

HULUMTIMI I INTERAKSIONEVE NDËRMJET LIPIDEVE DHE PROTEINAVE

TEMA PËR GRADËN BACHELOR I
SHKENCËS NË INXHINIERI DHE TEKNOLOGJI USHQIMORE

NGA

FITIM ÇITAKU



UNIVERSITETI I MITROVICËS "ISA BOLETINI"
FAKULTETI I TEKNOLOGJISË USHQIMORE
DEPARTAMENTI I TEKNOLOGJISË
MITROVICË

TETOR 2020

STUDY OF INTERACTIONS BETWEEN LIPIDS AND PROTEINS

THESIS FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE IN
FOOD ENGINEERING AND TECHNOLOGY

BY

FITIM ÇITAKU



UNIVERSITY OF MITROVICA "ISA BOLETINI"
FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF TECHNOLOGY
MITROVICË

OCTOBER 2020

HULUMTIMI I INTERAKSIONEVE NDËRMJET LIPIDEVE DHE PROTEINAVE

TEMA E PREZENTUAR

NGA

FITIM ÇITAKU

NË

DEPARTAMENTIN E TEKNOLOGJISË

NË PLOTËSIMIN E PJESSHËM TË OBLIGIMEVE PËR TË FITUAR GRADËN

BACHELOR I SHKENCËS NË INXHINIERI E TEKNOLOGJI USHQIMORE

TETOR 2020



UNIVERSITETI I MITROVICËS “ISA BOLETINI”

FAKULTETI I TEKNOLOGJISË USHQIMORE

DEPARTAMENTI I TEKNOLOGJISË

Aprovuar prej komisioni:

_____ Mentor
Fatos Rexhepi, Prof.Ass.Dr

_____ Anëtar
Aziz Behrami, Prof. Dr.

_____ Anëtar
Malësore Pllana, MSc.Ass.

Data e aprovimit: _____

STUDY OF INTERACTIONS BETWEEN LIPIDS AND PROTEINS

A THESIS PRESENTED

By

FITIM ÇITAKU

IN

DEPARTMENT OF TECHNOLOGY

IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF SCIENCE IN FOOD ENGINEERING AND TECHNOLOGY

OCTOBER 2020



UNIVERSITY OF MITROVICA "ISA BOLETINI"

FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY

DEPARTMENT OF TECHNOLOGY

Approved from commission:

_____ Mentor

Fatos Rexhepi, Prof.Ass.Dr

_____ Member

Aziz Behrami, Prof. Dr.

_____ Member

Malësore Pllana, Ass.MSc.

Date of approval: _____

DEDIKIM

Këtë punim diplome ia dedikoj familjes sime e cila nuk kursej as edhe ndihmën më të vogël që të arrij sot këtu ku jam. Do të ju jem borxh gjith jetën.

FALENDERIM

Falenderim të veçantë për udhëheqësin e këtij punimi mentorin Prof. Ass.Dr. Fatos Rexhepi, anëtarët e komisionit Prof.Dr. Aziz Behrami dhe MSc.Ass. Malësore Pllana, të cilët me kontributin, përkushtimin, profesionalizmin si dhe mbështetjen e tyre të plotë më mundësuan të arrij në përfundimin me rezultate të suksesshme të këtij punimi. Falenderojë gjithashtu familjen time për mbështetjen morale dhe financiare, si dhe të gjithë kolegët dhe shoqërinë .

Abstrakt i punimit

Hulumtimi i interaksioneve ndërmjet lipideve dhe proteinave

Nga

Fitim Çitaku

Bachelor i Shkencës në Inxhinieri e Teknologji Ushqimore

Fakulteti i Teknologjisë Ushqimore, Mitrovicë, 2020

Prof.Ass.Dr. Fatos Rexhepi, Mentor

Proteinat dhe lipidet, individuale ose si komplekse, luajnë funksione të rëndësishme rolet në ushqime. Që nga vitet 1970 shkencëtarët e ushqimit i kanë kushtuar vëmendje natyrës së këtyre bashkëveprimeve dhe veçanërisht për efektet e tyre në karakteristikat funksionale të ushqimeve të bazuara në proteina. Më parë, shumica e hulumtimeve të botuara i kushtojë aspektit biokimik të ndërveprimeve proteina-lipide në sistemet biologjike. Ky artikull hulumton ndërveprimet proteinë – lipid të të dy komplekseve proteinë – lipide që ndodhin natyrshëm dhe komplekset proteina-lipide të formuara nga ndërveprimet e nxitura në ushqime dhe produktet ushqimore. Karakteristikat fizikokimike të komplekseve proteinave-lipideve të njohura, natyra e lidhjes e cila rezulton në formimin e këtyre komplekseve. Ne marrim disa mostra për ekzaminim për të studiuar ndërveprimin midis lipideve dhe proteinave të tilla si albuminat e pastra, mishi i fërguar i pulës, e bardha e vezës dhe mostra e reale e hudhrës. Rezultatet treguan ndërveprim të lartë midis lipideve dhe proteinave në mishin e pulës, albuminat e pastra dhe mostra e hudhrës ku ka nivel të lartë degradimi të lipideve si rezultat i ndërveprimit ndërmjet tyre krahasuar me të bardhën e vezës ku ky bashkëveprim është minimal dhe si rezultat degradimi i lipideve është në nivel shumë me të ulët. FTIR Spektroskopia është mjet i shkëlqyeshëm për monitorimin e ndryshimeve kimike të grupeve themelore funksionale të përbërësve kryesorë në vajrat ushqimor.

Abstract of the thesis

Study of interactions between lipids and proteins

By

Fitim Çitaku

Bachelor of Science in in Food Engineering and Technology

Faculty of Food Technology, Mitrovicë, 2020

Prof.Ass.Dr. Fatos Rexhepi, Mentor

Proteins and lipids, both individually or as complexes, play important functional roles in foods. Since the 1970s food scientists have devoted attention to the nature of these interactions and particularly to their effects on functional characteristics of protein-based foods. Previously, most of the published work was devoted to the biochemical aspects of protein–lipid interactions in biological systems. This article research the protein–lipid interactions of both naturally occurring protein–lipid complexes and protein–lipid complexes formed by induced interactions in foods and food products. The physicochemical characteristics of known protein–lipid complexes, the nature of binding which results in formation of these complexes. We take several samples for examination to study interaction between lipids and protein such as pure albumines, fryied chicken meat, white eggs and real sample of garlic. Results showed high interaction between lipids and proteins in chicken meat, pure albumines and garlic sample where has high degradation level of lipids as a result of interaction between them compare with white eggs where this interaction is minimal and as a result lipid degradation is in low level degree. FTIR Spectroscopy is excellent tool for monitoring chemical changes of basic functional groups of major components in edible oils.

PËRMBAJTJA

DEDIKIM	I
FALENDERIM.....	III
ABSTRAKT I PUNIMIT	III
ABSTRACT OF THE THESIS	IV
PËRMBAJTJA.....	V
LISTA E FIGURAVE.....	VII
LISTA E TABELAVE.....	VIII
KAPITULLI I	1
1. HYRJE	1
KAPITULLI II	3
2.NJOHURI TË PËRGJITHSHME	3
2.1 Struktura dhe vetitë e Proteinave.....	3
2.2 Struktura e proteinave.....	5
2.3 Aminoacidet	5
2.4 Lipidet.....	7
2.5 Interaksionet në mes të lipideve dhe proteinave.....	8
2.6 Dukuria dhe karakteristikat e komplekseve proteina-lipide.....	9
2.6.1 Komplekset proteinë-lipide me origjinë shtazore.....	9
2.6.2 Komplekset proteinë-lipide me origjinë bimore.....	10
2.7 Lidhjet kimike ndërmjet proteinave-lipideve.....	12
2.8 Organizimi strukturor i komplekseve proteina-lipide.....	15
2.8.1 Roli i interaksioneve proteino-lipide në funksionalitetin e proteinave.....	17

2.9 Identifikimi i lidhjes së lipoproteinave me spektroskopi infra të kuqe.....	22
2.10 Spektroskopia infra e kuqe.....	23
2.11 Menyra e analizimit të mostres.....	24
2.12 Interpretimi i spektrit IK.....	26
KAPITULLI III.....	28
3. METODOLOGJIA E PUNËS.....	28
3.1 Mjetet dhe aparatura e përdorur.....	28
3.2 Reagjentët e përdorur.....	28
3.3 Përgatitja e mostrave.....	29
KAPITULLI IV.....	34
4. DISKUTIMI I REZULTATEVE.....	34
KAPITULLI V.....	37
5 PËRFUNDIMET.....	37
CONCLUSIONS.....	39
REFERENCAT.....	40

LISTA E FIGURAVE

Figura 2.1: Lidhja peptidike.....	6
Figura 3.1: Spektri i fituar nga analiza e vajit të fërguar një herë dhe dy herë në prezencën e mishit të pulës dhe analiza e vajit të fërguar në regjionin 2805cm^{-1} deri në 3045cm^{-1} me FTIR	30
Figura 3.2: Spektri i fituar nga analiza e vajit të fërguar dy here në praninë e mishit të pulës, analiza e vajit një herë të fërguar në praninë e mishit të pulës dhe analiza e vajit të pastër të fërguar në regjionin 1000cm^{-1} deri 1700cm^{-1} me FTIR.....	31
Figura 3.3: Spektri i krahasuar në regjionin $2700\text{-}3000\text{cm}^{-1}$ ndërmjet mostrës së vajit të pastër , të bardhës së vezës me vaj dhe albuminës në vaj	31
Figura 3.4: Spektri i krahasuar në regjionin $1000\text{-}1700\text{cm}^{-1}$ ndërmjet mostrës së vajit të pastër, të bardhës së vezës me vaj dhe albuminës në vaj.....	32
Figura 3.5: Spektri i krahasuar në regjionin $1000\text{-}1800\text{cm}^{-1}$ ndërmjet mostrës së vajit të pastër, albuminës me vaj dhe mostër reale e hudhrës në vaj	33
Figura 3. 6: Spektri i krahasuar në regjionin $2800\text{-}3050\text{cm}^{-1}$ ndërmjet mostrës së vajit të pastër , albuminës me vaj dhe mostër reale e hudhrës në vaj	33

LISTA E TABELAVE

Tabela 2.1: Frekuencat kryesore të grupeve funksionale për lipide.....	27
--	----

KAPITULLI I

1. HYRJE

Proteinat dhe lipidet përbëjnë dy nga përbërësit kryesorë të ushqimit. Kontributet e tyre individuale për vetitë funksionale dhe ushqyese të ushqimeve janë të përcaktuara mirë. Këto dy komponentë dihet gjithashtu se ndikojnë në vetitë e ndryshme të ushqimeve si rezultat i interaksioneve (ndërveprimeve) të tyre natyrore. Ndërveprimet proteinë-lipide dihet gjithashtu se janë përgjegjëse për organizimin e dëshiruar të një numri të madh të strukturave biologjike në qelizat e gjalla dhe indet; për shembull, si morfologjia ashtu edhe fiziologjia e qelizave të memorizave dhe organelave qelizore ndikohen nga bashkëveprimet protein-lipide. Komplekset proteinike-lipide që ndodhin natyrisht shërbejnë për një gamë të gjerë funksionesh në membranat qelizore dhe në transportin dhe metabolizmin e lipideve [13]. Në teknologjinë ushqimore, ndërveprimet midis proteinave dhe lipideve ndodhin gjatë përpunimi i produkteve ushqimore siç janë djathrat, kremrat e qumështit, majoneza, brumërat, produktet e furrave dhe disa produkte të mishit, këto ndërhyrje çojnë në formimin e komplekseve proteinike të induktuara të proteinave - lipideve. Organizimi struktural i komplekseve protein-lipide që ndodhin natyrisht në sistemet biologjike janë mjaft më të ndryshme nga ato që formohen gjatë përpunimit të produkteve ushqimore. Sidoqoftë, karakteristikat fiziko-kimike të komplekseve protein-lipide që ndodhin gjatë përpunimit të ushqimeve, si rezultat i proceseve të tilla si ngrohja, përzierja, tundjes dhe ruajtja janë mjaft të ngjashme me ato të komplekseve proteinike-lipide që ndodhin në sistemet e gjalla [14]. Ka shumë shembuj të komplekseve protein-lipid të krijuara në menyrë natyrore por ka edhe nga ato të krijuara në ushqime dhe keto të fundit zgjojnë një interesim i jashtzakonshëm për

hulumtuesit dhe teknologët e ushqimit të cilët hulumtojnë marrëdhëniet midis vetive funksionale dhe fizikokimike të proteinave ushqimore. Disa studiues kanë raportuar përmirësime të vetive funksionale dhe fiziko-kimike të proteinave që rezultojnë nga interaksioni i tyre me lipidet; këto përfshijnë përmirësimin e vetive të shtresës së sojës [15] dhe përmirësimi i cilësisë së bërjes së bukës [16]. Ndërveprimi midis lipideve dhe proteinave gjithashtu ndikon në cilësinë organoleptike të ushqimeve të ndryshme. Këto ndërveprime bëhen përmes disa llojeve të lidhjeve kimike që ndodhin mes tyre dhe ndikohen nga pH, forca jonike, temperatura dhe parametra të tjera në sistemin e reaksionit kimik. Qëllimi i këtij hulumtimi është të rishikojë njohuritë e tanishme që kanë të bëjnë me komplekset proteinike-lipide që ndodhin natyrisht dhe ato të induktuara në materiale biologjike të cilat zakonisht përdoren për ushqime dhe produkte ushqimore dhe të cilat janë raportuar në sistemet e modeleve që përmbajnë proteina dhe lipide. Informacione të publikuara për ndryshimet në strukturën e proteinave dhe funksionimin e proteinave, veçanërisht emulsifikimin, shkumëzimin, tretshmërinë dhe vetitë e xhelit, që vijnë nga ndërveprimet me lipidet dhe mekanizmat e ndërveprimeve proteinike-lipide, dhe lloji dhe natyra e lidhjeve në komplekse është rishikuar.

