

EKSTRAKTIMI I VAJIT TË ARRËS DHE KARAKTERIZIMI TERMIK I TIJ

TEMA PËR GRADËN BACHELOR I SHKENCËS NË  
INXHINIERI DHE TEKNOLOGJI USHQIMORE

NGA

**RAMIZE LEKU**



UNIVERSITETI “ISA BOLETINI” MITROVICË  
FAKULTETI I TEKNOLOGJISË USHQIMORE  
DEPARTAMENTI I TEKNOLOGJISË

MITROVICË

PRILL, 2025

WALNUT OIL EXTRACTION AND ITS THERMAL  
CHARACTERIZATION

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

BY

RAMIZE LEKU



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

MITROVICË

APRIL, 2025

# EKSTRAKTIMI I VAJIT TË ARRËS DHE KARAKTERIZIMI TERMIK I TIJ

TEMA E PREZANTUAR

NGA

RAMIZE LEKU

NË

DEPARTAMENTIN E TEKNOLOGJISË

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



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

Aprovuar prej komisionit:

\_\_\_\_\_ Kryetar i Komisionit  
Bahtir Hyseni, Prof. ass. dr.

\_\_\_\_\_ Mentor  
Fatos Rexhepi, Prof. asoc. dr.

\_\_\_\_\_ Anëtar  
Arbër Hyseni, Ass. dr. sc.  
Data e aprovimit: \_\_\_\_\_

WALNUT OIL EXTRACTION AND ITS THERMAL CHARACTERIZATION

A THESIS PRESENTED BY

RAMIZE LEKU

IN

DEPARTMENT OF TECHNOLOGY

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

APRIL, 2025



UNIVERSITY “ISA BOLETINI” MITROVICA  
FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY  
DEPARTMENT OF TECHNOLOGY  
MITROVICE

Approved from Commission:

\_\_\_\_\_Chairman of Commission

Bahtir Hyseni, Prof. ass. dr.

\_\_\_\_\_Mentor

Fatos Rexhepi, Prof. asoc. dr.

\_\_\_\_\_Member

Arbër Hyseni, Ass. dr.sc.

Date of approval: \_\_\_\_\_

## DEDIKIM

*Me shumë krenari dhe emocion, sot arrij në një nga momentet më të rëndësishme të jetës sime, diplomimin. Ky punim është i dedikuar me dashuri dhe mirënjohje familjes time që ka qenë burim i forces për mua. Për dashurinë që se mat asnjë kohë, për sakrificat e heshtura dhe për qdo fjalë kurajoje, falë jush kam arritur të realizoj ëndërrën time. Ky sukses është një testament i sakrificave dhe mbështetjes suaj të pashtershme që nga fëmijëria ime.*

## ***FALËNDERIM***

*Dëshiroj të shpreh falenderimet e mia të sinqerta për të gjithë ata që kontribuan në përfundimin e kësaj teme diplome. Në radhë të parë, falënderoj mentorin tim Prof. asoc. dr. Fatos Rexhepi, dija dhe përvoja e tij e pasuruar me ide, sygjjerime dhe diskutime ishin thelbësore për arritjen e këtij rezultati.*

*Një falenderim i veçantë shkon për familjen time, për durimin dhe mbështetjen e vazhdueshme gjatë këtij procesi. Faleminderit të gjithëve që më keni bërë të ndihem krenare për çdo hap që kam marrë drejt këtij suksesi dhe momenti të veçantë.*

*Ramize Leku*

## ABSTRAKTI I PUNIMIT

Ekstraktimi i vajit të arrës dhe karakterizimi termik i tij

Nga

Ramize Leku

Fakulteti i Teknologjisë Ushqimore, Mitrovicë, 2025

Prof. asoc. Dr. Fatos Rexhepi, Mentor

Ky punim ka për qëllim të trajtojë ekstraktimin e vajit nga arrat dhe karakterizimin termik të këtij vaji në funksion të cilësisë, qëndrueshmërisë dhe përbërjes së tij kimike. Vaji i arrës konsiderohet si një nga vajrat më të pasur me acide yndyrore të pangopura dhe komponime bioaktive si polifenolet, të cilat i japin vlera të larta ushqyese dhe përfitime potenciale për shëndetin.

Në aspektin teorik, në këtë studim trajtohen metodat e ndryshme të ekstraktimit të vajit, përfshirë ato mekanike, si dhe faktorët që ndikojnë në rendimentin dhe cilësinë e vajit të përftuar. Po ashtu, analizohet përbërja kimike e vajit të arrës në funksion të vetive të tij ushqyese dhe funksionale, duke u përqendruar te ndikimi i përbërësve natyrorë në cilësinë dhe stabilitetin e vajit.

Karakterizimi termik i vajit paraqitet si një aspekt i rëndësishëm për të vlerësuar qëndrueshmërinë e tij ndaj temperaturave të larta dhe ndryshimet kimike që mund të ndodhin gjatë përpunimit ose ruajtjes. Ky studim kontribuon në thellimin e njohurive për vetitë funksionale dhe strukturore të vajit të arrës, duke e vënë në dukje potencialin e tij për përdorim në industrinë ushqimore, kozmetike dhe farmaceutike.

## ABSTRACT OF THE THESIS

Walnut oil extraction and its thermal characterization

By

Ramize Leku

Faculty of Food Technology, Mitrovicë, 2025

Prof. asoc. Dr. Fatos Rexhepi, Mentor

This paper aims to address the extraction of walnut oil and the thermal characterization of this oil in terms of its quality, stability, and chemical composition. Walnut oil is considered one of the oils richest in unsaturated fatty acids and bioactive compounds such as polyphenols, which provide high nutritional value and potential health benefits.

In the theoretical aspect, this study discusses various methods of oil extraction, including mechanical methods, as well as the factors influencing the yield and quality of the extracted oil. Additionally, the chemical composition of walnut oil is analyzed in relation to its nutritional and functional properties, focusing on the impact of natural components on the oil's quality and stability.

