

**HULUMTIMI I EFEKTIT TOKSIK TË VAJIT USHQIMOR GJATË
TRAJTIMIT TERMIK**

**TEMA PËR GRADËN BACHELOR I SHKENCËS NË INXHINIERI
DHE TEKNOLOGJI USHQIMORE**

NGA

LORESA SINANI



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

MITROVICË

MAJ, 2025

**RESEARCH OF THE TOXIC EFFECT OF EDIBLE OIL DURING
HEAT TREATMENT**

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

BY

LORESA SINANI



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

MITROVICË

MAY, 2025

HULUMTIMI I EFEKTIT TOKSIK TË VAJIT USHQIMOR GJATË TRAJTIMIT
TERMIK

TEMA E PREZNTUAR NGA

LORESA SINANI

NË

DEPARTAMENTIN E TEKNOLOGJISË

NË PLOTËSIMIN E PJESSHËM TË OBLIGIMEVE PËR TË FITUAR GRADËN
BACHELOR I SHKENCËS NË INXHINIERI DHE TEKNOLOGJI USHQIMORE

MAY, 2025



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

Aprovuar prej komisionit:

_____ Kryetar

Fatos Rexhepi, Prof.asoc.dr.

_____ Mentor

Valdet Gjinovci, Prof.asoc.dr.

_____ Anëtar

Arber Hyseni, Ass.dr.sc.

Data e aprovimit: _____

RESEARCH OF THE TOXIC EFFECT OF EDIBLE OIL DURING HEAT
TREATMENT

A THESIS PRESENTED

LORESA SINANI

IN

DEPARTMENT OF TECHNOLOGY

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

MAY, 2025



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

Approved from Commission:

_____ Chairman

Fatos Rexhepi, Prof.asoc.dr.

_____ Mentor

Valdet Gjinovci, Prof.asoc.dr.

_____ Member

Arber Hyseni, Ass.dr.sc.

Date of approval: _____

DEDIKIM

Me kënaqësinë më të madhe, këtë punim ia dedikoj familjes sime, dhe në veçanti prindërve të mi, nga të cilët kam marrë mbështetjen më të madhe. Çdo fazë e këtij procesi reflekton ndikimin e përkrahjes dhe motivimit të tyre, të cilët kanë luajtur një rol kyç në realizimin e këtij udhëtimi akademik.

FALËNDERIM

Me mirënjohje të madhe, shpreh falënderimet më të sinqerta për mentorin tim, Prof. asoc. dr. Valdet Gjinovci, dhe kryetarin e komisionit, Prof. asoc. dr. Fatos Rexhepi. Kontributi, këshillat dhe përkushtimi i jashtëzakonshëm i tyre kanë pasur ndikim të rëndësishëm në realizimin e këtij punimi. Falë udhëzimeve të tyre, kam zhvilluar aftësinë për të analizuar me saktësi dhe kam përparuar si studente, duke u përgatitur për sfidat profesionale të ardhshme.

Gjithashtu, shpreh falënderime për anëtarin e komisionit, dr.sc Arbër Hyseni, i cili tregoi korrektësi dhe profesionalizëm, duke përkrahur zhvillimin e kësaj teme.

Falënderim i veçantë i drejtohet familjes sime dhe bashkëshortit tim të cilët kanë qenë një burim i pashtershëm motivimi dhe force. Mbështetja dhe frymëzimi i tyre kanë qenë thelbësorë, sidomos në momentet më të vështira. Do të jem gjithmonë mirënjohëse për çdo kontribut tuajin dhe për mbështetjen tuaj të çmuar, e cila më ka shoqëruar dhe vazhdon të më shoqërojë në çdo hap të jetës sime.

ABSTRAKTI I PUNIMIT

Hulumtimi i efektit toksik të vajit ushqimor gjatë trajtimit termik

Nga

Loresa Sinani

Fakulteti i Teknologjisë Ushqimore, Mitrovicë, 2025

Bachelor i Shkencës në Inxhinieri dhe Teknologji Ushqimore

Prof. asoc. dr. Valdet Gjinovci, Mentor

Ky punim synon të hulumtojë efektet toksike të trajtimit termik të vajrave ushqimorë, duke u fokusuar në ndryshimet kimike që ndodhin gjatë këtij procesi. Trajtimi termik i vajrave mund të shkaktojë degradimin e acideve yndyrore dhe formimin e komponimeve toksike, si aldehidet dhe ketonet, të cilat paraqesin rrezik për shëndetin.

Për realizimin e këtij studimi, është zhvilluar një seri eksperimentesh duke përdorur spektroskopinë infra të kuqe (IR), me qëllim identifikimin e ndryshimeve strukturore në vaj pas ekspozimit në temperatura të larta. Kjo metodë është përdorur për të vlerësuar praninë e grupeve funksionale që tregojnë procesin e oksidimit dhe degradimin e përbërësve të vajit.

Përmes analizës së mostrave të vajit të trajtuar termikisht, janë ndërtuar modele kalibruese për rajone specifike të spektrit IR, duke përdorur programin PLSR. Këto modele synojnë të përcaktojnë përmbajtjen totale të komponimeve të oksiduara dhe praninë e komponimeve trans.

Rezultatet tregojnë se trajtimi termik ndikon në mënyrë të konsiderueshme në strukturën kimike të vajit, duke rritur rrezikun për formimin e substancave toksike. Ky studim sugjeron se spektroskopia IR mund të shërbejë si një mjet efektiv për monitorimin e këtyre ndryshimeve, duke ndihmuar në garantimin e përdorimit më të sigurt të vajrave në ushqim.

ABSTRACT OF THE THESIS

Research of the toxic effect of edible oil during heat treatment

By

Loresa Sinani

Faculty of Food Technology, Mitrovicë, 2025

Bachelor of Science in Food Engineering and Technology

Prof. Asoc. Dr. Valdet Gjinovci, Mentor

The research aims to investigate the toxic effects of thermal treatment of edible oils, focusing on the chemical changes that occur during this process. Thermal treatment of oils can cause the degradation of fatty acids and the formation of toxic compounds, such as aldehydes and ketones, which pose a health risk.

For the realization of this study, a series of experiments using infrared (IR) spectroscopy was developed, in order to identify structural changes in the oil after exposure to high temperatures. This method was used to evaluate the presence of functional groups that indicate the oxidation process and the degradation of oil components.

Through the analysis of thermally treated oil samples, calibration models were built for specific regions of the IR spectrum, using the PLSR program. These models aim to determine the total content of oxidized compounds and the presence of trans compounds. The results show that thermal treatment significantly affects the chemical structure of the oil, increasing the risk of the formation of toxic substances. This study suggests that IR spectroscopy can serve as an effective tool for monitoring these changes, helping to ensure the safer use of oils in food.

PËRMBAJTJA

<i>DEDIKIM</i>	iii
<i>FALËNDERIM</i>	iv
ABSTRAKTI I PUNIMIT	v
PËRMBAJTJA.....	vii
LISTA E TABELAVE.....	ix
LISTA E FIGURAVE.....	x
SHKURTESAT.....	xi
KAPITULLI I	1
1.HYRJE	1
KAPITULLI II	3
2. VAJRAT USHQIMOR.....	3
2.1 Llojet e vajrave (bimore, shtazore, të përziera)	4
2.1.2 Vlerësimi ushqimor i vajrave në dietë	5
2.1.3 Roli i vajrave në shije, aromë dhe strukturë të ushqimit.....	6
2.2 Përbërja e vajrave ushqimor.....	7
2.2.1 Trigliceridet.....	9
2.2.2 Acidet Yndyrore: Struktura, Karakteristikat dhe Rëndësia Biologjike	11
2.2.3 Acidet yndyrore te ngopura dhe te pangopura.....	12
2.2.4 Rëndësia biologjike e acideve yndyrore omega-3 dhe omega-6 te.....	14
2.2.5 Tokoferolet, fitosterolët, polifenolët dhe koenzimat Q.....	16
2.3 Ndryshimet Kimike në vajin e trajtuar kimikisht	18
2.3.1 Osidimi – Aldehyde, Ketone, Acide yndyrore trans, akroleina.....	18
2.3.2 Faktorët që ndikojnë në oksidimin e vajit.....	20
2.3.4 Oksidimi termal i vajrave.....	21
2.3.5 Temperaturat kritike për stabilitetin e vajit.....	22
2.3.6 Vajrat më të qëndrueshme ndaj temperaturave të larta.....	23

2.3.7 Hidrogjenizimi	25
2.3.8 Formimi i yndyrave trans dhe ndikimi në shëndet	26
2.4 Proceset teknologjike	28
2.4.1 Degradimi termik i vajrave ushqimorë	28
2.4.2 Rafinimi	30
2.4.3 Avantazhet dhe disavantazhet e vajit të rafinuar	31
2.4.4 Aplikimi i Spektroskopisë Infra të Kuqe në analizën e vajit ushqimor	32
2.5 Parimet Termike të Spektroskopisë Infra të Kuqe (IK)	33
2.5.1 Kombinimi i Spektroskopisë (IR) me ATR dhe Analizë Kemometrike	35
2.5.2 Spektroskopia IR dhe ATR	36
2.5.3 Kombinimi i Spektroskopisë IR me ATR dhe Analizës Kemometrike	37
2.5.4 Aplikime të Kombinimit të Spektroskopisë IR dhe ATR me Analizën Kemometrike	38
KAPITULLI III	38
3. METODOLOGJIA	39
3.1. Aparatura dhe pajisjet e përdorura	39
3.2. Materialet dhe reagjentët e përdorur	39
3.3. Trajtimi termik i mostrave	40
3.4. Përgatitja e mostrave për analizën me FT-IR	40
3.5 Ecuria e punës eksperimentale	43
KAPITULLI IV	48
4.1 DISKUTIMI I REZULTATEVE	48
KAPITULLI V	50
5. PËRFUNDIME	50
CONCLUSIONS	51
BIBLIOGRAFIA	52

LISTA E TABELAVE

Tabela 2.1: Përmbajtja e përgjithshme e acideve yndyrore në disa lloje të vajrave ushqimorë.....	14
Tabela 2.2: Pika e tymit të vajrave të ndryshme ushqimore	23
Tabela 2.3: Vlerësimi analitik i spektrave infra të kuqe të vajit ushqimor	35
Tabela 3.1: Krahësimi i mostrave në eksperimentet PLS-1, PLS-2, PLS-3	47

LISTA E FIGURAVE

Figura 2.1: Acidet yndyore cis dhe trans.....	20
Figura 2.2: Struktura e hidrogjenizimit te vajit ushqimorë.....	26
Figura 3.1: Mostrat e vajit te lulediellit pas trajtimit termik ne temperatura te ndryshme	41
Figura 3.2: Vendosja e mostres se vajit ne pajisjen ATR.....	42
Figura 3.3: Analiza krahasuese e spektrave të vajit të trajtuar në temperatura të ndryshme	43
Figura 3.4: Analiza krahasuese e spektrave te vajit ne perqindje te ndryshme	44
Figura 3.5: Analiza bazuar ne frekuencat e regjionit te plote $600-4000\text{ cm}^{-1}$	44
Figura 3.6: Lakore kalibrimi e regjionit $2813-3034\text{ cm}^{-1}$	45
Figura 3.7: Lakore kalibrimi e regjionit $1800-1615\text{ cm}^{-1}$	45
Figura 3.8: Lakore kalibrimi e regjionit $1580-626\text{ cm}^{-1}$	46
Figura 3.9: Lakore kalibrimi e regjionit $930-1000\text{ cm}^{-1}$	46

SHKURTESAT

FT-IR.....	Fourier Transform
IR Spectroscopy PCA.....	Principal Component Analysis
IR.....	Infra të Kuqe
PLSR.....	Partial Least Squares Regre

KAPITULLI I

1.HYRJJE

Vajrat ushqimorë përbëjnë një komponent thelbësor në dietën njerëzore dhe luajnë një rol të rëndësishëm në përgatitjen e ushqimeve, duke kontribuar në përmirësimin e shijes, aromës dhe teksturës së tyre. Ato përmbajnë acide yndyrore esenciale, vitamina të tretshme në yndyrë (si vitamina A, D, E dhe K) si dhe përbërës me veti antioksiduese. Megjithatë, mënyra e përdorimit të vajrave gjatë procesit të gatimit, veçanërisht në temperatura të larta siç është rasti i skuqjes dhe fërgimit, ndikon ndjeshëm në stabilitetin e tyre kimik dhe, rrjedhimisht, në sigurinë ushqimore dhe shëndetin e konsumatorit. Ekspozimi i vajrave ndaj temperaturave të larta çon në një sërë reaksionesh oksidative dhe termike që rezultojnë në degradimin e përbërësve të tyre. Këto reaksione përfshijnë oksidimin e acideve yndyrore të pangopura, ciklizimin, polimerizimin dhe formimin e përbërësve të dëmshëm si radikalët e lirë, aldehidet, ketonet, peroksidet, akroleina, si dhe acide yndyrore trans – të gjitha këto janë të njohura për efektet e tyre të dëmshme në shëndetin e njeriut. Studime të shumta kanë lidhur konsumimin afatgjatë të këtyre përbërjeve me rritjen e rrezikut për sëmundje kardiovaskulare, kancer, diabet tip 2 dhe sëmundje të tjera degjenerative [1, 2].

Një nga faktorët kyç që ndikon në stabilitetin e vajrave gjatë trajtimit termik është përbërja e tyre kimike, përkatësisht raporti ndërmjet acideve yndyrore të ngopura, të pangopura mono dhe poliyndyrore. Vajrat me përmbajtje të lartë të acideve yndyrore poliyndyrore, si vaji i lulediellit apo ai i misrit, janë më të ndjeshëm ndaj oksidimit, krahasuar me vajrat që përmbajnë më shumë acide yndyrore të ngopura ose mono-të pangopura, siç janë vaji i ullirit apo ai i avokados. Vaji i ullirit ekstra i virgjër, për shembull, përmban antioksidantë natyralë si polifenole dhe vitaminë E, të cilët ngadalësojnë proceset e oksidimit, duke e bërë atë më të qëndrueshëm ndaj nxehtësisë.

Një tjetër praktikë me ndikim negativ është ripërdorimi i vajrave, e cila është veçanërisht problematike në kuzhinat komerciale dhe në gatimet e rrugës. Përdorimi i të njëjtit vaj për skuqje të përsëritura rrit përqendrimin e komponimeve toksike dhe përshpejton formimin e produkteve të dekompozimit. Për më tepër, produktet e oksidimit nuk kanë vetëm ndikim negativ në shëndet, por edhe e përkeqësojnë cilësinë organoleptike të ushqimit, duke i dhënë atij aromë të rëndë dhe shije të hidhur.

Për të minimizuar efektet negative të trajtimit termik të vajrave, është thelbësore të zgjidhen vajra me pikë të lartë tymosjeje, të cilët qëndrojnë më stabil gjatë ekspozimit në temperatura të larta. Gjithashtu, rekomandohet përdorimi i teknikave alternative të gatimit si pjekja, zierja ose gatimi në avull, të cilat ruajnë më mirë vlerat ushqyese dhe reduktojnë formimin e komponimeve të rrezikshme. Edukimi i konsumatorëve për rreziqet që lidhen me përdorimin e vajrave në mënyrë të papërshtatshme mbetet një hap i domosdoshëm në promovimin e një diete të shëndetshme dhe parandalimin e sëmundjeve kronike.

KAPITULLI II

2. VAJRAT USHQIMOR

Vajrat ushqimorë janë yndyrna që përdoren në gatim, skuqje, përgatitjen e sallatave dhe ushqimeve të tjera. Ato ndahen në dy grupe kryesore: vajra bimore dhe vajra shtazore. Vajrat bimore, të cilat vijnë nga farat, frutat dhe disa pjesë të tjera të bimëve, janë të pasura me yndyrna të pangopura, të cilat janë të njohura për përfitimet e tyre shëndetësore, sidomos për shëndetin e zemrës. Konsumi i vajrave bimore mund të ndihmojë në uljen e kolesterolit të keq (LDL) dhe në përmirësimin e shëndetit të enëve të gjakut. Disa prej vajrave bimore më të njohura janë vaji i ullirit, vaji i luledielli dhe vaji i sojës, të cilat gjithashtu përmbajnë acide yndyrore omega-3 dhe omega-6, të cilat janë të domosdoshme për funksionet e trurit dhe të sistemit kardiovaskular[3].

Nga ana tjetër, vajrat shtazore, të cilat vijnë nga mishi dhe produktet e kafshëve, përmbajnë yndyrna të ngopura. Këto yndyrna janë të lidhura me një rrezik më të lartë për zhvillimin e sëmundjeve kardiovaskulare, pasi ato mund të rrisin nivelet e kolesterolit të dëmshëm (LDL) dhe të kontribuojnë në formimin e pllakave në enët e gjakut, që mund të çojnë në probleme të zemrës. Vajra të tillë përfshijnë gjalpin dhe yndyrnat që gjenden në mishin e kafshëve, të cilat duhet të konsumohen me maturi për të ruajtur një dietë të shëndetshme.