KAPITULLI II

2. NJOHURIT E PËRGJITHSHME

2.1 Struktura dhe vetitë e Proteinave

Proteinat janë biomolekula të mëdha, ose makromolekula, që përbëhen nga një ose më shumë zinxhirë të aminoacideve. Proteinat kryejnë një grup të madh funksionesh brenda organizmave, përfshirë katalizimin e reaksioneve metabolike, replikimin e ADN-së, përgjigjen ndaj stimujve, sigurimin e strukturës në qelizat dhe organizmat, dhe transportimin e molekulave nga një vend në tjetrin. Proteinat ndryshojnë nga njëra-tjetra kryesisht në sekuencën e tyre të aminoacideve, e cila diktohet nga sekuenca nukleotide e gjeneve të tyre, dhe që zakonisht rezulton në palosjen e proteinave në një strukturë specifike 3D që përcakton veprimtarinë e saj. Një zinxhir linear i sekuencave të aminoacideve quhet polipeptid. Një proteinë përmban të paktën një polipeptid të gjatë. Polipeptidet e shkurtra, që përmbajnë më pak se 20-30 sekuenca, rrallë konsiderohen se janë proteina dhe zakonisht quhen peptide, ose nganjëherë oligopeptide. Sekuencat individuale të aminoacideve lidhen së bashku nga lidhjet peptide dhe mbetjet aminoacide ngjitur. Sekuenca e mbetjeve të aminoacideve në një proteinë përcaktohet nga sekuenca e një gjeni, i cili është i koduar në kodin gjenetik. Në përgjithësi, kodi gjenetik specifikon 20 aminoacide standarde; por në organizma të caktuar kodi gjenetik mund të përfshijë selenocisteninë dhe në raste të caktuara pirrolizinë. Menjëherë pas ose edhe gjatë sintezës, mbetjet në një proteinë shpesh modifikohen kimikisht nga modifikimi pas-përkthimit, i cili moshon vetitë fizike dhe kimike, palosjen, stabilitetin, aktivitetin dhe në

fund funksionin e proteinave. Pasi të formohen, proteinat ekzistojnë vetëm për një periudhë të caktuar dhe më pas degradohen dhe riciklohen nga makineria e qelizës përmes procesit të qarkullimit të proteinave. Jetëgjatësia e një proteine matet për sa i përket gjysmës së jetës së saj dhe mbulon një gamë të gjerë. Ato mund të ekzistojnë për minuta ose vite me një jetëgjatësi mesatare prej 1-2 ditësh në qelizat e gjitarëve. Ashtu si makromolekulat e tjera biologjike, siç janë polisakaridet dhe acidet nukleike, proteinat janë pjesë thelbësore e organizmave dhe marrin pjesë në pothuajse çdo proces brenda qelizave. Shumë proteina janë enzima që katalizojnë reaksionet biokimike dhe janë jetike për metabolizmin. Proteinat gjithashtu kanë funksione strukturore ose mekanike, siç janë aktina dhe miozina në muskuj dhe proteinat në citoskelet, të cilat formojnë një sistem që ruan formën e qelizave.

Shumica e proteinave përbëhen nga polimere lineare të ndërtuara nga një seri deri në 20 aminoacide. Të gjitha aminoacidet proteinogjene posedojnë karakteristika të përbashkëta strukturore, duke përfshirë një karbon- α me të cilin lidhen, një grup aminë, një grup karboksil dhe një zinxhir anësor i ndryshueshëm. Aminoacidet në një zinxhir polipeptid janë të lidhura me lidhje peptide. Pasi të jetë lidhur në zinxhirin e proteinave, një aminoacid individual quhet mbetje, dhe seria e lidhur e atomeve të karbonit, azotit dhe oksigjenit njihet si zinxhiri kryesor ose shtylla kurrizore e proteinave. Lidhja peptide ka dy forma rezonance që kontribuojnë në një karakter të dyfishtë të lidhjes dhe pengojnë rrotullimin rreth boshtit të saj, në mënyrë që karboni alfa të jetë afërsisht koplanar. Dy këndet e tjera diellore në lidhjen peptide përcaktojnë formën lokale të supozuar nga shtylla kurrizore e proteinave. Fundi i një vargu peptidik me një grup aminë të lirë njihet si terminologjia N-terminale ose amino terminale, ndërsa fundi i proteinës me një grup karboksil të lirë njihet si terminali-C ose terminal karboksi (sekuenca e proteinës shkruhet nga N- terminali në C-terminus, nga e majta në të djathtë). Fjalët proteinë, polipeptid dhe peptid janë pak të paqarta dhe mund të mbivendosen në kuptim. Proteina përdoret në përgjithësi për t'iu referuar molekulës biologjike të plotë në një konformim të qëndrueshëm, ndërsa peptidi përgjithësisht është i rezervuar për një oligomerë të shkurtër aminoacidesh që shpesh nuk kanë një strukturë të qëndrueshme 3D. Por kufiri midis të dyve nuk është i përcaktuar mirë dhe zakonisht shtrihet afër 20-30 mbetjeve. Polipeptidet

mund t'i referohen çdo zinxhiri të vetëm linear të aminoacideve, pavarësisht nga gjatësia, por shpesh nënkupton mungesën e një konformacioni të përcaktuar ndërveprimesh [1].

2.2 Struktura e proteinave

Shembulli më i mirë për të sqaruar strukturën e proteinave është duke analizuar të bardhën e vezës. E bardha e vezës kalon nga e tejduhshme në të bardhë gjatë skuqjes. Të bardhat e vezëve përmbajnë sasi të mëdha të proteinave të quajtura albumina, dhe albuminet zakonisht kanë një formë specifike 3D, falë lidhjeve të formuara midis aminoacideve të ndryshme në proteinë. Nxehtësia bën që këto lidhje të prishen dhe ekspozojnë aminoacidet hidrofobike që zakonisht mbahen në pjesën e brendshme të proteins. Aminoacidet hidrofobike, duke u përpjekur të largohen nga uji përreth tyre në të bardhën e vezëve, do të ngjiten me njëri-tjetrin, duke formuar një rrjet proteinash që i japin strukturës së bardhë të vezës, ndërsa e kthejnë atë të bardhë dhe të errët. Siç e përmendëm në artikullin e fundit për proteinat dhe aminoacidet, forma e një proteine është shumë e rëndësishme për funksionin e saj. Për të kuptuar se si një proteinë merr formën ose formimin e saj përfundimtar, duhet të kuptojmë katër nivelet e strukturës së proteinave: primare, sekondare, terciare dhe kuaternare [2].

2.3 Aminoacidet

Aminoacidet janë një grup prej 20 përbërësish organikë që ndajnë tipare specifike të formimit. Ato njihen si blloqe ndërtimi të proteinave si në bimë ashtu edhe në kafshë. Për shkak se ata luajnë një rol të tillë themelor, ata janë të përfshirë në shumë reaksione kimike në të gjithë organizmin për të ndihmuar në mirëmbajtjen e funksioneve normale të tij. Ato ndahen në bazë të klasifikimit kimik në tri grupe: Aminoacide alifatike, aminoacide aromatike, dhe aminoacide heterociklike. Ndërsa, sipas klasifikimit biologjik ato ndahen në dy grupe: aminoacide esenciale të cilat nuk mund të sintetizohen, andaj merren nëpërmjet ushqimit, dhe aminoacide joesenciale të cilat sintetizohen në organizëm. Sot njihen më tepër se 80 aminoacide të fituara me hidrolizë të proteinave,

nga ekstrakti natyror biologjik ose të fituara përmes sintezës në laborator. Mirëpo numri i aminoacideve që merr pjesë në ndërtimin e proteinave është ndërmjet 18-26. Aminoacidi më i thjeshtë është glicina ndërsa më i ndërlikuari triptofani. Aminoacidet janë komponime organike që përmbajnë grupe funksionale amine (-NH₂) dhe karboksil (-COOH), së bashku me radikal të lirë (grup R) të veçantë për secilën aminoacid [12]. Elementet kryesore të një aminoacidi janë karboni (C), hidrogjeni (H), oksigjeni (O) dhe azoti (N). Grupi karboksil i aminoacidit në kushte të veqanta reagon me grupin amin të aminoacidit tjetër, dhe në këtë rast krijohet lidhja mes dy aminoacideve që njihet si lidhje peptidike. Shembull i lidhjes peptidike është paraqitur në figurën 2.1

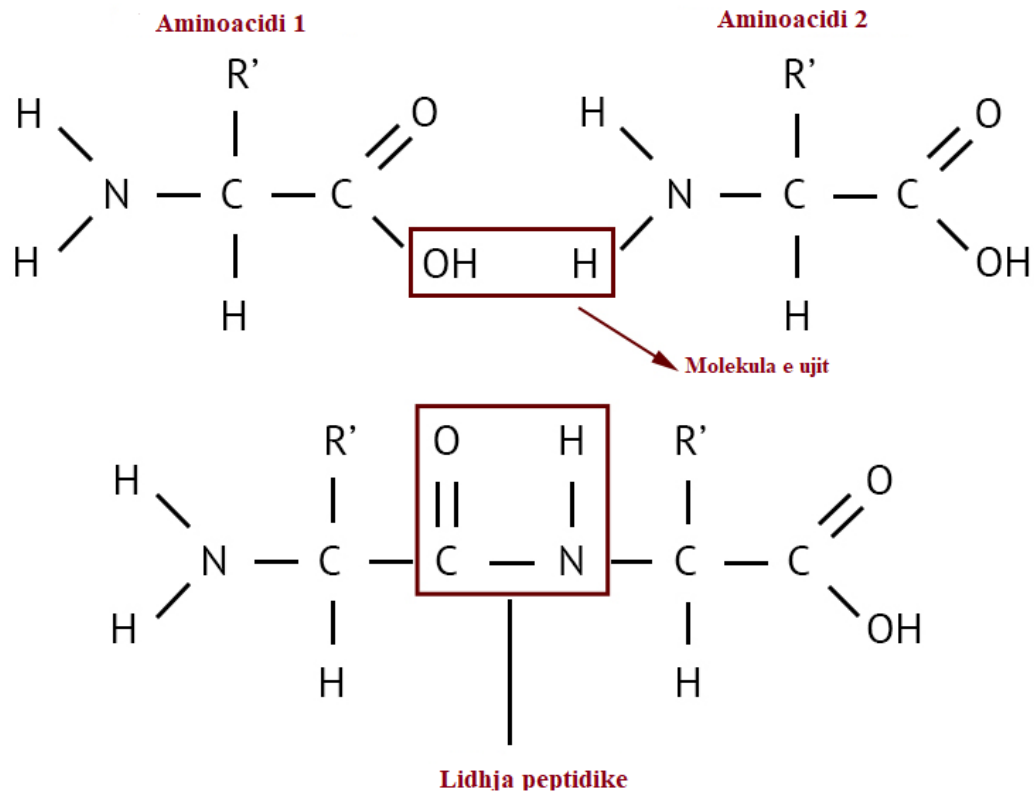


Figura 2.1 Lidhja peptidike

Pasi që aminoacidet në molekulën e tyre kanë grupin karboksil dhe grupin amine, ato kanë veti të acideve dhe të bazave. Kjo tregon se aminoacidet bëjnë pjesë në grupin e komponimeve amfotere ose amfolite. Në tretësirë me pH neutral ato gjenden si jone

dypolëshe. Kjo strukturë e molekulave të aminoacideve të molekulave quhet amfijon. Molekulat e aminoacideve në ambient acidik janë të elektrizuara pozitivisht andaj në fushë elektrike shkojnë kah katoda, ndërsa në ambient bazik janë të elektrizuara negativisht dhe shkojnë kah anoda. Për këtë shkak aminoacidet sillen si elektrolite. Për secilin aminoacid ekziston një pH e caktuar në të cilën molekulat e tyre nuk janë të elektrizuara dhe nuk lëvizin në fushën elektrike. Kjo vlerë e pH quhet pikë izoelektrike (pH izoelektrike) [17].

2.4 Lipidet

Lipidet konsiderohen si substanca organike që nuk treten në ujë, por janë të tretshme në tretës organikë (alkool, eter etj.) Funkcionet e lipideve përfshijnë ruajtjen e energjisë, sinjalizimin dhe veprimin si përbërës strukturorë të membranave qelizore. Lipidet kanë aplikime në industrinë kozmetike dhe ushqimore, si dhe në nanoteknologji. Megjithëse termi lipid ndonjëherë përdoret si sinonim i yndyrnave, yndyrnat janë një nëngrup i lipideve të quajtur trigliceride. Lipidet gjithashtu përfshijnë molekula të tilla si acidet yndyrore dhe derivatet e tyre (përfshirë tri-, di-, monogliceridet, dhe fosfolipidet), si dhe metabolitë të tjerë që përmbajnë sterol si kolesterolin. Edhe pse njerëzit dhe gjitarët e tjerë përdorin rrugë të ndryshme biosintetike për të sintetizuar lipidet, disa lipide thelbësore nuk mund të sintetizohen në këtë mënyrë dhe duhet të merren nga dietat ushqimore. Grupet kryesore të lipideve përfshijnë acidet yndyrore, fosfolipidet, steroidet dhe dyllërat. Lipidet kanë glicerinë pos tri acideve yndyrore. Struktura e acideve yndyrore përcakton nëse dhjami konsiderohet i ngopur ose jo. Fosfolipidet kanë katër përbërës kryesorë: acide yndyrore, një përbërës të glicerinës, një grup fosfat dhe një molekulë polare. Steroidët më së shpeshti kanë një strukturë unaze me katër fuzione. Dyllërat përbëhen nga alkooli dhe një acid yndyror. Bimët shpesh kanë mbështjellës nga dylli që i ndihmojnë ato të ruajnë ujin.

