât pectina, atât în combinație cu izolatul de proteine din mazăre, cât și din soia.

8.3.4. Profilul acizilor grași

Profilul acizilor grași al burgerilor martor și reformulați este prezentat în Tabelul 20. Înlocuirea totală a grăsimii de porc cu geluri emulsionate a produs o creștere semnificativă ($p < 0,05$) a conținutului de acid linoleic (C18:2n-6) (de aproximativ 2 ori) și acid arahidonic (C20:4n-6) (de la 0,05 la aproximativ 0,37 g/100 g) împreună cu o creștere majoră a conținutului de acid alfa-linolenic (C18:3n-3, de la 0,13 g/100 g în martor la 10,16-10,50 g/100 g în burgerii reformulați). În plus, conținutul de acid eicosadienoic și octadecatetraenoic a scăzut semnificativ ($p < 0,05$) ca urmare a reformulării.

Profilul de acizi grași al burgerilor martor a fost dominat de SFA, urmat de MUFA. Conținutul de SFA a scăzut cu aproximativ 63,5%, în timp ce conținutul de MUFA și PUFA a crescut de 1,3 și, respectiv, de 3,4 ori, în burgerii reformulați, comparativ cu martorul. Aceste modificări ale profilului acizilor grași ca urmare a reformulării pot fi atribuite bogăției uleiului de măsline în acid oleic și a uleiului de in în acizi grași polinesaturați, în principal acid alfa-linolenic (Bolger și colab., 2022).

Conținutul de PUFA n-6 a crescut în medie de 1,57 ori, în timp ce PUFA n-3 a atins cel mai mare raport de multiplicare (12,86), în principal ca urmare a creșterii conținutului de acid α -linolenic (C18:3n-3) de la 0,13 la aproximativ 17,40 g/100 g. În consecință, raportul n-6/n-3 a scăzut puternic de la 5,11 la aproximativ 0,62 (de peste 8 ori) în burgerii reformulați în comparație cu martor, în timp ce raportul PUFA/SFA a crescut de la 0,17 la 1,56.

Tabelul 20. Profilul acizilor grași (exprimat în g/100 g de acizi grași totali) și indicii nutriționali ai burgerilor martor și reformulați.*

Acizi grași	C	PPI-CH	PPI-P	PPI-X	SPI-CH	SPI-P	SPI-X
Σ SFA	51,45±2,11 ^b	19,00±0,92 ^a	18,92±0,82 ^a	19,23±0,94 ^a	18,53±0,96 ^a	18,77±0,69 ^a	18,65±0,85 ^a
Σ	39,23±1,40 ^a	51,32±1,80 ^b	50,99±1,48 ^b	50,86±1,65 ^b	51,26±1,61 ^b	50,58±1,44 ^b	51,08±1,59 ^b
MUFA							
Σ	8,61±0,48 ^a	29,12±1,05 ^b	29,40±1,10 ^b	29,21±0,98 ^b	29,56±0,89 ^b	29,96±1,20 ^b	29,67±1,12 ^b
PUFA							
Σ	7,20±0,37 ^b	11,13±0,53 ^b	11,25±0,47 ^b	11,21±0,38 ^b	11,37±0,43 ^b	11,66±0,45 ^b	11,50±0,43 ^b
PUFA n-6							

Σ	1,41±0,11 ^a	17,99±0,51 ^b	18,15±0,62 ^b	18,00±0,58 ^b	18,19±0,45 ^b	18,30±0,74 ^b	18,17±0,68 ^b
PUFA							
n-3							
n-6/n-3	5,11 ^b	0,62 ^a	0,62 ^a	0,62 ^a	0,62 ^a	0,64 ^a	0,63 ^a
AI	0,80 ^b	0,17 ^a	0,17 ^a	0,17 ^a	0,16 ^a	0,16 ^a	0,16 ^a
TI	1,34 ^b	0,20 ^a	0,20 ^a	0,20 ^a	0,19 ^a	0,19 ^a	0,19 ^a
h/H	1,33 ^a	6,09 ^b	6,17 ^b	6,12 ^b	6,26 ^b	6,24 ^b	6,35 ^b

* Litere mici diferite în același rând indică diferențe semnificative între formulări ($p < 0,05$);

Îmbunătățirea profilului lipidic al burgerilor a fost dovedită și prin scăderea indicelui aterogen de la 0,80 la 0,16-0,17, a indicelui trombogen de la 1,34 la 0,19-0,20 și prin creșterea raportului h/H de la 1,33 la 6,09-6,35 ca rezultat al reformulărilor.

8.3.5. Analiza texturii burgerilor

Reformularea a afectat toate proprietățile texturale ale burgerilor (cu excepția elasticității), diferențele observate în parametrii texturali ar putea fi atribuite proteinelor, precum și agenților de gelificare la rece utilizați în formularea gelului emulsionat.

Înlocuirea grăsimii de porc cu geluri emulsionate realizate cu chitosan sau pectină a crescut în mod semnificativ ($p < 0,05$) duritatea, forța de forfecare, rezistența, gumozitatea și masticabilitatea în comparație cu martorul. Coezivitatea a crescut în toate probele ca urmare a reformulării și această creștere poate fi atribuită atât proteinelor, cât și polizaharidelor utilizate ca agent de gelificare la rece. Studiile anterioare au raportat, de asemenea, că încorporarea proteinelor din soia a crescut coezivitatea produselor din carne emulsionată (Biswas și colab., 2011).

După procesare, adezivitatea tuturor burgerilor reformulați a fost mai mare în comparație cu probele martor, dar cea mai mare adezivitate a fost găsită la burgerii fabricați cu geluri care încorporează xantan, atât cu proteine din soia, cât și din mazăre. Formulările de burgeri realizate cu chitosan (PPI-CH și SPI-CH) au înregistrat cea mai mare duritate, forță de forfecare și coezivitate, dar și cea mai mare gumozitate, în timp ce cele realizate cu xantan, atât cu proteine din mazăre, cât și din soia, au înregistrat cea mai scăzută duritate, forță de forfecare și masticabilitate, semnificativ ($p < 0,05$) mai mici decât cele ale burgerilor martor.

8.3.6. Culoarea și pH-ul burgerilor

Luminozitatea (valorile L^*) a scăzut semnificativ ($p < 0,05$) în timp ce coordonata galbenă (b^*) a crescut semnificativ ($p < 0,05$) la burgerii reformulați prin înlocuirea grăsimii de porc cu emulsii pe bază de chitosan sau pectină, atât cu izolate de proteine din mazăre, cât și cu izolate de proteine din soia, în timp ce la cele care încorporează xantan, nu s-au găsit diferențe semnificative privind acești parametri de culoare în comparație cu martorul.

Luminozitatea mai scăzută observată după gătire în produsele din carne reformulate în comparație cu martorul a mai fost raportată anterior și a fost atribuită brunificării proteinelor din soia sau mazăre în timpul reacțiilor Maillard (Kang și colab., 2022). Valorile pH-ului au fost semnificativ mai mari ($p < 0,05$) doar la burgerii reformulați prin înlocuirea grăsimii de porc cu oleogeluri realizate cu chitosan. În ceea ce privește evoluția în timpul depozitării, pH-ul a avut

tendința de a crește, dar nu s-a modificat semnificativ ($p < 0,05$) pe parcursul a 10 zile de păstrare în condiții de refrigerare.

Tabelul 22. Parametrii de culoare și pH-ul burgerilor martor și reformulați la 0, 5 și 10 zile de păstrare la 4 °C.*

Timp de depozitare (zile)	C	PPI-CH	PPI-P	PPI-X	SPI-CH	SPI-P	SPI-X
L*							
0	53,88±2,66 ^{cC}	45,93±1,81 ^{abB}	44,20±2,64 ^{aA}	53,03±1,61 ^{cB}	47,62±1,04 ^{bB}	46,40±0,94 ^{bA}	52,12±0,89 ^{cB}
5	47,95±2,58 ^{bcB}	39,38±2,28 ^{aA}	46,04±2,17 ^{bAB}	49,70±1,62 ^{cdA}	49,87±1,80 ^{cdC}	49,13±0,48 ^{cdB}	50,38±0,45 ^{dA}
10	43,85±1,63 ^{aA}	48,33±1,67 ^{bcC}	47,85±1,95 ^{bB}	50,61±0,83 ^{dA}	44,04±0,98 ^{aA}	46,81±1,08 ^{bA}	49,59±0,85 ^{cdA}
a*							
0	9,54±0,82 ^{bB}	10,74±0,41 ^{cC}	9,36±0,44 ^{abC}	9,07±0,31 ^{abC}	10,59±0,27 ^{cC}	9,10±0,29 ^{abB}	8,91±0,25 ^{aC}
5	6,02±0,64 ^{aA}	10,18±0,44 ^{eB}	8,53±0,36 ^{cdB}	8,16±0,29 ^{cB}	9,74±0,31 ^{eB}	8,84±0,26 ^{dB}	7,68±0,25 ^{bB}
10	5,35±0,53 ^{aA}	9,55±0,31 ^{eA}	7,74±0,41 ^{cA}	6,98±0,12 ^{bA}	8,44±0,21 ^{dA}	8,09±0,15 ^{cdA}	7,12±0,40 ^{bA}
b*							
0	16,35±1,10 ^{ab}	18,20±1,06 ^{cA}	17,72±0,43 ^{bcA}	15,96±0,50 ^{aA}	18,03±0,05 ^{cA}	17,14±0,23 ^{bA}	16,14±0,54 ^{aA}
5	15,09±0,57 ^{aA}	20,06±1,30 ^{dB}	18,90±0,21 ^{cB}	16,34±0,60 ^{bA}	20,34±0,43 ^{dC}	18,19±0,50 ^{cB}	16,30±0,30 ^{bA}
10	15,20±0,58 ^{aA}	20,69±0,21 ^{eB}	19,25±1,42 ^{dB}	17,03±0,40 ^{bB}	19,79±0,24 ^{dB}	18,44±0,22 ^{cB}	17,16±0,60 ^{bB}
pH							
0	6,11±0,05 ^{aA}	6,49±0,08 ^{bA}	6,04±0,04 ^{aA}	6,13±0,05 ^{aA}	6,40±0,07 ^{bA}	6,03±0,07 ^{aA}	6,11±0,06 ^{aA}
5	6,12±0,06 ^{aA}	6,58±0,08 ^{bA}	6,15±0,08 ^{aB}	6,18±0,05 ^{aA}	6,48±0,07 ^{bA}	6,07±0,04 ^{aA}	6,13±0,06 ^{aA}
10	6,12±0,04 ^{abA}	6,54±0,06 ^{dA}	6,16±0,03 ^{abcB}	6,21±0,04 ^{cA}	6,52±0,04 ^{dA}	6,09±0,03 ^{aA}	6,18±0,04 ^{bcA}

* Litere mici diferite în același rând indică diferențe semnificative între formulările de burger ($p < 0,05$) pentru aceeași perioadă de depozitare, în timp ce litere mari diferite în aceeași coloană indică diferențe semnificative între timpii de prelevare pentru aceeași formulare de burger ($p < 0,05$).