Thermal characterization of the oil is presented as an important aspect for assessing its stability at high temperatures and the chemical changes that may occur during processing or storage. This study contributes to a deeper understanding of the functional and structural properties of walnut oil, highlighting its potential for use in the food, cosmetic, and pharmaceutical industries.



## **Përmbajtja**

|                                                                                             |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Lista e tabelave .....</b>                                                               | <b>x</b>   |
| <b>Lista e figurave .....</b>                                                               | <b>xi</b>  |
| <b>LISTA E SHKURTESAVE .....</b>                                                            | <b>xii</b> |
| <b>KAPITULLI I .....</b>                                                                    | <b>1</b>   |
| <b>1. HYRJE .....</b>                                                                       | <b>1</b>   |
| <b>2.1. Ndikimi i konsumimit të arrave dhe vajit të arrave në shëndetin e njeriut .....</b> | <b>3</b>   |
| <b>2.3. Ekstraktimi i vajit të arrës .....</b>                                              | <b>5</b>   |
| <b>2.4 Stabiliteti i vajit të arrës: .....</b>                                              | <b>8</b>   |
| <b>2.4.1. Faktorët që ndikojnë në stabilitetin e vajit të arrës .....</b>                   | <b>10</b>  |
| <b>2.4.1.Llojet e stabilitetit të vajit të arrës .....</b>                                  | <b>11</b>  |
| <b>2.4.2.Acidet yndyrore të vajit të arrës .....</b>                                        | <b>12</b>  |
| <b>2.4.1.Trigliceridet e vajit të arrës .....</b>                                           | <b>13</b>  |
| <b>2.4.1.Roli i triglicerideve në vlerën ushqyese dhe funksionale të vajit .....</b>        | <b>15</b>  |
| <b>2.4.1.Polifenolet në vajin e arrës .....</b>                                             | <b>16</b>  |
| <b>2.4.Metodat spektrale për analizen e vajrave .....</b>                                   | <b>17</b>  |
| <b>2.4.1.Spektrofotometria në zonën infra të kuqe .....</b>                                 | <b>18</b>  |
| <b>2.4.1.Monitorimi i vajrave me FT-IR .....</b>                                            | <b>19</b>  |
| <b>3.2.Përgatitja e mostrës për analizë .....</b>                                           | <b>23</b>  |
| <b>KAPITULLI IV .....</b>                                                                   | <b>34</b>  |
| <b>4.DISKUTIMI I REZULTATEVE .....</b>                                                      | <b>34</b>  |
| <b>KAPITULLI V .....</b>                                                                    | <b>36</b>  |
| <b>5.PERFUNDIME .....</b>                                                                   | <b>36</b>  |
| <b>CONCLUSIONS .....</b>                                                                    | <b>37</b>  |
| <b>REFERENCAT .....</b>                                                                     | <b>38</b>  |

## **Lista e tabelave**

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela. 1.1. Ndryshimet fiziko-kimike të vajrave gjatë procesit të skuqjes: viskoziteti dhe dendësia..... | 31 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## Lista e figurave

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 3.1. 1. Presa e ekstraktimit te vajit te arres .....                                                       | 24 |
| Figure 3.1. 2. Ngrohja e vajit te arrave te papjekura dhe te pjekura .....                                        | 25 |
| Figure 3.1. 3. Mostrat e fituara gjate trajnimit termik.....                                                      | 26 |
| Figure 3.1. 4. Krahesimi i spektrave IK mostrat e vajit te pjekur te trajtuar termikisht .....                    | 27 |
| Figure 3.1. 5. Krahesimi i spektrave IK per mostrat e vajit te pa pjekur te trajtuar termikisht                   | 28 |
| Figure 3.1. 6. Krahesimi i spektrave IK per mostrat e vajit te pjekur e te pa pjekur te trajtuar termikisht ..... | 29 |
| Figure 3.1. 7. PCA Spektroskopia per mostrat e vajit te pa pjekur te trajtuar termikisht                          |    |
| Figure 3.1. 8. PCA Spektroskopia per mostrat e vajit te pjekur te trajtuar termikisht.....                        | 30 |
| Figure 3.1. 9. Intensiteti i raporteve 3008/2854 per mostrat te vajit te trajtuar termikisht .....                | 31 |
| Figure 3.1. 10. Intensiteti i raporteve 722/2854 për mostrat të vajit të trajtuar termikisht .....                | 32 |
| Figure 3.1. 11. Intensiteti i raporteve 967/2854 për mostrat të vajit të trajtuar termikisht .....                | 32 |
| Figure 3.1. 12. Intensiteti i raporteve 1745/2854 për mostrat të vajit të trajtuar termikisht .....               | 33 |

## LISTA E SHKURTESAVE

|            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| ALA.....   | Acidi alfa-linolenik              |
| LDL.....   | Lipoproteina me dendësi të ulët   |
| HDL.....   | Lipoproteina me dendësi të lartë  |
| MUFA.....  | Acidet yndyrore mono të pangopura |
| PUFA.....  | Acidet yndyrore poli të pangopura |
| SIK.....   | Sasia e indeksit të katalizatorit |
| FT-IR..... | Spektroskopia në infrared         |
| TG.....    | Analiza termogravimetrike         |
| PCA.....   | Analiza e komponentëve kryesorë   |

## KAPITULLI I

### 1. HYRJE

Arrat (*Juglans regia*) janë një nga frutat e lashta që janë kultivuar dhe konsumuar nga njerëzit për mijëra vjet. Ato kanë origjinën në rajonin e Mesdheut dhe Azinë Qendrore, duke u kultivuar nga qytetërime të hershme si grekët dhe romakët. Për shkak të shijës së saj delikate dhe vlerave ushqyese, arra ka qenë gjithmonë një ushqim i preferuar i elitës. Në Persinë e lashtë, arrat konsideroheshin si një delikatesë dhe përdoreshin shpesh në tryezat mbretërore dhe fetare. Më vonë, arrat u përhapen në Kinë, Evropë dhe rajonin e Mesdheut, ku janë bërë pjesë e rëndësishme e dietës njerëzore për breza të tërë [1].