2.5 Interaksionet në mes të lipideve dhe proteinave

Lipidet dhe proteinat janë elemente thelbësore të një organizmi të gjallë. Proteinat, si një nga makromolekulat më të bollshme të jetës, kanë funksione të panumërta, duke filluar nga katalizimi i reaksioneve biologjike jetësore, deri te transportimi i lëndëve ushqyese. Në të njëjtën mënyrë, lipidet luajnë gjithashtu role integrale siç është ruajtja e energjisë ose të qenit një komponent kryesor i një membranë. Megjithë rëndësinë e tyre individuale, ndërveprimet midis këtyre dy molekulave mund të ofrojnë funksione që nuk do të ishin të mundshme individualisht. Numri më i madh i këtyre ndërveprimeve shihet në membranat qelizore, të cilat përbëhen nga një larmi e gjerë lipidesh dhe proteinash. Në membranë, raporti i proteinës ndaj lipideve besohet të jetë i lartë sa 60:40, proteinat e membranës besohet se përbëjnë një përafërsisht 30% të gjenomit të njeriut. Këto nënkuptojnë jo vetëm rëndësinë individuale të proteinave dhe lipideve në funksionin e membranave biologjike, por kompleksitetin e mundshëm që ndërlikohet me ndërveprimet e proteinave dhe lipideve me njëra-tjetrën. Një kuptim i mënyrës së bashkëveprimit të proteinave dhe lipideve kërkon kështu marrjen në konsideratë të një sërë faktorësh, nga vetitë më të mëdha të membranës deri te forcat ndërmolekulare që kontribuojnë në sjelljen e lipideve individuale brenda membranës [4]. Lipidet në një membranë biologjike mund të ndahen në tre grupe të përgjithshme. Pjesa më e madhe e lipideve janë lipidet që formojnë strukturën kryesore të membranës pa kontaktuar me proteinat e membranës.

Lipidet anulare: Disa lipide rrethojnë proteinat e membranës dhe bashkëveprojnë relativisht me to. Këto lipide quhen lipidet unazore, për shkak se janë të ngjashme me një guaskë unazore. Lipidet jo-anulare: Këto lipide bashkëveprojnë posaçërisht me disa proteina të membranës dhe janë rrënjësor brenda strukturës së proteinave. Lipidet jo-anulare shpesh vlerësohen në mënyrë të ngjashme me kofaktorët e proteinave (molekula të vogla të kufizuara nga një proteinë në formimin e saj funksional) [4]. Baza e ndërveprimit midis lipideve dhe proteinave lidhet me natyrën e tyre amfifile dhe rrjedh si shkak i ndikimit të tyre në strukturën e ujit, të ashtuquajturit efekti hidrofobik. Në nën-solucion ujor lipidet mund të bashkëjetojnë me proteinat dhe si alternativë mund të formohet një solucion i komplekseve molekulare lipoproteinike. Poashtu është e mundur që lipidi formon një fazë të lëngshme-kristallore me ujë. Në një etapë të tille ajo ose mund

ta tretë një proteinë ose të bashkëjetojë me një tretësirë proteinike. Kur përqendrimi i lipideve është nën përqendrimin kritik të micelës, nuk ka ndërveprim, përveç bashkimit eventual të disa molekulave të lipideve dhe të proteinave në vende të caktuara të lidhjes me afinitet të lartë. Në përqendrimet e lipideve mbi përqendrimin kritik të micelës ekziston një bashkim masiv lidhës i molekulave lipidike të panumërta për secilën molekulë proteine dhe kjo mund të çojë në shpalosjen e proteinës. Ndërveprimi midis proteinave dhe lipideve është karakterizuar nga një larmi metodash biofizike, duke përfshirë shpërndarjen e dritës, metodat e sondës spektroskopike, matjet e tensionit sipërfaqësor, dializën e ekuilibrit, dhe kalorimetritë. Në prani të lipideve, rivendosjet hidrofobike të proteinës mund të riorganizohen për të prodhuar një kompleks të entropisë më të madhe [5].

2.6 Dukuria dhe karakteristikat e komplekseve proteina-lipide

2.6.1 Komplekset proteinë-lipide me origjinë shtazore

Komplekset proteinike-lipide ndodhin relativisht të përhapura në sistemet biologjike dhe në shumë ushqime dhe produkte ushqimore me origjinë shtazore. Ato ndodhin në qeliza dhe strukturat qelizore siç janë membranat, në lëngjet e trupit dhe në indet; disa shembuj janë lipoproteinat e verdhë veze, gjaku dhe muskujt, mishi, peshku, qumështi dhe produktet. Lipoproteinat janë komplekset më të zakonshme protein-lipidike me origjinë shtazore dhe mund të klasifikohen në bazë të sjelljes së tyre gjatë elektroforezës dhe densitetit të tyre. Katër klasat e mëposhtme të lipoproteinave sot njihen gjerësisht [18].

lipoproteinat me densitet të lartë (HDL, densiteti 1.063–1.210 g / ml),

lipoproteinat me densitet të ulët (LDL, densitet) 1.019-1.063 g / ml),

lipo- proteina me densitet të ndërmjetëm (IDL, densitet 1.006–1.019 g / ml) dhe

lipoproteina me densitet shumë të ulët (VLDL, 0,950–1,006 g / ml);

Lipoproteinat plazmatike transportojnë lipidet nga vendet e përthithjes së tyre, në gjak pastaj në organet e ndryshme që përdorin lipidet [19]. Këto lipoproteina janë shumë heterogjene, ndryshojnë në natyrën dhe përbërjen e përbërësve të lipideve dhe proteinave. E verdha e vezës ose substancë e ngjajshme me të verdhën përmbajnë lipide dhe proteina janë të pranishme në vezët e shumë shtazëve; sidoqoftë, lipoproteinat e krijuara në mënyrë natyrore janë izoluar nga vezët e specieve relativisht të pakta. Studimet më të gjera kanë qenë në lipoproteinat e verdhës së shpezëve; është vendosur prania e klasave HDL dhe LDL. Lipoproteinat e verdhë veze janë të ndryshme nga lipoproteinat plazmatike kryesisht në përbërjen e lipideve jo polare [20]. Peroksidet e acideve yndyror në lipide të disa ushqimeve të tilla si peshku, mishi dhe produktet e mishit mund të bashkëveprojnë me proteinat e muskujve gjatë përpunimit dhe ruajtjes për të formuar komplekse proteine-lipide, të cilat konsiderohen si komplekse proteinike-lipide të shkaktuara [21]. Ndërveprimi i proteinave të peshkut (p.sh. miofi- karat) me lipidet (vaj peshku) gjatë tharjes së ngrirjes dhe ruajtjes është hetuar nga Kunimoto [22]. Në produktet e mishit, mioglobina mund të bashkëveprojë me lipide të oksiduara gjatë ruajtjes dhe të formojë komplekse proteine-lipide, [23]. Lipoproteinat ndodhin natyrshëm në qumësht përmes strukturës membranore të globulave të yndyrës. Ndërveprimet proteinë-lipide formohen gjatë operacioneve të përpunimit të ushqimit siç është homogjenizimi dhe përzierja e qumështit dhe produkteve të qumështit. Në akulloren, lipidet bashkëveprojnë me kazeina për të formuar komplekse proteine-lipide ndërsa gjatë bërjes së gjelit, globulat yndyrore përqendrohen në një ndërfaqe ajër-ujë dhe bashkëveprojnë me proteinat për të formuar komplekset në ndërfaqe [24].

2.6.2 Komplekset proteine-lipide me origjinë bimore

Disa materiale bimore përmbajnë komplekse proteine-lipide në të cilat të dy llojet e lipideve pra ato jo-polare dhe ato polare shpërndahen dhe shpesh mbahen nga rrjetet proteinike. Komplekset proteinë-lipide janë të njohura që ndodhin në kokrra gruri, kikirikë dhe në trupin e vajit të farave të vajit si soja, luledielli dhe në disa fruta dhe perime. Pjesa vajore ose pikat e rezervave të vajit janë vendet e depozitimit të lipideve në

qelizat e specializuara bimore; ato janë në formë sferike, kanë diametër prej rreth 2.0 mm në farat e pjekura, dhe përbëhen nga një bërthamë qendrore e triglicerideve e rrethuar nga një shtresë njëfishe e fosfolipideve dhe proteinave ndërvepruese [25] kjo paraqet një shembull të një kompleksi proteinik-lipid natyral që ndodh. Në përgjithësi, triglicerina përbën më shumë se 80% të peshës së trupit të vajit me proteina dhe fosfolipide që variojnë midis 0,5 dhe 4.0% secila, dhe acide yndyrore të lira më pak se 1%. Acidet yndyrore të lira bashkëveprojnë me mbetjet themelore të aminoacideve të proteinave në sipërfaqen e shtresës fosfolipide që formojnë komplekse proteine-lipide [26]. Në grurë bashkveprimi proteina-lipide ndodhin natyrshëm në të dy përbërësit kryesorë (gliadin dhe glutenin) të glutenit. Një proteinë specifike për lidhjen e lipideve të quajtur ligolin u izolua nga gruri; mënyra e mundshme e lidhjes së lipideve në kompleksin e glutenit është diskutuar nga Lasztity [27]. Disa studime mbi brumin dhe rrjetin e glutenit të bukës kanë konfirmuar praninë e komplekseve të proteinave-lipideve të shkaktuara në gliadin dhe glutenin. Skajet polare të lipideve lidhen me gliadin nga lidhjet hidrophile ndërsa skajet jo polare janë të lidhura me glutenin me anë të lidhjeve hidrofobike; prania e këtyre lidhjeve proteino-lipide çimenton rrjetin gluten dhe kontribuojnë në strukturën e komplekseve që mbajnë gazin. Në brumë dhe bukë, rrjeti i glutenve varet nga ekzistenca e kompleksit proteinë-lipide, i cili është thelbësor për zhvillimin e papërshkueshmërisë së gazit për mbajtjen e mirë të gazit, vëllimin e duhur të bukës, dhe gjithashtu të domosdoshëm për strukturën e kënaqshme të bukës. Komplekset proteinë-lipide janë të njohura gjithashtu që ndodhin në produktet e kikirikut veçanërisht gjatë ruajtjes së farave të kikirikut dhe miellit të kikirikut; oksidimi i lipideve prodhon grupe të ndryshme reaktive të cilat bashkëveprojnë me proteina për të formuar komplekse të ndryshme [28]. Shtresa e sojës dhe soja janë gjithashtu shembuj të komplekseve të proteinave dhe lipideve; proteinat kryesore të sojës (7S dhe 11S) janë të përfshira në formimin e filmit dhe në proteinën-lipidet komplekset. Ekzaminimi mikroskopik i filmave të sojës zbuloi një strukturë të formuar nga një matricë proteinike e vazhdueshme në të cilën shpërndahen pikat e lipideve.

2.7 Lidhjet kimike ndërmjet proteinave-lipideve

Ka shumë mënyra në të cilat lipidet dhe proteinat mund të bashkëveprojnë. Llojet e lidhjeve, të cilat dihet se përfshihen në ndërveprime me proteina - lipide, mund të jenë:

Lidhje e hidrogjenore,

lidhje elektrostатike,

lidhje kovalente,

lidhje hidrofobe dhe

Forcat van der Waals;

shembuj të komplekseve proteinë-lipide me secilin prej këtyre llojeve të lidhjeve janë diskutuar më poshtë. Për një lloj të caktuar të proteinave dhe sistemit lipid, ndërveprimet mund të ndryshojnë në varësi të pH, forcës jonike dhe temperaturës. Për më tepër, më shumë se një lloj lidhjesh mund të përfshihen në ndërveprimet në të njëjtin kompleks protein-lipid. Lidhjet strukturore midis lipideve dhe proteinave në komplekset proteinike-lipide që natyrisht ndodhin janë të tilla që ato nuk mund të disociohen lehtësisht nga manipulimet e thjeshta të pH, forca jonike dhe fushat e forcës ultracentrifugale [29].

Lidhja elektrostатike

Lidhja elektrostатike zhvillohet ndërmjet grupe të ngarkuara pozitivisht (p.sh. kolina) e një fosfolipidi dhe grupi i ngarkuar negativisht (p.sh. aspartil, glutamil) i një proteine, dhe / ose një grup fosfat i ngarkuar negativisht i një fosfolipidi dhe një grupi të ngarkuar pozitivisht (p.sh. lysyl ose guanidyl, amil) i një proteine. Për më tepër, forcat elektrostатike ose ndërveprimet dipol-dipol ndodhin midis molekulave të pa ngarkuara por polare; në këto molekula elektronet shpërndahen në atë mënyrë që ekziston një tepricë e ngarkesës negative në një zonë dhe një tepricë e ngarkesës pozitive në një zonë tjetër, siç është me ndërveprimin e fosfolipidit me proteinat në membranat qelizore [38]. Lidhjet elektrostатike janë të përfshira gjithashtu në bërjen e brumit dhe bërjes së bukës, midis aminoacideve polare si mbetje të proteinave dhe lipideve polare [27]. Në komplekset proteinë-lipide si ndërmjet proteinës së hirrës me fosfolipide, lidhja elektrostатike

ndikohet nga pH: në pH acid, proteina e hirrës mbart ngarkesa të konsiderueshme pozitive të cilat mund të lidhen me fosfolipidet e ngarkuara negativisht, ndërsa me pH neutrale, ku fosfolipidet dhe proteina mbajnë një ngarkesë negative, ekziston një shtytje elektrostатike dhe një tendencë e zvogëluar për interaksion.