Për të mbajtur një shëndet të mirë, është e rëndësishme të preferoni vajra bimore për shkak të përbërjes së tyre të pasur me yndyrna të pangopura dhe të kufizoni përdorimin e vajrave shtazore. Megjithatë, disa vajra shtazore, si vaji i peshkut, janë të pasura me yndyrna të shëndetshme omega-3 dhe mund të kenë përfitime për shëndetin e zemrës. Omega-3 ndihmojnë në uljen e inflamacionit dhe mund të ndihmojnë në parandalimin e

sëmundjeve të zemrës. Kështu, edhe vajrat shtazore, ndonëse përmbajnë yndyrna të ngopura, mund të kenë disa efekte pozitive nëse janë të pasura me omega-3[4].

Përdorimi i vajrave bimorë është i preferuar për shkak të yndyrnave të pangopura dhe përfitimeve shëndetësore që ato ofrojnë. Megjithatë, vajrat shtazore, kur janë të pasura me yndyrna të shëndetshme, si vaji i peshkut, mund të ofrojnë përfitime për shëndetin e zemrës, por gjithmonë duhet të konsumohen me kujdes dhe në mënyrë të mençur për të arritur ekuilibrin e duhur në dietën tuaj. Në përgjithësi, është e rëndësishme të përdoren vajra të shëndetshëm dhe të shmangen ato që kanë përmbajtje të lartë yndyrnash të ngopura dhe trans, për të ruajtur një dietë të balancuar dhe për të promovuar shëndetin afatgjatë.

2.1 Llojet e vajrave (bimorë, shtazore, të përzier)

Vajrat ushqimorë klasifikohen në tre lloje kryesore, në bazë të burimit të tyre: bimorë, shtazore dhe të përzier.

Vajrat bimorë

Këta vajra përfitohen nga frutat ose farat e bimëve, si: ulliri, luledielli, soja, misri, kokosi, etj. Janë të pasur me acide yndyrore të pangopura dhe komponime natyrore antioksiduese. Përdoren gjerësisht për gatim dhe konsiderohen më të shëndetshëm për sistemin kardiovaskular.

Vajrat shtazore

Përfitohen nga dhjami i kafshëve, si gjalpi, dhjami i lopës, derri apo shpendëve. Përmbajnë më shumë acide yndyrore të ngopura, çka i bën më të qëndrueshëm ndaj nxehtësisë, por duhet konsumuar me masë për të ruajtur shëndetin e zemrës dhe të enëve të gjakut.

Vajrat e përzier

Vajrat janë krijuar duke kombinuar vajra të ndryshëm bimorë ose duke përzier vajra bimorë me yndyra shtazore. Ky lloj vaji përdoret shpesh në industri ushqimore dhe në amvisëri, me qëllim uljen e kostos, përmirësimin e shijes apo rritjen e qëndrueshmërisë

gjatë gatimit. Shembuj të zakonshëm përfshijnë margarinën dhe vajrat e përzier për gatim.

Vajrat e përzier nuk konsiderohen të falsifikuar, për sa kohë që përbërja e tyre është deklaruar qartë në etiketë dhe përputhet me përmbajtjen reale. Në raste të tilla, ato janë produkte të ligjshme dhe të pranueshme në treg. Ky lloj vaji përdoret shpesh në industri dhe në amvisëri për të ulur koston, për të përmirësuar shijen, ose për të rritur qëndrueshmërinë gjatë gatimit. Shembuj të zakonshëm përfshijnë margarinën apo vajin për gatim të përzier.

2.1.2 Vlerësimi ushqimor i vajrave në dietë

Vlerësimi ushqimor i vajrave përfshin analizën e përbërjes kimike, ndikimin në shëndet dhe rolin në parandalimin e sëmundjeve. Vajrat janë burim i pasur energjie, duke ofruar rreth 9 kalori për gram, më shumë se dyfishi i kalorive që sigurohen nga karbohidratet dhe proteinat. Ky nivel i lartë energjie është i rëndësishëm për trupin, sidomos në aktivitete fizike që kërkojnë energji të menjëhershme dhe të qëndrueshme. Megjithatë, përdorimi i tepërt i vajrave mund të çojë në fitim të peshës dhe rrit rrezikun për zhvillimin e sëmundjeve të lidhura me obezitetin, siç janë sëmundjet e zemrës dhe diabeti i tipit 2.

Përveç ofrimit të energjisë, vajrat janë të rëndësishëm për përmirësimin dhe ruajtjen e shëndetit të disa funksioneve të trupit. Ata janë të nevojshëm për absorbimin dhe shpërndarjen e vitaminave që janë të tretshme në yndyrë, si vitaminat A, D, E dhe K. Këto vitamina janë thelbësore për një sërë funksionesh biologjike, duke përfshirë mbajtjen e shëndetit të lëkurës, forcimin e sistemit imunitar, përmirësimin e shëndetit të kockave dhe mbështetje për sistemin nervor. Për më tepër, vajrat janë një përbërës esencial në ndihmën për mbajtjen e strukturës dhe funksionit të qelizave trupore. Membranat qelizore përbëhen kryesisht nga yndyra, dhe vajrat kontribuojnë në ruajtjen e integritetit të këtyre membranave, duke siguruar kalimin e substancave dhe komunikimin mes qelizave. Në një dietë të shëndetshme, është e rëndësishme të zgjidhen vajra të cilësisë së lartë, si vajrat bimore, të cilat ofrojnë përfitime shëndetësore të mëdha. Vajra të tilla, si ai i ullirit, janë të njohura për efektet e tyre pozitive në shëndetin e zemrës dhe

për përmirësimin e niveleve të kolesterolit të mirë (HDL). Në të kundërt, përdorimi i vajrave të pasura me yndyrna të ngopura dhe yndyra trans, si ato që gjenden në disa produkte të rafinuara dhe të përpunuara, mund të rrisin rrezikun për zhvillimin e sëmundjeve kardiovaskulare dhe çrregullimeve të tjera shëndetësore.[5]

Përdorimi i vajrave në gatim është i rëndësishëm për ruajtjen e shijes dhe strukturës së ushqimeve. Vajrat kontribuojnë në përmirësimin e shijes dhe aromës së ushqimeve, duke i bërë ato më të shijshme dhe më të lehta për t'u konsumuar. Për shembull, vajra të ndryshme përdoren në gatime të tilla si salcat, sallatat dhe dishat e pjekura për të arritur një rezultat të kënaqshëm dhe të shijshëm.

2.1.3 Roli i vajrave në shije, aromë dhe strukturë të ushqimit

Vajrat janë një komponent i pazëvendësueshëm dhe thelbësor në përgatitjen e ushqimeve, duke kontribuar në mënyrë të drejtpërdrejtë në shijen, aromën dhe strukturën e tyre. Roli i vajrave është shumë më i thellë se sa thjesht përdorimi i tyre për skuqje apo gatim, pasi ata ndikojnë në mënyrën se si përjetojmë ushqimin në nivele organoleptike, si dhe në strukturën fizike dhe kimike të tij. Ky tekst synon të ofrojë një analizë të detajuar të ndikimit të vajrave në këto aspekte të rëndësishme të ushqimit, duke theksuar rëndësinë e tyre për të përmirësuar përvojën e shijes dhe të strukturuar të ushqimeve që konsumojmë çdo ditë.

Roli i Vajrave në Shijen e Ushqimit

Shija është një nga përvojat më të fuqishme dhe komplekse që krijon ushqimi në trupin dhe mendjen e njeriut. Vajrat luajnë një rol të drejtpërdrejtë në përmirësimin dhe nuancimin e shijes së ushqimeve përmes përbërësve kimikë të pranishëm në to. Lloji i vajit, procesi i përpunimit dhe përdorimi i tij kanë ndikim të konsiderueshëm në mënyrën se si perceptohet shija e ushqimit dhe si ajo zhvillohet gjatë përgatitjes.

Vajrat dhe shija gjatë gatimit

Vajrat gjithashtu luajnë një rol të rëndësishëm në evoluimin e shijes gjatë procesit të gatimit. Në proceset e skuqjes dhe pjekjes, vajrat ndihmojnë në krijimin e një shtrese të jashtme të pjekur dhe krokante, duke kontribuar në një shije më të theksuar të "e pjekur" ose "të skuqur". Ky ndryshim i shijes është i dëshirueshëm në shumë gatime, pasi krijon

një kontrast të këndshëm me pjesën e brendshme të ushqimit, që shpesh mbetet më e butë dhe më e lagësht. Përveç kësaj, vajrat mund të rrisin thellësinë e shijes duke ofruar një ndjesi më të pasur dhe më të kompletuar gjatë konsumimit.[6]

Vajrat dhe Aftësia për të Nxjerrë dhe Intensifikuar Aromat

Një tjetër funksion i rëndësishëm i vajrave është aftësia e tyre për të nxjerrë dhe shpërndarë aromat nga përbërësit e tjerë të ushqimit. Kjo është arsyeja pse vajrat shpesh përdoren në përgatitjen e marinadave dhe salcave, ku ato ndihmojnë në shpërndarjen e erëzave dhe aromave nga përbërës të tillë si hudhra, qepë, rozmarinë, borziloku dhe erëza të tjera. Përdorimi i vajrave të tilla në marinada mundëson që aromat e përbërësve të penetrojnë thellë në ushqim dhe të intensifikohen gjatë procesit të gatimit, duke i dhënë ushqimit një aromë më të pasur dhe më të nuancuar.[7]

Roli i Vajrave në Strukturën e Ushqimit

Struktura e ushqimit ka një lidhje të ngushtë me mënyrën se si përbërësit ndahen, shpërndahen dhe bashkohen gjatë gatimit. Vajrat janë agentë të rëndësishëm që ndikojnë në krijimin e strukturave të ndryshme të ushqimit dhe ndihmojnë në menaxhimin e teksturës së tij. Ato luajnë një rol të rëndësishëm në formimin e një strukture të qëndrueshme dhe të këndshme për konsumatorin.

2.2 Përbërja e vajrave ushqimor

Përbërja e vajrave ushqimor është e kompleksuar dhe përfshin një sërë përbërësish që bashkëveprojnë për të krijuar karakteristikat organoleptike (shija, aroma, dhe ngjyra), stabilitetin dhe vlerat ushqyese të vajrave. Secili nga këta përbërës ka funksionin e vet të rëndësishëm dhe ndikim të drejtpërdrejtë në përdorimin dhe përfitimet shëndetësore të vajrave ushqimore.

Trigliceridet

Trigliceridet janë forma më e zakonshme e yndyrnave dhe përbëhen nga një molekulë gliceroli dhe tre acide yndyrore. Ata janë një burim kryesor i energjisë për trupin dhe luajnë një rol të rëndësishëm në ruajtjen e energjisë dhe mbrojtjen e organeve të brendshme.

Acidet Yndyrore

Acidet yndyrore janë molekulat kryesore që përbëjnë vajrat. Ato ndahen në dy kategori kryesore: yndyra të ngopura dhe yndyra të pangopura.

- **Yndyrnat e ngopura** janë më të qëndrueshme dhe më të forta, zakonisht janë të ngurta në temperaturë ambienti dhe kanë më pak lidhje të dyfishta.
- **Yndyrnat e pangopura** janë më të lëngshme dhe përmbajnë lidhje të dyfishta të karbonit, gjë që i bën ata më të ndjeshëm ndaj oksidimit, por gjithashtu ofrojnë përfitime të shëndetshme për zemrën.

Polifenolët janë një grup substancash bioaktive me veti antioksiduese të fuqishme. Ato ndihmojnë në mbrojtjen e vajrave nga oksidimi dhe në përmirësimin e shijes dhe aromës së vajrave. Polifenolët janë të pranishëm kryesisht në vajra natyralë si vaj ulliri, dhe kontribuojnë në freskinë dhe nuancat komplekse të aromës së vajrave[8].

Vitaminat

Vajrat ushqimore përmbajnë një gamë të gjerë vitaminash, të cilat janë thelbësore për shëndetin e trupit. Vitaminat A, D, E dhe K janë të tretshme në yndyrë dhe mbështesin shumë procese fiziologjike, përfshirë shëndetin e syve, imunitetin dhe ruajtjen e lëkurës dhe shëndetit të kockave.

Fitosterolët

Fitosterolët janë substanca që ndihmojnë në uljen e niveleve të kolesterolit të keq (LDL) dhe përmirësojnë shëndetin kardiovaskular. Ato janë të pranishme kryesisht në vajra bimore dhe janë të rëndësishëm për parandalimin e sëmundjeve të zemrës.

Komponimet Aromatike dhe Esterët

Komponimet aromatike dhe esterët janë përgjegjës për shijen dhe aromën e vajrave. Esterët mund të japin shije frutash ose shije të ëmbël, ndërsa aldehidet dhe ketonet mund të japin shije më të ngrohta dhe të thella. Këto komponime kontribuojnë në përvojën organoleptike të konsumatorëve.

Antioksidantët

Antioksidantët janë substanca që mbrojnë vajrat nga oksidimi, i cili mund të dëmtojë strukturën e vajrave dhe të shkaktojë shije të prishur. Këto substanca, si vitamina E

dhe C, polifenolët, dhe komponime të tjera bioaktive, ruajnë cilësinë e vajrave dhe i bëjnë ato më të qëndrueshme gjatë ruajtjes.

Mineralet

Disa vajra ushqimore përmbajnë minerale të rëndësishme, si kalciumi, magnezi, dhe hekuri. Këto minerale janë të rëndësishme për funksionet trupore dhe ndihmojnë në shëndetin e kockave, muskujve dhe sistemit nervor.

2.2.1 Trigliceridet

Trigliceridet janë estere të acideve yndyrore dhe glicerolit dhe përbëjnë përbërësin kryesor lipidik të yndyrnave ushqimore. Ato janë një grup i veçantë lipidesh që përbëhen nga tri acide yndyrore të lidhura me një molekulë gliceroli, një alkool tri-hidroksil. Ky përbërës është thelbësor për funksionet metabolike të trupit dhe ka rëndësi të veçantë në ruajtjen dhe shpërndarjen e energjisë. Trigliceridet janë të pranishme në të gjitha qelizat e trupit dhe janë një formë e rëndësishme për ruajtjen e energjisë afatgjatë.

Emri "triglicerid" është një kombinim i dy pjesëve: "Tri-" që tregon se molekula përmban tre acide yndyrore dhe "glicerid", që ka të bëjë me glicerolën (ose gliserolën), që është molekula bërthamë e lidhur me këto acide yndyrore. Çdo grup hidroksil (-OH) në glicerol lidh me një acid yndyror për të formuar një ester, duke rezultuar në një strukturë që përmban tri acide yndyrore të lidhura me një molekulë glicerole.

- Acidet Yndyrore: Trigliceridet përmbajnë acide yndyrore të ngopura dhe të pangopura. Acidet yndyrore mund të jenë të ndryshme, duke i dhënë vajit ose yndyrës vetitë unike. Shumë trigliceride përmbajnë një kombinim të këtyre acideve.
- Glicerol: Gliceroli është një molekulë me tre grupe hidroksil që mund të lidhen me acide yndyrore, duke formuar trigliceride. Varësisht nga përbërja specifike e acideve yndyrore, trigliceridet mund të kenë dallime në karakteristikat fiziko-kimike dhe biologjike si pikëmpishina, shkrirja dhe qëndrueshmëria.[9,10]

Roli i Triglicerideve në Trupin Njerëzor

Trigliceridet luajnë disa funksione kyçe në trupin e njeriut, duke përfshirë:

1. Rezerva Energjie: Trigliceridet janë forma kryesore e ruajtjes së energjisë në trupin e njeriut dhe të kafshëve. Ato depozitohen në indet yndyrore, kryesisht nën

lëkurë dhe rreth organeve të brendshme, ku shërbejnë si një burim i mundshëm i energjisë afatgjatë. Kur trupi ka nevojë për energji, trigliceridet ndahen përmes një procesi të quajtur lipolizë, ku ato shpërbëhen në acide yndyrore dhe glicerol. Këto molekula të thyer transportohen nëpërmjet gjakut dhe përdoren nga qelizat për të prodhuar energji për aktivitetin e përditshëm dhe funksionet vitale të trupit.