8.3.7. Proprietățile tehnologice

Rezultatele au arătat că pierderea la gătire a fost semnificativ ($p < 0,05$) mai mică în burgerii reformulați fabricați prin înlocuirea grăsimii de porc cu geluri emulsionate realizate cu chitosan sau xantan în comparație cu martorul. Burgerii reformulați realizați cu pectină au prezentat pierderi mai mari la gătire decât martorul, deși diferențele nu au atins o semnificație statistică. Pierderea mai mare la gătire găsită în burgerii reformulați cu pectină (PPI-P și SPI-P) era de așteptat având în vedere eliberarea totală de fluide mai mare a gelurilor emulsionate realizate folosind pectină ca agent de gelificare la rece.

Retenția de umiditate a fost semnificativ mai mare ($p < 0,05$) în toți burgerii reformulați în comparație cu martorul. Acest lucru ar putea fi atribuit capacității de reținere a apei și a uleiului atât a polizaharidelor, cât și a proteinelor încorporate în gelurile emulsionate, precum și interacțiunii acestora cu proteinele din carne. Cea mai mare retenție de umiditate a fost găsită în burgerii reformulați realizați cu xantan, atât cu izolat proteic din soia, cât și din mazăre. Cea mai scăzută retenție de grăsime a fost găsită în probele martor datorită conținutului mai mare de grăsime și topirii grăsimii de porc.

Tabelul 23. Proprietăți tehnologice ale burgerilor martor și reformulați.*

	C	PPI-CH	PPI-P	PPI-X	SPI-CH	SPI-P	SPI-X
Pierderea prin gătire (%)	38,96±0,71 ^d	36,49±0,61 ^c	39,23±1,19 ^d	26,57±2,54 ^b	36,51±1,00 ^c	39,57±1,67 ^d	25,24±1,06 ^a
Contrația (%)	23,64±0,93 ^c	20,83±0,55 ^c	22,24±0,85 ^d	13,45±0,47 ^b	22,83±0,78 ^{de}	20,79±0,67 ^c	9,69±0,39 ^a
Retenția de umiditate (%)	32,53±0,40 ^a	36,11±0,37 ^c	33,64±0,47 ^b	44,53±0,48 ^d	36,64±0,48 ^c	34,06±0,40 ^b	45,04±0,61 ^d
Retenția de grăsime (%)	75,55±1,37 ^a	91,76±1,51 ^{bc}	91,40±1,15 ^b	94,22±1,44 ^{cd}	90,37±1,76 ^b	91,78±1,78 ^{bc}	94,83±1,64 ^d

* Litere mici diferite în același rând indică diferențe semnificative între formulări ($p < 0,05$).

8.3.8. Oxidarea lipidelor

Imediat după procesare, valorile TBARS au fost mai mici la burgerii reformulați prin înlocuirea grăsimii de porc cu geluri emulsionate realizate cu pectină și chitosan.

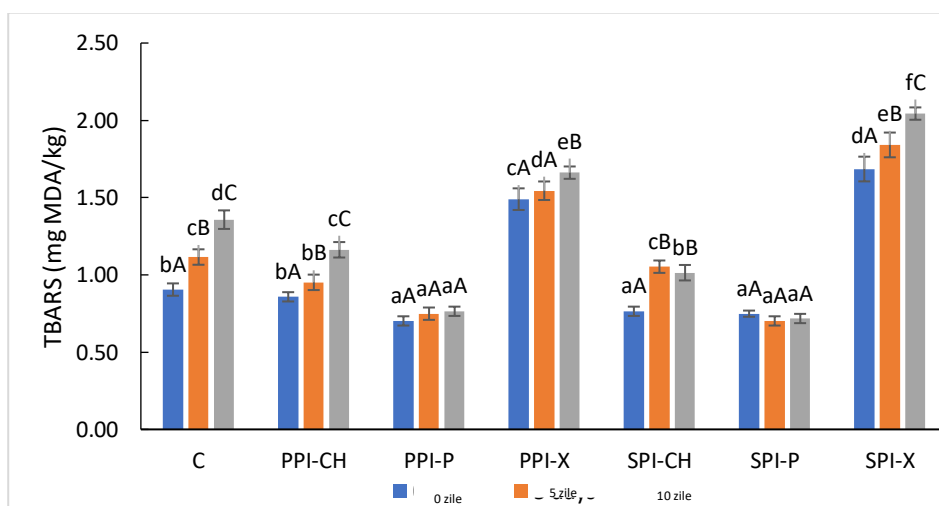


Figura 12. Valorile TBARS (mg MDA/kg) în burgerii martor și reformulați la 0, 5 și 10 zile de depozitare la 4 °C. Litere mici diferite indică diferențe semnificative între formulările de burger ($p < 0,05$) pentru aceeași perioadă de depozitare, în timp ce litere mari diferite indică diferențe semnificative între timpii de prelevare pentru aceeași formulare de burger ($p < 0,05$).

Aceste constatări au fost atribuite efectelor combinate ale (a) conținutului mai scăzut de grăsimi din produsele reformulate, (b) prezenței antioxidanților naturali în amestecul de ulei utilizat pentru formularea gelurilor emulsionate, (c) capacității antioxidante a unor agenți de gelificare precum și (d) protecției oferite de gelul emulsionat prin imobilizarea uleiului (Poyato și colab., 2015; Alejandre și colab., 2017).

În studiul nostru, burgerii reformulați au avut, de asemenea, un conținut mai scăzut de grăsimi, iar uleiul de măsline extravirgin încorporat în gelurile emulsionate a contribuit la protecția antioxidantă prin conținutul ridicat de tocoferoli și compuși fenolici (Lanza și Ninfali, 2020).

8.3.9. Analiza senzorială

Scorurile acordate de paneliști pentru gust și aromă au fost mai mari la burgerii martor în comparație cu burgerii reformulați, cu toate acestea, diferențele nu au fost semnificative statistic ($p < 0,05$). Din punct de vedere al aspectului, cele mai mici scoruri au fost obținute de burgerii reformulați realizați cu xantan, în principal ca urmare a aspectului zdrențuit al acestor burgeri.

Burgerii reformulați realizați cu chitosan au fost evaluați cu cel mai mare scor pentru acceptabilitatea generală, nefiind diferiți semnificativ de burgerii martor. Proteina folosită în studiul de față nu a influențat semnificativ proprietățile senzoriale ale burgerilor.

8.4. Concluzii

Reformularea burgerilor prin înlocuirea totală a grăsimii de porc cu gelurile emulsionate realizate în acest studiu a permis obținerea de burgeri cu conținut redus de grăsimi și profil lipidic îmbunătățit în conformitate cu amestecul de uleiuri utilizat. Înlocuirea grăsimii de porc cu geluri emulsionate realizate cu chitosan sau pectină a îmbunătățit semnificativ atributele texturale (duritate, forță de forfecare, reziliență, gumozitate și masticabilitate) și stabilitatea oxidativă a burgerilor în comparație cu burgerii martor.

Cea mai mare retenție de umiditate și grăsime s-a găsit în burgerii reformulați realizați cu xantan, atât cu proteine din mazăre, cât și din soia, cu toate acestea, proprietățile texturale și stabilitatea oxidativă a acestor burgeri au fost afectate negativ. Înlocuirea grăsimii de porc cu geluri emulsionate stabilizate cu chitosan a fost cea mai bună formulare, îmbunătățind valoarea nutritivă, parametrii tehnologici și stabilitatea oxidativă a burgerilor de vită, fără a afecta negativ proprietățile senzoriale și acceptabilitatea generală a acestora.

CAPITOLUL 9

UTILIZAREA EXTRACTULUI DE TESCOVINĂ DE COACAZE NEGRE PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA STABILITĂȚII OXIDATIVE A CRENVURȘTILOR REFORMULAȚI ÎMBOGĂȚIȚI CU ACIZI GRAȘI MONO- ȘI POLINESATURAȚI

9.1. Introducere

Crenvurștii sunt cârnați subțiri gata de consum, realizați în mod tradițional din carne de porc și vită mărunțită fin, umpluți în membrane de intestin de oaie, tratați termic și apoi afumați la temperatură scăzută (Fogarasi și colab., 2024). Deși sunt unele dintre cele mai consumate produse din carne emulsionată, crenvurștii nu sunt considerați în mod obișnuit alimente sănătoase datorită conținutului lor ridicat de sare și conservanți, precum și conținutului lor ridicat de grăsimi animale (20-30 %) dominat de grăsimi saturate.

Cererea tot mai mare a consumatorilor pentru produse din carne mai sănătoase a promovat intensificarea studiilor privind utilizarea extractelor de plante sau a compușilor derivați din plante ca alternative pentru antioxidanții sintetici în produsele din carne (Agregán și colab., 2019). Acest studiu și-a propus să evalueze fezabilitatea reformulării crenvurștilor prin înlocuirea totală a grăsimii de porc cu geluri emulsionate care conțin uleiuri de floarea soarelui cu conținut ridicat de acid oleic și semințe de in, precum și extract de tescovină de coacăze negre ca antioxidant natural. Proprietățile nutriționale, fizico-chimice, tehnologice, texturale și senzoriale ale crenvurștilor reformulați au fost comparate cu probele martor realizate cu grăsime de porc și cu probe martor reformulate cu gel emulsionat fără extract de tescovină de coacăze negre.

9.2. Materiale și metode

Coacăzele negre (*Ribes nigrum* L.) au fost recoltate din flora sălbatică a județului Vâlcea (Regiunea Sud-Vest Oltenia, România) și prelucrate industrial în suc la un producător comercial de suc. Tescovina a fost uscată la 57 °C, măcinată într-o râșniță electrică de uz casnic, cernută printr-o sită cu orificii de 0,5 mm și păstrată la 20 °C în întuneric până la utilizare.

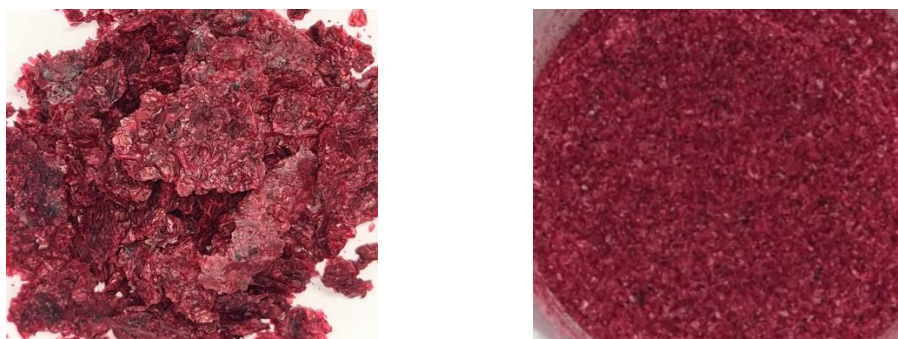


Figura 13. Aspectul tescovinei de coacăze negre înainte și după măcinare.

Extractele de tescovină de coacăze negre, care au fost utilizate în continuare ca ingredient în formularea gelului emulsionat, au fost preparate după cum urmează: 50 g de pulbere uscată

de tescovină de coacăze negre au fost cântărite și adăugate la 500 ml de apă preîncălzită la 80 °C. Amestecul a fost supus ultrasonării timp de 30 min la temperatura camerei și filtrat prin hârtie de filtru Whatman No.1. Extractele apoase au fost ulterior evaluate pentru conținutul total de antociani, conținutul total de compuși fenolici și activitatea de captare a radicalilor DPPH.