Lidhja kovalente

Kjo lidhje është e zakonshme në strukturat lipide-peptide dhe duket se janë më të rëndësishme në transportin e aminoacideve sesa në organizimin strukturor të komplekseve lipide-peptide. Ekstraktimi i lipideve nga lipoproteinat me perzirjen eteri/alkool ose disa përzierje të tjera polare / jo polare sugjerojnë mungesën e lidhjeve kovalente, prania e vetëm sasive të gjurmëve të lipideve të lidhura me lidhje kovalente ose tretshmërisë së ulët të këtyre lipoproteinave në tretës jo ujorë [30]. Shumica e ekstrakteve të lipideve dhe proteinave nuk janë analizuar në detaje të mjaftueshme për të bërë dallimin midis këtyre mundësive. Reagimet e lipideve të oksiduara me proteina zakonisht rezultojnë në formimin e komplekseve proteinë-lipide nga disa lloje të lidhjes, duke përfshirë lidhjen kovalente; prania e këtyre lidhjeve kovalente mund t'u japë më shumë stabilitet lipoproteinave si në sistemin biologjik ashtu edhe në produktet ushqimore. Radikalet e lira lipidike ose radikalet e lira të prodhuara nga copëtimi i produkteve primare të oksidimit, kryesisht hidro-peroksidet, mund të bashkëveprojnë me proteina, duke formuar radikalë pa proteina. Këto mund të rekombinohen përmes formimit të kopolimerave proteinike, me radikale të ndryshme lipidike të lira për të formuar komplekse proteine-lipide, për shembull, në oksidimin e mishit dhe peshkut gjatë ruajtjes [30].

Lidhja e hidrogjenore

Lidhja e hidrogjenore ndodh midis hidrogjenit të grupit hidroksil të acideve yndyrore, di- dhe monoglicerideve, ose grupeve kryesorë të fosfolipideve, siç janë fosfatidilamina dhe fosfatidilserina dhe grupit karbonil të proteinave [31]. Lidhja hidrogjenore midis këtyre grupeve është shumë më e fortë se sa interaksioni midis ujit dhe grupeve jo polare. Lidhja hidrogjenore është veçanërisht e rëndësishme në organizimin strukturor të komplekseve

proteinë-lipide, siç janë ndërveprimet e proteinave me fosfolipidet në membranën e globulave të yndyrës së qumështit [32].

Lidhja Hidrofobe

Interaksionet hidrofobe janë endotermike dhe të drejtuara nga entropia dhe forca e tyre rritet me temperaturën. Ky efekt i temperaturës në interaksionet hidrofobe, sygjeron rëndësinë e tij në termostabilitetin e proteinave [33]. Interaksioni midis proteinave dhe acideve yndyrore, i cili mendohet së pari të përfshijë lidhje elektrostатike, tani konsiderohet të jetë rezultat i lidhjeve hidrofobe [34]. Interaksionet hidrofobe midis proteinave dhe vajit në sistemin ujor ndryshojnë strukturën e proteinave duke zvogëluar lidhjet hidrofobe proteine intramolekulare dhe shpjegojnë proteina të pjesshme që shpalosen në pjesën e brendshme vaj-ujë të sistemit. Kur proteinat shpalosen, ata ekspozojnë aminoacide reaktive që janë të afta të formojnë lidhje hidrofobike dhe disulfide me fqinjët e tyre, duke gjeneruar kështu një membranë shumë viskoelastike [35]. Ndërveprimet hidrofobe midis proteinave dhe lipideve besohet të jenë të rëndësishme në grumbullimin e proteinave dhe konsiderohen të jenë kritike në stabilizimin e komplekseve të proteinave-lipideve të shkaktuara; për shembull, gjatë bërjes së bukës, lipidet ndërveprojnë përmes lidhjeve hidrofobe me glutenin, dhe përmes lidhjeve hidrofile me gliadin [36].

Interaksioni Dispersiv (forcat e Van der Waals)

Këto janë forca të përgjithshme, jo specifike me rreze të shkurtër që vijnë nga ndërveprimet midis dipoleve të induktuara dhe atomeve ose molekulave fqinje, dhe për këtë arsye kanë të bëjnë me polarizueshmëri- e atomeve ose molekulave. Interaksionet e këtij lloji janë shumë të dobëta individualisht por kolektivisht mund të jenë shumë të rëndësishme në stabilizimin e fushave të proteinave dhe konsiderohen se janë mjaft të ndryshme nga ndërveprimet hidrofobe [32]. Këto forca janë veçanërisht të ndjeshme ndaj distancave ndërmolekulare, dhe janë të rëndësishme në bashkëveprimin e grupeve jo polare; grupet CH₂ të zinxhirëve anësor të proteinave mund të tërheqin grupe CH₂ të pranishme në fosfolipide ose acide yndyrore për të formuar komplekse proteine-lipide. Forcat dispersive të Van der Waals ekzistojnë gjithashtu midis skajeve jo polare të dy

lipideve dhe proteinave në komplekset proteine-lipide si në modelin e Daniellit për strukturën e membranës qelizore [37] skajet polare të lipideve lidhen me proteinat ose me lidhje elektrostатike ose me lidhje hidrogjenore.

2.8 Organizimi strukturor i komplekseve proteina-lipide

Ekziston një organizim i veçantë strukturor i proteinave dhe molekulave lipidike ndërvepruese në sistemet biologjike; disa modele kanë qenë të propozuara të përfaqësojnë këtë organizim struktural. Modeli i Daniellit [37] për strukturën e membranës përbëhet nga një shtresë e brendshme bimolekulare lipide e mbyllur nga dy shtresa të jashtme proteine; në ndërfaqen proteinë-lipide, skajet polare të molekulave lipide janë të lidhura me proteinë me lidhje elektrostатike ose hidrogjenore, ndërsa në shtresën bimolekulare lipide acidet yndyrore janë të lidhura së bashku ose me forcën van der Waals ose me lidhjet hidrofobe. Formimi i fosfolipideve dyshtresore është një fenomen i zhvilluar mirë në modelin e membranës globulare; fosfolipide dyshtresore ishte modeli më i hershëm i pranuar gjerësisht për strukturën e membranës globulare [38]. Membrana njësi përbëhet nga një fosfolipid dyshtresor me grupet polare të fosfolipideve të orientuara nga jashtë dhe të lidhur me proteina nga ndërveprimet polare. Në këtë model membrana globulare përbëhet nga njësi të përsëritura të lipoproteinës, një shtresë e trashë, në të cilën shoqërimi i lipideve me proteina është një parakusht për formimin e membranës, pasi ndërveprimi paraprind njësitë e proteinave nga formimi i agregateve tre-dimensionale. McEilliams [39] propozoi një model për organizimin e molekulave të proteinave dhe lipideve të formuara në strukturën membranore të globulave të yndyrës së qumështit që ndodhin natyrisht. Kjo membranë përbëhet nga fosfolipide dhe proteina, përfshirë enzima dhe lipoproteina. Qumështi i gjedhit është njëkohësisht një zgjidhje e komponimeve me peshë molekulare të ulët, një zgjidhje koloidale e proteinave globulare, një shpërndarje koloidale e mikelave të proteinave dhe një emulsioni vaji në ujë [38]. Në qumështin e freskët emulsioni mbrohet nga membrana globul-yndyrë-globulë e përbërë nga lipoproteina të cilat veprojnë si agentë emulsifikues; ato përmbajnë përbërës hidrofilë dhe hidrofobë, duke mundësuar dhe formuar një shtresë mbrojtëse rreth

molekulave të triglicerideve të globulave të yndyrës së qumështit. Modeli i trupit vajor të farave të vajit, frutave dhe perimeve përshkruhet si një grimcë sferike e matricës së triglicerideve e rrethuar nga një guaskë e fosfolipideve të ngulitura në proteina. Fosfolipidet formojnë një shtresë të vetme me zinxhirin acil-hidro-fobik përballë matricës dhe grupet hidrofile të kokës të ekspozuar ndaj pamjes së jashtme. Nga secila molekulë proteine, afërsisht 20% e mbetjeve të aminoacideve janë ngulitur në shtresën fosfolipide, 30% janë të vendosura në matricën e triglicerideve dhe 50% janë të ekspozuar ndaj pamjes së jashtme. Interaksioni protein-lipid në brumin e bukës është propozuar nga një sistem modeli nga Finey [36] i cili sugjeroi që fraksionet kryesore të glutenit (gliadin dhe glutenin) janë të përfshirë në këto ndërveprime. Skajet polare të molekulave lipidike lidhen me gliadin me lidhje hidro-filike dhe skajet jo polare lidhen me glutenin me lidhje hidrofobe. Disa modele të tjera janë propozuar gjithashtu për të shpjeguar ndërveprimet e induktuara protein-lipide që ndodhin gjatë formimit të brumit. Ekzistojnë argumente të mbështetura për supozimin se kompleksi i proteinave lipidike është formuar nga interaksionet elektrostetike midis zinxhirëve të shumtë anësore polare të proteinave dhe fosfolipideve polare dhe / ose glikolipideve. Studime të fundit kanë konfirmuar praninë e komplekseve protein-lipide që përfshijnë të dy përbërësit kryesorë të glutenit [27].

2.8.1 Roli i interaksioneve proteino-lipide në funksionalitetin e proteinave

Karakteristikat funksionale të shumë ushqimeve të bazuara në proteina (p.sh. qumështi, vezët, mishi, ushqimet me bazë soje) ndikohen nga ndërveprimet që ndodhin midis proteinave dhe lipideve. Karakteristikat e zakonshme funksionale të proteinave për të cilat konsiderohet se kontribuojnë më shumë në karakteristikat e ushqimit të përpunuar, përfshijnë xhelatizimin dhe kapacitetin mbajtës të ujit, shkumëzimin, emulsifikimin dhe tretshmërinë.

Xhelatizimi

Shumë proteina demonstrojnë aftësinë për të formuar xhel të cilat përbëhen nga një rrjet tre-dimensionale i molekulave të mëdha ose aggregateve. Rrjeti mban ujë dhe është

përgjegjës për elasticitetin dhe fortesinë teksturale të xhelit [40]. Formimi i një xhel proteinash është një proces me dy hapa; hapi i parë përfshin një ndryshim në konformacionin (zakonisht i shkaktuar nga nxehtësia) ose denaturimi i pjesshëm i molekulave të proteinave që shpërndahen në një mjedis ujor. Në hapin e dytë, perderisa denaturimi avancohet, viskoziteti i shpërndarjes rritet për shkak të një ndryshimi të rritur në strukturën tre-dimensionale të shoqëruar me shpalosjen e proteinave, e ndjekur nga një shoqatë graduale ose bashkimi i proteinave të denaturuara individuale [41]. Aftësia e proteinave për të formuar një xhel siguron një strukturë matricë për mbajtjen e ujit dhe përbërësve të ndryshëm ushqimorë. Karakteristikat e xhelit ndikohen nga karakteristikat e proteinave, mekanizmat inter dhe intra ndërlidhës, si dhe natyra dhe fleksibiliteti i zinxhirëve të proteinave. Për më tepër, përqendrimi i proteinave, temperatura e ngrohjes dhe ftohjes, koha e ngrohjes dhe faktorët mjedisorë (pH, forca jonike, etj.) Gjithashtu ndikojnë në mohimin dhe ndërlidhjen e kryqëzuar gjatë formimit të xhelit. Prania e lipideve në dispersionin e proteinave mund të ndërhyjnë ose të modifikojnë vetitë xhelatinoze të proteinave [42]. Rrjetet e xhelit të proteinave preken nga prania e pikave të lipideve të veshura me proteina, të cilat rezultojnë në përmirësimin e vetive të xhelit të proteinave. Në disa kushte, bashkëveprimi i lipideve me proteina mund të përmirësojë vetitë e xhelit, ndërsa në kushte të tjera lipidet mund të ndikojnë në vetitë e viskozitetit të proteinave, për shembull viskoziteti i supave dhe salcave që përmbajnë materiale lipidike mund të përmirësohen me shtimin e sajës proteina. Xhelat e proteinave, në prani të globulave të vogla yndyrore që përmbajnë lipide me një shpërndarje të madhësisë së grimcave të ngushtë, kanë cilësi të lëmuar dhe forcë më të lartë të xhelit [43]. Xhel proteina të vendosur në nxehtësi në prani të lipideve ka forcë më të madhe xhel sesa xhel proteina në mungesë të lipideve; kjo sjellje është në përputhje me një përforsim të rrjetit të proteinave xhel nga grimcat 'mbushëse' të lipideve në matricën e xhelit (Van-vliet, 1988). Në hirrë protein-lecitin xhelat treguan forcë në rritje të xhelit që i atribuohet kompleksimit midis lecitinës dhe proteinës së hirrës; shtresa e proteinave ujore që rrethon pikat e lecitinës vepron si një shtresë e padepërtueshme duke i modifikuar vetitë e xhelit.

Kapaciteti i mbajtjes së ujit (KMU)

Kjo dukuri i referohet aftësisë së ushqimit për të mbajtur ujin e tij natyror, si dhe ujin e shtuar gjatë përpunimit dhe është një karakteristikë funksionale e bazuar në proteina me bazë ushqimore. KMU e proteinave ndikon në karakteristikat e ushqimit siç janë cilësi, lëngje dhe shije. Për shembull, aftësia e mishit dhe produkteve të mishit për të mbajtur lagështinë para, pas dhe gjatë përpunimit ose gatimit është e rëndësishme në shijshmërinë dhe pranimin e konsumatorit të produkteve. Uji nga aspekti fiziko-kimik në një produkt ushqimor është i pranishëm ose në gjendje të lidhur ose në gjendje të lirë. Uji i lidhur është i lidhur fort me proteinat përmes grupeve të ngarkuara dhe vendeve dipolare në sipërfaqen e proteinave. KMU ndikohet nga disa faktorë të brendshëm siç është janë lloji i proteinës, struktura e proteinave, përbërja e aminoacideve dhe nga faktorë të tjerë si pH, forca jonike dhe temperatura. Prania e lipideve në xhel proteina e rrit KMU; për shembull, xhelat e proteinës së bardhë të vezëve në prani të lipidit treguan një strukturë parësore shumë të dendur me disa xhepa të hapur në strukturë për të lidhur një sasi të madhe uji, duke rezultuar në një rritje të KMU së xhelave [44]. Ky fenomen mund të shpjegohet me rregullimin e molekulave të proteinave rreth molekulave të lipideve në një mënyrë që bllokon ujin brenda matricës së xhelit duke rezultuar në KMU të lartë. Prania e lipideve në xhel proteina mund të përmirësojë uniformitetin e matricës së xhelit proteinik; në mënyrë të ngjashme, bashkëveprimet proteina-proteinë dhe proteina-ujë rrisin uniformitetin e strukturës së xhelit duke rezultuar në një rritje të KMU së xhelave [45].