2. Izolimi Termik dhe Rregullimi i Temperaturës Trupore: Trigliceridet kanë një rol të rëndësishëm në mbajtjen e temperaturës trupore, duke ofruar një shtresë mbrojtëse dhe izoluese nën lëkurë. Kjo shtresë yndyrore kontribuon në ruajtjen e nxehtësisë, duke parandaluar humbjen e tepërt të energjisë termike dhe duke siguruar një temperaturë konstante për trupin.
3. Mbrojtja e Organeve të Brendshme: Trigliceridet depozitohen gjithashtu rreth organeve të brendshme, si zemra dhe mëlçia, duke formuar një shtresë mbrojtëse që ofron një barrierë nga goditjet dhe lëndimet mekanike. Ky rol mbrojtës është veçanërisht i rëndësishëm për organet që janë të ndjeshme ndaj dëmtimeve, siç është truri.[11]
4. *Rreziku nga nivelet e larta të triglicerideve:*
 - Sëmundje të Zemrës: Nivelet e larta të triglicerideve janë të lidhura me një rrezik të shtuar për zhvillimin e sëmundjeve të zemrës, përfshirë aterosklerozën, që ndodh kur trigliceridet dhe kolesteroli depozitohen në muret e arterieve, duke shkaktuar ngushtim dhe mpiksje të tyre.
 - Sindromi Metabolik: Trigliceridet e larta janë gjithashtu një tregues i mundshëm i sindromës metabolike, një grup kushte që përfshijnë hipertensionin, rezistencën ndaj insulinës, dhe obezitetin, të cilat së bashku rrisin rrezikun për diabetin tip 2 dhe sëmundje të zemrës.
 - Pankreatiti: Nivelet shumë të larta të triglicerideve (zakonisht mbi 1000 mg/dL) mund të shkaktojnë inflamacion të pankreasit (pankreatiti), një gjendje serioze që kërkon trajtim *urgjent*.

Menaxhimi i Niveleve të Triglicerideve

Për të ruajtur nivele të shëndetshme të triglicerideve, është e rëndësishme të ndiqet një mënyrë jetese e shëndetshme dhe të bëhen disa ndryshime në dietë dhe aktivitetin fizik:

1. Dieta e Ekuilibruar: Konsumi i ushqimeve të pasura me acide yndyrore të pangopura, si ato që gjenden në vajra bimore, peshk dhe fruta të thata, mund të ndihmojë në uljen e niveleve të triglicerideve. Ulja e konsumit të sheqernave të rafinuara dhe yndyrnave të ngopura gjithashtu është e rëndësishme.
2. Aktiviteti Fizik: Ushtrimi i rregullt mund të ndihmojë në uljen e niveleve të triglicerideve dhe në përmirësimin e shëndetit të zemrës.
3. Kontrolli i Peshës: Arritja dhe ruajtja e një peshe të shëndetshme mund të ndihmojë në menaxhimin e niveleve të triglicerideve dhe në përmirësimin e shëndetit të përgjithshëm.
4. Trajtimi Mjekësor: Në disa raste, mund të jetë e nevojshme trajtimi mjekësor për të ulur nivelet e triglicerideve, duke përfshirë përdorimin e medikamenteve si statinat, fibrat ose acidet omega-3.[12]

2.2.2 Acidet Yndyrore: Struktura, Karakteristikat dhe Rëndësia Biologjike

Acidet yndyrore janë përbërës të rëndësishëm të lipideve, të cilat janë një ndër makronutrientët kryesorë në trupin e njeriut. Çdo acid yndyror përbëhet nga një grup funksional karboksil (-COOH) dhe një zinxhir hidrokarbonik që mund të jetë i shkurtër apo i gjatë, i ngopur apo i pangopur. Ky zinxhir ndikon në vetitë fizike dhe kimike të acidit, siç janë temperatura e shkrirjes, përthithja metabolike dhe reaktiviteti.

Karakteristikat Kimike

Grupi karboksil është polar dhe mund të bashkëveprojë me molekula të tjera përmes lidhjeve hidrogjenore ose joneve. Zinxhiri hidrokarbonik përcakton tretshmërinë e acidit; acidet yndyrore janë jo të tretshme në ujë, por të tretshme në tretës jopolare.

Funksione biologjike:

1. Ruajtja e energjisë: Ruhen si trigliceride dhe janë burim energjie i dendur.
2. Struktura e qelizave: Përbërës të membranave qelizore (fosfolipide).
3. Sinjalizimi qelizor: Pararendës të molekulave të rëndësishme për inflamacion, temperaturën dhe presionin e gjakut.

4. Zhvillimi i trurit: Acidet yndyrore omega-3 janë thelbësore për zhvillimin e sistemit nervor dhe funksionet kognitive.

Rëndësia në shëndetin e njeriut

Balanca midis acideve yndyrore të ngopura dhe atyre të pangopura është shumë e rëndësishme. Konsumi i rritur i acideve të ngopura lidhet me sëmundje kardiovaskulare, ndërsa acidet e pangopura ndihmojnë në mbajtjen e një profili të shëndetshëm të yndyrnave në gjak dhe kanë efekt antiinflamator.

Llojet kryesore të acideve yndyrore të ngopura të vajrat:

- Acidi laurik (C12:0) – gjendet në vajin e kokosit dhe vajin e palmës.
- Acidi miristik (C14:0) – i pranishëm në yndyrnat shtazore dhe në disa vajra tropikalë.
- Acidi palmitik (C16:0) – një nga acidet më të përhapura në vajin e palmës dhe në yndyrnat shtazore.
- Acidi stearik (C18:0) – gjendet në gjalpë, yndyrë shtazore dhe në çokollatë.

Këto acide kontribuojnë në qëndrueshmërinë termike dhe oksidative të vajrave, por konsumi i tepërt i tyre është i lidhur me rritjen e kolesterolit LDL dhe me rrezikun për sëmundje kardiovaskulare.[13]

2.2.3 Acidet yndyrore të ngopura dhe të pangopura

Acidet yndyrore të ngopura janë një lloj acidesh yndyrore që përmbajnë vetëm lidhje të vetme mes atomeve të karbonit në zinxhirin hidrokarbonik. Çdo atom karboni është i ngopur me atome hidrogjeni, gjë që i jep këtyre molekulave një strukturë lineare dhe të qëndrueshme. Kjo strukturë u lejon molekulave të paketohen ngushtë, duke i bërë ato zakonisht të ngurta në temperaturë dhome.

Burimet më të zakonshme të acideve yndyrore të ngopura përfshijnë produktet shtazore si mishi i kuq, gjalpi, djathi, vaji i palmës dhe vaji i kokosit. Në aspektin shëndetësor, konsumi i tepërt i këtyre acideve është i lidhur me rritjen e kolesterolit LDL ("kolesterolit të keq"), dhe rrjedhimisht me një rrezik më të lartë për sëmundje kardiovaskulare, si ateroskleroza dhe infarkti i miokardit. Megjithatë, në sasi të moderuara, acidet yndyrore të

ngopura janë të rëndësishme për disa funksione trupore, përfshirë prodhimin e hormoneve, funksionimin e sistemit nervor dhe ruajtjen e strukturës së qelizave.[14]

Acidet yndyrore të pangopura

Acidet yndyrore të pangopura janë acide yndyrore që përmbajnë një ose më shumë lidhje të dyfishta në zinxhirin e tyre hidrokarbonik. Prania e këtyre lidhjeve e bën strukturën e tyre më të përkulshme dhe më pak të qëndrueshme, gjë që rezulton në një gjendje të lëngshme në temperaturë dhome. Në varësi të numrit të lidhjeve të dyfishta, ato ndahen në acide yndyrore mono-të pangopura (një lidhje e dyfishtë) dhe poli-të pangopura (më shumë se një).

Burimet kryesore përfshijnë vajrat bimore (si vaji i ullirit, vaji i misrit, vaji i lulediellit), peshqit e yndyrshëm (si salmoni dhe sardelet), arrat, farat, dhe avokadon. Këto acide, veçanërisht omega-3 dhe omega-6, kanë një rol të rëndësishëm në ruajtjen e shëndetit të zemrës, trurit dhe sistemit imunitar. Ato ndihmojnë në uljen e kolesterolit LDL dhe rritjen e kolesterolit HDL ("kolesterolit të mirë"), si dhe kanë veprim anti-inflamator. Acidet yndyrore të pangopura janë gjithashtu thelbësore, që do të thotë se trupi nuk mund t'i sintetizojë vetë dhe ato duhet të merren përmes ushqimit. Ato kontribuojnë në zhvillimin e sistemit nervor, funksionimin e duhur të membranave qelizore, dhe janë parandaluese kundër sëmundjeve kronike si diabeti tip 2 dhe hipertensioni[15].

Acidet yndyrore të pangopura ndahen në dy grupe:

1. Monoyndyrore (*monounsaturated*)

Kanë vetëm një lidhje të dyfishtë. Shembulli më i njohur është:

- Acidi oleik (C18:1) – i pranishëm në vajin e ullirit, vajin e avokados dhe vajin e bajames. Ky acid ka efekte pozitive në shëndet, duke ndihmuar në uljen e kolesterolit të keq (LDL) dhe në përmirësimin e shëndetit të zemrës.

2. Poliyndyrore (*polyunsaturated*)

- Omega-6, si acidi linoleik (C18:2), që gjendet në vajin e lulediellit, misrit dhe sojës.
- Omega-3, si acidi alfa-linolenik (ALA) (C18:3), i pranishëm në vajin e farës së lirit, kanolës dhe arrave, si edhe EPA dhe DHA, që gjenden në vajrat e peshkut (si ai i salmonit dhe tonit) dhe janë thelbësorë për shëndetin nervor dhe kardiovaskular.

Tabela 2.1: Përmbajtja e përgjithshme e acideve yndyrore në disa lloje të vajrave ushqimor

Lloji i vajit	Acide yndyrore të ngopura		Mono të pangopura	Poli të pangopura	
	Acidi palmitik	Acidi stearik	Acidi oleik	Acid Linoleik	Acid α Linolenik
	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Vaj Luledielli	7	5	19	68	1
Vaj Misri	11	2	18	58	1
Vaj Ulliri	13	3	71	10	1

Në vajrat ushqimore:

- Vajrat e pasur me acide të ngopura: vaj kokosi, vaj palme, gjalpë – më të qëndrueshëm por më të rrezikshëm në sasi të larta.
- Vajrat e pasur me acide monoyndyrore: vaj ulliri, vaj avokado – të dobishëm për zemrën dhe sistemin kardiovaskular.
- Vajrat e pasur me acide poliyndyrore: vaj luledielli, vaj misri, vaj liri – ndihmojnë në balancimin e yndyrnave në gjak dhe funksionet inflamatore, por kërkojnë ruajtje të kujdesshme.

2.2.4 Rëndësia biologjike e acideve yndyrore omega-3 dhe omega-6 te

Acidet yndyrore omega-3 dhe omega-6 janë dy grupe të rëndësishme të acideve yndyrore të pangopura, të cilat luajnë një rol të pashmangshëm në shëndetin e njeriut. Ato janë të domosdoshme për trupin, pasi nuk mund të sintetizohen nga organizmi dhe duhet të merren përmes dietës. Vajrat ushqimorë janë një burim i shkëlqyer i këtyre acideve yndyrore, dhe përdorimi i vajrave të pasura me omega-3 dhe omega-6 ka efekte të rëndësishme në shëndetin biologjik dhe funksionimin optimal të trupit.

Rëndësia biologjike e acideve yndyrore omega-3 te vajrat ushqimorë:

Acidet yndyrore omega-3 janë të njohura për përfitimet e shumta shëndetësore që lidhen me to. Ato janë kryesisht të pranishme në vajrat bimore dhe ato të peshkut, dhe përfshijnë acidet alfa-linolenik (ALA), eikosapentaenoik (EPA), dhe dokosahexaenoik (DHA)[16]. Këto acide yndyrore kanë një gamë të gjerë ndikimesh pozitive në shëndetin e trupit, përfshirë:

1. Shëndeti kardiovaskular: Omega-3 ndihmon në uljen e niveleve të triglicerideve, çka mund të reduktojë rrezikun e sëmundjeve kardiovaskulare, duke përfshirë infarktët dhe goditjet në tru. Gjithashtu, ato ndihmojnë në rritjen e niveleve të kolesterolit HDL (kolesteroli i mirë) dhe në uljen e presionit të gjakut.
2. Funkzioni i trurit dhe zhvillimi neurologjik: DHA, një formë e omega-3, është një përbërës kyç i membranave të qelizave nervore dhe është thelbësor për zhvillimin e trurit dhe ruajtjen e funksioneve neurologjike. Acidet omega-3 mund të ndihmojnë gjithashtu në parandalimin e sëmundjeve neurodegenerative si Alzheimer dhe depresioni.
3. Përmirësimi i shëndetit mendor: Studime të shumta kanë treguar se omega-3 mund të ndihmojë në trajtimin e depresionit dhe çrregullimeve të tjera të shëndetit mendor. Ato gjithashtu ndihmojnë në reduktimin e inflamacionit që mund të kontribuoni në zhvillimin e këtyre sëmundjeve.
4. Funkzioni anti-inflamator: Acidet omega-3 kanë veti anti-inflamatore që ndihmojnë në kontrollimin e inflamacionit kronik dhe mund të kontribuoni në parandalimin e disa sëmundjeve inflamatore, si artriti.

Rëndësia biologjike e acideve yndyrore omega-6 te vajrat ushqimorë:

Acidet yndyrore omega-6 janë thelbësore për shëndetin e trupit dhe kanë funksione të rëndësishme, si mbështetje për shëndetin kardiovaskular dhe funksionin imunitar. Megjithatë, konsumimi i tepërt i këtyre acideve, veçanërisht kur është i pasuar nga një konsum i ulët i omega-3, mund të çojë në një raport të lartë omega-6/omega-3, i cili është i lidhur me rritjen e inflamacionit kronik dhe rrezikun për zhvillimin e sëmundjeve si ato kardiovaskulare dhe diabeti i tipit 2 [17].

Për të ruajtur një ekuilibër të shëndetshëm, është e rekomanduar të synohet një raport omega-6/omega-3 më të ulët, idealisht rreth 4:1. Ky ekuilibër mund të arrihet duke rritur marrjen e burimeve të omega-3, si peshqit yndyrorë dhe farat e lirit, dhe duke moderuar konsumimin e vajrave të pasura me omega-6, si vaji i misrit dhe vaji i sojës. Një dietë e balancuar, e pasur me ushqime të freskëta dhe të përpunuara minimalisht, është çelësi për të mbajtur një raport të shëndetshëm të këtyre acideve yndyrore.

2.2.5 Tokoferolet, fitosterolët, polifenolët dhe koenzimat Q

Tokoferolet, pjesë e grupit të vitaminës E, janë antioksidantë të fuqishëm që mbrojnë qelizat nga dëmtimi oksidativ, duke parandaluar oksidimin e lipideve dhe ruajtur integritetin e membranave qelizore. Kjo është veçanërisht e rëndësishme për qëndrueshmërinë e vajrave bimore, të cilat mund të oksidohen shpejt, duke humbur vlerat ushqimore dhe duke krijuar substanca të dëmshme. Për më tepër, tokoferolet ndihmojnë në stabilizimin e strukturës së membranave qelizore, duke kontribuar në ruajtjen e funksioneve të shëndetshme të qelizave dhe duke mbështetur shëndetin përgjithshëm të trupit. Në përgjithësi, tokoferolet luajnë një rol të rëndësishëm në mbrojtjen e qelizave nga dëmtimi oksidativ dhe në ruajtjen e shëndetit të përgjithshëm të trupit.

Tokoferolet mund të merren nga një gamë e gjerë ushqimesh, përfshirë vajrat vegjetalë, arrat, farat, perimet e gjelbra dhe drithërat e plota. Vajrat e ullirit, të lulediellit dhe të misrit janë burime të pasura me tokoferole. Një dietë e pasur me perime dhe fruta gjithashtu mund të kontribuoni në përmbushjen e nevojave të trupit për këtë vitaminë thelbësore. Mungesa e tokoferoleve mund të shkaktojë probleme shëndetësore si dobësi muskulore, shëndet të dobët të lëkurës dhe një rënie të funksionit të sistemit imunitar, si dhe mund të ndikojë negativisht në zhvillimin dhe riparimin e indit nervor[18].

Fitosterolët janë përbërës të ngjashëm me kolesterolin, por ata janë të pranishëm natyrshëm në vajra bimore dhe ushqime të tjera, siç janë vajrat e ullirit dhe të kanola. Fitosterolët veprojnë duke konkurruar me kolesterolin në zorrë, duke ulur kështu absorbimin e tij dhe duke kontribuar në uljen e niveleve të kolesterolit të dëmshëm (LDL) në gjak. Ky proces ka një ndikim të rëndësishëm në ruajtjen e shëndetit të zemrës.

Disa nga përfitimet e fitosterolëve për shëndetin janë:

- Reduktimi i kolesterolit të keq (LDL): Përdorimi i vajrave të pasura me fitosterole mund të kontribuoni në uljen e niveleve të LDL dhe në rritjen e niveleve të kolesterolit të mirë (HDL).
- Parandalimi i sëmundjeve kardiovaskulare: Fitosterolët ndihmojnë në ruajtjen e niveleve të shëndetshme të kolesterolit dhe zvogëlojnë rrezikun për zhvillimin e sëmundjeve të zemrës, përfshirë infarktët dhe goditjet në tru.

- Mbrojtja kundër inflamacionit: Fitosterolët gjithashtu kanë veti anti-inflamatore, duke ndihmuar në reduktimin e inflamacioneve kronike që mund të çojnë në sëmundje të tjera, si artriti ose sëmundjet autoimmune.