Pema e arrës (*Juglans regia*) është një bimë e madhe dhe e fuqishme që mund të arrijë një lartësi deri në 25 metra dhe ka një jetëgjatësi të jashtëzakonshme e mund të jetojë deri në 400 vjet. Ajo po ashtu është përdorur nga shumë kultura të lashta si një burim ushqimi dhe ilaçi. Arrat rriten gjatë muajve të vjeshtës, zakonisht midis shtatorit dhe nëntorit, në hemisferën veriore, dhe janë të njohura për vlerat e tyre të larta ushqyese [2].

Fruti i arrës është i veçantë për strukturën e tij, i cili përbëhet nga katër pjesë kryesore. Lëkura e jashtme është e gjelbër dhe mjaft e butë, ndërsa brenda saj ndodhet guaska e fortë dhe e trashë që mbron kërmillin e brendshëm. Kërmilli i gjelbër është një pjesë e papërdorshme, por në të brendshmen e tij ndodhet bërthama e arrës, e cila është pjesa e ngrënshme. Bërthama është një burim i pasur i ushqyesve, duke përfshirë yndyrna të shëndetshme, fibra, proteina dhe një numër të madh antioksidantësh, përfshirë vitaminën E, të cilët janë të rëndësishëm për shëndetin e përgjithshëm [3].

Arrat janë një burim i pasur me acide yndyrore esenciale omega-3 dhe omega-6, të cilat janë të rëndësishme për shëndetin e zemrës dhe funksionet e trurit. Yndyrnat që përmban ky frut janë të ngopura, përfshirë monosaharide dhe polisaharide, me polisaharidet që përbëjnë një pjesë të rëndësishme të përmbajtjes së vajit të arrës [4]. Përdorimi i vajit të arrës është një nga metodat më të njohura për të shfrytëzuar këto vlera ushqyese. Vaji i arrës është gjithashtu një burim i shkëlqyer i acideve yndyrore alfa-linolenike (ALA), të cilat janë të rëndësishme për mbajtjen e shëndetit të zemrës dhe për reduktimin e inflamacionit në trup [5]. Përveç kësaj,

arrat përmbajnë minerale të rëndësishme si fosfori, seleni, zinku, magnezi, kalciumi dhe hekuri. Vaji i arrës është gjithashtu i pasur me vitamina, përfshirë vitaminën B2 (riboflavina), vitaminën B1 (tiamina), vitaminën B3 (niacina) dhe vitaminën E, të cilat kanë një rol të rëndësishëm në mbrojtjen e qelizave nga dëmtimet oksidative dhe mbështetjen e sistemit imunitar [6].

Vaji ka një shije të lehtë dhe delikate dhe një aromë të veçantë që është e preferuar në disa receta, përfshirë sallata, gatime të ftohta dhe si përbërës në kozmetikë. Megjithatë, përdorimi i vajit të arrës në gatim është më pak i përhapur se përdorimi i vajrave të tjerë më të zakonshëm si vaji i ullirit apo vaji i misrit, kryesisht për shkak të çmimit të tij të lartë dhe natyrës delikate të shijes së tij [7]. Vaji i arrës, ndonëse ka një vlerë të lartë ushqyese, mund të humbë pjesën më të madhe të aromës dhe vlerave të tij kur nxehet. Ngrohja e tij mund të shkaktojë një ndjesi të hidhur, duke e bërë atë më pak të preferuar për gatimet që kërkojnë temperaturë të lartë [8].

Vaji mund të prodhohet në dy mënyra kryesore: presion i ftohtë dhe rafinim. Metoda e presionit të ftohtë është një proces më i shtrenjtë, pasi ajo ruan më shumë vlera ushqyese dhe aromë, por ka një përqindje më të ulët të vajit të nxjerrë nga bërthama. Ndërkohë, vaji i arrës i rafinuar prodhohet përmes një procesi që përfshin përdorimin e solvantëve për të nxjerrë një përqindje më të lartë të vajit nga bërthama e arrës. Pas nxjerrjes, solvantët eliminohen përmes ngrohjes së përzierjes në rreth 200°C. Megjithatë, ky proces mund të ndikojë në cilësinë e vajit dhe humbjen e disa prej përfitimeve të tij ushqyese [9].

Vaji i arrës ka gjithashtu përdorime të rëndësishme në industrinë e kozmetikës për shkak të vetive të tij hidratues dhe anti-inflamatore. Ai është përdorur si një përbërës në kremra dhe produkte të tjerë për kujdesin e lëkurës, pasi ndihmon në mbajtjen e lëkurës të butë dhe elastike [10]. Përveç kësaj, përdorimi i vajit të arrës është i njohur për promovimin e shëndetit të flokëve dhe forcimin e majave të tyre. Ajo mund të ndihmojë në parandalimin e tharjes dhe dëmtimit të flokëve, duke ofruar një shkëlqim natyral dhe përmirësuar shëndetin e skalpit [11].

Arrat dhe vaji i arrës janë burime të pasura të ushqyesve dhe kanë vlera të mëdha shëndetësore. Ata ofrojnë përfitime të rëndësishme për zemrën, trurin dhe lëkurën, duke qenë gjithashtu një burim i fuqishëm i acideve yndyrore esenciale dhe antioksidantëve. Megjithatë, përdorimi i vajit të arrës në gatim është i kufizuar për shkak të çmimit të tij dhe tendencës për të humbur aromën gjatë ngrohjes. Në çdo rast, arrat mbeten një pjesë e rëndësishme e dietës së shëndetshme dhe një komponent kyç në shumë fushat e industrisë ushqimore dhe kozmetike [12].