Au fost fabricate patru formulări de gel emulsionat pentru a fi utilizate în crenvurști ca înlocuitori ai grăsimii de porc: EG0, EG2.5, EG5.0 și EG10.0, produse prin înlocuirea a 0%, 2,5%, 5,0% și respectiv 10,0% din apa utilizată în formularea gelului cu extract de tescovină de coacăze negre. Deoarece gelul emulsionat reprezintă 20% din compoziția de carne + grăsime, nivelurile de extract de tescovină de coacăze negre din compoziția formulărilor de crenvurști VSEG0, VSEG0.5, VSEG1.0, și VSEG2.0 sunt 0, 0.5, 1.0, și respectiv 2.0%. Parametrii de culoare CIELab, pH-ul, stabilitatea termică și proprietățile texturale ale gelurilor emulsionate au fost determinate imediat după obținere, precum și după 7 și 14 zile de depozitare la rece (4 °C).



Figura 14. Aspectul gelului emulsionat obținut prin înlocuirea a 2,5% din apa utilizată în formularea gelului cu extract de tescovină de coacăze negre.

Cinci formulări diferite de crenvurști au fost fabricate într-o fabrică de procesare a cărnii (Casa Corina S.R.L., Craiova, România). Două șarje de 10 kg au fost pregătite pentru fiecare formulare în zile diferite.



Figura 15. Aspectul pastei de crenvurști.

Crenvurștii martor (VSC) au fost pregătiți folosind carne macră de porc tocată (8 kg), grăsime de porc tocată (2 kg), apă (2,63 kg), amidon (0,40 kg), sare nitrică (0,21 kg), aditivi, amestec de condimente CW Super pentru crenvurști (0,11 kg), și colorant alimentar Propicolor (0,01 kg). Pe scurt, procesul de fabricație a început în cutter cu următoarele operații: 1) tocarea fină a cărnii, 2) adăugarea de sare, 3) adăugarea de gheață/apă, 4) adăugarea de sare nitrică, 5) adăugarea de grăsime de porc/gel emulsionat, 6) adăugare amestec de condimente CW Super, aditivi și colorant alimentar.

Pasta de carne a fost umplută în membrane de collagen de bovină comestibile (Cutisin, Devro s.r.o., Jilemnice, Republica Cehă; 20 mm diametru și 140 lungime) utilizând un utilaj de umplere sub vid HP-25 (Vemag Maschinenbau, Verden, Germania). Tratamentul termic a fost efectuat într-o cameră de afumare industrială Fessmann Turbomat 1800 RT (Fessmann, Winnenden, Germania) și a constat în trei etape: fierbere la 60 °C timp de 30 de minute, urmată de fierbere la 75 °C timp de 25 de minute și în final afumarea la 60 °C timp de 6 min. Apoi, crenvurștii au fost dușați cu apă rece timp de 10 minute și păstrați la frigider (4 °C) timp de 21 de zile. Crenvurștii din formulările VSEG0, VSEG0.5, VSEG1.0 și VSEG2.0 au fost fabricați urmând aceeași rețetă și tehnologie ca VSC, cu excepția faptului că grăsimea de porc a fost înlocuită cu gelurile emulsionate EG0, EG2.5, EG5.0 și respectiv EG10.0



Figura 16. Procesul de umplere a membranelor de collagen de bovină cu pasta pentru crenvurști.

Stabilitatea, pH-ul și culoarea gelurilor emulsionate au fost evaluate a doua zi după procesare și după 7 și 14 zile de depozitare la rece (4 °C).

Cuantificarea conținutului de umiditate, grăsime, proteine și cenușă a fost efectuată urmând metodele descrise de AOAC (AOAC, 2002), în timp ce conținutul de carbohidrați a fost estimat prin diferență.

Loturile de crenvurști au fost cântărite înainte de tratarea termică. După fierbere, afumare, dușare și răcire peste noapte la 2 °C, loturile de crenvurști au fost cântărite din nou și pierderea prin procesare termică a fost calculată după cum urmează (Barbut și colab., 2016):

Pierdere la procesare termică (%) = $[(\text{greutate crudă} - \text{greutate gătită})/\text{greutate crudă}] \times 100$

Retenția de umiditate, reprezentând cantitatea de umiditate reținută în produsul prelucrat la 100 g de probă, a fost calculată conform următoarei ecuații (Kumar și Sharma, 2004):

Retenția de umiditate (%) = $[(100 - \text{pierderi de gătit} (\%)) \times \text{umiditate gătită}]/100$

Pentru a evalua caracteristicile texturale ale probelor de crenvurști, s-au efectuat un test de compresie și un test de tăiere folosind un textrometru TVT-6700. Pentru a evalua oxidarea lipidelor în crenvurști a fost efectuat testul substanțelor reactive la acid tiobarbituric (TBARS).

9.3. Rezultate și discuții

9.3.1. Conținutul total de compuși fenolici și antociani și capacitatea antioxidantă a tescovinei de coacăze negre uscate și a extractului de tescovină de coacăze negre

Un conținut total de compuși fenolici de 26,2 mg GAE/g a fost găsit în tescovină uscată de coacăze negre, iar după extracția în apă la 80 °C, s-a găsit un conținut total de compuși fenolici de 590 mg GAE/L. Un conținut total de antociani de 3,68 mg CGE/g a fost găsit în tescovina uscată de coacăze negre prin metoda diferențială de pH și 18,67 mg CGE/L în extractul de tescovină de coacăze negre. În ceea ce privește analiza activității de captare a radicalilor DPPH, a fost găsită o valoare de 25,5 μmol Trolox/g în tescovina uscată de coacăze negre și 0,72 mmol Trolox/L în extract. Aceste date au evidențiat potențialul antioxidant ridicat al tescovinei de coacăze negre și aceasta, împreună cu proprietățile sale de culoare, justifică încercarea de a-l încorpora în produsele din carne care necesită protecție antioxidantă.

9.3.2. Culoarea, pH-ul și stabilitatea gelurilor emulsionate

Din toate formulările au fost obținute geluri emulsionate omogene, fine și stabile. Gelurile emulsionate martor (EG0) au avut o culoare crem-gălbuie determinată în principal de culoarea izolatului de proteină din soia și a amestecului de ulei. Deși extractul de tescovină de coacăze negre a avut o culoare trandafirie deschisă, care părea să susțină pozitiv culoarea produsului din carne, adăugarea extractului a determinat scăderea valorilor L*, a* și b*.

Acest comportament poate fi atribuit degradării și modificărilor de culoare ale antocianilor din BPE, care devin albaștri și verzi la valori ale pH-ului mai mari de 7, așa cum se găsesc în gelurile emulsionate (Enaru și colab., 2021). Valorile L* au scăzut, cu atât mai mult cu cât a crescut nivelul de adăugare a extractului. Mai mult, în gelurile emulsionate cu nivel mai mare de încorporare a extractului (EG5.0 și EG10.0), valorile L* au scăzut semnificativ în timpul depozitării.

Valorile mai ridicate ale pH-ului au contribuit la stabilitatea bună a gelurilor emulsionate (eliberare totală de lichid de 3,24% după 14 zile de depozitare). Eliberarea totală de lichid a crescut semnificativ ca urmare a încorporării BPE, indicând scăderea stabilității gelului emulsionat.

Tabelul 25. Parametrii de culoare, pH-ul și eliberarea totală de lichid a gelurilor emulsionate la 0, 7 și 14 zile de depozitare la 4 °C.*

Timp depozitare (zile)	EG0	EG2.5	EG5.0	EG10.0
L*				
0	71,76±0,71 ^{cA}	68,51±0,75 ^{bA}	66,71±1,88 ^{bB}	60,81±1,65 ^{aB}
7	72,88±0,57 ^{dA}	68,99±1,20 ^{cA}	65,41±1,37 ^{bAB}	57,00±1,67 ^{aA}
14	71,62±2,77 ^{dA}	68,29±2,93 ^{cA}	63,59±1,17 ^{bA}	55,56±1,74 ^{aA}

a*				
0	3,59±0,19 ^{bAB}	2,99±0,16 ^{aA}	2,88±0,18 ^{aA}	2,88±0,15 ^{aA}
7	3,39±0,10 ^{cA}	3,08±0,09 ^{abA}	3,01±0,18 ^{aA}	3,21±0,18 ^{bcB}
14	3,69±0,13 ^{bB}	3,33±0,11 ^{aB}	3,40±0,23 ^{aB}	3,51±0,18 ^{abC}
b*				
0	19,89±0,58 ^{dA}	17,45±0,20 ^{cA}	16,19±0,18 ^{bA}	14,69±0,24 ^{aA}
7	19,42±0,09 ^{dA}	17,68±0,14 ^{cA}	15,72±0,26 ^{bA}	14,77±0,35 ^{aA}
14	19,33±0,69 ^{cA}	17,83±0,32 ^{bA}	16,23±0,46 ^{aA}	15,78±0,65 ^{aA}
Eliberare totală de lichid (%)				
0	1,31±0,15 ^{aA}	3,45±0,21 ^{bA}	5,81±0,22 ^{cA}	16,77±0,68 ^{dA}
7	2,36±0,19 ^{aB}	4,85±0,28 ^{bB}	7,24±0,26 ^{cB}	21,67±0,88 ^{dB}
14	3,24±0,22 ^{aC}	8,21±0,45 ^{bC}	9,42±0,38 ^{bc}	24,33±1,13 ^{cC}
pH				
0	8,36±0,03 ^{dB}	8,16±0,02 ^{cA}	7,87±0,03 ^{bA}	7,61±0,02 ^{aA}
7	8,42±0,03 ^{dAB}	8,18±0,03 ^{cA}	8,03±0,04 ^{bB}	7,82±0,01 ^{aB}
14	8,47±0,04 ^{cA}	8,21±0,03 ^{bA}	8,16±0,02 ^{bc}	7,93±0,03 ^{aC}

* Literele mici diferite indică diferențe semnificative între formulările de gel emulsionat ($p < 0,05$) pentru aceeași perioadă de depozitare, în timp ce literele mari diferite indică diferențe semnificative între timpii de prelevare a probelor pentru aceeași formulare de gel emulsionat ($p < 0,05$).

9.3.3. Proprietățile texturale ale gelurilor emulsionate

Rezultatele au arătat că încorporarea BPE în gelul emulsionat a dus la o scădere semnificativă statistic ($p < 0,05$) a durității, coezivității, adezivității și rezistenței, în timp ce elasticitatea nu a fost afectată semnificativ ($p > 0,05$). Adezivitatea a scăzut odată cu creșterea nivelului de încorporare a extractului de până la aproape trei ori, în timp ce reziliența a scăzut cu până la 15,8% (EG10.0) în comparație cu matorul (EG0).

Aceste modificări ale proprietăților texturale pot fi atribuite scăderii alcalinității gelurilor emulsionate ca urmare a adăugării de BPE. Studiile anterioare au arătat că modificările structurale și textura gelului proteinelor izolate din soia sunt favorizate de creșterea pH-ului în condiții alcaline.

9.3.4. Compoziția proximală și valoarea energetică ale crenvurștilor

Crenvurștii reformușați au avut o valoare energetică cu 4,55 până la 9,56% mai mică decât matorul, în principal datorită conținutului lor mai scăzut de grăsimi. Atât conținutul de proteine, cât și cel de cenușă au crescut în toți crenvurștii reformușați, dar creșterile nu au fost semnificative ($p > 0,05$).