Polifenolët janë përbërës bioaktivë me veti të forta antioksiduese dhe anti-inflamatore, të pranishëm në vajin e ullirit dhe atë të avokados. Ata ndihmojnë në mbrojtjen e qelizave nga oksidimi dhe reduktojnë rrezikun e sëmundjeve kronike.

Përfitimet kryesore të tyre përfshijnë:

- Mbrojtjen e zemrës, duke përmirësuar elasticitetin e enëve të gjakut dhe reduktuar inflamacionin.
- Uljen e rrezikut të kancerit, përmes efekteve të tyre anti-kancerogjene.
- Rritjen e shëndetit të trurit, duke përmirësuar qarkullimin e gjakut dhe mbrojtur kundër sëmundjeve neurodegenerative.

Koenzima Q10 (CoQ10) është një përbërës natyror që gjendet në çdo qelizë të trupit dhe ka një rol të rëndësishëm në prodhimin e energjisë brenda qelizave. Ajo është e nevojshme për prodhimin e ATP-së (adenozinë trifosfat), molekulës kryesore që furnizon energji për funksionet qelizore. Koenzima Q10 gjithashtu ka veti antioksiduese dhe mbështet shëndetin e zemrës dhe energjinë fizike[19].

Disa nga përfitimet e CoQ10 përfshijnë:

- **Përmirësimi i energjisë fizike dhe mbështetje ndaj shëndetit kardiovaskular:** CoQ10 ndihmon në prodhimin e energjisë në zemër dhe mund të ndihmojë në përmirësimin e funksionit të zemrës, duke e bërë atë të rëndësishëm për individët që vuajnë nga sëmundjet e zemrës si insuficienca kardiake.
- **Luftimi i plakjes:** Koenzima Q10 mund të ndihmojë në ngadalësimin e proceseve të plakjes, pasi përmirëson shëndetin e qelizave dhe mbështet riparimin e ADN-së të dëmtuar nga radikalet e lirë.
- **Mbrojtja nga sëmundjet neurodegenerative:** Disa studime sugjerojnë se CoQ10 mund të ndihmojë në parandalimin e sëmundjeve neurodegenerative, si Parkinson dhe Alzheimer, duke mbështetur shëndetin e trurit dhe duke zvogëluar stresin oksidativ.

2.3 Ndryshimet Kimike në vajin e trajtuar kimikisht

Trajtimi kimik i vajrave ushqimorë është një komponent kyç i industrisë së përpunimit të ushqimeve, duke luajtur një rol të rëndësishëm në përmirësimin e cilësisë, qëndrueshmërisë dhe sigurisë së vajrave, si dhe në zgjerimin e afatit të përdorimit të tyre. Ky proces është i domosdoshëm për të përballuar kërkesat e konsumatorëve për produkte me cilësi të lartë, të cilat mund të ruajnë shijen, vlerat ushqyese dhe stabilitetin edhe pas periudhave të gjata ruajtjeje dhe transporti. Përmes një sërë proceseve kimike, vajrat e ndryshme ushqimore mund të përmirësohen në shumë aspekte, duke përfshirë eliminimin e papastërtive, përmirësimin e vetive organoleptike (si shija, aromë dhe ngjyra) dhe stabilizimin e strukturës kimike të vajit, që mundëson ruajtjen e cilësisë dhe efikasitetit të tij gjatë përdorimit.

Megjithatë, ndonëse këto procese kanë përfitime të shumta për industrinë, ato gjithashtu shkaktjnë ndryshime kimike që mund të kenë ndikim të rëndësishëm në cilësinë dhe sigurinë e vajrave ushqimore. Ndryshimet kimike që ndodhin gjatë përpunimit përfshijnë një gamë të gjerë procesesh, nga oksidimi dhe hidrogjenizimi deri tek degradimi termik dhe proceset e rafinimit. Secili prej këtyre proceseve ka ndikime specifike që mund të ndryshojnë përbërjen dhe vetitë fiziko-kimike të vajit, si dhe mund të shkaktjnë formimin e substancave të padëshiruara.

2.3.1 Oksidimi – Aldehyde, ketone, acide yndyrore trans, akroleina

Oksidimi i vajrave ushqimore është një proces kimik që ndodh kur vajrat ekspozohen ndaj oksigjenit, dritës, temperaturave të larta dhe faktorëve të tjerë mjedisorë gjatë ruajtjes ose përpunimit. Ky proces çon në formimin e disa komponimeve kimike të dëmshme, të cilat jo vetëm që ndikojnë në cilësinë e vajit, por gjithashtu mund të kenë efekte negative për shëndetin. Disa nga komponimet që formohen gjatë oksidimit janë aldehidet, ketonet, acidet yndyrore trans dhe akroleina, të cilat janë të lidhura me shijen e pakëndshme dhe humbjen e vlerave ushqyese të vajrave.

1. Aldehide: Aldehidet janë komponime që formohen si rezultat i oksidimit të acideve yndyrore të vajrave. Ata janë të njohur për aromën dhe shijen e papëlqyeshme, që mund të ndihen si shije e gjelprit apo e lagështisë. Për shembull,

hexanal është një aldehid që mund të formohet gjatë oksidimit të vajrave të perimeve, dhe ai ka një aromë të ngjashme me atë të frutave të kalbura. Formimi i aldehideve është një nga shkaqet kryesore të shijes së hidhur dhe të njollosur që ka një vaj i oksiduar, duke zvogëluar kështu cilësinë organoleptike të tij dhe duke e bërë të papërshtatshëm për konsum.

2. Ketone: Si rezultat i oksidimit të vajrave, mund të formohen gjithashtu ketone, të cilat janë të njohura për aromën dhe shijen e tyre të papëlqyeshme. Ketone, si për shembull 2,4-decadienal, formohen kur vajrat përmbajnë acide yndyrore të pangopura. Këto komponime janë përgjegjëse për shijen e hidhur dhe të djegur që mund të shfaqet në vajra të oksiduar dhe kontribuojnë në uljen e cilësisë së vajit si produkt ushqimor.
3. Acidet yndyrore trans: Një nga ndikimet më të dëmshme të oksidimit është konvertimi i acideve yndyrore të pangopura në acide yndyrore trans. Këto janë forma të modifikuara të acideve yndyrore që humbasin cilësitë e tyre ushqyese dhe janë të lidhura me rrezik të rritur për zhvillimin e sëmundjeve kardiovaskulare. Acidet yndyrore trans mund të kontribuojnë në rritjen e niveleve të kolesterolit të keq (LDL) dhe uljen e niveleve të kolesterolit të mirë (HDL), duke rritur kështu rrezikun për probleme me zemrën dhe enët e gjakut. Për më tepër, ato mund të shkaktojnë inflamacion dhe të rrisin rrezikun për zhvillimin e disa sëmundjeve kronike.
4. Akroleina: Akroleina është një komponim toksik që formohet gjatë oksidimit të vajrave, veçanërisht kur ata ekspozohen ndaj temperaturave të larta. Ky komponim ka një shije të djegur dhe aromë të ashpër, duke kontribuar në shijen e pakëndshme të vajit të oksiduar. Akroleina është gjithashtu një substancë toksike për trupin, që mund të shkaktojë irritime të sistemit të frymëmarrjes dhe mund të jetë kancerogjen në nivele të larta. Ajo është e lidhur me dëmtimin e qelizave dhe mund të ketë pasoja negative për shëndetin konsumatorëve.[20]

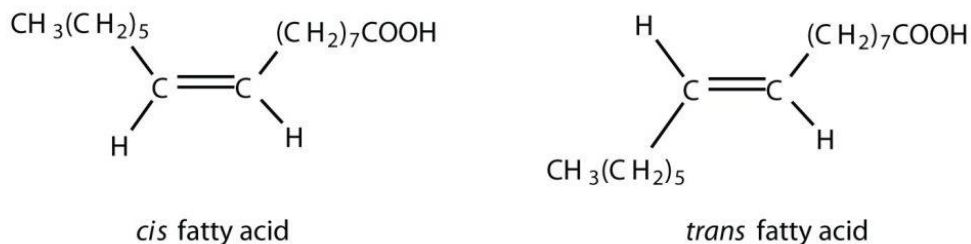


Figura 2.1: Acidet yndyore cis dhe trans

2.3.2 Faktorët që ndikojnë në oksidimin e vajit

Oksidimi i vajrave ushqimore është një proces kimik që ndodh kur vajrat bien në kontakt me oksigjenin dhe që mund të shkaktojë degradimin e tyre, duke rezultuar në humbjen e shijes, aromës dhe cilësisë. Ky proces gjithashtu mund të ndikojë në shëndetin e konsumatorëve përmes formimit të komponimeve të dëmshme si aldehidet, ketonet dhe acidet yndyore trans. Faktorët që ndikojnë në oksidimin e vajit janë të ndryshëm dhe mund të përfshijnë kushtet e mjedisit, përbërjen kimike të vajit, si dhe përpunimin dhe ruajtjen e tij.

Faktorët kryesorë që ndikojnë në oksidimin e vajit:

1. **Ekspozimi ndaj oksigjenit**

Kontaktet e gjata me oksigjenin rrisin oksidimin, duke krijuar perokside dhe aldehide.

2. **Temperatura**

Temperaturat e larta përshpejtojnë oksidimin, sidomos gjatë skuqjes apo ruajtjes në nxehtësi.

3. **Drita**

Drita UV nxit oksidimin dhe dëmton cilësinë. Vajrat duhen ruajtur në ambalazhe të errëta.

4. **Përbërja e acideve yndyore**

Vajrat me acide yndyore të pangopura oksidohen më lehtë për shkak të lidhjeve të dyfishta.

5. **Substancat katalizuese**

Metale si hekuri dhe bakri përshpejtojnë oksidimin, prandaj duhet shmangur kontakti me to.

6. **Prania e ujit**

Uji mund të nxisë oksidimin përmes reaksioneve kimike ose veprimit mikrobik, ndaj duhen përdorur vajra të përpunuar mirë.

7. **Afati i ruajtjes dhe kushtet**

Ruajtja për kohë të gjatë në kushte të pafavorshme (dritë, nxehtësi, oksigjen) e rrit oksidimin. Shishet e errëta dhe temperaturat e ulëta ndihmojnë në ruajtjen e cilësisë.

2.3.4 Oksidimi termal i vajrave

Oksidimi termal i vajrave është një proces kimik që ndodh kur vajrat nxehen në temperatura të larta, duke çuar në një reaksion të oksidimit, ku oksigjeni i ajrit bashkëvepron me komponentët e vajit. Ky proces është i zakonshëm gjatë gatimit, skuqjes, dhe grilimit, si dhe në ruajtjen e vajrave në kushte të nxehta. Gjatë këtij procesi, vajrat që përmbajnë acide yndyrore të pangopura janë më të ndjeshëm ndaj oksidimit, pasi lidhjet e dyfishta të këtyre acideve janë më të prirura për t'u oksiduar.

Oksidimi termal ka ndikime të rëndësishme në cilësinë dhe sigurinë e vajrave ushqimore. Ai mund të shkaktojë formimin e komponimeve të dëmshme si perokside, aldehide, ketone dhe acide yndyrore trans, të cilat mund të ndikojnë negativisht në shëndetin e konsumatorëve. Këto komponime janë të lidhura me dëmtime të mundshme të shëndetit, siç janë rritja e rrezikut për sëmundjet kardiovaskulare, diabetin dhe disa lloje kanceri. Përveç kësaj, oksidimi mund të shkaktojë humbjen e komponentëve ushqyes të rëndësishëm të vajrave, si vitamina E dhe acide yndyrore esenciale, të cilat janë të rëndësishme për shëndetin dhe mirëqenien e trupit[21].

Për të reduktuar ndikimet e dëmshme të oksidimit termal, është e rëndësishme të kontrollohet temperatura e gatimit dhe të përdoren vajra që janë më të qëndrueshëm ndaj oksidimit, siç janë vajrat që përmbajnë acide yndyrore të ngopura. Po ashtu, shmangia e përdorimit të vajrave të ricikluara dhe ruajtja e tyre në kushte të freskëta dhe të errëta

mund të ndihmojë në zvogëlimin e procesit të oksidimit dhe në ruajtjen e cilësisë dhe sigurisë së vajrave ushqimore.

2.3.5 Temperaturat kritike për stabilitetin e vajit

Temperaturat kritike për stabilitetin e vajit lidhen drejtpërdrejt me nivelin e oksidimit dhe degradimit të vajit gjatë përdorimit të tij në procese gatimi ose përpunimi. Çdo vaj ka një temperaturë të caktuar, mbi të cilën stabiliteti i tij fillon të ulet dhe ndodhin reaksione të oksidimit dhe degradimit termik. Këto temperatura kritike janë të lidhura me përbërjen e vajit, veçanërisht me përmbajtjen e acideve yndyrore të pangopura dhe me pikën e tymit të vajit.

Temperatura e tymit është një tregues i rëndësishëm i stabilitetit të vajit, pasi tregon temperaturën në të cilën fillon të formohet tym dhe të lëshohen komponime të dëmshme si acide yndyrore trans dhe perokside. Pavarësisht se temperatura e tymit është një indikacion i rëndësishëm, ajo nuk është e mjaftueshme për të vlerësuar stabilitetin afatgjatë të vajit, pasi shumë procese oksidative mund të ndodhin edhe para se të arrihet kjo temperaturë. Për vajrat me përmbajtje të lartë acidesh yndyrore të pangopura, siç janë vajrat e lulediellit ose soja, temperatura kritike mund të jetë më e ulët se vajrat me përmbajtje më të lartë acidesh yndyrore të ngopura, si vajrat e kokosit ose palme.

Përdorimi i temperaturave të larta gjatë gatimit (si skuqja) mund të çojë në shpejtimin e oksidimit, duke rritur rrezikun për formimin e komponimeve të dëmshme për shëndetin. Kjo është veçanërisht problematike në proceset që përdorin vajra që nuk janë të qëndrueshëm ndaj nxehtësisë. Përdorimi i temperaturave të larta për periudha të gjata të kohës gjithashtu mund të ndihmojë në krijimin e acideve yndyrore trans dhe përshpejton humbjen e vlerave ushqyese të vajit.

Për të ruajtur vlerat ushqyese dhe cilësinë e ushqimit, duhet kontrolluar temperatura gjatë gatimit dhe të përdoren vajra me pikë të lartë tymi, që janë më rezistentë ndaj nxehtësisë dhe formimit të komponimeve të dëmshme.

Tabela 2.2: Pika e tymit te vajrave te ndryshme ushqimore

Vaj ushqimor	Pika e tymit/°C
Canola	220-230°C
Misri	230-238°C
Ulliri (i rafinuar)	199-243°C
Ulliri (Ekstra i virgjër)	160°C
Kikiriku	227-229°C
Soja	234°C
Luledielli	230-238°C

2.3.6 Vajrat më të qëndrueshme ndaj temperaturave të larta

Vajrat më të qëndrueshëm ndaj temperaturave të larta janë ato që kanë një përmbajtje më të lartë të acideve yndyrore të ngopura dhe një pikë tymi më të lartë. Këto vajra janë më të qëndrueshëm ndaj oksidimit dhe formimit të komponimeve të dëmshme kur përdoren në kushte të nxehta, si gjatë gatimit, skuqjes ose përpunimit të ushqimeve. Pika e tymit e vajit tregon temperaturën në të cilën vaji fillon të degradohet dhe të lëshojë komponime të dëmshme, duke përfshirë acide yndyrore trans, perokside dhe aldehide. Vajrat që kanë një pikë tymi të lartë janë më të qëndrueshëm dhe mund të përdoren për një periudhë më të gjatë kohore pa u degraduar[22].

Vajra që janë më të qëndrueshëm ndaj temperaturave të larta përfshijnë:

1. **Vajrat e kokosit:** Vajrat e kokosit kanë një përmbajtje të lartë acidesh yndyrore të ngopura (rreth 90%) dhe një pikë tymi të lartë (rreth 177°C deri në 232°C, në varësi të pastërtisë). Kjo e bën atë shumë të qëndrueshëm ndaj nxehtësisë dhe të përshtatshëm për skuqje dhe gatim në temperatura të larta.
2. **Vajrat e palmës:** Vajrat e palmës, të pasura me acide yndyrore të ngopura, janë gjithashtu të qëndrueshme ndaj temperaturave të larta, me një pikë tymi që varion nga 230°C deri në 260°C. Vajrat e palmës janë të përdorur gjerësisht në industrinë ushqimore për përgatitjen e produkteve të skuqura dhe përgatitjen e ushqimeve të shpejta.
3. **Vajrat e avokados:** Vajrat e avokados janë gjithashtu të pasura me acide yndyrore të ngopura dhe monounsaturated (acid oleik), që i japin atyre një stabilitet të lartë ndaj temperaturave të nxehta. Pika e tymit të vajit të avokados është e lartë, rreth 190°C deri në 270°C për vajin e rafinuar, duke e bërë atë një mundësi të shkëlqyer për gatimin dhe skuqjen.
4. **Vajrat e kanoles:** Vajrat e kanola janë të pasura me acide yndyrore monounsaturated dhe kanë një pikë tymi të lartë (rreth 204°C deri në 240°C për vajin e rafinuar). Ato janë të qëndrueshme ndaj nxehtësisë dhe përdoren shpesh për skuqje dhe gatim në temperatura të larta.
5. **Vajrat e arrave:** Vajrat e arrave të macadamia kanë një përmbajtje të lartë acidesh yndyrore monounsaturated dhe një pikë tymi që varion nga 210°C deri në 230°C. Kjo i bën ato të përshtatshme për gatim dhe skuqje, duke ofruar një stabilitet të lartë ndaj nxehtësisë.
6. **Vajrat e lirit:** Pavarësisht se vajrat e lirit kanë një përmbajtje të lartë acidesh yndyrore omega-3, ato janë më të ndjeshme ndaj oksidimit për shkak të acideve yndyrore polinsaturated. Megjithatë, vajrat e lirit të rafinuar kanë një pikë tymi të moderuar, duke u bërë të përshtatshme për përdorim të moderuar në gatim, por jo për skuqje të thellë në temperatura të larta.