## KAPITULLI II

### 2.1. Ndikimi i konsumimit të arrave dhe vajit të arrave në shëndetin e njeriut

Arrat janë një burim i jashtëzakonshëm i ushqyesve, që ofrojnë një gamë të gjerë përfitimesh shëndetësore falë përbërësve të tyre bioaktivë. Ato përmbajnë acide yndyrore të pangopura, proteina, fibra dietike, vitamina, si dhe minerale të rëndësishme si magnezi, kaliumi dhe zinku. Arrat janë veçanërisht të pasura me acide yndyrore omega-3, që luajnë një rol thelbësor në ruajtjen e shëndetit të zemrës, dhe janë gjithashtu të njohura për efektet e tyre pozitive në funksionin e trurit dhe shëndetin mendor [13]. Përveç kësaj, arrat janë një burim i shkëlqyer i vitaminave B dhe antioksidantëve si vitamina E, të cilët mbrojnë trupin nga dëmtimet oksidative, përmirësojnë funksionin imunitar dhe ndihmojnë në ruajtjen e niveleve të shëndetshme të kolesterolit në trup [14].

Konsumimi i arrave është gjithashtu i lidhur me përfitime të tjera të shëndetit, përfshirë reduktimin e rrezikut të zhvillimit të sëmundjeve kardiovaskulare, si dhe përmirësimin e kontrollit të niveleve të sheqerit në gjak, duke ndihmuar kështu në parandalimin e diabetit tip-2 [15]. Konsumi i rregullt i arrave është lidhur me përmirësimin e profilit lipidik të trupit, duke ndihmuar në rritjen e niveleve të kolesterolit të mirë (HDL) dhe uljen e niveleve të kolesterolit të keq (LDL). Ky efekt është i rëndësishëm për parandalimin e sëmundjeve kardiovaskulare, të tilla si arterioskleroza dhe infarkt, dhe gjithashtu përmirëson shëndetin e përgjithshëm të zemrës [16]. Këto efekte mbështeten nga studime të ndryshme, që tregojnë se arrat mund të ndihmojnë në uljen e rrezikut të sëmundjeve të zemrës duke përmirësuar profilin lipidik të trupit dhe duke ulur tensionin e gjakut. Për më tepër, arrat mund të jenë të dobishme në parandalimin e disa llojeve të kancerit, duke vepruar si mbrojtës natyror kundër mutacioneve qelizore dhe inflamacionit që mund të çojnë në zhvillimin e tumoreve. Një aspekt tjetër shumë i rëndësishëm i arrave është përmbajtja e tyre e vajit, i cili është gjithashtu një burim i pasur i acideve yndyrore omega-3 dhe omega-6, të cilat luajnë një rol të rëndësishëm në shëndetin e përgjithshëm, sidomos në reduktimin e inflamacionit dhe përmirësimin e shëndetit kardiovaskular [17]. Vaji i arrave përftohet zakonisht përmes

shtypjes së ftohtë të arrave, një proces që ruan shumicën e përbërësve bioaktivë të tyre, duke ofruar një produkt të pasur me përfitime shëndetësore. Ky vaj është gjithashtu i pasur me tokoferolë, të cilët janë forma natyrale të vitaminës E dhe ndihmojnë në parandalimin e dëmtimit të qelizave nga stresi oksidativ, që mund të çojë në zhvillimin e sëmundjeve kronike si sëmundjet neurodegenerative, diabeti dhe disa lloje të kancerit.

Përveç përfitimeve të shëndetit kardiovaskular, vaji i arrave ka veti të fuqishme antioksiduese dhe anti-inflamatore, që ndihmojnë në luftimin e inflamacionit dhe mbrojtjen e trupit nga dëmtimet që mund të shkaktohen nga ndotja, stresi dhe faktorë të tjerë të jashtëm. Kjo mund të ketë një ndikim pozitiv në parandalimin e sëmundjeve që lidhen me plakjen e parakohshme të trupit, duke përfshirë ato që ndodhin në nivelet qelizore dhe që prekin organe të ndryshme, përfshirë lëkurën dhe sistemin nervor [18].

Një tjetër përfitim i rëndësishëm i vajit të arrave është ndikimi i tij në përmirësimin e cilësisë së gjumit. Vaji i arrave është i pasur me melatoninë, hormon që ndihmon në rregullimin e ciklit të gjumit dhe mund të përdoret për të përmirësuar cilësinë e gjumit te individët që vuajnë nga pagjumësia ose probleme të tjera të ritmit cirkadian. Kjo e bën vajin e arrave një zgjedhje të shkëlqyer për ata që kërkojnë të përmirësojnë shëndetin e tyre mendor dhe fizik në mënyrë natyrale [19].

Një tjetër përdorim i njohur i vajit të arrave është në industrinë e kujdesit të lëkurës dhe flokëve. Aplikimi i tij në lëkurë ndihmon në hidrimin dhe ushqimin e epidermës, duke mbajtur atë të butë dhe elastike. Për më tepër, vaji i arrave ndihmon në mbrojtjen e lëkurës nga dëmtimet e shkaktuara nga faktorët e jashtëm, siç janë ndotja dhe ekspozimi ndaj diellit. Ky vaj është gjithashtu shumë i dobishëm për flokët, pasi ndihmon në forcimin e tyre dhe në parandalimin e thyerjes, duke ofruar një shkëlqim natyral dhe përmirësuar shëndetin e skalpit. Kjo e bën atë një përbërës të kërkuar në produktet kozmetike për kujdesin e flokëve dhe lëkurës [20]. Konsumi i rregullt i këtyre produkteve është i lidhur me një përmirësim të shëndetit të përgjithshëm, duke ofruar një mbrojtje të fuqishme kundër një gamë të gjerë sëmundjesh kronike dhe sëmundjesh të tjera të lidhura me plakjen. Përdorimi i arrave dhe vajit të arrave mund të jetë një element kyç në një dietë të shëndetshme dhe një stil jetese të balancuar [21].