9.3.5. Profilul acizilor grași

PUFA/SFA a crescut de la 0,49 la crenvurștii mator la 1,09 la cei reformușați, în concordanță cu studiile anterioare care recomandă ca acest raport să fie între 1 și 1,5 pentru a fi adecvat pentru a reduce riscul de boli cronice (Kang și colab., 2005). Crenvurștii reformușați ar putea fi revendicați drept „bogați în grăsimi nesaturate” conform Regulamentului (CE) nr.

1924/2006 și Regulamentului Comisiei nr. 432/2012, deoarece cel puțin 70% dintre acizii grași (76,36-76,74%) provin din grăsimi nesaturate.

Tabelul 27. Compoziția proximală și valoarea energetică ale crenvurștilor martor și reformușați*

	VSC	VSEG0	VSEG0.5	VSEG1.0	VSEG2.0
Umiditate (%)	58,57±1,33 ^a	61,46±0,97 ^b	59,95±1,11 ^{ab}	59,88±1,48 ^{ab}	60,67±0,83 ^{ab}
Proteină (%)	12,66±0,45 ^a	12,82±0,61 ^a	13,21±0,38 ^a	13,15±0,49 ^a	13,34±0,55 ^a
Grasime (%)	20,32±0,48 ^c	17,52±0,52 ^a	18,99±0,35 ^b	18,62±0,51 ^b	18,22±0,67 ^{ab}
Cenușă (%)	2,26±0,16 ^a	2,46±0,09 ^a	2,39±0,11 ^a	2,45±0,14 ^a	2,42±0,13 ^a
Valoare energetica (kcal/100 g)	267,32±2,92 ^d	241,76±1,28 ^a	255,15±2,69 ^c	253,58±3,37 ^c	248,42±1,93 ^{bc}
Val. energ. din grăsime (kcal/100 g)	182,88±4,32 ^c	157,68±4,68 ^a	170,91±3,15 ^b	167,58±4,59 ^b	163,98±6,03 ^{ab}
Reducerea conținutului de grăsimi (%)	-	13,79±0,52 ^d	6,54±0,49 ^a	8,37±0,35 ^b	10,35±1,18 ^c
Reducerea valorii energetice (%)	-	9,56±0,51 ^c	4,55±0,04 ^a	5,14±0,22 ^a	7,06±1,03 ^b

* Literele mici diferite indică diferențe semnificative între formulările de crenvurști ($p < 0,05$).

Raportul n-6/n-3 a scăzut puternic de la 10,99 la aproximativ 1,54 (de peste 7 ori) în crenvurștii reformușați în comparație cu martorul, în timp ce raportul PUFA/SFA a crescut de la 0,49 la 1,08. Nu a fost observat niciun efect semnificativ al adăugării de extracte antioxidante asupra conținutului de PUFA n-6 și PUFA n-3. Cu toate acestea, crenvurștii reformușați cu extracte antioxidante au prezentat cantități mai mari de acizi octadecatetraenoic și eicosadienoic în comparație cu cei reformușați fără extracte antioxidante (VSEG0). Diferențe similare, foarte mici, dar semnificative, au fost raportate anterior și au fost atribuite capacității extractelor naturale de a întârzia degradarea acizilor grași nesaturați (de Ciriano și colab., 2010).

9.3.6. Culoarea și pH-ul crenvurștilor

După procesare, înlocuirea slăninii de porc cu gelul emulsionat martor a determinat creșterea semnificativă ($p < 0,05$) a valorilor L^* și scăderea valorilor a^* , în timp ce culoarea galbenă (valorile b^*) nu a suferit modificări semnificative. Încorporarea BPE în geluri emulsionate a determinat scăderea progresivă a valorilor L^* cu creșterea nivelului de adăugare și creșterea valorilor a^* și b^* la crenvurștii reformușați.

Tabelul 29. Parametrii de culoare și pH-ul crenvurștilor martor și reformușați la 0, 7, 14 și 21 zile de păstrare la 4 °C.

Țimp de depozitare (zile)	VSC	VSEG0	VSEG0.5	VSEG1.0	VSEG2.0
L*					
0	67,28±1,09 ^{aC}	70,12±0,70 ^{cC}	69,94±0,62 ^{cB}	68,82±0,56 ^{bB}	68,32±0,45 ^{bB}
7	67,22±0,69 ^{aBC}	68,88±0,75 ^{bBC}	69,33±0,55 ^{bB}	67,65±0,75 ^{aA}	67,86±0,72 ^{aB}
14	65,74±0,66 ^{aAB}	67,41±0,81 ^{bAB}	67,83±0,89 ^{bA}	67,37±1,27 ^{bA}	66,60±1,05 ^{abA}
21	64,29±1,75 ^{aA}	66,14±1,86 ^{bA}	67,08±1,08 ^{bA}	66,67±0,39 ^{bA}	65,82±0,87 ^{abA}
a*					
0	15,24±0,45 ^{dAB}	13,75±0,55 ^{aA}	14,07±0,22 ^{abAB}	14,55±0,16 ^{cAB}	14,30±0,11 ^{bcB}
7	14,73±0,11 ^{bcA}	14,06±0,25 ^{aAB}	13,94±0,07 ^{aA}	14,93±0,21 ^{cC}	14,52±0,25 ^{bB}
14	14,98±0,32 ^{bA}	14,38±0,35 ^{aB}	14,36±0,31 ^{aBC}	14,71±0,24 ^{abBC}	14,46±0,30 ^{aB}
21	15,59±0,57 ^{cB}	13,87±0,62 ^{abAB}	14,43±0,26 ^{bC}	14,29±0,23 ^{abA}	13,80±0,41 ^{aA}
b*					
0	12,28±0,23 ^{aA}	12,58±0,26 ^{abA}	12,39±0,25 ^{abA}	12,65±0,19 ^{bA}	12,45±0,26 ^{abA}
7	12,10±0,05 ^{aA}	12,42±0,08 ^{bA}	12,34±0,14 ^{abA}	12,70±0,31 ^{cA}	12,67±0,23 ^{cA}
14	12,75±0,14 ^{aB}	13,03±0,19 ^{bcB}	12,91±0,25 ^{abB}	13,09±0,10 ^{bcB}	13,13±0,06 ^{cB}
21	12,77±0,21 ^{aB}	13,07±0,19 ^{bb}	13,26±0,35 ^{bC}	13,28±0,15 ^{bb}	13,77±0,05 ^{cC}
pH					
0	6,24±0,03 ^{bcA}	6,47±0,04 ^{dA}	6,30±0,04 ^{cA}	6,19±0,03 ^{bA}	6,10±0,04 ^{aA}
7	6,40±0,05 ^{bb}	6,54±0,03 ^{cb}	6,41±0,05 ^{bb}	6,29±0,04 ^{ab}	6,22±0,03 ^{ab}
14	6,48±0,04 ^{bb}	6,56±0,03 ^{cb}	6,59±0,06 ^{cC}	6,57±0,03 ^{cC}	6,33±0,04 ^{aC}
21	6,94±0,04 ^{bcC}	6,78±0,04 ^{aC}	6,80±0,05 ^{aD}	6,91±0,06 ^{bd}	7,01±0,05 ^{cD}

* Literele mici diferite indică diferențe semnificative între formulările de crenvurști ($p < 0,05$) pentru aceeași perioadă de depozitare, în timp ce literele mari diferite indică diferențe semnificative între timpurile de prelevare pentru aceeași formulă de crenvurști ($p < 0,05$).

Creșterea valorilor a*, considerate ca fiind favorabile pentru culoarea produsului din carne, poate fi atribuită pH-ului ușor acid al pastei crenvurștilor (6,1-6,5), care face ca culoarea antocianilor din extract să aibă tenta roșie, spre deosebire de gelurile emulsionate, al căror pH este în intervalul bazic (7,0-8,0), unde antocianinele capătă nuanțe de albastru sau verde.

Valorile a* mai mari la crenvurștii reformușați fabricați cu BPE pot fi atribuite și protecției culorii roșii de către antioxidanții din extractul natural.

9.3.7. Analiza texturii crenvurștilor

Duritatea și forța de forfecare nu au fost afectate semnificativ ($p < 0,05$) de înlocuirea grăsimii de porc cu gelul emulsionat martor, în timp ce gumozitatea și masticabilitatea au scăzut ușor. Încorporarea BPE a dus la creșterea progresivă și semnificativă ($p < 0,05$) a durității,

gumozității și a forței de taiere, pe măsură ce procentul de încorporare a BPE a crescut în crenvurștii reformușați în comparație cu crenvurștii martor fără extract (VSEG0), cele mai mari valori aparând în crenvurștii reformușați VSEG2.0. Creșterea durtății ca urmare a încorporării BPE ar putea fi atribuită stabilității mai scăzute a emulsiei acestor geluri emulsionate în raport cu gelurile martor exprimate prin eliberarea mai mare de lichid, așa cum a fost prezentat anterior, având în vedere că în produsele din carne apa acționează ca și plastifiant și o pierdere mai mare de apă are ca rezultat o creștere a durtății (Santos și colab., 2022). Creșterea parametrilor duritate și masticabilitate este considerată a fi o caracteristică nefavorabilă din punctul de vedere al consumatorului, fiind asociată cu o calitate redusă a cărnii (Hanula și colab., 2022b).

9.3.8. Proprietățile tehnologice

Înlocuirea grăsimii de porc cu gelul emulsionat martor a dus la creșterea retenției de umiditate însoțită de reducerea pierderilor la tratament termic în comparație cu produsul tradițional. Retenția de umiditate a scăzut și pierderile la tratament termic au crescut progresiv pe măsură ce nivelul de încorporare al BPE a crescut, în principal ca urmare a scăderii pH-ului.

Tabelul 31. Proprietățile tehnologice ale crenvurștilor martor și reformușați.*

	VSC	VSEG0	VSEG0.5	VSEG1.0	VSEG2.0
Pierdere la tratament termic (%)	11,28±0,44 ^b	8,21±0,36 ^a	9,02±0,41 ^a	10,69±0,54 ^b	13,74±0,59 ^c
Retenția de umiditate (%)	51,96±0,92 ^a	56,41±0,67 ^d	54,54±0,76 ^c	53,47±1,00 ^{bc}	52,33±0,36 ^{ab}

* Litere mici diferite indică diferențe semnificative între formulările de crenvurști ($p < 0,05$).

9.3.9. Oxidarea lipidelor

După procesare, valorile TBARS au fost mai mari la crenvurștii reformușați în comparație cu produsul tradițional realizat cu grăsime de porc. Aceste rezultate se datorează probabil gradului de oxidare mai mare al uleiurilor încorporate în gelurile emulsionate care înlocuiesc grăsimea de porc. Nivelul de oxidare a lipidelor a crescut în timpul depozitării frigorifice atât în crenvurștii martor, cât și în cei reformușați, dar rata de creștere a valorilor TBARS a scăzut progresiv în timpul depozitării pe măsură ce nivelul de încorporare al BPE a crescut. După procesare, toate formulările au prezentat valori TBARS în limite acceptabile, dar după 14 zile de depozitare toți crenvurștii reformușați au înregistrat valori TBARS peste pragul de 1,0 mg MDA/kg, care este propus ca valoare de referință pentru dezvoltarea rânchezirii în produsele din carne (Domínguez și colab., 2019).