2.3.7 Hidrogjenizimi

Hidrogjenizimi i vajit është një proces kimik që përfshin shtimin e hidrogjenit në molekulat e vajit, zakonisht në kushte të nxehtësisë dhe presionit të lartë, dhe me ndihmën e një katalizatori. Ky proces ka për qëllim të modifikojë strukturën kimike të vajrave, duke e bërë ato më të ngopura dhe më të qëndrueshme ndaj oksidimit.

Vajrat, të cilat janë të pasura me acide yndyrore të pangopura (të cilat kanë lidhje dyfishe në zinxhirët e karbonit), mund të hidrogjenohet për të shndërruar këto lidhje të dyfishta në lidhje të vetme, duke e kthyer vajin në një formë më të ngopur. Shtimi i hidrogjenit (H₂) në këto lidhje dyfishe bën që ato të bëhen më të qëndrueshme dhe më të ngurta, duke rezultuar në një vaj me përmbajtje më të lartë acidesh yndyrore të ngopura[23].

Qëllimi i hidrogjenizimit

Hidrogjenizimi përdoret për disa qëllime në industrinë e ushqimit dhe të vajrave ushqimorë:

1. Rritja e qëndrueshmërisë dhe stabilitetit: Vaji i ngopur është më i qëndrueshëm ndaj oksidimit, prandaj hidrogjenizimi e bën vajin më të qëndrueshëm dhe i jep atij një afat më të gjatë ruajtjeje. Kjo është veçanërisht e rëndësishme për vajrat që përdoren në produktet e skuqura ose përgatitjen e produkteve të shpejta ushqimore.
2. Përmirësimi i teksturës dhe konsistencës: Hidrogjenizimi mund të bëjë vajrat më të ngurta, duke i dhënë atyre një strukturë më të qëndrueshme. Kjo është arsyeja pse shumë produkte të margarinës dhe disa produkte të tjera ushqimore përdorin vajra të hidrogjenizuar për të arritur konsistencën e dëshiruar.
3. Përmirësimi i shijes dhe pamjes: Disa vajra të hidrogjenizuar mund të kenë një shije dhe pamje më të mirë për konsumatorët, duke i bërë ato më tërheqëse për industrinë ushqimore.

Edhe pse hidrogjenizimi ka disa përparësi në industri, ai gjithashtu ka disa efekte negative, veçanërisht në lidhje me shëndetin:

1. Formimi i acideve yndyrore trans: Një nga problemet më të mëdha të hidrogjenizimit është krijimi i acideve yndyrore trans, të cilat formohen gjatë procesit të hidrogjenizimit të papërkryer. Acidet yndyrore trans janë të lidhura me një rritje të rrezikut për sëmundjet kardiovaskulare, përfshirë rritjen e niveleve të

kolesterolit të keq (LDL) dhe uljen e niveleve të kolesterolit të mirë (HDL). Kjo është arsyeja pse konsumimi i tepërt i vajrave të hidrogjenizuar është i lidhur me rritjen e rrezikut për sëmundjet e zemrës.

2. Humbja e përbërësve të shëndetshëm: Procesi i hidrogjenizimit mund të shkaktojë humbjen e acideve yndyrore esenciale, si omega-3 dhe omega-6, të cilat janë të rëndësishme për shëndetin e trurit dhe sistemin kardiovaskular.
3. Niveli i lartë i kalorisë: Vajrat e ngopura që formohen pas hidrogjenizimit kanë një përmbajtje të lartë kalorish dhe mund të kontribuojnë në shtimin e peshës dhe zhvillimin e problemeve të tjera shëndetësore si sëmundjet metabolike.

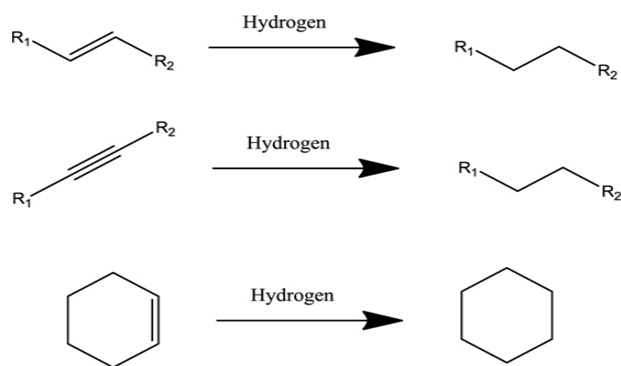


Figura 2.2: Struktura e hidrogjenizimit të vajit ushqimor

2.3.8 Formimi i yndyrave trans dhe ndikimi në shëndet

Yndyrat trans janë një lloj yndyre që formohet kryesisht gjatë procesit të hidrogjenizimit të vajrave ushqimore. Hidrogjenizimi është një proces kimik që përfshin shtimin e hidrogjenit në vajrat e pangopura, me qëllim që t'i shndërrojë ato në vajra të ngopura, të cilat janë më të qëndrueshme ndaj oksidimit dhe më të ngurtë në temperatura të dhomës. Ky proces përdoret shpesh për të përmirësuar stabilitetin dhe qëndrueshmërinë e vajrave që përdoren në prodhimin e ushqimeve të përpunuara dhe produktet industriale.

Në hidrogjenizimin e pjesërishtëm, disa acide yndyrore të pangopura mund të kalojnë në një formë të re, që njihet si acide yndyrore **trans**, të cilat kanë një strukturë kimike të ndryshuar në krahasim me acidet yndyrore të natyrshme, që kanë lidhje **cis**. Ky ndryshim në strukturë ndikon në vetitë fizike dhe biokimike të vajrave, duke i bërë ato të ngurta

dhe më të qëndrueshme, por gjithashtu duke krijuar yndyra që kanë efekte negative për shëndetin.

Ndikimi i yndyrave trans në shëndet

Konsumi i yndyrave trans është lidhur me një sërë probleme shëndetësore, kryesisht ato të zemrës dhe sistemit vaskular. Këtu janë disa nga ndikimet më të rëndësishme të yndyrave trans në shëndet:

1. Rritja e kolesterolit të keq (LDL): Yndyrat trans rrisin nivelin e kolesterolit të keq në gjak, duke kontribuar në zhvillimin e sëmundjeve të zemrës. Kolesterolit i keq mund të grumbullohet në muret e arterieve, duke formuar pllakë dhe duke ngushtuar lumenin e tyre, gjë që çon në arteriosklerozë dhe mund të shkaktojë goditje në zemër apo goditje në tru.
2. Ulja e kolesterolit të mirë (HDL): Yndyrat trans gjithashtu ul nivelin e kolesterolit të mirë, i cili është përgjegjës për largimin e kolesterolit të keq nga gjaku. Prandaj, kombinimi i rritjes së LDL dhe uljes së HDL është shumë i dëmshëm për shëndetin kardiovaskular.
3. Rritja e rrezikut për sëmundje të zemrës dhe goditje: Konsumi i yndyrave trans është lidhur me një rrezik të shtuar për zhvillimin e sëmundjeve të zemrës dhe goditjeve, pasi ato ndikojnë negativisht në profilin e lipideve në gjak dhe shkaktojnë inflamacion të mureve të enëve të gjakut.
4. Çrregullime metabolike dhe obezitet: Yndyrat trans mund të kontribuojnë në zhvillimin e çrregullimeve metabolike dhe obezitetit. Ato janë të lidhura me rritjen e yndyrës trupore, veçanërisht atë të barkut, dhe me zhvillimin e rezistencës ndaj insulinës, faktorë që çojnë në diabetin e tipit 2.
5. Inflamacion kronik: Konsumi i yndyrave trans mund të nxisë inflamacionin kronik, i cili është një faktor rreziku për shumë sëmundje, përfshirë disa lloje të kancerit, artritin dhe sëmundjet autoimune.
6. Ndikimi në shëndetin mendor: Disa studime sugjerojnë se konsumimi i yndyrave trans mund të ndikojë në shëndetin mendor, duke rritur rrezikun e depresionit dhe çrregullimeve të tjera të shëndetit mendor. Ato mund të ndikojnë në funksionimin e trurit dhe në nivelet e kimikateve që ndihmojnë në rregullimin e humorit dhe emocioneve.

2.4 Proceset teknologjike

Keto përfshijnë një seri ndërhyrjesh fizike, kimike dhe mekanike që aplikohen mbi vajin e papërpunuar (bruto) me qëllim përmirësimin e cilësisë së tij organoleptike, ushqyese dhe teknologjike. Këto procese janë të domosdoshme për të transformuar vajin në një produkt të sigurt për konsum, me jetëgjatësi të zgjeruar dhe që i përmbush standardet ushqimore. Ato ndihmojnë gjithashtu në eliminimin e përbërësve të padëshiruar si acide yndyrore të lira, erëra të pakëndshme, pigmente të panevojshme, metale të rënda dhe përbërës të tjerë që mund të ndikojnë negativisht në shijen, ngjyrën apo stabilitetin e vajit gjatë ruajtjes dhe përdorimit.

Disa nga proceset më të rëndësishme teknologjike që aplikohen gjatë përpunimit të vajit janë rafinimi, degradimi dhe stabilizimi, të cilat përshkruhen më poshtë:

2.4.1 Degradimi termik i vajrave ushqimorë

Degradimi termik është një proces kimik që ndodh kur vajrat ushqimorë ekspozohen ndaj temperaturave të larta, çka çon në ndryshime të rëndësishme në strukturën dhe përbërjen e tyre kimike. Ky fenomen është i zakonshëm gjatë gatimit, skuqjes, dhe ruajtjes së vajrave në kushte të nxehta, si dhe gjatë përdorimit të vajrave për qëllime industriale. Degradimi termik mund të ndikojë në cilësinë e vajrave, të shkaktojë humbje të vlerave ushqyese dhe të çojë në formimin e komponimeve të dëmshme që mund të jenë të rrezikshme për shëndetin[24].

Ndryshimet që ndodhin gjatë degradimit termik:

1. **Oksidimi:** Kur vajrat ekspozohen ndaj temperaturave të larta, oksigjeni në ajër mund të reagojë me komponentët e vajit, duke çuar në oksidim. Ky proces krijon përbërës oksidues si perokside dhe aldehide, të cilat mund të ndikojnë në shijen dhe cilësinë e vajit dhe janë të dëmshme për shëndetin.
2. **Degradimi i acideve yndyrore:** Acidet yndyrore, veçanërisht ato të pangopura, mund të ndryshojnë gjatë ekspozimit ndaj nxehtësisë, duke u shndërruar në komponime të tjera, si acide yndyrore trans. Këto acide yndyrore trans janë të lidhura me probleme shëndetësore si rritja e niveleve të kolesterolit të keq dhe rreziku i sëmundjeve kardiovaskulare.

3. Formimi i komponimeve të dëmshme: Në temperatura të larta, mund të formohen edhe komponime të tjera të dëmshme, siç janë akroleina dhe ketone, të cilat janë substanca toksike që mund të ndikojnë negativisht në shëndetin e konsumatorëve, duke shkaktuar irritime në traktin tretës dhe të tjera efekte të dëmshme.
4. Humbja e substancave ushqyese: Degradimi termik mund të shkaktojë humbjen e substancave ushqyese të rëndësishme në vajra, siç janë vitaminat (sidomos vitamina E), antioksidantët dhe acidet yndyrore esenciale, të cilat janë të rëndësishme për funksionet fiziologjike të trupit. Kjo i bën vajrat më të varfër në vlera ushqyese pas përdorimit të nxehtësisë.

Pasojat e degradimit termik:

- Cilësia e shijes: Vajrat e degraduar mund të krijojnë një shije të hidhur ose të djegur, që është një tregues i oksidimit dhe formimit të komponimeve të dëmshme. Kjo do të ndikojë negativisht në cilësinë e ushqimeve që janë përgatitur me këto vajra.
- Komponimet nga degradimi termik, si akroleina dhe yndyrnat trans, lidhen me rreziqe afatgjata për shëndetin, si sëmundjet e zemrës dhe rritja e kolesterolit të keq.

Mbrojtja nga degradimi termik:

Për të shmangur degradimin termik dhe për të mbajtur cilësinë e vajrave, është e rëndësishme të përdoren teknika të sakta gatimi, si p.sh. shmangia e përdorimit të temperaturave shumë të larta dhe të preferohet përdorimi i vajrave me pikë të lartë ndezjeje për skuqje. Gjithashtu, ruajtja e vajrave në kushte të freskëta dhe të errëta mund të ndihmojë në vonimin e oksidimit dhe degradimit të tyre.

Në përgjithësi, degradimi termik i vajrave është një proces që mund të dëmtojë cilësinë dhe sigurinë e vajrave ushqimore. Përdorimi i vajrave me stabilitet të lartë ndaj nxehtësisë dhe ruajtja e kushteve të duhura gjatë gatimit mund të ndihmojnë në minimizimin e efekteve të dëmshme të këtij procesi.

2.4.2 Rafinimi

Rafinimi i vajrave ushqimorë është një proces i rëndësishëm që ka për qëllim përmirësimin e cilësisë, sigurisë dhe stabilitetit të vajrave, duke hequr impuretë dhe substancat e padëshiruara që mund të ndikojnë negativisht në shijen, aromën, ngjyrën dhe qëndrueshmërinë e vajrave. Ky proces gjithashtu mund të rrisë jetën e ruajtjes së vajrave, duke e bërë ato më të përshtatshme për përdorim të gjatë, veçanërisht në industrinë ushqimore dhe atë të gatimit. Megjithatë, është e rëndësishme të theksohet se disa përbërës ushqyes dhe substanca bioaktive mund të humbasin gjatë procesit të rafinimit[25].

Hapat kryesorë të procesit të rafinimit përfshijnë:

1. Degumimi (Pastrimi i fosfolipideve): Ky hap ka për qëllim heqjen e fosfolipideve (si lecitina), të cilat janë substanca që i japin vajit një ngjyrë të turbullt dhe mund të ndikojnë negativisht në shijen dhe stabilitetin e vajit. Kjo bëhet duke përdorur ujë të ngrohtë dhe një solucion të lehtë alkaline për të ndihmuar në ndarjen dhe largimin e këtyre substancave.
2. Neutralizimi: Ky proces ka për qëllim heqjen e acidit yndyror të lirë nga vajrat. Acidet yndyrore të lira mund të ndikojnë negativisht në shijen dhe mund të kontribuojnë në procese oksidimi. Neutralizimi bëhet duke përdorur një solucion alkali (p.sh. natrium hidroksid), i cili reagoni me acidet yndyrore dhe i eliminon ato nga vajrat.
3. Deodorizimi: Ky proces ka për qëllim të heqë aromën dhe shijen e padëshiruara të vajrave që mund të rezultojnë nga ndotësit dhe përbërësit që janë pranishëm në vajrat e papërpunuar. Kjo bëhet në kushte të nxehta dhe nën presion të ulët (vakum), duke përdorur avuj për të hequr përbërësit si aldehidet, ketonet, dhe acidet që mund të ndikojnë në shijen dhe aromën e vajit.
4. Zbardhja: Ky hap ka për qëllim heqjen e pigmentet të padëshiruara dhe ndotësve të tjerë që ndikojnë në ngjyrën e vajit. Përdoren materialet adsorbente (si aktivkohle ose silikoni) për të absorbuar pigmentet dhe ndotësit që mund të japin një ngjyrë të turbullt ose të padëshiruar.
5. Hidrogjenimi: Ky është një proces që përdoret për të përmirësuar qëndrueshmërinë e vajrave dhe për të bërë vajrat më të ngurtë. Gjatë

hidrogjenimit, vajrat e pangopura shndërrohen në vajra të ngopura, duke përmirësuar qëndrueshmërinë e tyre ndaj oksidimit dhe temperaturave të larta. Megjithatë, ky proces mund të krijojë yndyra trans, të cilat janë të dëmshme për shëndetin kardiovaskular.