Në përfundim, arrat dhe vaji i arrave ofrojnë një gamë të gjerë përfitimesh shëndetësore dhe mund të përfshihen lehtësisht në një dietë të shëndetshme dhe të balancuar. Me vlerat e tyre ushqyese dhe përfitimet shëndetësore të shumëfishta, arrat dhe vaji i arrave janë një shtesë e shkëlqyer për çdo dietë dhe stil jetese të shëndetshëm.



### 2.3. Ekstraktimi i vajit të arrës

Ekstraktimi i vajit nga arrat përfaqëson një hap të rëndësishëm në shfrytëzimin e përbërësve ushqyes dhe funksionalë që përmban ky frut. Ky proces ka marrë një vëmendje të konsiderueshme për shkak të rritjes së interesit në produktet natyrore me përfitime të larta shëndetësore dhe vlera të larta tregtare. Përftimi i vajit është një proces teknik që kërkon trajtim të kujdesshëm të lëndës së parë në mënyrë që të ruhet cilësia, përbërja ushqyese dhe vetitë biologjike të produktit final.

Në kuadër të zhvillimit të industrisë ushqimore dhe kërkesës në rritje për produkte me origjinë natyrore dhe me veti funksionale, ekstraktimi i vajit nga burime bimore ka fituar rëndësi të veçantë [22]. Vaji i përftuar përbën një përbërës me rëndësi të veçantë jo vetëm në fushën e ushqimit, por edhe në sektorë si ai farmaceutik dhe kozmetik. Cilësia e vajit të përftuar ndikohet nga shumë faktorë si natyra e lëndës së parë, kushtet e përpunimit dhe metoda e përzgjedhur për ekstraktim, prandaj një qasje e kujdesshme gjatë këtij procesi është thelbësore për të ruajtur përbërësit e vlefshëm bioaktivë që gjenden në përbërje [23].

Llojet e ekstraktimit të vajit të arrës:

#### 1. Shtypja e ftohtë (ekstraktimi mekanik)

Kjo është metoda më e përdorur për ekstraktimin e vajit të arrës për përdorim ushqimor dhe natyral. Arrat fillimisht thahen dhe pastrohen për të shmangur ndotjet mikrobiologjike dhe për të ulur përmbajtjen e lagështisë. Më pas, bërthamat shtypen mekanikisht në temperatura të ulëta (zakonisht nën 40°C), në mënyrë që të ruhet cilësia ushqyese dhe përmbajtja e komponimeve bioaktive si acidet yndyrore të pangopura, vitaminat (veçanërisht vitamina E), si dhe antioksidantët natyrorë. Ky proces përfshin disa faza:

- Përgatitja e arrave: Arrat pastrohen dhe thahen për të eliminuar papastërtitë dhe lagështinë e tepërt, e cila mund të dëmtojë cilësinë e vajit.
- Shtypja: Bërthamat e arrave përpunohen në makineri të veçanta që i shtypin në temperatura të ulëta, zakonisht nën 40°C, për të shmangur humbjen e vlerave ushqyese që mund të ndodhin në temperatura të larta. Kjo ndihmon në ruajtjen e përbërësve bioaktivë si acidi alfa-linolenik (omega-3), vitamina E dhe polifenolët.

- Filtrimi: Pas shtypjes, vaji është i papastër dhe mund të përmbajë mbetje nga bërthamat e arrës. Prandaj, ai filtrohet për të hequr pjesët e mbetura dhe për të përfutur vajin e pastër.

Avantazhi i kësaj metode është se prodhon vaj të pastër, të pa rafinuar, me aromë dhe ngjyrë natyrale, i cili ruan të gjitha vlerat ushqyese të arrës. Nga ana tjetër, rendimenti (sasia e vajit e përfutur) është relativisht më i ulët krahasuar me metodat e tjera [24].

## 2. Ekstraktimi me tretës organikë

Ekstraktimi me tretës organikë përdor lëndë të jashtme, si heksan, për të shpërbërë vajin nga bërthamat e arrës. Ky proces mund të ndahet në disa hapa:

- Përgatitja e arrave: Bërthamat e arrës pastrohen dhe thahen si në metodën e shtypjes mekanike.
- Ekstraktimi: Pasi bërthamat janë të gatshme, ato futen në një sistem që përdor tretës organikë për të shpërbërë vajin nga arrat. Tretësi depërton në bërthamat e arrës dhe nxjerr vajin, duke e bërë të mundur një ekstraktim më të madh.
- Pastrimi i vajit: Pas ekstraktimit, tretësi duhet të largohet nga vaji, duke përdorur avullim ose distilim, për të siguruar që vaj i mbetur është i pastër dhe i sigurt për përdorim.

Avantazhet e kësaj metode përfshijnë:

- Rendiment më të lartë të vajit krahasuar me shtypjen mekanike.
- Kosto më të ulët për shkak të përdorimit të sistemeve industriale që mund të prodhojnë sasi të mëdha vaji.
- Përdorimi i tretësve efikas që mund të nxjerrin vaj nga bërthamat më të forta.

Disavantazhet janë:

- Përdorimi i tretësve kimikë mund të lërë mbetje në vaj, të cilat mund të jenë të dëmshme për shëndetin.
- Procesi kërkon hapa shtesë për të larguar tretësin dhe siguruar një produkt të pastër.

- Mund të humbeten disa përbërës bioaktivë për shkak të përdorimit të nxehtësisë dhe tretësve kimikë [25].

### 3. Ekstraktimi me CO<sub>2</sub> në gjendje superkritike

Ekstraktimi me CO<sub>2</sub> superkritik është një metodë më e avancuar dhe ekologjike, që përdor dioxidin e karbonit (CO<sub>2</sub>) në një gjendje të superkritike, që është një fazë midis lëngut dhe gazit. Ky proces është shumë efikas për nxjerrjen e vajrave me cilësi të lartë, pasi CO<sub>2</sub> është një tretës natyral që nuk lë mbetje toksike.