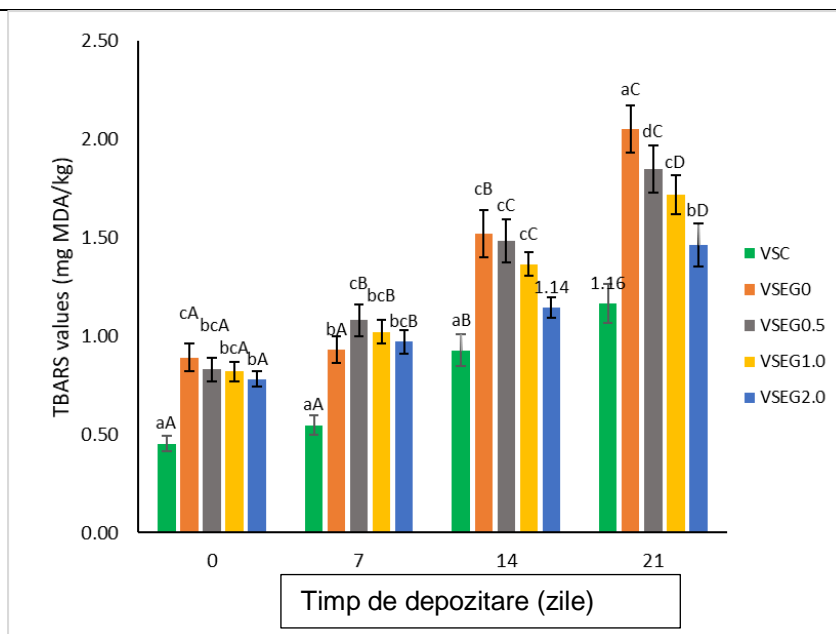


Figura 18. Valorile TBARS (mg MDA/kg) la crenvurștii martor și reformușați la 0, 7, 14 și 21 de zile de depozitare la 4 °C. Literele mici diferite indică diferențe semnificative între formulările de crenvurști ($p < 0,05$) pentru aceeași perioadă de depozitare, în timp ce litere mari diferite indică diferențe semnificative între timpii de prelevare pentru aceeași formulare de crenvurști ($p < 0,05$).

9.4. Concluzii

În acest studiu, BPE a fost încorporat la nivel de 2,5%, 5% și 10% într-un gel emulsionat pe bază de ulei de floarea-soarelui cu conținut ridicat de acid oleic și ulei de semințe de in pentru a fi folosit ca înlocuitor de grăsime de porc în crenvurști. Reformularea a îmbunătățit calitatea nutrițională și profilul de acizi grași al crenvurștilor prin scăderea conținutului de grăsimi, a conținutului de SFA și, mai ales, prin scăderea raportului n-6/n-3 de peste 7 ori, în timp ce încorporarea BPE nu a avut un impact major asupra profilului acizilor grași și a indicilor nutriționali. Înlocuirea grăsimii de porc cu gelul emulsionat martor a îmbunătățit proprietățile tehnologice în comparație cu produsul tradițional, totuși, retenția de umiditate a scăzut și pierderile la tratament termic au crescut progresiv pe măsură ce nivelul de încorporare al BPE a crescut, ca urmare a reducerii stabilității gelurilor emulsionate. Încorporarea BPE a îmbunătățit culoarea, dar a afectat textura prin creșterea durității, a gumozității și a forței de tăiere a crenvurștilor reformușați în comparație cu crenvurștii martor. BPE a crescut stabilitatea oxidativă în timpul depozitării, totuși nivelul de oxidare a fost mai mare la crenvurștii reformușați în comparație cu cei fabricați cu grăsime de porc pe parcursul a 21 de zile de depozitare. Încorporarea BPE până la un nivel de 5% în gelurile emulsionate nu a afectat semnificativ atributele senzoriale și acceptabilitatea generală a crenvurștilor reformușați.

CAPITOLUL 10

CONCLUZII FINALE

În urma cercetărilor efectuate s-au conturat următoarele concluzii:

→ Uleiul lichid structurat transformat într-un gel emulsionat poate prezenta proprietăți reologice similare grăsimii animale. Stabilizarea și structurarea uleiurilor lichide este o metodă de procesare promițătoare realizată prin prepararea gelului emulsionat. Prin urmare, un gel emulsionat oferă o modalitate de a încorpora uleiuri mai sănătoase în produsele din carne;

→ Gelurile emulsionate pot reduce în mod eficient conținutul de grăsime din produsele din carne, pot îmbunătăți compoziția și profilul acizilor grași;

→ Alegerea materiilor prime (amestecul de uleiuri, proteina, hidrocoloidul stabilizator) este crucială pentru structurile gelurilor emulsionate utilizate ca înlocuitori de grăsime;

→ Uleiul selectat pentru faza lipidică, interacțiunile cu matricea proteică și polizaharide, precum și diferitele condiții de gelificare fac posibilă proiectarea unei structuri ideale de gel emulsionat, afectând proprietățile structurale și senzoriale ale produsului după încorporarea în produsele din carne;

→ Utilizarea înlocuitorilor de grăsimi în produsele din carne le poate face mai conforme cu nevoile nutriționale și de sănătate ale consumatorilor prin îmbunătățirea conținutului de grăsimi și a compoziției de acizi grași;

→ Atunci când se prepară geluri emulsionate ca înlocuitori de grăsimi, uleiul lichid bogat în acizi grași nesaturați poate fi selectat ca fază uleioasă;

→ Uleiul vegetal cu conținut ridicat de acizi grași nesaturați este predispus la deteriorarea oxidativă. Caracteristicile gelurilor emulsionate le permit să înglobeze substanțe antioxidante bioactive în uleiul structurat care să sporească stabilitatea uleiului foarte nesaturat;

→ Adăugarea unor proporții specifice de gel emulsionat la produsele din carne nu reduce proprietățile tehnologice și senzoriale ale produselor sau acestea rămân în intervalul acceptabil pentru consumatori;

→ Produsele din carne reformulate cu geluri emulsionate au prezentat o bună stabilitate la oxidare în timpul depozitării. În general, depozitarea la rece a avut un efect redus asupra caracteristicilor de calitate ale produselor reformulate;

→ Gelurile formulate cu un amestec de ulei de măsline, chia și alge emulsionat cu izolat de proteină din soia și stabilizate cu gelatină sau chitosan s-au dovedit a fi un înlocuitor adecvat parțial sau total al grăsimii de porc în chiftelele de porc, în vederea dezvoltării de noi produse de carne funcționale și mai sănătoase;

→ Chitosanul s-a dovedit a fi cel mai bun hidrocoloid pentru stabilizarea gelurilor emulsionate folosite ca înlocuitori de grăsime în produsele din carne reformulate, în raport cu gelatina, xanthanul sau pectina;

→ O scădere semnificativă a conținutului de grăsime a fost obținută în produsele din carne reformulate în comparație cu martorii, însoțită de creșterea conținutului de PUFA și de scăderea SFA și a raportului n-6/n-3. Ca rezultat, profilul lipidic a fost îmbunătățit, așa cum au demonstrat indicii de aterogenitate (AI) și trombogenitate (TI);

→ Studiile dezvoltate evidențiază potențialele beneficii ale dezvoltării gelurilor emulsionate U/A care conțin compuși bioactivi, formulate cu uleiuri vegetale valoroase precum uleiurile de măsline, chia, nucă, alge etc. și agenți de gelificare la rece (chitosan, pectină, xanthan) cu proprietăți tehnologice și nutriționale adecvate, pentru utilizare ca înlocuitori ai grăsimii în produse din carne;

→ Includerea acestor geluri emulsionate, pe lângă proprietățile tehnologice pe care le susțin, poate deschide posibilități interesante în dezvoltarea unor produse mai sănătoase, deoarece contribuie inclusiv cu o varietate de compuși bioactivi (acizi grași polinesaturați, proteine valoroase, antioxidanți, fibre etc.).

→ Amestecurile de uleiuri sănătoase (chia, măsline, nucă, floarea soarelui, alge), structurate în geluri emulsionate, s-au dovedit a fi o opțiune interesantă pentru dezvoltarea de produse din carne cu funcționalitate ridicată. Produsele rezultate ar putea fi etichetate cu anumite mențiuni nutriționale și de sănătate în conformitate cu legislația europeană, în principal din cauza conținutului ridicat de acizi grași polinesaturați. De exemplu, parizerul reformulat obținut poate fi considerat drept „produs bogat în grăsimi nesaturate” și „cu conținut ridicat de acizi grași omega-3”, conform reglementărilor europene;

→ Înlocuirea grăsimii de porc cu gelurile emulsionate dezvoltate a îmbunătățit valoarea nutritivă, parametrii tehnologici și uneori chiar stabilitatea oxidativă a produselor din carne, fără a avea un impact negativ asupra caracteristicilor senzoriale și acceptabilității acestora;

→ Încorporarea extractului de tescovină de coacăze negre nu a avut un impact major asupra profilului acizilor grași și a indicilor nutriționali dar a influențat negativ asupra proprietăților tehnologice. Astfel, retenția de umiditate a scăzut și pierderile la tratament termic au crescut progresiv pe măsură ce nivelul de încorporare a extractului a crescut, ca urmare a reducerii stabilității gelurilor emulsionate;

→ Încorporarea extractului de tescovină de coacăze negre a îmbunătățit culoarea produsului din carne reformulat dar a afectat textura prin creșterea durtății, a gumozității și a forței de tăiere în comparație cu produsul martor, modificări care au fost percepute negativ la evaluarea senzorială. Extractul a determinat creșterea stabilității oxidative în timpul depozitării, totuși nivelul de oxidare a fost mai mare la produsul reformulat în comparație cu cel fabricat cu grăsime de porc pe parcursul a 21 de zile de depozitare;

→ Produsele reformulate dezvoltate în aceste studii sunt o alternativă mai sănătoasă la produsele tradiționale iar proprietățile tehnologice, stabilitatea oxidativă și acceptabilitatea generală de către consumator au fost doar în mică măsură afectate de reformulare.

CAPITOLUL 11

CONTRIBUȚII ȘI PERSPECTIVE DE CONTINUARE A CERCETĂRILOR

Originalitatea cercetărilor efectuate, în conformitate cu obiectivele științifice ale tezei de doctorat, se concretizează printr-o serie de elemente de noutate, care sporesc valoarea științifică a studiilor realizate. În baza rezultatelor experimentale originale obținute în teză se pot evidenția drept contribuții științifice următoarele:

- dezvoltarea de emulsii gelificate formulate cu un amestec de ulei de măsline, ulei de chia și ulei de alge, emulsionate cu izolat de proteină din soia și stabilizate cu doi agenți de gelificare la rece, respectiv gelatina și chitosanul, și evaluarea utilizării lor ca înlocuitori ai grăsimii de porc în chiftelele de porc;

- reformularea parizerului prin înlocuirea totală a grăsimii de porc cu un gel emulsionat pe bază de uleiuri de măsline, nucă și chia și stabilizat cu chitosan;

- evaluarea efectelor înlocuirii totale a grăsimii de porc cu geluri emulsionate realizate cu uleiuri vegetale bogate în acizi grași polinesaturați preemulsionate cu proteine din leguminoase, cum ar fi izolate proteice din soia și mazăre, ca stabilizatori, și polizaharide, precum chitosanul, pectina și xanthanul, ca agenți de gelificare la rece, asupra proprietăților nutritive, tehnologice, texturale și senzoriale ale burgerilor de vită;

- reformularea crenvurștilor prin înlocuirea totală a grăsimii de porc cu geluri emulsionate pe bază de ulei de floarea soarelui cu conținut ridicat de acid oleic și ulei din semințe de in, stabilizate cu proteină din soia și chitosan, cu adaos de extract de tescovină de coacăze negre ca antioxidant natural;

- cercetări privind utilizarea extractului de tescovină de coacăze negre pentru îmbunătățirea stabilității oxidative a crenvurștilor reformulați, îmbogății în acizi grași mono- și polinesaturați.