6. Ftohja: Ky proces përfshin ftohjen e vajrave për të ndarë yndyrnat që ngurtësohen në temperatura të ulëta. Kjo është e rëndësishme për vajrat që përdoren në temperatura të ftohta, pasi ndihmon në eliminimin e yndyrnave që mund të shkaktojnë turbullirë.

2.4.3 Avantazhet dhe disavantazhet e vajit të rafinuar

Avantazhet e vajit të rafinuar:

1. Qëndrueshmëri më e lartë: Vaji i rafinuar ka një qëndrueshmëri më të gjatë ndaj oksidimit dhe prandaj mund të ruhet për periudha më të gjata pa humbur cilësinë. Kjo është për shkak të procesit të rafinimit që largon elementet që mund të shkaktojnë oksidimin dhe prishjen e vajit.
2. I përshtatshëm për gatim në temperatura të larta: Vaji i rafinuar ka një pikë djegie më të lartë se vaji i papërpunuar, kështu që është më i përshtatshëm për gatim në temperatura të larta, si për pjekje, skuqje dhe skuqje në tigan. Kjo i bën vajrat e rafinuara më të sigurt për përdorim në disa metoda gatimi.
3. Përzierje e mirë dhe shije neutrale: Vaji i rafinuar ka një shije më të butë dhe neutrale, që i bën të përshtatshëm për një gamë të gjerë recetash, pa e ndryshuar shijen e ushqimit. Kjo është e dobishme për gatimin e ushqimeve që kërkojnë shije më të pastra[26].
4. Pastrim i papërshkueshëm nga substanca të padëshiruara: Vaji i rafinuar është i pastruar nga përbërjet e papërshtatshme si pigmentet, proteina dhe disa aciditete të tjera që mund të ndikojnë në shëndet ose cilësinë e vajit.

Disavantazhet e vajit të rafinuar:

1. Humbja e elementeve ushqimorë: Procesi i rafinimit heq një pjesë të madhe të përbërësve natyralë të vajit, përfshirë vitaminat, antioksidantët dhe substancat fitonutritive që ndodhen natyrshëm në vajrat e papërpunuar. Kjo do të thotë që

vaji i rafinuar mund të ketë më pak vlera ushqimore krahasuar me vajrat e papërpunuar (si vaji i ullirit extra virgin)[27].

2. Rreziku nga yndyrnat trans: Disa vajra të rafinuar përpunohen me një proces të quajtur hidrogjenizim, i cili mund të prodhojë yndyrna trans. Këto yndyrna janë të dëmshme për shëndetin, pasi mund të rrisin nivelet e kolesterolit të keq dhe të shkaktojnë sëmundje të zemrës.
3. Përmbajtja e lartë e kalorive: Edhe pse vajrat e rafinuar janë një burim i shkëlqyer i energjisë, konsumimi i tepërt mund të çojë në mbipeshë dhe probleme të tjera shëndetësore siç janë sëmundjet kardiovaskulare, diabeti i tipit 2 dhe obeziteti.
4. Humbja e disa shijeve dhe aromave natyrore: Procesi i rafinimit, përveç që largon përbërësit e padëshiruar, gjithashtu heq një pjesë të shijeve dhe aromave natyrale që mund të jenë të dëshiruara në disa receta dhe gatime. Kjo mund të bëjë që vaji i rafinuar të jetë më pak i këndshëm për përdoruesit që preferojnë vajra më të pasura në shije.

2.4.4 Aplikimi i Spektroskopisë Infra të Kuqe në analizën e vajit ushqimor

Spektroskopia IK ka një aplikim të gjerë në analizën e vajrave ushqimorë, duke siguruar një metodë të shpejtë dhe jo-shkatërruese për karakterizimin dhe kontrollin e cilësisë së tyre. Kjo metodë është veçanërisht e rëndësishme për vajrat, pasi ato janë ndjeshme ndaj ndryshimeve të temperaturës dhe kushteve të ruajtjes, që mund të ndikojnë në përbërjen dhe cilësinë e tyre. Në këtë kontekst, spektroskopia IK ndihmon për të vlerësuar dhe monitoruar një sërë treguesish të cilësisë, duke përfshirë:

- Identifikimi i perbersve të vajit dhe grupi i acideve yndyrore: Spektroskopia IK është një mjet i fuqishëm për të analizuar përbërjen e vajrave ushqimorë, veçanërisht për të identifikuar acidet yndyrore, trigliceridet dhe përbërës të tjerë të pranishëm. Me anë të vibracioneve të grupeve funksionale si $-CH_2$, $-CH_3$, dhe $-COOH$, ajo mund të ofrojë informacione të detajuara mbi ndarjen dhe koncentrimin e acideve yndyrore të ngopura dhe të pangopura. Ky informacion është kritik për të vlerësuar cilësinë ushqimore dhe vlerën e shëndetshme të vajrave[28].

- Monitorimi i procesit të oksidimit të vajit: Oksidimi i vajrave është një proces kimik që mund të çojë në humbje të cilësisë organoleptike dhe ushqimore. Spektroskopia IK mund të përdoret për të monitoruar dhe identifikuar produkte të oksidimit, si peroksidet dhe aldehidet, që janë tregues të pranishëm të proceseve të oksidimit. Ky proces është i rëndësishëm për të përcaktuar freskinë e vajit dhe për të parandaluar prodhimin e vajrave të oksiduara, të cilat mund të jenë të dëmshme për shëndetin.
- Verifikimi i autenticitetit të vajrave: Një tjetër aplikim kritik i spektroskopisë IK është për verifikimin e autenticitetit të vajrave, veçanërisht vajrave të ullirit. Spektroskopia IK është e aftë të dallojë vajrat origjinale nga ato të falsifikuara duke analizuar përmbajtjen e grupeve funksionale dhe përbërësve specifikë të vajrave të ullirit. Përmes kësaj metode, mund të identifikohen vajra të ndryshëm që mund të jenë shtuar për të manipuluar përbërjen e vajit të ullirit.
- Përcaktimi i komponentëve të dëmshëm: Spektroskopia IK është gjithashtu e dobishme për të identifikuar prezencën e komponimeve të dëmshme në vajra, si pesticidet dhe substancat e mbeturinave nga trajtimi i lëndëve të para. Përdorimi i kësaj teknike për identifikimin e këtyre komponimeve ndihmon për të siguruar që vajrat ushqimorë përmbajnë nivele të sigurt dhe të pranueshme për konsumin njerëzor.
- Analiza e rreziqeve të shëndetit publik dhe kualitetit të ushqimit: Spektroskopia IK është një mjet shumë i vlefshëm në monitorimin e cilësisë së vajrave që përdoren në prodhimin e ushqimeve të përpunuara. Përdorimi i spektroskopisë IK mund të sigurojë që vajrat të mos kenë nivele të larta të grupeve të dëmshme ose të paautorizuara të komponimeve kimike, siç janë përbërësit që mund të ndikojnë në shëndetin e konsumatorëve, duke përfshirë përbërës që janë të lidhur me sëmundje të zemrës ose kancerin.[29].

2.5 Parimet Termike të Spektroskopisë Infra të Kuqe (IK)

Spektroskopia infra të kuqe (IK) përdor rrezatimin infra të kuqe për të analizuar lidhjet molekulare dhe vibracionet në substanca. Efektet termike të spektroskopisë IK lidhen me

ndikimin e temperaturave të ndryshme në reagimet molekulare ndaj energjisë infra të kuqe. Ja disa parime kyçe:

- ***Ndërveprimi i Dritës Infra të Kuqe me Molekulat:*** Drita infra të kuqe ndikon në vibracionet e lidhjeve kimike të substancave, duke i aktivizuar molekulat për të absorbuar energji dhe kaluar në gjendje me energji më të lartë, që rezulton në vibracione të ndryshme.
- ***Ndikimi i Temperaturës në Aktivitetin Vibracional:*** Temperatura rrit forcën e vibracioneve molekulare. Kjo ndihmon në ndarjen e intensitetit të spektrit infra të kuqe dhe ofron informacion për strukturën e substancës, veçanërisht në vajra dhe yndyrna.
- ***Monitorimi i Ndryshimeve Kimike nga Temperaturat:*** Spektroskopia IK mund të monitorojë ndryshimet kimike, si oksidimi dhe dehidrogjenimi, duke analizuar spektrin e absorbimit që tregon formimin e komponimeve të reja ose ndryshimet në ato ekzistuese.
- ***Stabiliteti i Vajrave dhe Yndyrnave:*** Spektroskopia IK përdoret për të vlerësuar stabilitetin e vajrave dhe yndyrnave ndaj nxehtësisë, duke ndihmuar në identifikimin e vajrave të përshtatshëm për gatim me temperatura të larta.
- ***Përdorimi i Temperaturës për Identifikimin e Përbërësve të Dëmshëm:*** Temperaturat e larta mund të shkaktojnë formimin e përbërjeve të dëmshme, si acidet yndyrore trans. Spektroskopia IK ndihmon në identifikimin dhe vlerësimin e ndikimit të këtyre përbërësve në cilësinë e vajit dhe ushqimeve të përpunuara.[30].

Numri valor cm^{-1}	Lidhjet
3001-3020	=C-H alkene (cis)
1745	C=O estere në trigliceride
1730-1715	C=O α, β - ester i pangopur
1118 dhe 1099	Dridhja shtrirëse e grupit ester C–O[31]
966	Dridhja e lakimit jashtë planit të grupit trans–HC = CH– të olefinave të disubstituara [31]
914	Vibrimet e përkuljes jashtë planit të grupit cis–HC=CH–[31]
722	Shkëputja e drejtimeve të lëkundjeve alifatike CH ₂ dhe vibrimet jashtë planit të olefineve cis-disubstituara[32,33]

Tabela 2.3: Vlerësimi analitik i spektrave infra të kuqe të vajit ushqimor

2.5.1 Kombinimi i Spektroskopisë (IR) me ATR dhe Analizë Kemometrike

Spektroskopia infrakuqe (IR) është një teknikë analitike e fuqishme që përdoret për të identifikuar dhe karakterizuar lidhjet kimike dhe grupet funksionale të molekulave në një mostër. Ajo është e njohur për aftësinë e saj për të ofruar informacion të detajuar rreth përbërjes kimike të lëndëve dhe për të ndihmuar në identifikimin e substancave të ndryshme. Ndërkohë, metoda Attenuated Total Reflection (ATR) është një teknikë e përdorur në kombinim me spektroskopinë IR, e cila mundëson marrjen e spektrave të IR pa kërkuar përpunim të mundimshëm të mostrës, duke e bërë atë më efikase dhe më të shpejtë.

Për të shtuar nivelin e analizës dhe për të nxjerrë informacione të thelluara dhe më të besueshme nga të dhënat, shumë studime përdorin analizën kemometrike.

Kjo është një degë e statistikës që merret me përdorimin e teknologjive dhe mjeteve të avancuara statistikore për të interpretuar dhe përpunuar të dhënat komplekse, siç janë ato që vijnë nga spektroskopia IR dhe ATR. Kombinimi i spektroskopisë IR me ATR dhe

analizës kemometrike mund të ofrojë një mjet të fuqishëm për vlerësimin e përbërjes dhe karakteristikave të substancave dhe proceseve të ndryshme kimike[34,35].

2.5.2 Spektroskopia IR dhe ATR

Spektroskopia IR është një teknikë analitike që bazohet në mundësinë e një molekule për të absorbuar drita në rrezet infrakuqe, e cila ndikon në vibrimet e lidhjeve kimike të atij molekule. Kur një mostër vihet në një burim dritë IR, ajo absorbon dritën në frekuenca të ndryshme që janë të lidhura ngushtë me natyrën e grupeve funksionale dhe strukturën e saj molekulare.

Teknika Attenuated Total Reflection (ATR) është një formë e spektroskopisë IR që përdor një kristal të reflektuar për të siguruar marrjen e spektrove nga sipërfaqet e mostrave. Në ATR, vala e dritës IR reflektohet në sipërfaqen e kristalit dhe interesohet vetëm me pjesën e sipërme të mostër, duke mundësuar një analizë të drejtpërdrejtë dhe më të shpejtë, pa nevojën e përgatitjes së mostres dhe përdorimit të disqeve tradicionale për analiza të plota IR.

ATR ka disa avantazhe të rëndësishme:

1. Analizë e mostres pa preparatë të komplikuar: ATR mund të analizojë mostra të ngurta ose lëngshme pa kërkuar përgatitje të veçantë.
2. Shpejtësi dhe efikasitet: Si rezultat i përdorimit të metodës ATR, marrja e spektrit bëhet shumë më e shpejtë dhe më e lehtë, pasi nuk është e nevojshme të merret mostër e pastër dhe e përpunuar.
3. Përmirësimi i precizionit: ATR mund të përdoret për të analizuar sipërfaqet e mostrave dhe është veçanërisht e dobishme për materialet që kanë një strukturë të pasur me molekula që janë të ndjeshme ndaj oksidimit ose ndryshimeve të tjera kimike.

Analiza kemometrike është një fushë që lidhet me përdorimin e metodave statistikore dhe të mësimin të makinës për të analizuar dhe interpretuar të dhënat e nxjerra nga teknikat analitike, si spektroskopia IR dhe ATR. Ajo ndihmon për të zhvilluar modele të sakta dhe të besueshme për të vlerësuar dhe interpretuar informacionin që vjen nga një gamë të gjerë spektresh. Disa nga metodat më të zakonshme të përdorura në analizën

kemometrike përfshijnë analizën e komponentëve kryesorë (PCA), analizën e regresionit shumë variabël (PLS) dhe analizën e grupimit.

1. Analiza e Komponentëve Kryesorë (PCA): PCA është një teknikë që përdoret për të identifikuar strukturën më të rëndësishme të informacionit në një dataset të madh. Kjo metodë mund të ndihmojë në zbulimin e variablave më të rëndësishëm që ndikojnë në rezultatin dhe mund të ndihmojë në uljen e dimensioneve të datasetit pa humbur informacionin e rëndësishëm.
2. Analiza e Regresionit të Pjesëve të Parë (PLS): PLS është një metodë që përdoret për të krijuar modele që mund të parashikojnë sasi të ndryshme të lidhura me variabla të pavarur. PLS është veçanërisht i dobishëm në rastet kur ka shumë variabla dhe nuk mund të gjejmë një marrëdhënie të thjeshtë mes tyre[36].
3. Grupimi i të Dhënave: Kjo metodë përdor algoritme të mësimit të makinës për të grupuar mostrat në klasa të ndryshme, duke mundësuar identifikimin e lidhjeve të padukshme ndërmjet grupeve të të dhënave. Kjo mund të jetë e dobishme për të identifikuar grupe të ngjashme ose për të detektuar ndryshime të vogla që mund të mos jenë të dukshme në një analizë të thjeshtë spektrale.

2.5.3 Kombinimi i Spektroskopisë IR me ATR dhe Analizës Kemometrike

Kombinimi i spektroskopisë IR dhe ATR me analizën kemometrike përbën një qasje shumë efektive që mundëson analizë të detajuar dhe të saktë të përbërjes dhe karakteristikave të substancave kimike. Spektroskopia IR ofron informacion të vlefshëm mbi strukturën dhe përbërjen kimike, ndërsa ATR e thjeshton dhe përshejton analizën, pa pasur nevojë për përgatitje të veçantë të mostrave.

Përdorimi i teknikave kemometrike për përpunimin e të dhënave nga IR dhe ATR sjell disa përfitime kryesore:

1. Zbulimi i strukturave të ndërlikuara – analiza kemometrike ndihmon në interpretimin e spektrave kompleksë, duke identifikuar komponentë dhe grupe funksionale të veçanta.
2. Optimizimi i procesit – përmes metodave si PCA dhe PLS, mund të zhvillohen modele për parashikimin e cilësisë dhe sjelljes së substancave në kushte të ndryshme.

3. Përmirësimi i shpejtësisë dhe efikasitetit – kombinimi i ATR dhe kemometrisë redukton kohën e analizës dhe rrit saktësinë e rezultateve.

2.5.4 Aplikime të Kombinimit të Spektroskopisë IR dhe ATR me Analizën Kemometrike

Kombinimi i spektroskopisë IR dhe ATR me analizën kemometrike ofron aplikime të rëndësishme në industri të ndryshme:

- Analiza e Përbërjes së Ushqimeve: Kjo metodë përdoret për të identifikuar dhe monitoruar përbërësit në produktet ushqimore, përfshirë vajrat, yndyrnat dhe substancat bioaktive.
- Kontrolli i Cilësisë në Industrinë Farmaceutike: Ndhmon në analizimin dhe monitorimin e përbërjes dhe pastërtisë së barnave dhe produkteve farmaceutike.
- Monitorimi i Ndryshimeve Kimike në Proceset Industriale: Përdoret për të monitoruar ndryshimet kimike gjatë proceseve të prodhimit dhe përpunimit të kimikateve dhe materialeve të tjera.