- Përgatitja e arrave: Arrat thahen dhe pastrohen për të siguruar një produkt të pastër.
- Ekstraktimi me CO<sub>2</sub>: CO<sub>2</sub> përdoret në kushte të larta presioni dhe temperature për të depërtuar në bërthamat e arrës dhe për të nxjerrë vajin. Kur CO<sub>2</sub> rikthehet në gjendjen e tij gazore, vaji mbetet i ndarë dhe mund të merret në formë të pastër.
- Filtrimi dhe grumbullimi: Pas procesit të ekstraktimit, vaji është i pastër dhe nuk ka nevojë për filtrimin e mundshëm të tretësve si në metodën e tretësve organikë.

Avantazhet e kësaj metode përfshijnë:

- Nuk përdoren tretës kimikë, duke e bërë procesin më të sigurt dhe miqësor për mjedisin.
- Ruajtja e të gjitha vlerave ushqyese dhe bioaktive, duke përfshirë acidet yndyrore, polifenolët dhe vitaminat.
- Rendiment të lartë dhe cilësi të lartë të vajit të arrës.

Disavantazhet përfshijnë:

- Kosto të larta fillestare për pajisjet dhe teknologjinë e nevojshme.
- Përdorimi i presionit të lartë mund të jetë i vështirë për implementimin në disa kushte industriale.

Pra, zgjedhja e metodës së ekstraktimit të vajit të arrës varet nga disa faktorë, përfshirë qëllimin e përdorimit, kërkesat e cilësisë dhe buxheti. Shtypja e ftohtë është metoda më e zakonshme për vajrat e arrave natyrale dhe me përdorim ushqimor, ndërsa ekstraktimi me CO<sub>2</sub> është ideal për përfitimin e vajrave të cilësisë së lartë dhe

pa mbetje kimikë. Nga ana tjetër, ekstraktimi me tretës organikë është i përshtatshëm për prodhimin industrial, por kërkon kujdes të veçantë në pastrimin e vajit për të shmangur mbetjet e tretësve [26].

#### **2.4 Stabiliteti i vajit të arrës:**

Vaji i arrës është një nga vajrat vegjetalë më të vlerësuar për përmbajtjen e tij të lartë me acide yndyrore të pangopura, veçanërisht me acide yndyrore esenciale si acidi alfa-linolenik (një përfaqësues i grupit omega-3) dhe acidi linoleik (i grupit omega-6). Këto përbërës luajnë një rol kyç në ruajtjen e funksioneve biologjike të trupit të njeriut, përfshirë mbështetjen e shëndetit kardiovaskular, funksionin e trurit dhe reduktimin e inflamacionit. Megjithatë, një nga sfidat më të mëdha që lidhet me përdorimin dhe ruajtjen e vajit të arrës është stabiliteti i tij relativisht i ulët oksidativ, i cili ndikon drejtpërdrejt në cilësinë dhe jetëgjatësinë e këtij produkti [27].

Termi "stabilitet oksidativ" i referohet aftësisë së vajit për të rezistuar përballë reaksioneve të oksidimit, të cilat shkaktohen nga ndërveprimi i përbërësve të tij me oksigjenin e pranishëm në mjedis. Oksidimi i lipideve çon në degradimin e komponentëve ushqyes dhe formimin e përbërësve të padëshiruar, si peroksidet, aldehidet dhe substanca të tjera që ndikojnë negativisht në shijen, aromën, ngjyrën dhe vlerat ushqyese të vajit. Këto procese e bëjnë vajin më pak të qëndrueshëm dhe potencialisht të dëmshëm nëse konsumohen në sasi të mëdha ose pas një periudhe të gjatë ekspozimi ndaj kushteve jo të përshtatshme [28].

Faktorët kryesorë që përshpejtojnë procesin e oksidimit përfshijnë praninë e oksigjenit, ekspozimin ndaj dritës, nxehtësinë dhe praninë e metaleve të rënda, si hekuri dhe bakri, të cilat mund të veprojnë si katalizatorë të këtij procesi. Vaji i arrës është veçanërisht i ndjeshëm ndaj këtyre kushteve për shkak të strukturës së tij molekulare, që përmban një numër të madh të lidhjeve dyfishe. Këto lidhje janë më të paqëndrueshme dhe më të prirura për të hyrë në reaksione oksidative në krahasim me lidhjet e ngopura që gjenden në vajrat më të qëndrueshëm [29].

Për të ruajtur cilësinë dhe vetitë funksionale të vajit të arrës, është e domosdoshme që ai të ruhet në kushte sa më të përshtatshme. Përdorimi i enëve të errëta për paketim, shmangia e ekspozimit të vajit ndaj dritës direkte dhe ruajtja në temperatura të ulëta janë disa nga praktikatat më të rekomanduara për të minimizuar oksidimin. Gjithashtu, evitimi

i kontaktit të gjatë me ajrin ndihmon në ngadalësimin e proceseve degraduese që përkeqësojnë cilësinë e produktit me kalimin e kohës [29].

Nga pikëpamja shkencore, stabiliteti oksidativ i vajit të arrës zakonisht vlerësohet përmes matjes së indeksit të stabilitetit oksidativ (OSI), duke përdorur aparaturën Rancimat. Kjo matje tregon sa kohë i duhet vajit për të hyrë në fazën e shpejtë të oksidimit nën kushte të kontrolluara laboratorike. Krahasuar me vajra të tjerë me përmbajtje më të ulët të acideve shumë të pangopura, vaji i arrës rezulton me OSI dukshëm më të ulët. Në mënyrë ilustrative, OSI i vajit të arrës mund të jetë më pak se 5 orë në temperaturë 110°C, ndërsa vaji i ullirit ekstra i virgjër, një vaj shumë më i qëndrueshëm, mund të tregojë OSI mbi 20 orë. Kjo tregon qartë se ndonëse vaji i arrës është i pasur me përbërës bioaktivë, ai është shumë i ndjeshëm ndaj proceseve oksidative.