Shkumat

Janë sisteme koloidale në të cilat flluskat e ajrit shpërndahen në një fazë të vazhdueshme ujore. Shumë produkte ushqimore të përpunuara të tilla si akullore, ëmbëlsira janë produkte të tipit shkumë. Në këto produkte, proteinat janë agjentët kryesorë sipërfaqësorë që ndihmojnë në formimin dhe stabilizimin e fazës së gazit të shpërndarë [33]. Në formimin e shkumës, proteina duhet të jetë e tretshme në ujë dhe fleksibël për të formuar një film koheziv në ndërfaqen ajër-ujë. Rrjedhimisht, një ekuilibër midis fleksibilitetit dhe kohezionit ndërmolekular është thelbësor për të prodhuar një shkumë të qëndrueshme. Struktura e shkumave ndikon në pamjen, strukturën, konsistencën,

butësinë dhe ndjesinë e gojës së produkteve ushqimore [42]. Në përgjithësi, proteinat e globulinave janë sipërfaqesisht aktivë dhe të hapur dhe përfshijnë flluska ajri kur fshihen, dhe zakonisht përzierjet e proteinave formojnë shkume të shkëlqyera ushqimore [46]. Prania e lipideve me proteinë në përgjithësi dëmton vetitë e shkumëzimit të proteinës. Kështu, soj proteina pa lipide, e bardha e vezëve pa lipide, proteina të payndyrshme të izoluar ose proteina e izoluar të proteinës së hirrës, shfaqin lidhje më të larta shkumëzimi krahasuar me këto proteina në prani të lipideve. Duket se lipidet polare me sipërfaqe aktive ndërhyjnë në formimin më të dëshirueshëm të filmave protokollorë të adsorbuar duke u vendosur në hapsiren ajër-ujë. Për më tepër, përmasat e shkumëzimit të proteinave ndikohen ndryshe nga lloje të ndryshme të lipideve; një shkallë më e lartë e dëmtimit është vërejtur për lecitin kur dëmtohet me lipide të tjerë si vaj misri dhe yndyrë në gjalpë. Shkume të paqëndrueshme janë përgatitur me koncentrat të proteinës së hirrës (KPH) në prani të lipideve, veçanërisht monoglicerideve dhe lipideve polare; fosfolipidet destabilizojnë shkume proteine për shkak të konkurrencës së molekulave sipërfaqësore aktive me proteina për adsorbim që rezultojnë në zhvendosje të pjesshme të proteinave në hapësirën ajër-ujë [42].

Emulsifikimi

Një emulsion është një përzierje e dy ose më shumë lëngje të patretshme (zakonisht vaj dhe ujë), me njërin prej lëngjeve të shpërndara si pika të vogla sferike në tjetrën. Emulsionet mund të klasifikohen në mënyrë të përshtatshme në bazë të shpërndarjes së vajit dhe fazave ujore. Një sistem, i cili përbëhet nga pikat e vajit të shpërndara në një fazë ujore, quhet një emulsion vaj-në ujë ose V / U siç është qumështi, kremi, majoneza, supat dhe salcat. Një sistem i cili përbëhet nga pikat e ujit të shpërndara në një fazë vaji quhet emulsion uji në vaj ose V / U siç është margarina dhe gjalpi [35]. Në disa emulzione, faza e shpërndarë përmban globula shtesë të fazave të tjera dhe këto quhen emulsione të shumëfishta. Emulsionet ushqimore janë mjaft komplekse për shkak të pranisë së komponimeve të tjera të përfshira në faza të ndryshme [40]. Për të krijuar një emulsion, ajo është e nevojshme për të furnizuar energji në mënyrë që të prishin dhe ndërthurin fazat e vajit dhe ujit; kjo arrihet zakonisht me anë të procesit të agjitacionit mekanik ose homogjenizimit. Lloji i emulsionit i formuar në mungesë të një emulsifikuesi varet

kryesisht nga përqendrimi fillestar i dy fazave të sistemit të emulsionit. Sidoqoftë, shpërndarjet e lëngjeve të patretshme nuk janë me të vërtetë emulsione nëse nuk kanë stabilitet të mjaftueshëm për të mbetur të shpërndarë për një periudhë kohe. Stabilizimi i emulsioneve zakonisht arrihet duke përdorur molekula të vogla sipërfaqësor si psh., polisorbitatet dhe fosfolipide dhe / ose proteina, siç janë proteinat e qumështit dhe proteinat e vezëve. Agjentët emulsifikues lehtësojnë formimin e emulsioneve duke ulur tensionin sipërfaqësor të sistemit vaj/ujë dhe duke dhënë qëndrueshmëri duke formuar një shtresë mbrojtës rreth pikave të shpërndara [47]. Shumë proteina, në sajë të vetive tretëse të dyfishta posedojnë një afinitet si për molekulat polare ashtu dhe jo polare dhe promovojnë adsorbimin e të dy sistemeve V/U dhe U/V, ata veprojnë si emulsifikues duke ulur tensionin sipërfaqësor midis fazave dhe duke formuar shtresa kohezive sipërfaqësore që rrethojnë pikat e vajit me shtresa të ngarkuara, duke siguruar një pengesë elektrostatische për afrimin e pikave të tjera në sistem [40]. Konsiderohet se proteina adsorbohen në sipërfaqet e vajit përmes vendeve të shumta të adsorbimit nga rajonet e tyre hidrofobe për të formuar shtresa të hollë që rrethojnë pikat e vajit. Karakteristikat emulsifikuese të proteinave varen nga tretshmëria e tyre, ekuilibri hidrophil / hidrophob, fleksibiliteti molekular dhe natyra dhe proporcioni i përbërësve të tjerë lipidikë dhe jo-proteinikë në sistem [48]. Është treguar se vetitë emulsifikuese të proteinave varen nga afër nga hidrofobiciteti i tyre sipërfaqësor [49] dhe hidrofobiciteti sipërfaqësor është propozuar si një parametër i dobishëm në parashikimin e vetive emulsifikuese të proteinave ushqimore. Shumë mbetje hidrofobe të proteinave janë varrosur në brendësi të proteinës amtare dhe mund të kenë ndikim të vogël si parashikues i kapacitetit të një proteine për të bashkëvepruar me ujin dhe vajin në një sistem emulsioni [40]. Faktorë të tjerë që ndikojnë në vetitë emulsifikuese përfshijnë temperaturën, pH dhe llojin e proteinës. Realisht pH e formimit të emulsionit është një kriter i rëndësishëm në përcaktimin e sasisë së proteinave që adsorbohet në sipërfaqe dhe ndikon në qëndrueshmërinë e emulsionit që është formuar. Lipoproteinat janë të afta të formojnë shtresë të fortë rreth pikave të vajit, dhe disa lipoproteina, përfshirë ato të vezëve, janë emulsifikues të shkëlqyeshëm [38]. Lipoproteina me densitet të ulët (LDL) është treguar se ka aktivitet të lartë emulsifikues dhe stabilitet emulsifikues [50]. Përbërësi lipidik rreth

apoproteinës së LDL mund të sigurojë mjedise hidrofobe që rrisin lidhjen e apoproteinës me sipërfaqen e pikës së vajit gjatë formimit të emulsionit.

Tretshmëria

Tretësira e proteinave kontribuon në vetitë e tjera funksionale siç janë emulsifikimi, xhelatizimi dhe shkumëzimi i proteinave dhe mund të jetë parakusht për përdorim efikas të proteinave të ndryshme në përpunimin e ushqimit si aditivë funksionale të ushqimit; tretshmëria e proteinave varet nga temperatura, pH, përqendrimi, proteinat dhe vetitë e tretësit në sistem dhe hidrofobiciteti sipërfaqësor. Ndërveprimet e proteinave-ujit (ose proteinave-tretës) janë me rëndësi jetike në sistemet ushqimore, ku performanca e proteinave ndikohet dukshëm nga ndërveprimet me përbërës të tjerë ushqimorë, siç janë lipidet, dhe nga kushtet e përpunimit [42]. Hidrofobiciteti mesatar i mbetjeve të aminoacideve dhe frekuenca e ngarkimit janë dy faktorët më të rëndësishëm që përcaktojnë tretshmërinë e proteinave: sa më i ulët të jetë hidrofobiciteti mesatar dhe sa më i lartë të jetë frekuenca e ngarkimit, aq më e lartë është tretshmëria [33]. Proteinat janë të mëdha kur krahasohen me molekulat lipide siç janë fosfolipidet; Sapo të shpalolet proteina në një ndërfaqe ujë-lipide, grupet hidrofobike do të futen në fazën e lipideve. Kështu, në rastin tipik, sipërfaqja e proteinave të tretshme përfaqësohet nga grupe të ngarkuara të cilat mbesin në kontakt me molekulat e ujit [51]. Një proteinë do të orientohet dhe zakonisht do të ndryshojë konformitetin e saj në një ndërfaqe, në mënyrë që të zvogëlojë energjinë siperfaqesore. Natyrat amfifatike e proteinave i lejojnë ato për të bashkëvepruar me molekulat e solventëve polar dhe jo polar dhe për të promovuar adsorbimin e tyre në bashkëveprimin e lipideve dhe sistemeve të ujit. Efekti tretës arrihet përmes difuzionit së molekulave të proteinave nga tretësira në tensionin siperfaqësor [48]. Gjatë hapave të përpunimit të qumështit si homogjenizimi, sipërfaqja e ekspozuar e vajit është në gjendje të tërheqë molekula shtesë si fosfolipidet dhe proteinat për të dhënë një sistem të qëndrueshëm pezullimi, pasi që ka fosfolipide dhe proteina në qumësht për të formuar një pezullim në një masë të madhe siperfaqesore e zgjeruar e lipideve dhe ujit [52].

2.9 Identifikimi i lidhjes së lipoproteinave me spektroskopi infra të kuqe

Në dekadat e fundit shumë grupe janë përfshirë në studimet e metabolizmit të lipideve sepse mosfunksionimi në transportin e lipideve është i lidhur me aterogjenezën. Për shkak të karakterit hidrofobik të lipideve dhe steroleve, transmetimi i tyre direkt në plazmë nuk është i mundur. Transporti i tyre mundësohet nga pjesë të njohura si plazmat lipoproteinike. Disa klasa të lipoproteinave në serum ndryshojnë në madhësinë e përbërjes lipidike / proteinike sipas roleve të tyre të ndryshme në metabolizëm. Lipoproteinat e plazmës njerëzore të studiuara në këtë rast (VLDL, LDL, HDL2. Dhe HDL) kanë madhësi të ndryshme, por struktura e përgjithshme e tyre është e ngjashme. Ato janë grimca me bërthame hidrofobike , të përbërë nga trigliceritet dhe estere të kolesterolit, shtresë të jashtme të fosfolipideve me molekula të pa rregullta të kolesterolit të lirë. Raporti i triglicerideve dhe estereve të kolesterolit në thelb ndryshon brenda klasave të lipoproteinës, duke reflektuar rolin e tyre në transportin e molekulave hidrofobike. Ky raport është rreth 3 për VLDL, por vetëm 0.2 për LDL dhe rreth 0.7 për grimcat HDL. Studimet klinike intensive kanë treguar se dobësimi në metabolizmin e proteinave mund të jetë si rrjedhojë e faktorëve të jashtëm si: alkooli, nikotina, komponimet oksiduese, vitaminat etj. Qëllimi i këtij hulumtimi është që të tregoj bashkëveprimin e molekulave të jashtme me lipoproteinat me anë të metodave spektroskopike IR. Parakusht për këtë lloj analize është spektri i përcaktuar mirë në të gjithë rajonin e frekuencës, dhe rëndësia e tyre me detajet strukturore. Disa mostra tjera të lipideve u trajtuan në të njëjtën mënyrë dhe u regjistruan në të njëjtat kushte, por ndarazi [11].

2.10 Spektroskopia infra e kuqe

Spektroskopia infra e kuqe (spektroskopia IK ose spektroskopia vibruese) paraqet matjen e ndërveprimit të rrezatimit infra të kuq me materien nga absorbimi, emetimi ose reflektimi. Përdoret për të studiuar dhe identifikuar substanca kimike ose grupe funksionale në forma të ngurta, të lëngshme ose të gazta. Metoda ose teknika e spektroskopisë infra të kuqe kryhet me një instrument të quajtur spektrometër infra të kuq (ose spektrofotometër) i cili prodhon një spektër infra të kuq (IK). Një spektër IK mund të vizualizohet në një grafik të absorbimit ose transmetimit të dritës infra të kuqe në boshtin vertikal ndaj frekuencës ose gjatësisë së valës në boshtin horizontal. Nga të gjitha frekuecat që pranon, një mostër kimike mund të absorbojë apo të transmetoj energji. Në rastet kur energjia e cila kalon në mostër thithet atëherë kemi të bëjmë me absorbim, ndërsa kur energjia kalon nëpërmjet mostrës kemi të bëjmë me transmetim. Njësitë tipike të frekuencës që përdoren në spektrat IK janë centimetra reciprok (ndonjëherë të quajtur numrat e valëve), me simbolin cm^{-1} . Njësitë me gjatësi vale IK zakonisht jepen në mikrometra (dikur quheshin "mikronë"), simbol μm , të cilat lidhen me numrat e valëve në një mënyrë reciproke. Një instrument i zakonshëm laboratorik që përdor këtë teknikë është spektriometri infra i kuqe (FTIR) të transformimit Fourier. IK dy-dimensionale është gjithashtu e mundur siç diskutohet më poshtë. Pjesa infra e kuqe e spektrit elektromagnetik zakonisht ndahet në tre rajone: infra të kuqe të afërta, të mesme dhe të largëta, të emërtuara për shkak të lidhjes së tyre me spektrin vizuel. Sa më e lartë të jetë energjia afër spektrit IK, përfaqësohet 14000–4000 cm^{-1} (0,7–2,5 μm gjatësi vale) ajo mund të ngacmojë forma mbingarkese ose kombinimi të vibracioneve molekulare. Spektri IK i mesëm, përfaqësohet 4000–400 cm^{-1} (2,5–25 μm) zakonisht përdoret për të studiuar vibrimet themelore dhe strukturën vibruese rrotulluese. Spektri IK i afërt, përfaqësohet 400–10 cm^{-1} (25–1000 μm) ka energji të ulët dhe mund të përdoret për spektroskopi rrotulluese dhe vibrime të frekuencës së ulët. Regjioni nga 2–130 cm^{-1} , në kufi me rajonin e mikrovalës, konsiderohet rajoni terahertz dhe mund të hetojë dridhjet ndërmolekulare. Emrat dhe klasifikimet e këtyre nënregjioneve janë konventa, dhe bazohen vetëm në vetitë relative molekulare ose elektromagnetike [10].