Rezultatele obținute constituie o bază de date științifice care pot fi punctul de plecare în vederea continuării cercetărilor cu privire la reformularea produselor din carne prin înlocuirea parțială sau totală a grăsimii de porc adăugate cu geluri emulsionate sau oleogeluri realizate pe bază de uleiuri vegetale sau marine cu conținut ridicat de acizi grași polinesaturați, emulsionate cu proteine vegetale cu funcționalitate ridicată și stabilizate cu hidrocoloizi, precum și protecția antioxidantă a acestora prin încorporarea de extracte naturale cu conținut ridicat de compuși bioactivi antioxidanți. Aceste studii trebuie să fie însoțite de cercetări privind evoluția proceselor oxidative și degradative în timpul depozitării produselor reformulate și cu adaos de extracte naturale cu activitate antioxidantă ridicată în raport cu produsele din carne martor.

Sunt necesare studii suplimentare privind stabilitatea gelurilor emulsionate, și pentru obținerea de geluri emulsionate cu proprietăți senzoriale mai bune și care să funcționeze mai bine ca înlocuitori de grăsime în produsele din carne. De asemenea, sunt necesare studii suplimentare pentru îmbunătățirea atributelor senzoriale ale produselor din carne reformulate cu acest tip de material lipidic precum și a celor cu adaos de extracte antioxidante naturale. Cercetările viitoare trebuie să vizeze determinarea efectele aditive, antagoniste sau sinergice ale reformulării și adaosului de extracte naturale cu activitate antioxidantă ridicată asupra caracteristicilor fizico-chimice, microbiologice, tehnologice și senzoriale ale produselor din carne.

CAPITOLUL 12

DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRILOR EFECTUATE PE TEMATICA TEZEI DE DOCTORAT

Articole/studii publicate în reviste cotate ISI

1. **Cîrstea (Lazăr), N.**; Nour, V.*; Boruzi, A.I. 2023. Effects of Pork Backfat replacement with Emulsion Gels Formulated with a Mixture of Olive, Chia and Algae Oils on the Quality Attributes of Pork Patties. *Foods* **2023**, 12, 519. <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/3/519> (IF = 5.561), **JIF - Q1 (FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY)**

2. **Cîrstea (Lazăr), N.**; Nour, V.*; Corbu, A.R.; Codină, G.G. Efficacy of Chitosan, Pectin and Xanthan as Cold Gelling Agents in Emulsion Gels Stabilized with Legume Proteins to Be Used as Pork Backfat Replacers in Beef Burgers. *Gels* **2023**, 9, 970. <https://doi.org/10.3390/gels9120970>, (IF = 5.0), **JIF - Q1 (POLYMER SCIENCE)**

3. **Cîrstea (Lazăr), N.**; Nour, V.; Corbu, A.R.; Muntean, C.; Codină, G.G. 2023. Reformulation of Bologna Sausage by Total Pork Backfat Replacement with an Emulsion Gel Based on Olive, Walnut, and Chia Oils, and Stabilized with Chitosan. *Foods* **2023**, 12, 3455, <https://doi.org/10.3390/foods12183455>, (IF = 5.561), **JIF - Q1 (FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY)**

4. **Cîrstea (Lazăr), N.**; Nour, V.; Corbu, A.R.; Codină, G.G. 2024. Blackcurrant Pomace Extract as a Natural Antioxidant in Vienna Sausages Reformulated by Replacement of Pork Backfat with Emulsion Gels Based on High Oleic Sunflower and Flaxseed Oils. *Gels* **2024**, 10, 534. <https://doi.org/10.3390/gels10080534> (IF = 5.0), **JIF - Q1 (POLYMER SCIENCE)**

Articole comunicate la sesiuni științifice internaționale

1. **Cîrstea (Lazăr) N.**, Nour V., Boruzi A.I. Effects of Pork Backfat Replacement with Emulsion Gels Formulated with a Mixture of Olive, Chia and Algae Oils on the Quality Attributes of Pork Patties. Scientific Conference of Doctoral Schools. SCDS-UDJG 2023, <https://cssd-udjg.ugal.ro/archive/2023/images/2023/08/Program%20CSSD%202023.pdf>

2. **Cîrstea (Lazăr) N.**, Nour V., Corbu A.R., Codină G.G. Efficacy of chitosan, pectin and xanthan as cold gelling agents in emulsion gels enriched in polyunsaturated fatty acids to be used as pork backfat replacers in beef burgers. Scientific Conference of Doctoral Schools. SCDS-UDJG 2024, https://www.cssd-udjg.ugal.ro/media/attachments/2024/06/13/program_sdsfi_s3_s7-de-listat-110-buc-1-1.pdf

3. **Cîrstea (Lazăr) N.** Reformulation of Bologna sausage by total pork backfat replacement with an emulsion gel based on olive, walnut and chia oils and stabilized with chitosan. 6th ISEKI-Food e-conference, 22 - 24 November 2023, <https://isekieconf23.meetinghand.net/en/#>

BIBLIOGRAFIE

- [1.] Agregán, R.; Barba, F.J.; Gavahian, M.; Franco, D.; Khaneghah, A.M.; Carballo, J.; Ferreira, I.C.F.R.C.; Da Silva Barretto, A.C.; Lorenzo, J.M.; Silva Barretto, A.C. și colab. *Fucus vesiculosus* extracts as natural antioxidants for improvement of physicochemical properties and shelf life of pork patties formulated with oleogels. *J. Sci. Food Agric.* **2019**, *99*, 4561-4570.
- [2.] Alejandre, M.; Passarini, D.; Astiasarán, I.; Ansorena, D. The effect of low-fat beef patties formulated with a low-energy fat analogue enriched in long-chain polyunsaturated fatty acids on lipid oxidation and sensory attributes. *Meat Sci.* **2017**, *134*, 7-13.
- [3.] AOAC International. *Official Methods of Analysis*, 15th ed.; Helrich, K., Ed.; AOAC International: Rockville, MD, USA, 1990.
- [4.] Arihara K. Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Sci.* **2004**, *74*, 219-229.
- [5.] Aşık-Canbaz, E.; Demirhan, B.; Kizilkaya, E.; An, C. K. The effects of incorporating chitosan on the functional and physical characteristics of ground beef patties. *J. Food Saf. Food Qual. - archiv Fur Lebensmittelhygiene* **2021**, *72(1)*, 27-33.
- [6.] Bajpai, V.K.; Rahman, A.; Dung, N.T.; Huh, M.K.; Kang, S.C. In vitro inhibition of food spoilage and food borne pathogenic bacteria by essential oil and leaf extracts of *Magnolia liliflora* Desr. *J. Food Sci.* **2008**, *73*, 314-320.
- [7.] Barbut, S.; Wood, J.; Marangoni, A. Potential use of organogels to replace animal fat in comminuted meat products. *Meat Sci.* **2016**, *122*, 155-162.
- [8.] Barretto, A.C.d.S.; Pacheco, M.T.B.; Pollonio, M.A.R. Effect of the addition of wheat fiber and partial pork back fat on the chemical composition, texture and sensory property of low-fat bologna sausage containing inulin and oat fiber. *Food Sci. Technol.* **2015**, *35*, 100-107.
- [9.] Beiloune, F.; Bolumar, T.; Toepfl, S.; Heinz, V. Fat Reduction and Replacement by Olive Oil in Bologna Type Cooked Sausage. Quality and Nutritional Aspects. *Food Nutr. Sci.* **2014**, *2014*, 13.
- [10.] Biswas, A.; Kumar, V.; Bhosle, S.; Sahoo, J.; Chatli, M.K. Dietary fibers as functional ingredients in meat products and their role in human health. *Int. J. Livest. Prod.* **2011**, *2*, 45-54.
- [11.] Bloukas, J.G.; Paneras, E.D.; Fournitzis, G.C. Effect of replacing pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. *Meat Sci.* **1997**, *45*, 133-144.
- [12.] Bolger, Z.; Grasso, S.; Brunton, N.; Moloney, A.P.; Hamill, R.; Monahan, F.J. In vitro bioaccessibility of alpha-linolenic acid in chicken sausages as affected by flaxseed oil incorporation method. *LWT* **2022**, *167*, Article 113808.
- [13.] Chin, K.B.; Keeton, J.T.; Miller, R.K.; Longnecker, M.T.; Lamkey, J.W. Evaluation of konjac blends and soy protein isolate as fat replacements in low-fat bologna. *J. Food Sci.* **2000**, *65(5)*, 756-63.
- [14.] Chizzolini, R.; Novelli, E.; Zanardi, E. Oxidation in traditional Mediterranean meat products. *Meat Sci.* **1998**, *49*, S87-S99.