Antioksidantët natyrorë që gjenden në përbërje, si vitamina E (tokoferolët) dhe disa lloje të polifenolëve, ofrojnë një mbrojtje të kufizuar ndaj oksidimit. Megjithatë, për të rritur qëndrueshmërinë, është e mundur të shtohen përbërës antioksidues natyralë të jashtëm, si ekstraktet e rozmarinës, çajit jeshil apo substanca të tjera me potencial për të frenuar formimin e radikaleve të lira [30].

Një aspekt tjetër i rëndësishëm që ndikon në stabilitetin e vajit është metoda e prodhimit. Vaji i prodhuar me presim të ftohtë, ndonëse më i pasur në përbërës të dobishëm për organizmin, është më pak i qëndrueshëm, sepse nuk i nënshtrohet proceseve të rafinimit që largojnë substancat reaktive. Nga ana tjetër, procesi i rafinimit mund të përmirësojë qëndrueshmërinë e vajit, por shpesh në dëm të vlerave ushqyese dhe përmbajtjes së substancave bioaktive që gjenden në formën natyrale.

Duke marrë parasysh të gjitha këto elemente, është e rëndësishme që përdoruesit, konsumatorët dhe specialistët e teknologjisë ushqimore të kenë njohuri të mjaftueshme për karakteristikat e këtij vaji, mënyrat e përpunimit dhe strategjitë për ruajtjen e tij në mënyrë që të përfitohet maksimalisht nga vlerat e tij të larta ushqyese pa kompromentuar cilësinë për shkak të proceseve të padëshiruara oksidative. Rritja e ndërgjegjësimit rreth këtyre çështjeve kontribuon në promovimin e përdorimit të qëndrueshëm dhe të sigurt të vajit të arrës si një burim ushqimor me potencial të lartë funksional [31].

#### **2.4.1. Faktorët që ndikojnë në stabilitetin e vajit të arrës**

Për të kuptuar stabilitetin e vajit të arrës, është e rëndësishme të shqyrtojmë faktorët që ndihmojnë ose pengojnë ruajtjen e tij:

##### **a) Oksidimi dhe Reaksionet Kimike**

Oksidimi është një nga proceset kryesore që kontribuon në prishjen e vajit të arrës. Ky proces ndodh kur oksigjeni i ajrit reagon me acidet yndyrore të pangopura të triglicerideve të pranishme në vajin e arrës. Oksidimi çon në formimin e peroksideve si komponime primare të oksidimit dhe të paqëndrueshme të cilat me lehtësi shendrohen në aldehyde dhe ketone (produkte sekondare të oksidimit) të cilat mund të shkaktojnë shije dhe aromë të pakëndshme dhe të zvogëlojnë vlerat ushqyese të vajit [32].

##### **b) Ndjeshmëria ndaj dritës dhe nxehtësisë**

Vaji i arrës është i ndjeshëm ndaj ndriçimit dhe temperaturave të larta. Drita dhe ngrohja mund të përshpejtojnë procesin e oksidimit. Kjo është arsyeja pse vaji i arrës duhet të ruhet në enë të errëta dhe të mbyllura hermetikisht, si dhe në kushte të ftohta (nën 20 °C) për të ruajtur cilësinë e tij [33].

##### **c) Përmbajtja e vitaminës E (Tokoferoli)**

Vaji i arrës është një burim i pasur me vitaminë E (tokoferol), një antioksidant natyror që ndihmon në parandalimin e oksidimit dhe ruajtjen e stabilitetit të vajit. Vitamina E është e njohur për aftësinë e saj për të neutralizuar radikalet e lira dhe për të mbrojtur acidet yndyrore të pangopura nga oksidimi. Mungesa e vitaminës E në vaj mund të çojë në përshpejtimin e oksidimit dhe prishjen e vajit [34].

##### **d) Përdorimi i antoksidantëve natyralë dhe aditivëve**

Për të përmirësuar stabilitetin, në vajin e arrës mund të shtohen antioksidantë natyralë, si rosemary (rozmarinë), vitamina C, dhe polifenole. Këto përbërës kontribuojnë në përmirësimin e stabilitetit oksidativ të vajit dhe zgjasin afatin e tij të ruajtjes dhe qëndrueshmerisë termike [34].

### **2.4.1.Llojet e stabilitetit të vajit të arrës**

#### **a) Stabiliteti oksidativ**

Stabiliteti oksidativ është aftësia e vajit të arrës për të parandaluar oksidimin e tij kur është në kontakt me oksigjenin. Ky lloj stabiliteti është thelbësor për ruajtjen e vlerave ushqyese dhe aromës së vajit. Oksidimi i vajit të arrës ndodh më shpejt për shkak të përmbajtjes së lartë të acideve yndyrore omega-3, që janë të ndjeshme ndaj oksidimit. Ky stabilitet mund të përmirësohet përmes ruajtjes së tij në kushte të ftohta dhe të errëta, si dhe shtimit të antioksidantëve.

#### **b) Stabiliteti i temperaturës**

Vaji i arrës është i ndjeshëm ndaj temperaturave të larta, dhe ekspozimi ndaj nxehtësisë mund të shkaktojë degradimin e përbërësve bioaktivë, si dhe ndryshimin e shijes dhe aromës. Për këtë arsye, vaji duhet të ruhet në temperatura të ulëta dhe duhet të shmanget përdorimi i tij në gatim të nxehtë (sidomos në temperaturat e tilla si përgatitja e pjekjes ose fërgimit).

#### **c) Stabiliteti i shijes dhe aromës**

Vaji i arrës mund të humbasë shijen e tij të freskët dhe aromën karakteristike nëse ruhet për periudha të gjata, veçanërisht nëse është i ekspozuar ndaj ajrit, dritës dhe nxehtësisë. Oksidimi shkakton formimin e produkteve të prishjes, të cilat ndikojnë në përjetimin organoleptik të vajit, duke shkaktuar shije të hidhur dhe aromë të pakëndshme [35].