Përfundimisht, kombinimi i spektroskopisë IR me ATR dhe analizës kemometrike përmirëson saktësinë dhe efikasitetin e analizës kimike, duke e bërë atë një mjet të vlefshëm për kërkime shkencore dhe përdorime industriale.

KAPITULLI III

METODOLOGJIA

Për realizimin e eksperimentit që synon hulumtimin e efekteve toksike të vajit ushqimor gjatë trajtimit termik, duke përdorur spektroskopinë infra të kuqe, janë përdorur disa pajisje dhe reagjentë për të siguruar një proces eksperimental të saktë. Ky studim eksperimental është realizuar në laboratorin e hulumtues të FTU-së në UMIB. Më poshtë paraqiten aparaturat, pajisjet, materialet dhe reagjentët që janë përdorur gjatë këtij hulumtimi.

3.1.Aparatura dhe pajisjet e përdorura

- Epruvetë
- Gotë laboratorike
- Mikropipeta
- Reshov elektrik
- Furrë elektrike
- Peshore analitike
- FTIR Shimadzu IRAffinity-1
- Kristal ATR i tipit ZnSe

3.2.Materialet dhe reagjentët e përdorur

- Vaj luledielli
- Aceton

3.3. Trajtimi termiki i mostrave

Nga vaji i lulediellit, janë marrë gjithsej 5 mostra, të cilat janë përgatitur si më poshtë:

- **Mostra 1:** 200 ml vaj luledielli u vendos në enë dhe u ekspozua në furrë elektrike për 40 minuta, në temperaturën 220°C. Pasi vaji u ftoh, ai u transferua në një epruvetë.
- **Mostra 2:** 200 ml vaj luledielli u vendos në enë dhe u ekspozua në furrë elektrike për 40 minuta, në temperaturën 180°C. Pasi vaji u ftoh, ai u transferua në një epruvetë.
- **Mostra 3:** 200 ml vaj luledielli u vendos në enë dhe u ekspozua në furrë elektrike për 40 minuta, në temperaturën 160°C. Pasi vaji u ftoh, ai u transferua në një epruvetë.
- **Mostra 4:** Përdorëm më shumë se 200 ml vaj luledielli, pasi vaji u nxeh në një tigan me temperaturë direkte mbi pllakë elektrike. Gjatë nxehjes, vaji humbi një pjesë të tij për shkak të avullimit. Procesi zgjati të njëjtën kohë si për mostrat e tjera. Pasi u ftoh, vaji u transferua në një epruvetë.
- **Mostra 5:** Vaj i freskët i lulediellit, pa iu nënshtruar trajtimit termik.

3.4.Përgatitja e mostrave për analizën me FT-IR

Mostra e trajtuar e vajit në tigan në kohën prej 40 minutave konsiderohet mostra me nivel maksimal të degradimit termik dhe oksidativ, dhe kjo mostër e konsideruar maksimalisht e oksiduar është përdorur për përgatitjen e tretësirave standarde me përqindje të ndryshme të kësaj mostre. Si vaj hollues është përdorur vaji i freskët. Në këtë formë janë përgatitur gjithsej 8 tretësira, secila me përqindje të ndryshme të vajit të oksiduar. Disa nga mostrat janë përdorur për ndërtim të lakores kalibruese, ndërsa disa të tjera janë testuar për ta përcaktuar sasinë e oksidantëve total të pranishëm në mostrat e trajtuara termikisht në kushte të ndryshme. Epruvetat janë përzier mirë për të siguruar një përzierje homogjene mes vajit të tiganit dhe vajit të freskët. Nga secila epruvetë janë realizuar 3 prova në spektrofotometrin infra i kuq (FT-IR).

Mostrat reale që janë marrë për analizë:

- Vaj tigani
- Vaj i freskët
- Vaj në temperaturë 220°C
- Vaj në temperaturë 180°C
- Vaj në temperaturë 160°C



Figura 3.1: Mostrat e vajit te lulediellit pas trajtimit termik ne temperatura te ndryshme



Figura 3.2: Vendosja e mostres se vajit ne pajisjen ATR

3.5 Ecuria e punës eksperimentale

Puna eksperimentale është realizuar duke përdorur aparaturën FT-IR, përmes së cilës janë regjistruar spektrat e mostrave. Inçizimi i spektrave është kryer në regjionin e frekuencave $600\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$, ku është zgjedhur të matet absorbanca. Rezolucioni i instrumentit ka qenë 4 cm^{-1} , ndërsa numri i skanimeve të realizuara ka qenë 16. Para vendosjes së mostrës në aparaturë, është kryer një skanim i prapavijës për të eliminuar interferencat e mundshme nga ajri. Pas përfundimit të çdo skanimi, kristali ATR është pastruar me acetone dhe është tharë me palomë të ndjeshme, për të siguruar saktësinë e analizës.

Të gjithë spektrat e regjistruar për secilën mostër janë ruajtur dhe më pas është realizuar mbivendosja (overlay) e tyre, për të mundësuar një krahasim të detajuar përmes programit të specializuar për përpunimin e spektrave, OriginPro 10.1. Rezultatet janë paraqitur në figurat përkatëse që pasojnë.

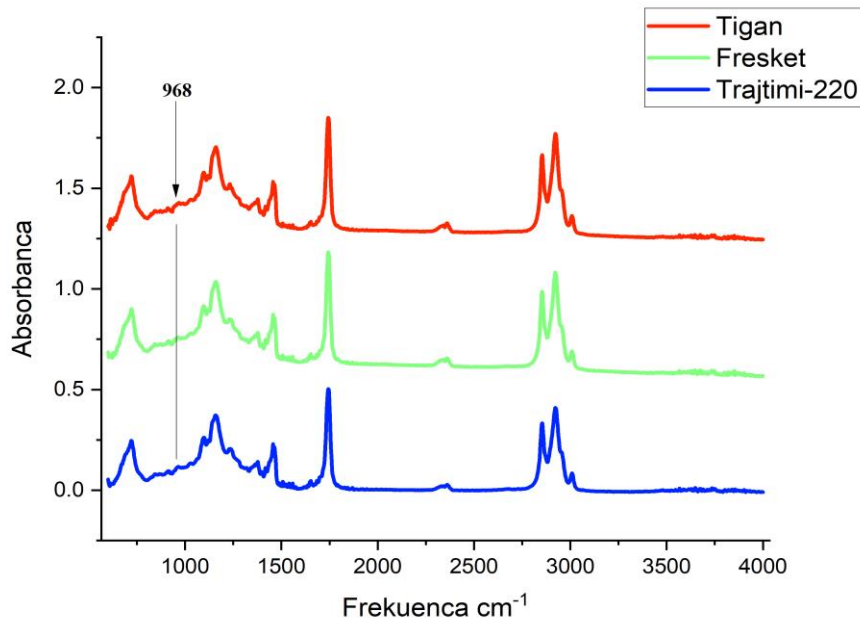


Figura 3.3: Analiza krahasuese e spektrave të vajit të trajtuar në temperatura të ndryshme

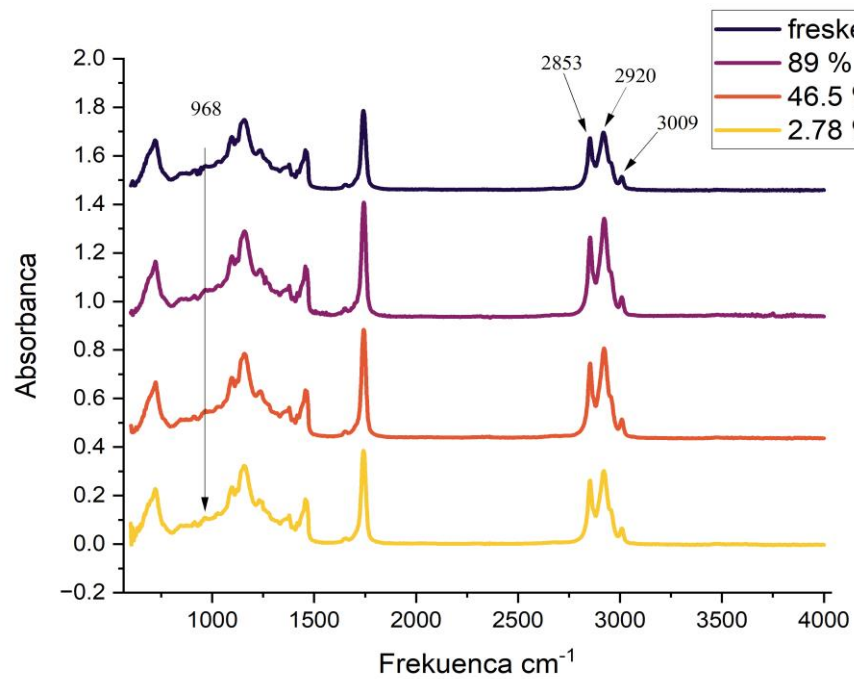


Figura 3.4: Analiza krahasuese e spektrave te vajit ne perqindje te ndryshme

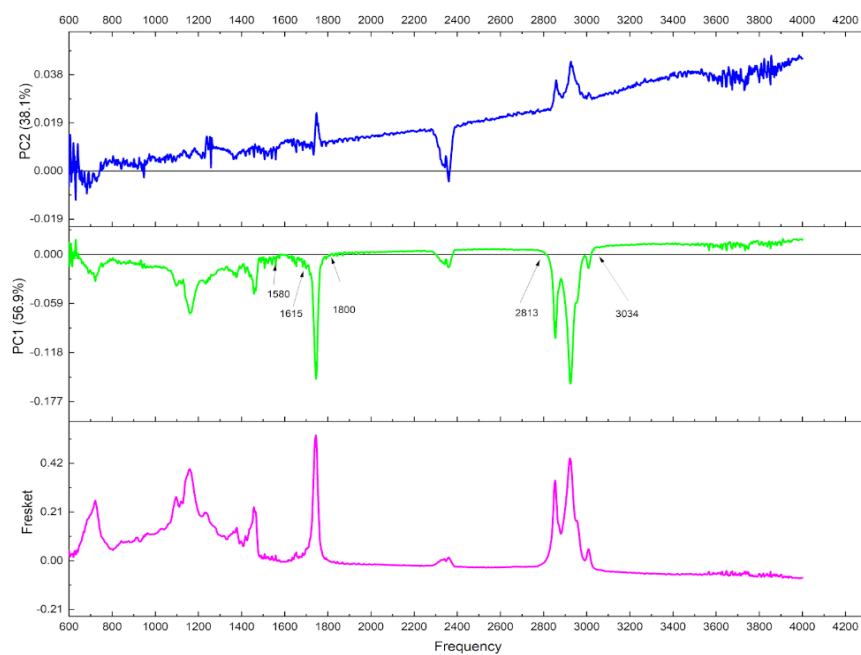
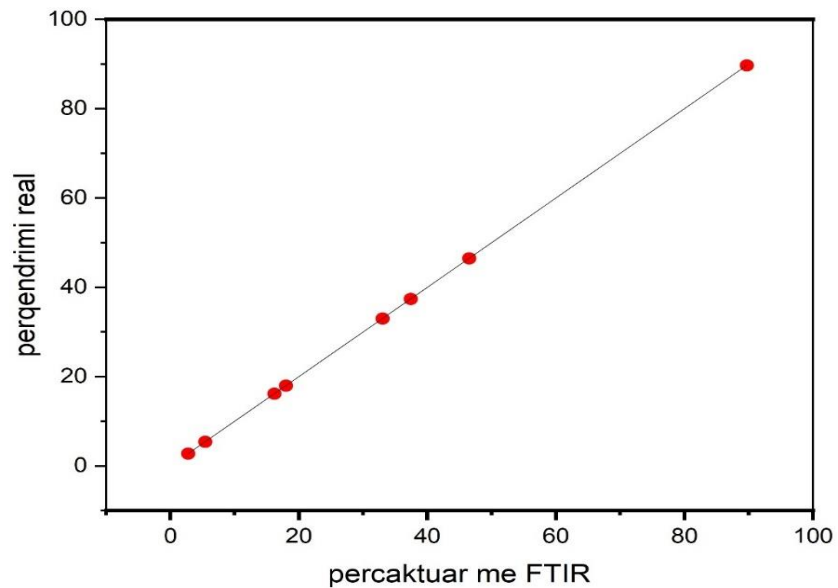


Figura 3.5: Analiza bazuar ne frekuencat e regjionit te plote 600-4000 cm^{-1}

Figur
a 3.6:
Lakor



e kalibrimi e regjionit $2813-3034\text{ cm}^{-1}$

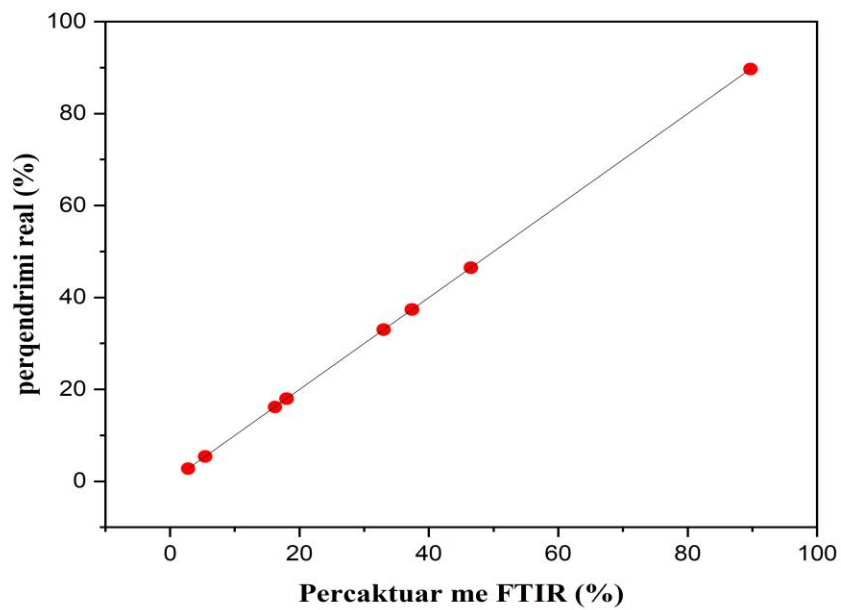


Figura 3.7: Lakore kalibrimi e regjionit $1800-1615\text{ cm}^{-1}$

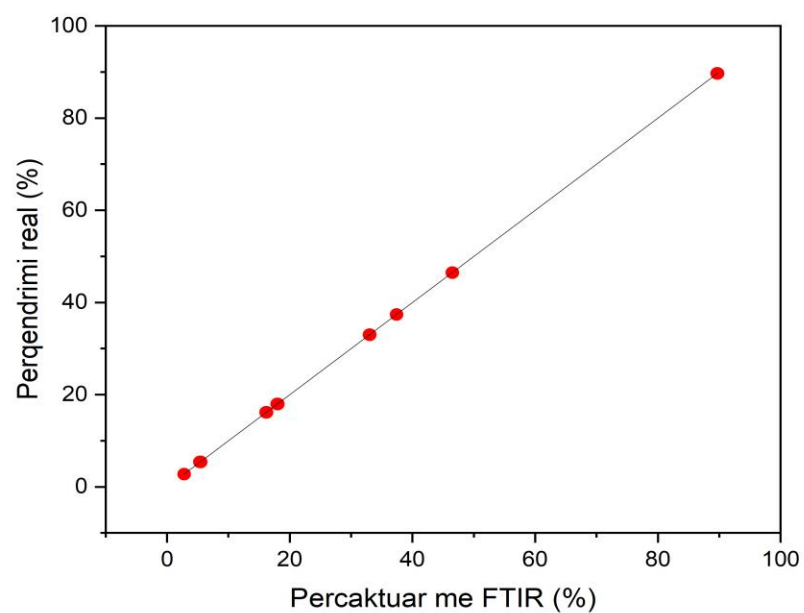


Figura 3.8: Lakore kalibrimi e regjionit 1580-626 cm⁻¹

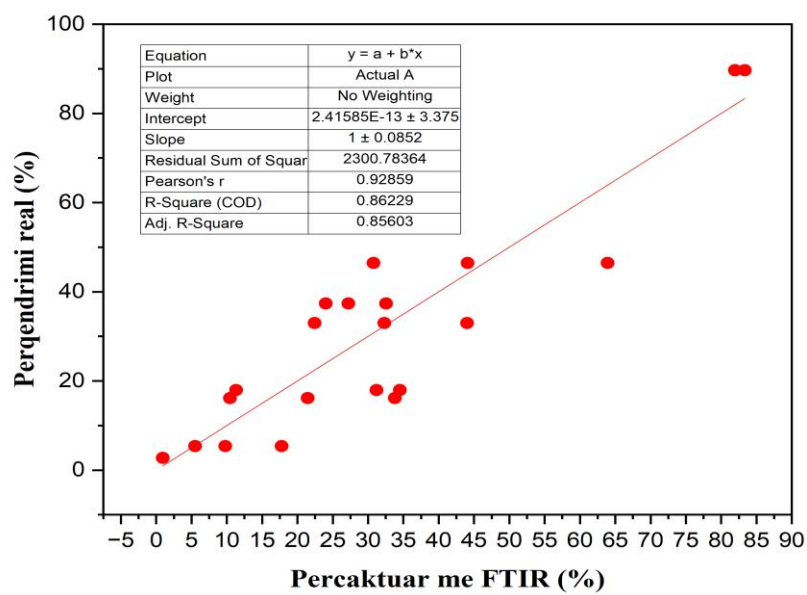


Figura 3.9: Lakore kalibrimi e regjionit 930-1000 cm⁻¹

Tabela 3.1: Krahاسimi i mostrave ne eksperimentet PLS-1, PLS-2, PLS-3

Mostrat e vajit ne temperatura te ndryshme	PLS-1 2813-3034 cm ⁻¹	PLS-2 1800-1615 cm ⁻¹	PLS-3 1580-626 cm ⁻¹	PLS-4 930-1000 cm ⁻¹
Vaj tigani	46.49	46.49	46.49	80.76
Vaj tigani	66.20	49.29	52.58	87.95
Vaj tigani	74.46	70.75	49.83	95.10
160°C	16.51	36.81	10.65	27.29
160°C	31.46	32.33	5.25	19.40
160°C	26.64	50.07	4.34	27.63
180°C	36.13	42.72	1.47	38.49
180°C	35.31	47.34	22.09	37.70
180°C	32.85	54.47	12.42	30.92
220°C	20.30	-10.00	-3.11	29.24
220°C	20.30	-10.00	-3.11	29.24
220°C	4.46	-19.40	-12.72	41.02
Vaj i fresket	39.32	44.36	11.95	15.14
Vaj i fresket	44.37	33.47	-4.08	12.20
Vaj i fresket	44.26	34.30	1.07	16.05

KAPITULLI IV

4. DISKUTIMI I REZULTATEVE

Bazuar në rezultatet eksperimentale, vijmë në diskutimet vijuese.