- [15.] Cîrstea (Lazar), N.; Nour, V.; Boruzi, A.I. Effects of Pork Backfat Replacement with Emulsion Gels Formulated with a Mixture of Olive, Chia and Algae Oils on the Quality Attributes of Pork Patties. *Foods*. **2023**, *12*, 519.
- [16.] Cîrstea (Lazăr), N.; Nour, V.; Corbu, A.R.; Codină, G.G. Efficacy of chitosan, pectin and xanthan as cold gelling agents in emulsion gels stabilized with legume proteins to be used as pork backfat replacers in beef burgers. *Gels*. **2023**, *9*, 970.
- [17.] Cîrstea (Lazăr), N.; Nour, V.; Corbu, A.R.; Muntean, C.; Codină, G.G. Reformulation of Bologna sausage by total pork backfat replacement with an emulsion gel based on olive, walnut, and chia oils, and stabilized with chitosan. *Foods*. **2023**, *12*, 3455.
- [18.] Cofrades, S.; Guerra, M.A.; Carballo, J.; Fernández-Martín, F.; Jiménez-Colmenero, F. Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. *J. Food Sci.* **2000**, *65*, 281-7.
- [19.] Coronado, S.A.; Trout, G.T.; Dunshea, F.R.; Shah, N.P. (2002). Antioxidant effects of rosemary extract and whey powder on the oxidative stability of wiener sausages during 10 months frozen storage. *Meat Sci.* **2002**, *62*, 217-24.
- [20.] Coutron-Gambotti, C.; Gandemer, G. Lipolysis and oxidation in subcutaneous adipose tissue during dry-cured ham processing. *Food Chem.* **1999**, *64*, 95-101.
- [21.] Da Silva, S.L.; Amaral, J.T.; Ribeiro, M.; Sebastião, E.E.; Vargas, C.; de Lima Franzen, F.; Schneider, G.; Lorenzo, J.M.; Fries, L.L.M.; Cichoski, A.J.; și colab. Fat replacement by oleogel rich in oleic acid and its impact on the technological, nutritional, oxidative, and sensory properties of Bologna-type sausages. *Meat Sci.* **2019**, *149*, 141-148.
- [22.] Dawidowicz, A.L.; Wianowska, D.; Baraniak, B. The antioxidant properties of alcoholic extracts from *Sambucus nigra* L. (antioxidant properties of extracts). *LWT*. **2006**, *39*, 308-315.
- [23.] De Ciriano, M.G.; Rehecho, S.; Calvo, M.I.; Caverro, R.Y.; Navarro, Í.; Astiasarán, I.; Ansorena, D. Effect of lyophilized water extracts of *Melissa officinalis* on the stability of algae and linseed oil-in-water emulsion to be used as a functional ingredient in meat products. *Meat Sci.* **2010**, *85*, 373-377.
- [24.] De Oliveira Otto, M.C.; Mozaffarian, D.; Kromhout, D.; Bertoni, A.G.; Sibley, C.T.; Jacobs, D.R.; Nettleton, J.A. Dietary intake of saturated fat by food source and incident cardiovascular disease: The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *AJCN*. **2012**, *96*, 397-404.
- [25.] Delgado-Pando, G.; Cofrades, S.; Ruiz-Capillas, C.; Jimenez-Colmenero, F. Healthier lipid combination as functional ingredient influencing sensory and technological properties of low-fat frankfurters. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **2010**, *112*, 859-870.
- [26.] Domínguez, R.; Pateiro, M.; Gagaoua, M.; Barba, F.J.; Zhang, W.; Lorenzo, J.M. A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*. **2019**, *8*, 429.
- [27.] Dugan, M.E.R.; Aalhus, J.L.; Kramer, J.K.G. Conjugated linoleic acid pork research. *AJCN*. **2004**, *79*, 1212-1216.
- [28.] Eastwood M.A. The physiological effect of dietary fiber: an update. *Annu. Rev. Nutr.* **1992**, *12*, 19-35.
- [29.] Elias, R.J.; Kellerby, S.S.; Decker, E.A. Antioxidant activity of proteins and peptides. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2008**, *48*, 430-441.
- [30.] Enaru, B.; Drețcanu, G.; Pop, T.D.; Stănilă, A.; Diaconeasa, Z. Anthocyanins: Factors affecting their stability and degradation. *Antioxidants*. **2021**, *10*, 1967.

- [31.] European Commission. Regulation (EU) No 432/2012 of the European Parliament and of the Council of 16 May 2012 establishing a list of permitted health claims made on foods other than those referring to the reduction of disease risk and to children's development and health. *Off. J. Eur. Union*. **2012**, *136*, 1-408.
- [32.] European Food Safety Authority (EFSA). Scientific opinion on dietary reference values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA J.* **2010**, *8*, 1461.
- [33.] European Parliament; Council of the European Union. Corrigendum to Regulation (EC) No 1924/2006 of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 on nutrition and health claims made on foods. *Off. J. Eur. Union* **2007**, *12*, 16.
- [34.] Faraji, H.; McClements, D.J.; Decker, E.A. Role of Continuous Phase Protein on the Oxidative Stability of Fish Oil-in-Water Emulsions. *J. Agric. Food Chem.* **2004**, *52*, 4558-4564.
- [35.] Ferreira, I.; Vasconcelos, L.; Leite, A.; Botella-Martínez, C.; Pereira, E.; Mateo, J.; Kasaiyan, S.; Teixeira, A. Use of olive and sunflower oil hydrogel emulsions as pork fat replacers in goat meat burgers: Fat reduction and effects in lipidic quality. *Biomolecules*. **2022**, *12*, 1416.
- [36.] Flores, M.; Dura, M.; Marco, A.; Toldr, F. Effect of *Debaryomyces* spp. on aroma formation and sensory quality of dry-fermented sausages. *Meat Sci.* **2004**, *68*, 439-446.
- [37.] Fogarasi, M.; Urs, M.J.; Socaciu, M.I.; Ranga, F.; Semeniuc, C.A.; Vodnar, D.C.; Mureșan, V.; Țibulcă, D.; Fogarasi, S.; Socaciu, C. Polyphenols-enrichment of Vienna sausages using microcapsules containing acidic aqueous extract of *boletus edulis* mushrooms. *Foods*. **2024**, *13*, 979.
- [38.] Franco, D.; Martins, A.J.; López-Pedrouso, M.; Purriños, L.; Cerqueira, M.A.; Vicente, A.A.; Pastrana, L.M.; Zapata, C.; Lorenzo, J.M. Strategy towards replacing pork backfat with a linseed oleogel in frankfurter sausages and its evaluation on physicochemical, nutritional, and sensory characteristics. *Foods*. **2019**, *8*, 366.
- [39.] Freire, M.; Cofrades, S.; Serrano-Casas, V.; Pintado, T.; Jimenez, M.J.; Jimenez-Colmenero, F. Gelled double emulsions as delivery systems for hydroxytyrosol and n-3 fatty acids in healthy pork patties. *J. Food Sci. Technol.* **2017**, *54*, 3959-3968.
- [40.] Graça, C.; Raymundo, A.; de Sousa, I. Rheology changes in oil-in-water emulsions stabilized by a complex system of animal and vegetable proteins induced by thermal processing. *LWT*. **2016**, *74*, 263-270.
- [41.] Hanula, M.; Szpicer, A.; Górska-Horczyk, E.; Khachatryan, G.; Pogorzelska-Nowicka, E.; Poltorak, A. Quality of Beef Burgers Formulated with Fat Substitute in a Form of Freeze-Dried Hydrogel Enriched with Acai Oil. *Molecules*. **2022**, *27*, 3700.
- [42.] Heck, R.T.; Vendruscolo, R.G.; de Araújo Etchepare, M.; Cichoski, A.J.; de Menezes, C.R.; Barin, J.S.; Lorenzo, J.M.; Wagner, R.; Campagnol, P.C.B. Is it possible to produce a low-fat burger with a healthy n-6/n-3 PUFA ratio without affecting the technological and sensory properties. *Meat Sci.* **2017**, *130*, 16-25.
- [43.] Herrero, A.M.; Carmona, P.; Jiménez-Colmenero, F.; Ruiz-Capillas, C. Polysaccharide gels as oil bulking agents: Technological and structural properties. *Food Hydrocoll.* **2014**, *36*, 374-381.
- [44.] Herrero, A.M.; Ruiz-Capillas, C.; Pintado, T.; Carmona, P.; Jimenez-Colmenero, F. Infrared spectroscopy used to determine effects of chia and olive oil incorporation strategies on lipid structure of reduced-fat frankfurters. *Food Chem.* **2017**, *221*, 1333-1339.

- [45.] Hoz, L.; D'Arrigo, M.; Cambero, I.; Ordóñez, J.A. Development of an n-3 fatty acid and α -tocopherol enriched dry fermented sausage. *Meat Sci.* **2004**, *67*, 485-95.
- [46.] Jeong, J.B.; Jeong, H.J.; Park, J.H.; Lee, S.H.; Lee, J.R.; Lee, H.K.; și colab. Cancer preventive peptide lunasin from *Solanum nigrum* L. inhibits acetylation of core histones H3 and H4 and phosphorylation of retinoblastoma protein (Rb). *J. Agric. Food Chem.* **2007**, *55*, 10707-10713.
- [47.] Jeyapal, S.; Kona, S.R.; Mullapudi, S.V.; Putcha, U.K.; Gurumurthy, P.; Ibrahim, A. Substitution of linoleic acid with α -linolenic acid or long chain n-3 polyunsaturated fatty acid prevents Western diet induced nonalcoholic steatohepatitis. *Sci. Rep.* **2018**, *8*, 10953.
- [48.] Jianyun, C.; Hu, C.; Ren, F.; Peng, C. Enzyme hydrolysis of silk fibroin and the antidiabetic activity of the hydrolysates. *Int. J. Food Eng.* **2008**, *4*, 13 art.
- [49.] Jiménez-Colmenero F. Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. *Trends Food Sci. Technol.* **2000**, *11*, 56-66.
- [50.] Jimenez-Colmenero, F.; Carballo, J.; Cofrades, S. Healthier meat and meat products: Their role as functional foods. *Meat Sci.* **2001**, *59*, 5-13.
- [51.] Jiménez-Colmenero, F.; Herrero, A.; Pintado, T.; Solas, M.T.; Ruiz-Capillas, C. Influence of emulsified olive oil stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters. *Food Res. Int.* **2010**, *43*, 2068-2076.
- [52.] Kang, D.H.; Kang, S.J.; Song, J.M.; Choi, K.J.; Hong, M.K.; Song, J. K.; Park, S.J. Efficacy of myocardial contrast echocardiography in the diagnosis and risk stratification of acute coronary syndrome. *Am. J. Cardiol.* **2005**, *96*(11), 1498-1502.
- [53.] Kang, K.M.; Lee, S.H.; Kim, H.Y. Effects of using soybean protein emulsion as a meat substitute for chicken breast on physicochemical properties of Vienna sausage. *Food Sci. Anim. Resour.* **2022**, *42*(1), 73-83.
- [54.] Kaur, G.; Guo, X.F.; Sinclair, A.J. Short update on docosapentaenoic acid: A bioactive long-chain n-3 fatty acid. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* **2016**, *19*, 88-91.
- [55.] Kausar, T.; Kausar, M.; Khan, S.; Haque, S.; Azad, Z. Optimum additive composition to minimize fat in functional goat meat nuggets: A healthy red meat functional food. *Processes.* **2021**, *9*, 475.
- [56.] Khanal R.C. Potential health benefits of conjugated linoleic acid (CLA): A review. *Asian-Austr. J. Anim. Sci.* **2004**, *17*, 1315-1328.
- [57.] Khoo, H.E.; Prasad, K.N.; Kong, K.W.; Jiang, Y.; Ismail, A. Carotenoids and their isomers: Color pigments in fruits and vegetables. *Molecules.* **2011**, *16*, 1710-1738.
- [58.] Kim, Y.Y.; eMahan, D.C. Comparative effects of high dietary levels of organic and inorganic selenium on selenium toxicity of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* **2001**, *79*, 942-948.
- [59.] Knez Hrnčič, M.; Ivanovski, M.; Cör, D.; Knez, Ž. Chia seeds (*Salvia Hispanica* L.): An overview-Phytochemical profile, isolation methods, and application. *Molecules.* **2020**, *25*, 11.
- [60.] Kumar, D.; Tanwar V.K. Effects of incorporation of ground mustard on quality attributes of chicken nuggets. *J. Food Sci. Technol.* **2011**, *48*, 759-762.
- [61.] Kumar, M.; Sharma, B.D. The storage stability and textural, physico-chemical and sensory quality of low-fat ground pork patties with carrageenan as fat replacer. *Int. J. Food Sci. Technol.* **2004**, *39*, 31-42.
- [62.] Lanza, B.; Ninfali, P. Antioxidants in extra virgin olive oil and table olives: Connections between agriculture and processing for health choices. *Antioxidants.* **2020**, *9*, 41.