2.11 Menyra e analizimit të mostres

Spektroskopia IK është një teknikë analitike që përdoret për të identifikuar materie organike, polimerë dhe në disa raste, materiale joorganike. Metoda e analizës FTIR përdor dritën infra të kuqe për të skanuar mostrat e provës dhe për të vëzhguar vetitë kimike. Instrumenti FTIR dërgon rrezatim infra të kuq prej rreth 10,000 deri 100 cm^{-1} përmes një mostre, ku disa rreze kalojnë dhe të tjerat absorbohen. Rrezatimi i absorbuar shndërrohet në energji rrotulluese ose vibruese nga molekulat e mostrës. Sinjali që rezulton në detektor paraqet si spektër, zakonisht nga 4000 cm^{-1} deri 400 cm^{-1} , që përfaqëson një gjurmë gishtash molekulare të mostrës. Secila molekulë ose strukturë kimike do të prodhojë një gjurmë gishti unik spektral, duke e bërë analizën FTIR një mjet të shkëlqyeshëm për identifikimin kimik [9]. Spektroskopia FTIR është një teknikë e vendosur për kontrollin e cilësisë i cili vlerëson materialin e prodhuar në mënyrë industriale, dhe shpesh mund të shërbejë si hapi i parë në procesin e analizës së materialit. Një ndryshim në modelin karakteristik të brezave të absorbimit tregon qartë një ndryshim në përbërjen e materialit ose praninë e ndotjes. Nëse problemet me produktin identifikohen nga inspektimi vizual, origjina përcaktohet në mënyrë tipike nga mikroanaliza FTIR. Kjo teknikë është e dobishme për të analizuar përbërjen kimike të grimcave më të vogla, zakonisht 10 -50 mikronë, po ashtu edhe në zonat me sipërfaqe të mëdha [9]. Analiza FTIR përdoret për:

Identifikimin dhe karakteristikat e materialeve të panjohura (p.sh lëndë të ngurta, pluhur ose lëngje)

Identifikimin e ndotjes në një material (p.sh. grimcat, fibrat, pluhurat ose lëngjet)

Identifikimin e aditivëve pas nxjerrjes nga një matricë polimer

Identifikimin e oksidimit, dekompozimit ose monomerët e pasaktë gjurmimit e dështimit të analizave.

Ndërsa, spektroskopia me rreze infra të kuqe të transformuar nga Fourier është një teknikë që përdoret për të matur një spektër infra të kuq të absorbimit ose të emetimit të një trupi të ngurtë, të lëngshëm ose gazët. Një spektrometër i tillë mbledh njëkohësisht të

dhëna me rezolucion të lartë spektral mbi një gamë të gjerë spektrale. Kjo jep një avantazh të rëndësishëm në krahasim me një spektrometër shpërndarës, i cili mat intensitetin mbi një gamë të ngushtë të gjatësive të valëve në një kohë. Termi spektroskopi infra e kuqe e transformuar nga Fourier-i buron nga fakti se një transformim i Furierit (një proces matematikor) kërkohet për të kthyer të dhënat e papërpunuara në spektrin aktual. Qëllimi i teknikave të spektroskopisë absorbimit FTIR spektroskopisë së dukshme ultravjollcë (UV-Vizuel, etj.) është të përcaktoj sa dritë absorbon një mostër në secilën gjatësi vale. Mënyra më e drejtpërdrejtë për ta bërë këtë është të lëshojmë një rreze drite monokromatike në një mostër, të matim sa shumë dritës absorbohet dhe të përsëritet për secilën gjatësi vale të ndryshme. FTIR është një mënyrë më pak intuitive për të marrë të njëjtin informacion. Në vend që të lëshoj një rreze monokromatike të dritës (një rreze e përbërë nga vetëm një gjatësi vale e vetme) në mostër, kjo teknikë lëshon një rreze që përmban shumë frekuenca të dritës njëherazi, dhe mat se sa nga ajo rreze absorbohet nga mostra. Rrezja është modifikuar të përmbajë një kombinim të ndryshëm të frekuencave, duke dhënë një pikë të dytë të të dhënave. Ky proces përsëritet me shpejtësi shumë herë gjatë një periudhe kohore të shkurtër. Më pas, në kompjuter merren të gjitha këto të dhëna dhe punohet për të konstatuar se sa është përthithja në secilën gjatësi vale. Rrezja e përshkruar më sipër gjenerohet duke filluar nga një burim i dritës me brez të gjerë të gjatësive valore që duhen matur. Drita lëshohet nga një interferometër të Michelson një konfigurim të caktuar të pasqyrave, njëra prej të cilave lëvizet nga një motor. Ndërsa lëviz kjo pasqyrë, çdo gjatësi vale e dritës në rreze bllokohet periodikisht, pra transmetohet, bllokohet dhe transmetohet, nga interferometri, për shkak të ndërhyrjes së valës. Gjatësitë e ndryshme të valëve modulohen me ritme të ndryshme, kështu që në çdo moment rrezja që del nga interferometri ka një spektër të ndryshëm. Në një interferometër të Michelson përshtatur për FTIR, drita nga burimi infra të kuqe polikromatike, afërsisht një radiator me trup të zi, është kalibruar dhe drejtuar në një ndarje rrezesh. Në mënyrë ideale 50% e dritës refraktohet drejt pasqyrës fikse dhe 50% transmetohet drejt pasqyrës lëvizëse. Drita reflektohet nga të dy pasqyrat përsëri në ndarësin e rrezes dhe një pjesë e dritës origjinale kalon në ndarjen e mostrës. Me lënien e ndarjes së mostrës, drita kthehet përsëri në detektor. Dallimi në gjatësinë e shtegut optik midis dy krahëve në interferometër njihet si prapambetje ose diferenca e rrugës optike

(DRO). Një interferogram fitohet duke ndryshuar DRO dhe regjistrimin e sinjalit nga detektori për vlera të ndryshme të DRO-së. Forma e interferogramit kur nuk ka asnjë mostër varet nga faktorë të tillë si ndryshimi i intensitetit të burimit dhe efikasiteti i ndarjes me gjatësi vale. Kjo rezulton në një prapambetje maksimale në zero, kur ka ndërhyrje konstruktive në të gjitha gjatësitë e vales. Pozicioni i prapambetjes zero përcaktohet me saktësi duke gjetur pikën e intensitetit maksimal në interferogram. Kur një mostër është e pranishme, interferogrami i sfondit modulohet nga prania e brezave të përthithjes në mostër [8].

2.12 Interpretimi i spektrit IK

Spektroskopia IK është një mjet shumë i fuqishëm me shumë aplikime, megjithatë interpretimi i të dhënave nuk është i drejtpërdrejtë. Nga natyra, spektri i përgjithshëm i gjeneruar është një funksion serik i përgjigjes së energjisë së absorbuar. Pika më kulmore e veçantë e energjisë në një numër të caktuar valor mund të lëvizë bazuar në faktorë të tjerë kimikë si dhe nga mënyra sesi futet energjia. Edhe pse zakonisht një mjet cilësor për identifikimin e materialit, analiza FTIR mund të përdoret gjithashtu si një mjet sasior për të kuantifikuar grupet funksionale specifike. Intensiteti i absorbimit lidhet me sasinë e funksionalitetit të pranishëm në mostër [9]. Spektroskopia IK shfrytëzon faktin se molekulat absorbojnë frekuencat që janë karakteristike për strukturën e tyre. Këto absorbime ndodhin në frekuenca rezonante, d.m.th. frekuenca e rrezatimit të absorbuar përputhet me frekuencën vibruese. Energjitë ndikohen nga forma e sipërfaqeve të energjisë potenciale molekulare, masa e atomeve dhe bashkimi vibronik i shoqëruar. Frekuencat e disa grupeve funksionale me vibrimet karakteristike janë paraqitur në Tabelën vijuese.

Tabela 2.1: Frekuencat kryesore të grupeve funksionale për lipide

Numri Valor cm^{-1}	Lidhjet
3010	=C-H tendosje
2956	CH ₃ tendosje asimetrike
2920	CH ₂ tendosje asimetrike
2870	CH ₃ tendosje simetrike
2850	CH ₂ tendosje simetrike
1730	C=O tendosje
1473, 1472, 1468, 1463	CH ₂ deformuese
1460	CH ₃ perkulje asimetrike
1405	(CH ₃) ₃ N ⁺ perkulje asimetrike
1378	CH ₃ perkulje simetrike
1400-1200	CH ₂ shiriti i tundur progresiv
1228	PO ₂ - shtrirja asimetrike
1170	CO-O-C shtrirja asimetrike
1085	PO ₂ - shtrirja simetrike
1070	CO-O-C shtrirja simetrike
1047	C-O-P shtrirja

KAPITULLI III

3. METODOLOGJIA E PUNËS

3.1 Mjetet dhe aparatura e përdorur

Pipeta

Erlenmajer (250 ml)

Peshore

Menzurë

Gota laboratorik

FTIR-Spektrofotometër Shimadzu IRAffinity-1

3.2 Reagjentët e përdorur

Vaj luledielli komercial

Albumin (Sigma Aldrich)

E verdhë e vezës

3.3 Përgatitja e mostrave

Me qëllim hulumtimin e interaksioneve ndërmjet lipideve dhe proteinave për prova janë përgadit tretësirat vajore në kushte të trajtimit termal për 5 minuta deri në pikë të tymosjes të grupuara në 3 sisteme të përcjellura për hulumtim:

Sistemi A

1. Vaj i pastër
2. Vaj me mish i bardhë i pulës i fërguar një herë
3. Vaj me mish i bardhë i pulës i fërguar dy herë

Sistemi B

1. Vaj i pastër
2. Vaj me albumin
3. Vaj me të bardhën e vezës

Sistemi C

1. Vaj i pastër
2. Vaj me albumin
3. Vaj me mostër reale të hudhrës

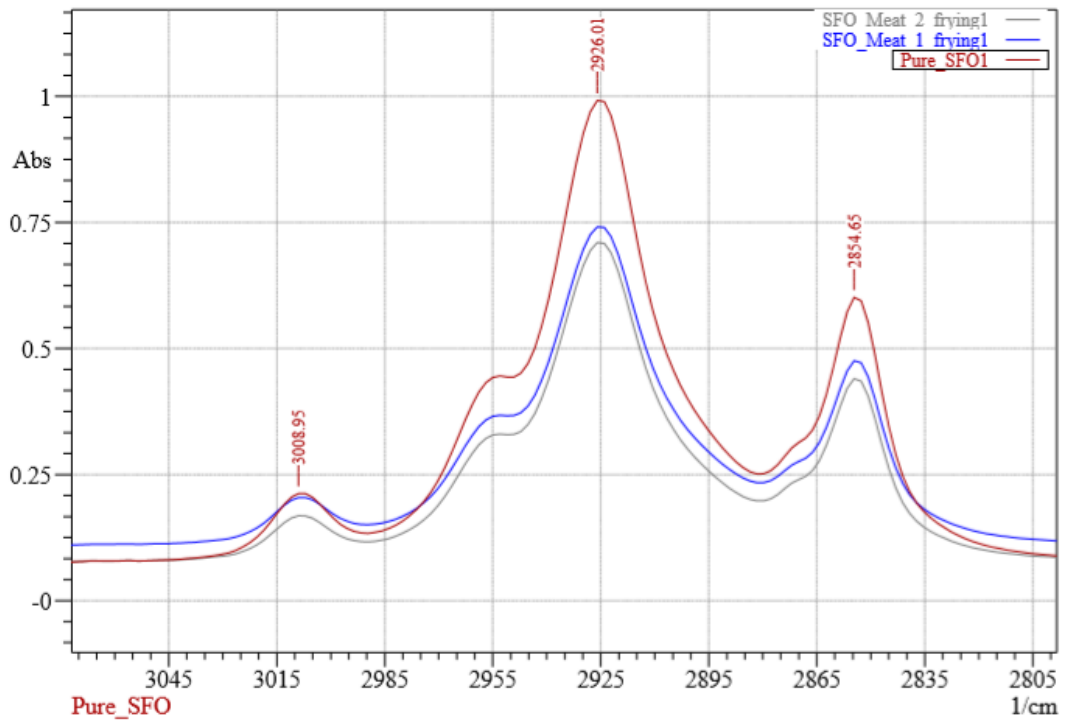


Figura 3.1 Spektri i fituar nga analiza e vajit të fërguar një herë dhe dyherë në prezencën e mishit të pulës, dhe analiza e vajit të pastër të fërguar në regjionin 2805cm^{-1} deri në 3045cm^{-1} me FTIR.