Në figurën 3.2 shihet krahasimi i spektrave ndërmjet mostrave të vajit të freskët, vajit të fërguar në tigan dhe vajit të trajtuar në 220 °C. Dallime të dukshme nuk vërehen ndërmjet spektrave; vërehet qartë piku në 968 cm^{-1} , dhe dallimi i vetëm është në intensitetin e këtij piku. Dallime të tjera ndërmjet pikëve janë vetëm në intensitetin e tyre.

Figura 3.3 paraqet spektrat e mostrave me përqindje të ndryshme të vajit të oksiduar. Dallimet e vetme që mund të vërehen janë vetëm në intensitetin e tyre.

Me qëllim që të përcaktohen regjionet e frekuencave ku ka dallime ndërmjet mostrave, përdoret aplikacioni i metodës PCA-Spektroskopi, i cili na mundëson të identifikojmë më lehtë këto dallime. Rezultatet e kësaj analize tregojnë përzgjedhjen e tri regjioneve kyçe, me ndryshime të dukshme, si më poshtë:

- $2813\text{--}3034\text{ cm}^{-1}$ – regjioni karakteristik për vargjet alifatike të ngopura dhe të pangopura;
- $1800\text{--}1615\text{ cm}^{-1}$ – regjioni karakteristik për komponimet karbonile (esterë, aldehide dhe ketone);
- $1580\text{--}626\text{ cm}^{-1}$ – regjioni i njohur si “gjurma e gishtërinjve”;
- $930\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$ – regjioni i formës trans.

Këto regjione janë përdorur për të ndërtuar lakore kalibruese përmes programit PLSR, i cili mundëson përdorimin e parametrave multivariançë – pra, jo vetëm një pikë të vetme, por mundësinë për të përfshirë shumë pika të vogla. Duke marrë parasysh që këto pika mund të jenë të pavërejtshme, ose edhe kur janë të dallueshme nuk dihet saktësisht cilës grup-mostrë i përkasin, përdorimi i regjionit të plotë ndihmon në eliminimin e gabimeve të mundshme, duke rritur ndjeshëm saktësinë e përcaktimeve sasiore.

Për secilin regjion është përgatitur lakore e veçantë kalibruese:

- Figura 3.6, bazuar në regjionin $2813\text{--}3034\text{ cm}^{-1}$, tregon linearitet shumë të mirë. Rezultatet në këtë regjion duhet të kuptohen si përmbajtje e komponimeve me karbon të ngopur dhe të pangopur, tërësisht të oksiduar.
- Në figurat 3.7 dhe 3.8, lineariteti i lakoreve kalibruese është gjithashtu shumë i mirë.
- Figura 3.7 paraqet rezultatet për përqindjen e masës së oksiduar në pjesën lipidike.
- Figura 3.8 reflekton përmbajtjen e plotë të strukturës së vajit, përfshirë edhe komponimet që janë degraduar dhe tashmë janë të shkëputura nga trigliceridet. Kjo sepse regjioni i “gjurmës së gishtërinjve” përfaqëson përmbajtjen e plotë të materialit të analizuar.

Figura 3.9 paraqet lakoren kalibruese për regjionin përkatës të komponentëve të formës trans. Megjithatë lineariteti i kësaj lakore nuk ka ndjeshmëri të lartë, është i pranueshëm deri në 85% ($R^2 = 0.85$).

Qëllimi kryesor është përzgjedhja e metodës më të besueshme. Sipas të dhënave në Tabelën 3.1, rezultatet më të mira duken ato të modelit PLS-2. Megjithatë, vaji i trajtuar në tigan paraqet përqindje të lartë, gjë që nuk përputhet me vlerat e vajit të freskët, i cili në mënyrë të natyrshme nuk pritet të ketë përqindje të tillë. Modeli PLS-3 po ashtu tregon mospërputhje të pashpjegueshme — për shembull, mostrat e vajit të freskët rezultojnë shumë të ngjashme me ato të trajtuara termikisht. Këto mospërputhje mund të jenë pasojë e pasigurisë nëse mostra e vajit të fërguar në tigan ka arritur ose jo nivelin ekstrem të oksidimit. Një mostrë e tillë e pasigurt mund të ketë ndikuar në krijimin e një lakoreje kalibruese jo të saktë. Nga ana tjetër, modeli PLS-4 fokusohet në përmbajtjen e formës trans. Edhe pse niveli i besueshmërisë është më i ulët, rezultatet për formën trans janë shumë të qëndrueshme. Siç tregohet në tabelën përkatëse, vaji i freskët ka nivel më të ulët të komponimeve trans në krahasim me të gjitha mostrat e tjera të trajtuara termikisht, ku niveli më i lartë është regjistruar në tri provat e vajit të fërguar në tigan. Afërsia ndërmjet matjeve është shumë e mirë.

KAPITULLI V

5. PËRFUNDIME

Kjo punë kërkimore ka sjellë në dritë përfundimet e mëposhtme:

- Kombinimi i spektroskopisë FTIR-ATR me analizën statistikore PLSR rezulton të jetë një metodë e fuqishme për vlerësimin e ndryshimeve strukturore dhe oksidative në vajrat vegjetalë të trajtuar termikisht.
- Metoda FTIR-ATR identifikon qartë ndryshimet në përbërjen kimike të vajrave përmes analizës së intensitetit të pikeve spektrale, duke reflektuar shkallën e oksidimit dhe prishjes së triglicerideve.
- Përdorimi i analizës PLSR mundëson ndërtimin e modeleve të sakta për përcaktimin sasior të komponentëve të ngopur, të pangopur dhe të formave trans, duke treguar efikasitet të lartë në regjionet më të ndjeshme ndaj oksidimit.
- FTIR-ATR është një metodë e shpejtë, e thjeshtë, ekologjike dhe ekonomike, pa nevojë për përgatitje të veçantë të mostrës apo përdorim të reagjentëve kimikë.
- Rezultatet tregojnë ndryshime të qarta në spektrat e vajrave të trajtuar termikisht, veçanërisht në regjionet 968 cm^{-1} dhe $930\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$, ku është vërejtur rritje e formave trans pas fërgimit.
- Modelet PLSR të ndërtuara në regjione specifike tregojnë linearitet të lartë dhe japin rezultate të besueshme për nivelin e oksidimit, me PLS-2 dhe PLS-4 që dalin më të saktat.
- Kjo metodologji paraqet një alternativë efikase dhe të zbatueshme në kontrollin e cilësisë së vajrave në industrinë ushqimore, veçanërisht gjatë proceseve të trajtimit termik edhe në mostrat ku ndryshimet nuk janë të dukshme në mënyrë vizuale.

CONCLUSIONS

This research work has brought to light the following conclusions:

- The combination of FTIR-ATR spectroscopy with PLSR statistical analysis proves to be a powerful method for the evaluation of structural and oxidative changes in thermally treated vegetable oils.
- The FTIR-ATR method clearly identifies changes in the chemical composition of oils through the analysis of the intensity of spectral points, reflecting the degree of oxidation and degradation of triglycerides.
- The use of PLSR analysis enables the construction of accurate models for the quantitative determination of saturated, unsaturated and trans-form components, showing high efficiency in the regions most sensitive to oxidation.
- FTIR-ATR is a fast, simple, ecological and economical method, without the need for special sample preparation or the use of chemical reagents.
- The results show clear changes in the spectra of thermally treated oils, especially in the regions 968 cm^{-1} and $930\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$, where an increase in trans forms was observed after frying.
- The PLSR models built in specific regions show high linearity and provide reliable results for the level of oxidation, with PLS-2 and PLS-4 emerging as the most accurate.
- This methodology represents an efficient and applicable alternative in the quality control of oils in the food industry, especially during thermal treatment processes even in samples where changes are not visually visible.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Choe, E., & Min, D. B. (2007). Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of Food Science*, 72(5), R77–R86. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00352>.
- [2] Farhoosh, R., Johnny, S., Asnaashari, M., Molaahmadibahraseman, N., & Sharif, A. (2014). Structure–antioxidant activity relationships of o-hydroxyphenolics and para-quinones as radical scavengers and chain-breaking antioxidants. *LWT - Food Science and Technology*, 56(2), 462–470. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.12.031>
- [3] Geleijnse, J. M., & De Smet, S. (2015). *Dietary fats and cardiovascular disease: A review of the evidence*. *British Medical Journal*, 350, h1627. <https://doi.org/10.1136/bmj.h1627>
- [4] Kris-Etherton, P. M., Harris, W. S., & Appel, L. J. (2002). *Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease*. *Circulation*, 106(21), 2747–2757. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000038493.65177.94>
- [5] World Health Organization. (2018). *Healthy diet*. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
- [6] Gunstone, F. D. (2011). *Vegetable oils in food technology: Composition, properties and uses* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- [7] Mottram, D. S. (1998). Flavour formation in meat and meat products: A review. *Food Chemistry*, 62(4), 415–424. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(97\)00224-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(97)00224-9)
- [8] Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820–897. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
- [9] Ginsberg, H. N., & Zhang, Y. (2019). Triglycerides and cardiovascular disease: Mechanisms and clinical implications. *Current Atherosclerosis Reports*, 21(7), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11883-019-0785-1>

- [10] Hussain, S. A., & Kumari, S. (2020). Triglycerides: Molecular structure, functions, and metabolic significance. *Journal of Lipid Research*, 61(3), 142-152. <https://doi.org/10.1016/j.jlr.2019.10.001>
- [11] Shulman, G. I., & Petersen, K. F. (2018). Triglyceride metabolism in the human body: Implications for obesity and insulin resistance. *Cell Metabolism*, 28(6), 874-885. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.09.017>
- [12] Sacks, F. M., & Lichtenstein, A. H. (2016). Dietary fat and cardiovascular disease: A review of current evidence. *Journal of the American College of Cardiology*, 68(11), 1143-1151. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.06.058>
- [13] Mori, T. A., & Hodgson, J. M. (2013). Health effects of omega-6 polyunsaturated fatty acids. In *Encyclopedia of Human Nutrition* (3rd ed., pp. 209–214). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375083-9.00100-8>
- [14] Cymet, T., & Sebley, C. (2025). *Saturated fat | Health Benefits, Dietary Sources & Nutrition*. Encyclopædia Britannica. <https://www.britannica.com/science/saturated-fat>
- [15] Lodge, E. (1954). *The Unsaturated Fatty Acids*. British Medical Journal, 1(4858), 395. <https://doi.org/10.1136/bmj.1.4858.395>
- [16] Brenna, J. T., & Lapillonne, A. (2009). *DHA in the central nervous system: A critical review of the literature*. In T. L. P. Jones, S. L. Lund, & M. P. Johnson (Eds.), *Fatty Acids and Disease Prevention* (pp. 130-149). Elsevier.
- [17] Weiss, E. S., & Sweeney, A. B. (2013). *Omega-6 fatty acids and cardiovascular disease: Mechanisms and health implications*. In P. C. Calder (Ed.), *Health Implications of Omega-3 Fatty Acids* (pp. 45-56). Springer.
- [18] Puustinen, P. (2003). *The antioxidative role of vitamin E in the human body*. In M. L. Fernández (Ed.), *Dietary Antioxidants in Health and Disease* (pp. 105-112). Elsevier.
- [19] Moreau, R. A., & Whitaker, B. D. (2003). *Phytosterols and their effects on cholesterol metabolism*. In A. L. Binns (Ed.), *Plant Fats and Oils* (pp. 315-329). CRC Press.

- [20] Shahidi, F., & Wanasundara, P. K. (1997). Phenolic antioxidants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37(8), 1-42.
<https://doi.org/10.1080/10408399709527784>
- [21] Choe, E., & Min, D. B. (2007). Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6(4), 169-179. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2007.00019.x>
- [22] Carter, S. J., & McNeill, D. (2001). Edible oils and fats in food products: Properties, stability and impact on health. *Food Chemistry*, 73(4), 491-497.
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00493-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00493-5)
- [23] Vogel, A. I. (1989). *Textbook of Practical Organic Chemistry*. Longman.
- [24] Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010). Lipid oxidation and antioxidants: From basic principles to industrial applications. *Food Science and Technology*, 43(4), 601-617.
- [25] Tewari, Y. B., & Gulati, A. (2006). *Vegetable oils: Chemistry, technology, and applications*. Springer.
- [26] Prat, D., & Pardos, M. (2013). *Advanced vegetable oil technologies for the food industry*. Elsevier.
- [27] Mishra, H. N., & Sharma, K. D. (2011). *Edible oils and fats processing: Chemistry and technology*. CRC
- [28] Bendini, H., & Oliveira, M. B. P. (2015). Fourier transform infrared spectroscopy in food analysis. In *Food Chemistry* (pp. 269-290). Elsevier.
- [29] Sharma, R., & Yadav, S. (2014). Applications of infrared spectroscopy in food safety and quality control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(5), 639-654.
- [30] Zhang, X., & Xu, X. (2015). Infrared spectroscopy for the detection of harmful components in vegetable oils under high-temperature processing conditions. *Food Control*, 55, 245-252.
- [31] Jović O, Smolić T, Jurišić Z, Meić Z, Hrenara T. Chemometric analysis of croatian extra virgin olive oils from central Dalmatia region. *Croatica Chemica Acta*. 2013, 86: 335–344.

- [32] Vlachos N, Skopelitis Y, Psaroudaki M, Konstantinidou V, Chatzilazarou A, Tegou E. Applications of Fourier transform–infrared spectroscopy to edible oils. *Analytica Chimica Acta*. 2006; 573–574: 459– PMID: 17723561
- [33] Moharam MA, Abbas LM. A study on the effect of microwave heating on the properties of edible oils using FTIR spectroscopy. *African Journal of Microbiology Research*. 2010; 4: 1921–1927.
- [34] Anguebes, A., et al. (2016). *Application of Multivariable Analysis and FTIR-ATR Spectroscopy to the Prediction of Properties in Campeche Honey. Journal of Analytical Methods in Chemistry*.
- [35] Kiefer, J., et al. (2012). *Attenuated Total Reflection Infrared Difference Spectroscopy (ATR-IRDS) for Quantitative Reaction Monitoring. Applied Spectroscopy*, 66(6), 685–688.
- [36] Biancolillo, A., & Næs, T. (2019). *The Sequential and Orthogonalized PLS Regression for Multiblock Regression: Theory, Examples, and Extensions. Nö Data Fusion Methodology and Applications*. Elsevier.



University "Isa Boletini" Mitrovicë

Raporti i plagjiaturës

Të dhënat e studentit dhe të dokumentit të kontrolluar

EMRI MBIEMRI I STUDENTIT:	Loresa Sinani
NIVELI:	Bachelor
FAKULTETI:	Fakulteti i Teknologjisë Ushqimore
DEPARTAMENTI:	Programi: Inxhinieri dhe Teknologji Ushqimore
EMRI MBIEMRI I PROFESORIT:	Valdet Gjinovci
TITULLI I DOKUMENTIT:	Hulumtimi i efektit toksik të vajit ushqimor gjatë trajtimit termik

Shkalla e plagjiaturës krahasuar me resurset e brendshme dhe të jashtme: 5.64 %