- [63.] Lenighan, Y.M.; McNulty, B.A.; Roche, H.M. Dietary fat composition: Replacement of saturated fatty acids with PUFA as a public health strategy, with an emphasis on alpha-linolenic acid. *Proc. Nutr. Soc.* **2019**, *78*, 234-245.
- [64.] Lenighan, Y.M.; McNulty, B.A.; Roche, H.M. Dietary fat composition: Replacement of saturated fatty acids with PUFA as a public health strategy, with an emphasis on alpha-linolenic acid. *Proc. Nutr. Soc.* **2019**, *78*, 234-245.
- [65.] Liput, K.P.; Lepczyński, A.; Ogłuszka, M.; Nawrocka, A.; Poławska, E.; Grzesiak, A.; Ślaska, B.; Pareek, C.S.; Czarnik, U.; Pierzchała, M. Effects of dietary n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids in inflammation and cancerogenesis. *Int. J. Mol. Sci.* **2021**, *22*, 6965.
- [66.] Liput, K.P.; Lepczyński, A.; Ogłuszka, M.; Nawrocka, A.; Poławska, E.; Grzesiak, A.; Ślaska, B.; Pareek, C.S.; Czarnik, U.; Pierzchała, M. Effects of dietary n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids in inflammation and cancerogenesis. *Int. J. Mol. Sci.* **2021**, *22*, 6965.
- [67.] Lopez-Ferrer, S.; Baucells, M.D.; Barroeta, A.C.; Grashorn, M.A. n-3 Enrichment of chicken meat. 1. Use of very long-chain fatty acids in chicken diets and their influence on meat quality. *Fish oil. Poult. Sci.* **2001**, *80*, 741-752.
- [68.] Lopez-Ferrer, S.; Baucells, M.D.; Barroeta, A.C.; Galobert, J.; Grashorn, M.A. n-3 Enrichment of chicken meat. 2. Use of precursors of long-chain polyunsaturated fatty acids: Linseed oil. *Poult. Sci.* **2001**, *80*, 753-761.
- [69.] Lu, Z.X.; He, J.F.; Zhang, Y.C.; Bing, D.J. Composition, Physicochemical Properties of Pea Protein and Its Application in Functional Foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2019**, *60*, 2593-2605.
- [70.] Martínez, M.L.; Labuckas, D.O.; Lamarque, A.L.; Maestri, D.M. Walnut (*Juglans regia* L.): Genetic resources, chemistry, by-products. *J. Sci. Food Agric.* **2010**, *90*, 1959-1967.
- [71.] Martins, A.J.; Lorenzo, J.M.; Franco, D.; Pateiro, M.; Domínguez, R.; Munekata, P.E.S.; Pastrana, L.M.; Vicente, A.A.; Cunha, R.L.; Cerqueira, M.A. Characterization of enriched meat-based pâté manufactured with oleogels as fat substitutes. *Gels.* **2020**, *6*, 17.
- [72.] McCann, K.B.; Shiell, B.J.; Michalski, W.P.; Leec, A.; Wanc, J.; Roginskia, H.; și colab. Isolation and characterization of antibacterial peptides derived from the f (164-207) region of bovine α S2-casein. *Int. Dairy J.* **2005**, *15*, 133-143.
- [73.] McCarthy, T.L.; Kerry, J.P.; Kerry, J.F.; Lynch, P.B.; Buckley, D.J. Assessment of the antioxidant potential of natural food and plant extracts in fresh and previously frozen pork patties. *Meat Sci.* **2001**, *57*, 177-184.
- [74.] Muguerza, E.; Ansorena, D.; Bloukas, J.G.; Astiasarán, I. Effect of fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on the lipid oxidation and volatile compounds of greek dry fermented sausages. *J. Food Sci.* **2003**, *68*(4), 1531-6.
- [75.] Muguerza, E.; Gimeno, O.; Ansorena, D.; Bloukas, J.G.; Astiasarán, I. Effect of replacing pork backfat with pre-emulsified olive oil on lipid fraction and sensory quality of Chorizo de Pamplona-a traditional Spanish fermented sausage. *Meat Sci.* **2001**, *59*, 251-8.
- [76.] No, H.K.; Meyers, S.P.; Prinyawiwatkul, W.; Xu, Z. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A review. *J. Food Sci.* **2007**, *72*, R87-R100.
- [77.] Oh, I.; Lee, J.; Lee, H.G.; Lee, S. Feasibility of hydroxypropyl methylcellulose oleogel as an animal fat replacer for meat patties. *Int. Food Res.* **2019**, *122*, 566-572.

- [78.] Pei, X.C.; Yin, F.W.; Zhong, X.; Liu, H.L.; Song, L.; Zhao, G.H.; Wang, Y.F.; Zhou, D.Y. Effects of different antioxidants and their combinations on the oxidative stability of DHA algae oil and walnut oil. *Food Sci. Nutr.* **2022**, *10*, 2804-2812.
- [79.] Pérez-Álvarez, J.A.; Roldán-Verdú, A.; Martínez-Mayoral, A.; Sayas-Barberá, E.; Navarro-Rodríguez de Vera, C.; Viuda-Martos, M.; Fernández-López, J. Chia Oleogel as a Potential New Ingredient for Healthy Cooked Meat Sausages. *Proceedings.* **2021**, *70*, 76.
- [80.] Perez-Gago, M.B.; Krochta, J.M. Denaturation time and temperature effects on solubility, tensile properties and oxygen permeability of whey protein edible films. *J. Food Sci.* **2001**, *66*, 705-710.
- [81.] Pintado, T.; Cofrades, S. Quality characteristics of healthy dry fermented sausages formulated with a mixture of olive and chia oil structured in oleogel or emulsion gel as animal fat replacer. *Foods.* **2020**, *9*, 830.
- [82.] Pintado, T.; Herrero, A.M.; Ruiz-Capillas, C.; Triki, M.; Carmona, P.; Jiménez-Colmenero, F. Effects of emulsion gels containing bioactive compounds on sensorial, technological and structural properties of frankfurters. *Food Sci. Tech. Int.* **2016**, *22*, 132-145.
- [83.] Pintado, T.; Ruiz-Capillas, C.; Jimenez-Colmenero, F.; Carmona, P.; Herrero, A.M. Oil in-water emulsion gels stabilized with chia (*Salvia hispanica* L.) and cold gelling agents: Technological and infrared spectroscopic characterization. *Food Chem.* **2015**, *185*, 470-478.
- [84.] Poledne, R. Inflammation and atherogenic effects due to saturated fatty acids. In *Handbook of Lipids in Human Function: Fatty Acids*; Watson, R.R., De Meester, F., Eds.; AOCS Press, Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, **2016**, pp. 163-179.
- [85.] Poyato, C.; Astiasarán, I.; Barriuso, B.; Ansorena, D. A new polyunsaturated gelled emulsion as replacer of pork back-fat in burger patties: Effect on lipid composition, oxidative stability and sensory acceptability. *LWT-Food Sci. Technol.* **2015**, *62*, 1069-1075.
- [86.] Rantsiou, K.; Luca, C. Fermented meat products food. In L. Cocolin, and D. Ercolini (Eds.), *Microbiology and food safety - Molecular techniques in the microbial ecology of fermented foods*. New York: Springer. 2008.
- [87.] Ren, Y.; Huang, L.; Zhang, Y.; Li, H.; Zhao, D.; Cao, J.; Liu, X. Application of emulsion gels as fat substitutes in meat products. *Foods.* **2022**, *11*, 1950.
- [88.] Revilla, I.; Santos, S.; Hernández-Jiménez, M.; VivarQuintana, A.M. The Effects of the Progressive Replacement of Meat with Texturized Pea Protein in Low-Fat Frankfurters Made with Olive Oil. *Foods.* **2022**, *11*, 923.
- [89.] Rodriguez, E.S.; Julio, L.M.; Henning, C.; Diehl, B.W.K.; Tomás, M.C.; Ixtaina, V.Y. Effect of natural antioxidants on the physicochemical properties and stability of freeze-dried microencapsulated chia seed oil. *J. Sci. Food Agric.* **2019**, *99*, 1682-1690.
- [90.] Roy, B.D.; Antolic, A. Conjugated linoleic acid (CLA) and bone health: A review. *Curr. Top. Nutraceut. R.* **2009**, *7*, 27-36.
- [91.] Ruiz-Capillas, C.; Herrero, A.M. Novel Strategies for the Development of Healthier Meat and Meat Products and Determination of Their Quality Characteristics. *Foods.* **2021**, *10*, 2578.
- [92.] Salcedo-Sandoval, L.; Cofrades, S.; Ruiz-Capillas, C.; Jiménez-Colmenero, F. Filled hydrogel particles as a delivery system for n-3 long chain PUFA in low-fat frankfurters: Consequences for product characteristics with special reference to lipid oxidation. *Meat Sci.* **2015**, *110*, 160-168.

- [93.] Santoro, I.; Russo, A.; Perri, E.; Sindona, G.; Nardi, M. Lipid peroxidation in algae oil: Antagonist effects of natural antioxidants. *Mol.* **2022**, *27*, 4453.
- [94.] Santos, M.; Rocha, D.A.V.F.; Bernardinelli, O.D.; Oliveira Júnior, F.D.; de Sousa, D.G.; Sabadini, E.; da Cunha, R.L.; Trindade, M.A.; Pollonio, M.A.R. Understanding the performance of plant protein concentrates as partial meat substitutes in hybrid meat emulsions. *Foods*. **2022**, *11*, 3311.
- [95.] Sato, A.C.K.; Moraes, K.E.F.P.; Cunha, R.L. Development of gelled emulsions with improved oxidative and pH stability. *Food Hydrocoll.* **2014**, *34*, 184-192.
- [96.] Simopoulos, A. Evolutionary aspects of diet: The omega-6/omega-3 ratio and the brain. *Mol. Neurobiol.* **2011**, *44*, 203-215.
- [97.] Siriwardhana, N.; Kalupahana, N.S.; Moustaid-Moussa, N. Health benefits of n-3 polyunsaturated fatty acids. Eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid. In *Adv. Food Nutr. Res*; Academic Press Inc.: Cambridge, MA, USA, **2012**; Volume 65, pp. 211-222.
- [98.] Tarasevičienė, Ž.; Čechovičienė, I.; Paulauskienė, A.; Gumbytė, M.; Blinstrubienė, A.; Burbulis, N. The effect of berry pomace on quality changes of beef patties during refrigerated storage. *Foods*. **2022**, *11*, 2180.
- [99.] Toldrá F. The role of muscle enzymes in dry-cured meat products with different drying conditions. *Trends Food Sci. Technol.* **2006**, *17*, 164-168.
- [100.] Utrilla, M.C.; Garcia Ruiz, A.; Soriano, A. Effect of partial replacement of pork meat with an olive oil organogel on the physicochemical and sensory quality of dry-ripened venison sausages. *Meat Sci.* **2014**, *97*, 575-582.
- [101.] Verma, A.K.; Lakshmanan, V.; Das, A.K.; Mendiratta, S.K.; Anjaneyulu, A.S.R. Quality characteristics and storage stability of patties from buffalo head and heart meats. *Int. J. Food Sci. Technol.* **2008**, *43*, 1798-1806.
- [102.] Yilmaz I. Effects of rye bran addition on fatty acid composition and quality characteristics of low-fat meatballs. *Meat Sci.* **2004**, *67*, 245-9.
- [103.] Zhou, G.H.; Zhao, G.M. Biochemical changes during processing of traditional Jinhua ham. *Meat Sci.* **2007**, *77*, 114-120.