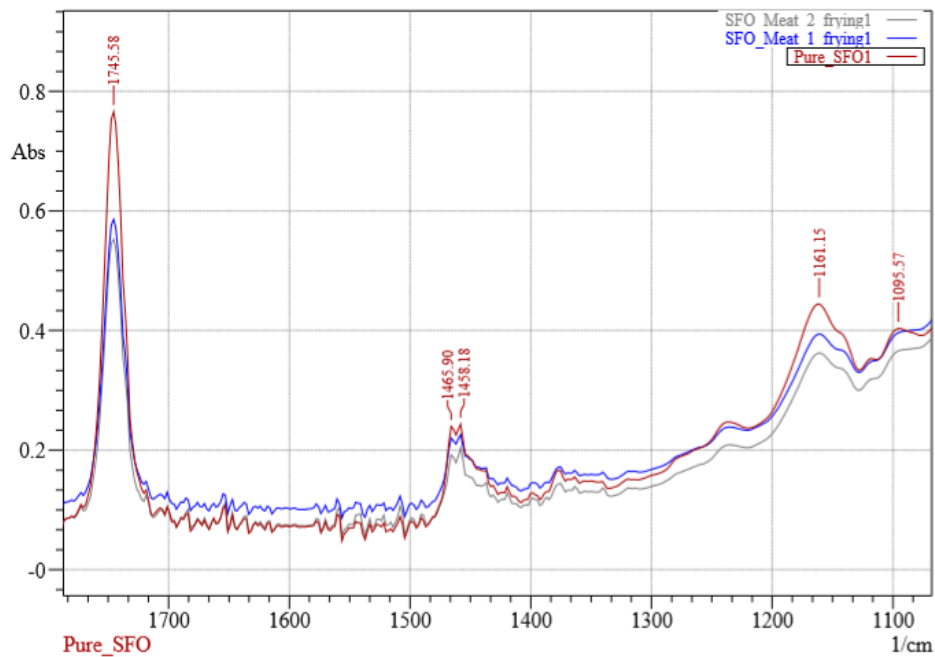


Figura 3.2 Spektri i fituar nga analiza e vajit të fërguar dy herë në praninë e mishit të pulës, analiza e vajit njëherë të fërguar në praninë e mishit të pulës, dhe analiza e vajit të pastër të fërguar në regjionin 1000cm^{-1} deri në 1700cm^{-1} me FTIR.

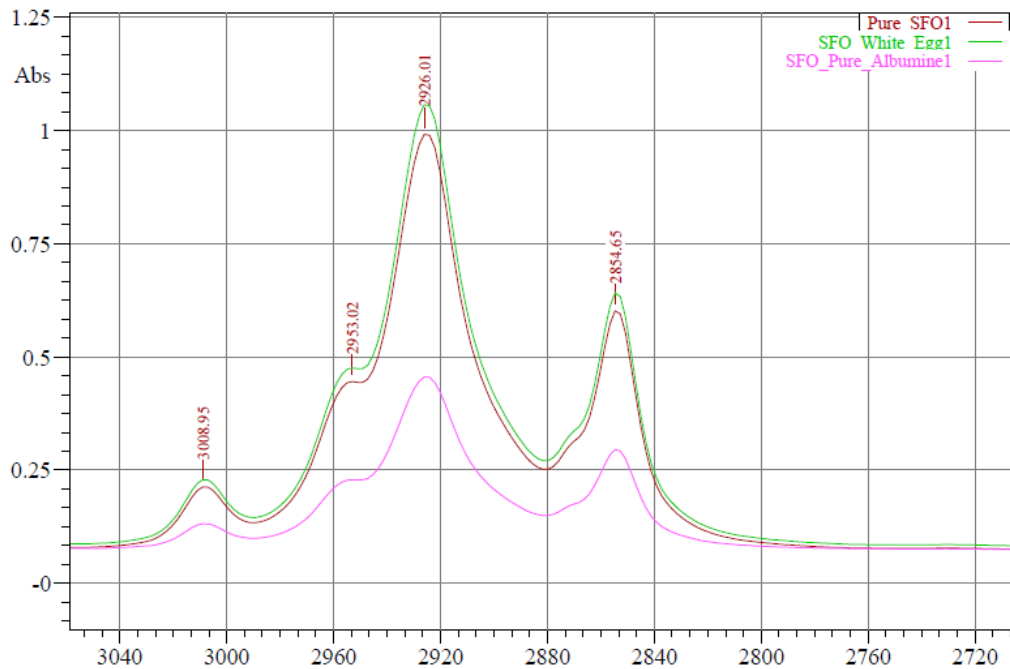


Figura 3.3. Spektri I krahesuar në regjionin $2700\text{-}3000\text{cm}^{-1}$ ndërmjet mostrës vajit pastër, bardhës së vezës me vaj dhe albuminës në vaj.

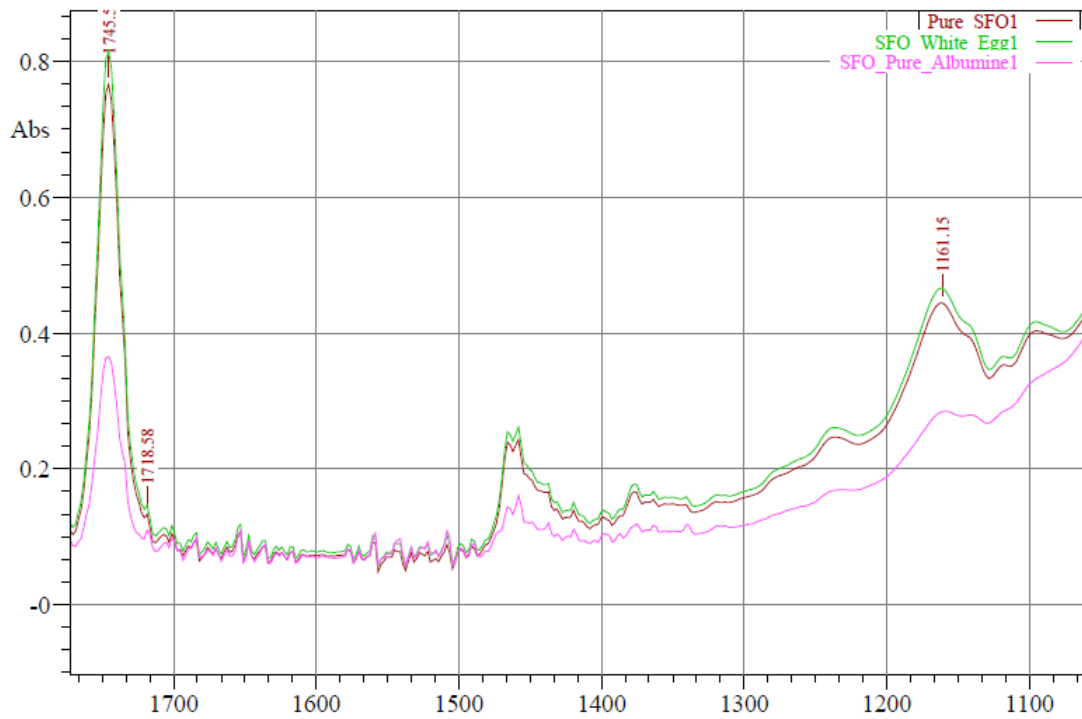


Figura 3.4. Spektri I krahesuar në regjionin $1000\text{-}1700\text{ cm}^{-1}$ ndërmjet mostrës vajit pastër, bardhës së vezës me vaj dhe albuminës në vaj.

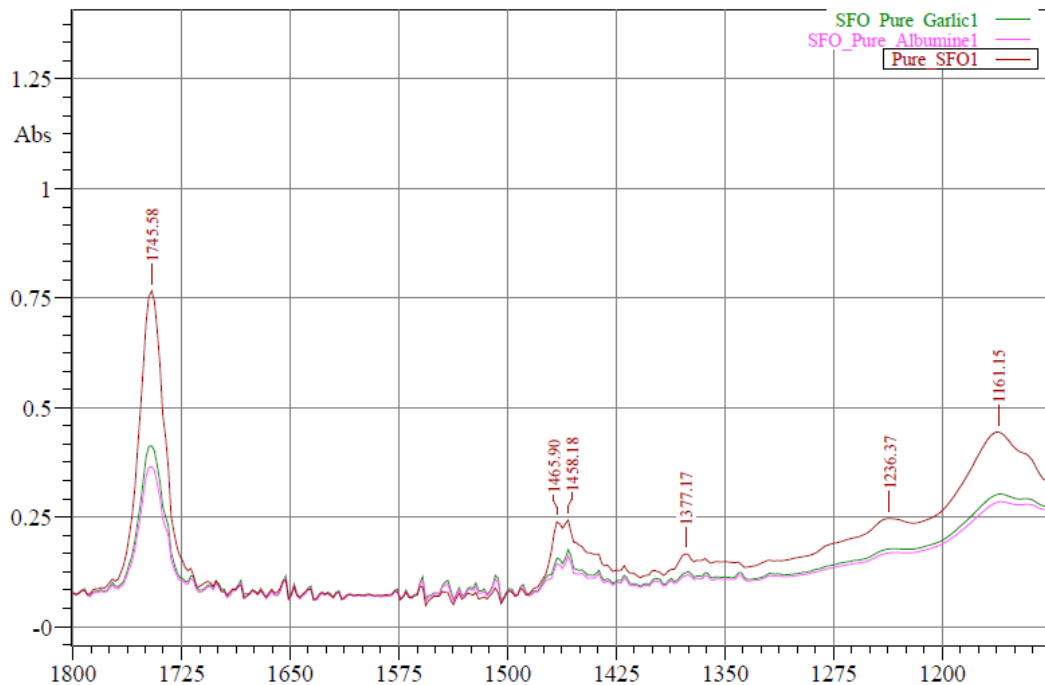


Figura 3.5. Spektri i krahesuar në regjionin $1000-1800\text{ cm}^{-1}$ ndërmjet mostrës vajit pastër, albuminë me vaj dhe mostër reale e hudhrës në vaj.

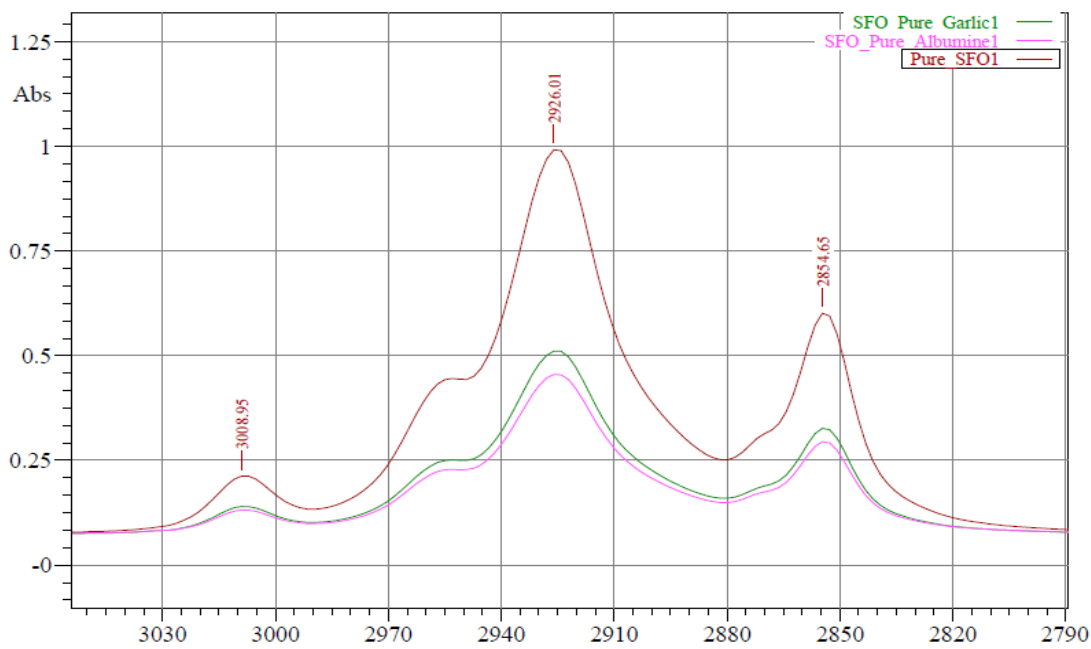


Figura 3.6. Spektri i krahesuar në regjionin $2800-3050\text{ cm}^{-1}$ ndërmjet mostrës vajit pastër, albuminë me vaj dhe mostër reale e hudhrës në vaj.

KAPITULLI IV

4. DISKUTIMI I REZULTATEVE

Diskutimin e kemi ndarë sipas ndarjes së grupeve të mostrave në tre sisteme:

Sistemi A: Në figurën 3.1 është paraqitur spektri i fituar nga analiza e vajit të fërguar një herë dhe dyherë në prezencën e mishit të pulës, dhe analiza e vajit të pastër të fërguar në regjionin prej rreth 2800 cm^{-1} deri në 3100 cm^{-1} me FTIR. Në këtë rast diferenca e vajit është paraqitur me vija të ngjyrosura me ngjyra të ndryshme. Nga kjo lehtë vim në përfundim se nëse i krahasojmë në mes vetes nuk ka zhvendosje të frekuencave që do ta pasqyronin ndryshimin në strukturë të përbërësve por vaji i pastër i fërguar e ka intensitetin më të lartë në krahasim me vajin e fërguar në prani të mishit të pulës gjë që vërehet një dekompozim i vajit nga dekompozimi kryesisht i triglicerideve me përjashtim të pikut 3008 cm^{-1} që i takon karbonit të pangopur ($=\text{C-H}$), i cili nuk ndryshon në intensitet pas fërgimit të parë ndërsa në fërgimin e dytë edhe atij i zvoglohet intensiteti me çka nëkuptohet se në atë fazë ka filluar dekompozimi i lidhjeve dyfishe. Por është mjaft e rëndësishme të theksohet se ky dekompozim ndodh vetëm në prani të mishit të fërguar dhe sidomos ai i fërguar për të dytën herë. Sipas kësaj dekompozimi rapid i vajit në prani të mishit të pulës dhe kjo nuk ndodh në këtë nivel me vajin e pastër tregon që përbërësit e mishit (përbërës madhor janë proteinat) i kanë përshpejtuar reaksionet e dekompozimit të triglicerideve që nënkupton se kemi interaksione të caktuara ndërmjet tyre.

Përcjellja në detale e këtyre mostrave në regjionin $1000-1800\text{ cm}^{-1}$ (Figura 3.2.) vërehet se edhe këtu ndodh kryesisht e njëjta dukuri e dekompozimit. Kjo vërehet në të gjitha piket e selektuara dhe sidomos pikë 1745 cm^{-1} që i takon grupit karbonil në triglyceride pra ndodh vetëm shpërbërja e tyre pas fërgimit të parë dhe të dytë dhe kjo është e zakonshme në trajtim termik dhe nuk ka dëshmi që mund të diskutojmë për interaksion i mundshëm mes lipideve dhe proteinave të mishit. Pra është evidente shpërbërja shumë më e vrullshme e triglycerideve në vaj në prani të mishit të pulës për dallim nga dekompozimi i tyre vetëm në vaj të pastër.

Sistemi B: Ky system është prezentuar në dy figurat 3.3 dhe 3.4. të ndarë në dy regjione. Edhe këtu kemi dekompozim i të njëjtit lloj të triglycerideve por shumë më e shprehur ajo është kur në vaj kemi albumina për dallim nga rasti tjetër kur në vaj ka sasi e të bardhës së vezës. Kur në tretësirë kemi prani e të bardhës së vezës atëherë stabiliteti i triglycerideve është i krahasueshëm me stabilitetin e vajit të pastër. Kjo mund të sqarohet me faktin se gjatë fërgimit të të bardhës së vezës proteinat denaturohen dhe tashmë kjo formë e krijuar ka interaksion të dobët ose fare nuk ka interaksion me lipidet e vajit andaj edhe dekompozimi i triglycerideve është shumë më i vogël apo ai është i krahasueshëm me nivelin e zbrëthyeshmërisë së triglycerideve nga mostra e vajit të pastër.

Ky shëndrim nuk e mundëson interaksionin ndërmjet lipideve dhe proteinave andaj lipidet mbeten të pareaguara me proteinat dhe si rrjedhojë lipidet mbeten të padekompozuar thajse në të njëjtin nivel si edhe lipidet në vajin e pastuar por të trajtuar në kondita të njëjta.

Dekompozimi i lipideve (triglycerideve) në mostrën me albumin tregon edhe humbjen e intenzitetit të pikut 1236 cm^{-1} pik i cili i takon vibrimit të grupit PO_2^- (shih tabelën 3.1). Ky grup funksional në përbërje të lipideve është pjesë e zakonshme e fosfolipideve që nënkupton se nëse triglyceridet dekompozohen në vajra ushqimor kemi disa lloje të triglycerideve dhe njëra nga ta janë edhe fosfolipidet. Pra, disa nga triglyceridet e dekompozueshme janë fosfolipidet dhe njëkohësisht interaksioni ndërmjet albumineve dhe fosfolipideve janë njëra nga interaksionet e identifikuar.

Por akoma mbetet e paqartë çka ndodh me trigliceridet e tjera, pra nivelin e degradimit dhe interaksionit të tyre.

Sistemi C: Në mostrat e mara për analizë (spektrat e paraqitur në figurat 3.5 dhe 3.6) vaji I pastër mbetet në nivel më të lartë stabiliteti në krahasim me nivelin e dekompozimit të triglicerideve të vajit i cili ka prezencë të albumineve dhe mostra tjetër me prani të mostrës reale të hudhrës. Hudhra është e njohur se përmban rreth 15 % proteina dhe poashtu rreth 13 % Karbohidrate, dhe kjo përbërje e saj ndikon që dekompozimi i triglicerideve në vaj të jetë e lartë apo e krahasueshme me vajin që ka pas prani të albumineve të pastra. Ulja e intenzitetit është thuajse në të gjitha piket karakteristike të triglicerideve, nivelit të pangopshmërisë por edhe grupit fosfat (fosfolipideve). Efekti i ndikimit të albumineve është shumë i ngjajshëm me mostrën e hudhrës gjë që edhe kuptohet interaksioni i ngjajshëm që mund të ndodh dhe e cila dëshmon se nga përbërësit e hudhrës kryesisht në interaksion me lipidet (më të shprehura fosfolipidet) hyjnë proteinat e hudhrës por nuk përjashtohet mundësia e interaksionit edhe të përbërësve të tjerë nga hudhra si psh., karbohidratet apo përbërësit e tjerë minor.

KAPITULLI V

5. PËRFUNDIMET

Bazuar në hulumtimin tonë kemi ardhur në këto përfundime

1. Trigliceridet si përbërës madhor në vaj ushqimor zbërthehen më lehtë nëse ka prezencë e proteinave, pra efekti i proteinave është shumë i madh në dekompozimin e triglicerideve dhe me këtë nënkuptohet se mes tyre ka interaksion të shprehur.
2. Trigliceridet më të shprehura në interaksion me proteinat janë fosfolipidet sepse te keto verehet dekompozimi më i madh.
3. Interaksioni mes proteinave dhe lipideve varet nga forma e proteinave të denaturuara ose jo, andaj edhe veza e fërguar nuk shfaq interaksion me trigliceridet sepse në të bardhën e vezës ka ndodh denatyrimi dhe tashmë si e tillë ajo nuk hyn në interaksion me lipidet dhe për këtë arsye trigliceridet në atë rast mbeten të pa dekompozuar.
4. Mishi i pulës kryesisht i pasur me proteina e jep të njejtin efekt në degradimin e lipideve në vaj gjë që kuptohet se në mes tyre ka interaksion duke i përshpejtuar reaksionet e radikaleve të lira dhe si rrjedhojë inicon zbërthimin më të shpejtë të lipideve në krahasim me lipidet që nuk kanë interaksion me proteinat.

5. Ngjajshmëria në mes proteinave është më e madhe ndërmjet albuminave dhe proteinave të hudhrës, ndërsa e bardha e vezës së fërguar pëson denatyrime të thella dhe si të tilla I humbin shumë karakteristika të tyre. Proteinat e mishit të pulës janë krejtësisht të ndryshme edhe pse më të afërta janë me albuminet, dhe proteinat e hudhrës kjo nga aspekti i interaksionit me lipidet e vajit ushqimor.

CONCLUSIONS

Based on our research we have come to these conclusions

1. Triglycerides as a major ingredient in edible oil are more easily decomposed if proteins are present, so the effect of proteins is very large in the decomposition of triglycerides and this means that there is a pronounced interaction between them.
2. The most pronounced triglycerides in interaction with proteins are phospholipids because they show the greatest decomposition.
3. The interaction between proteins and lipids depends on the form of denatured proteins or not, and the scrambled egg does not interact with triglycerides because denaturation has occurred in the egg white and if it does not interact with lipids and therefore triglycerides in that case they remain decomposed.
4. Chicken meat mainly rich in protein gives the same effect in the degradation of lipids in oil which is understood to have an interaction between them accelerating the reactions of free radicals and consequently initiates faster degradation of lipids in comparison with lipids that do not interact with proteins.
5. The similarity between proteins is greater between albumin and garlic proteins, while scrambled egg whites undergo deep denaturation and as such lose many of their characteristics. Chicken meat proteins are completely different, although they are closer to albumin, and garlic proteins in terms of interaction with edible oil lipids.

REFERENCAT

1. Nelson DL, Cox MM (2005). *Lehninger's Principles of Biochemistry* (4th ed.). New York: W. H. Freeman and Company.
2. Khan Academy, July (2020). Orders of protein structure.: primary, secondary, tertiary, and quaternary. Alpha helix and beta pleated sheet.
4. The physic libretext, July (2020), University of California.
5. Research Gate, March (2007). *The Lipid Handbook*, (3rd ed.).
6. Abba J. Kastin, ed. (2013). *Handbook of Biologically Active Peptides* (2nd ed.).
8. Atkins PĚ, de Paula J (2009). *Elements of physical chemistry* (5th ed.). Oxford U.P. p. 459.
9. RTI laboratories July (2020) Environmental, chemical and material testing.
10. Coates, J. *Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach*. NeĚtoĚn, USA.
11. Krilov D, Balarin M, Kosovic M, Gamulin O, Brnjas-Kraljevic J. (2009). FT-IR spectroscopy of lipoproteins. *Spectrochimia Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*.
12. Reddy. M (2002); Associate professor of Biochemistry. University of Wisconsin, Milawake. Britannica.
13. Shrimiza (1986); The topology of a casein adsorbed to an oil/Ěater interface. An analytical approach using proteolysis. *Biochemistry*, pp 259-264.
14. Chobert & Haertle (1997); Protein-lipid and protein flavor interactions. In *foodproteins and their applications*, pp 143-170. NeĚ York.
15. Bates & Wo (1975), Farnum et. Al, (1976); Protein quality of soy protein. *Lipid films and derived fractions*. *J.Food Science* pp 425-426.
16. Frazier (1983); *Cereal Technologies*. Academic press, London.

17. Qerimi. H (2001); Biokimia e përgjithëshme, Prishtinë.
18. Davis & Vance (1996); Structure, assembly and secretion of lipoprotein. Biochemistry of lipids, lipoproteins and membranes. Elsevier science, Amsterdam.
19. Christie (1982); Lipid analysis isolation, separation, identification and structural analysis of lipid, 2nd edition, pp 177-197. Oxford, Pergamon press.
20. Gunestone et, al (1994); The lipid handbook 2nd edition, pp 463-464. London.
21. Gardener (1979); Lipid hydroperoxide reactivity with proteins and aminoacids; a review, food chemistry, pp 220-229.
22. Kunimoto et, al (1985); The interaction of fish proteins and lipids during freeze drying and storage. Pp 50-56.
23. Kanner & Karel (1985); Changes in lysosome due to reactions with peroxidizing methyl linoleate in a dehydrated model system. Food chemistry, pp 468-472.
24. Berger & White (1971), Evans (1986); An electromicroscopical investigation of fat destabilization in ice cream. Journal of food tech. pp 285-294.
25. Terzen et, al (1993); Lipids, protein and structure of seed oil of bodies from diverse species. Plant physical, pp 267-276.
26. Murpy & Cummins (1989), Tzen et, al (1993); Seed oil bodies isolation, composition and role of oil body apolipoproteins. Phytochemistry pp, 2063-2069.
27. Lasztity (1996); Heat proteins in the chemistry of cereal proteins. 2nd edition, pp 42-111. Boca Raton CRL press.
28. St Angelo & Graves (1986); Studies of lipid and protein interactions in stored raw peanuts and peanuts flours. Food chemistry, pp 634-646.
29. Kamat et, al (1978); Vegetable protein-lipid interactions, cereal chemistry, pp 295-307.
30. Chapman (1969); Physical studies of lipid-protein interactions, pp251-266.
31. Izzo & Ho (1989), Hoëll (1991); Protein-protein interactions in developments in food protein, pp237-270. London.
32. Aynie et, al (1992), Mc Williams (1997); Interactions between lipids and milk proteins in emulsion. J.Food science, pp 883-891.

33. Damodaran (1997); An overview in food products and their applications. food science and nutrition. Pp57-110. New York.
34. Darby & Creighton (1992); Protein structure, pp 1-98. Oxford university. IRL press.
35. Mc.Clements (1999); Food emulsions, principles, practice and techniques, pp 127-184. New York, CRC press.
36. Finney (1971); Fractionating and reconstituting techniques to relate functional (bread making) to biochemical properties of wheat flour components. Cereal science, pp 342-356.
37. Pomeranz (1973); Interactions between glycolipids and wheat flour macromolecules in breadmaking. Food research, pp 153-188.
38. Karel (197); Protein- lipid interactions. J.Food science, pp 756-763.
39. Mc Williams (1997); Food experimental perspectives, 3rd edition, pp 332-335. New Jersey, Merrill/Prentice Hall.
40. Philips et,al (1994). Boyie et, al (1995), Damodaran (1997); Factors affecting molecular characteristics of wheat protein gelation. Int. diary J. pp 337-353.
41. Sikorski (1996); Protein changes in frozen fish. Food science, pp 97-129.
42. Kisella (1984); Milk proteins, physicochemical and functional properties. Food nutrition, pp 197-262.
43. Sikorski (1997); Chemical and functional properties of food components, pp 119-160. Poland, Tech. publishing.
44. Montejoho (1984); Thermally induced gelation of native and modified egg white, rheological changes during processing. Food science, pp 1249-1256.
45. Nayak et, al (1998); Cook yield, texture and gel ultrastructure of model beef batters as affected by low levels of calcium, magnesium and zinc chloride. J.Food, pp 945-950.
46. Johnson & Zabik (1981); Ultrastructural examination of egg albumin protein foams. J.Food science, pp 1237-2340.
47. Rousseau (2000); Fat crystals emulsion stability. Review, food res, pp 3-14.
48. Tornberg et, al (1990); The structural and interfacial properties of food in relation to their functions in emulsion, pp 247-326. New York.

49. Kato & Nekei (1983); hydrophobicity determined by a fluorescence method and its connection with surface properties of protein. *Biochemistry* pp 13-20.
50. Mizutani & Nakamura (1987); Emulsifying properties of a complex between a protein from hen's egg yolk lecithin. *Biochemistry*, pp 1115-1119.
51. Mangino (1994); Protein interaction emulsions, protein-lipid interactions, pp 147-178.
52. Cornel (1991); Surface activity of bovine whey proteins at the phospholipid water interface. In *Interactions of food protein*.