#### **2.4.2. Acidet yndyrore të vajit të arrës**

Vaji i arrës pretendohet të jetë një burim i shëndetshëm i lipideve për njerëzit sepse është i pasur me acide yndyrore të pangopura me një lidhje dyfishe (MUFA) kryesisht acid oleik dhe acide yndyrore të pangopura me më shumë lidhje dyfishe (PUFA) acidi linoleik dhe acidi linolenik [36]. Vaji i arrës përmban një përzierje të acideve yndyrore të ndryshme, duke përfshirë acide yndyrore të pangopura (që përfshijnë acide yndyrore omega-3 dhe omega-6), si dhe acide yndyrore të ngopura. Përbërja e saktë e acideve yndyrore mund të ndryshojë disi në varësi të kushteve të rritjes dhe metodës së ekstraktimit, por në përgjithësi, përmbajtja e vajit të arrës është si më poshtë:

Acidet yndyrore të pangopura: Përafërsisht 85% e vajit të arrës përbëhet nga acide yndyrore të pangopura.

1. Omega-3 (Acidi alfa-linolenik, ALA): Rreth 10–15% e përmbajtjes totale të vajit të arrës është acidi alfa-linolenik (ALA), një acid yndyror esencial omega-3. Ky është një nga acidet yndyrore më të rëndësishme për shëndetin e zemrës dhe trurit.
2. Omega-6 (Acidi linoleik): Vaji i arrës gjithashtu përmban acide yndyrore omega-6, veçanërisht acidi linoleik, që kontribuon në shëndetin e lëkurës dhe ndihmon në uljen e inflamacionit [37].

Acidet yndyrore të ngopura: Pavarësisht se vaji i arrës është i pasur me acide yndyrore të pangopura, ai përmban gjithashtu një sasi më të vogël të acideve yndyrore të ngopura, të cilat janë të lidhura me rrezikun e sëmundjeve kardiovaskulare nëse konsumohen në sasi të tepruara. Megjithatë, përmbajtja e vajit të arrës e këtyre acideve është relativisht e ulët [37].

Acidi alfa-linolenik (ALA) është një acid yndyror esencial omega-3 që ndodhet në sasi të konsiderueshme në vajin e arrës. Ky është një acid yndyror esencial, që do të thotë se trupi nuk mund ta prodhojë vetë dhe duhet ta marrë përmes dietës. ALA është i njohur për ndikimin e tij të fuqishëm në shëndetin e zemrës, pasi ndihmon në uljen e niveleve të kolesterolit të keq (LDL), rritjen e niveleve të kolesterolit të mirë (HDL), dhe uljen e rrezikut për sëmundje kardiovaskulare.

Përfitimet e ALA: Ky acid yndyror është gjithashtu i lidhur me një rrezik më të ulët të sëmundjeve inflamatore dhe problemeve me zemrën, dhe për këtë arsye, vaji i arrës mund të



ketë një rol të rëndësishëm në reduktimin e inflamacionit dhe mbështetje për shëndetin e trurit.

Përthithja e ALA: ALA gjithashtu është i njohur për aftësinë e tij për t'u konvertuar në acide yndyrore të tjera omega-3, si eikozapentaenoik (EPA) dhe dokosaheksaenoik (DHA), të cilat janë të rëndësishme për shëndetin e trurit dhe syve. Megjithatë, përmbajtja e EPA dhe DHA nga ALA është e kufizuar dhe varion nga individi në individ.

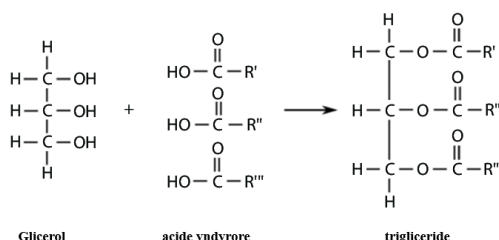
Acidi linoleik (LA) është një tjetër acid yndyror esencial që ndodhet në vajin e arrës, i cili është pjesë e grupit omega-6. Acidi linoleik është gjithashtu i rëndësishëm për shëndetin e lëkurës dhe mbështetje për proceset inflamatore, por është i nevojshëm në ekuilibër me omega-3 për të shmangur efekte negative të mundshme.

Roli i Acidi Linoleik: Acidi linoleik është një përbërës kryesor për sistemin nervor, për zhvillimin e qelizave dhe për funksionin imunitar. Megjithatë, konsumimi i tepërt i acideve yndyrore omega-6, pa ekuilibër me omega-3, mund të kontribuoni në rritjen e inflamacionit dhe rritjen e rrezikut për disa sëmundje kronike, si sëmundjet kardiovaskulare dhe diabeti [38].

#### 2.4.1. Trigliceridet e vajit të arrës

Trigliceridet janë molekula të përbëra nga një molekulë glicerol e lidhur me tre molekula acidesh yndyrore përmes lidhjeve estere. Ato përfaqësojnë formën më të zakonshme të yndyrave në natyrë dhe janë përbërësi kryesor i vajrave bimore dhe yndyrnave shtazore [39].

Perfitimi I një trigliceridi mund të pershkruhet me reaksionin vijues:



Trigliceridet ndahen në:

1. Trigliceride të ngopura – përmbajnë acide yndyrore pa lidhje të dyfishta (p.sh. acidi palmitik).
2. Trigliceride të pangopura – përmbajnë një ose më shumë lidhje të dyfishta (p.sh. acidi oleik, linoleik, linolenic) [39].

Triacilglicerole (TG) janë përbërësit kryesorë në vajin e arrave. Përbërja e tyre është e lidhur me atë të acideve yndyrore. Numri i madh i acideve yndyrore të afta për esterimin e glicerolit gjeneron shumë potenciale kombinime, duke çuar në përzierje komplekse të triacilgliceroleve. Megjithatë, funksionet e alkoolit të glicerolit nuk esterifikohen rastësisht. Kështu, pozicioni 2 i glicerolit mundësisht esterifikohet me acide yndyrore të pangopura (oleik, linoleik dhe linolenik) [40].

Vaji i arrës (*Juglans regia* L.) është një nga vajrat bimore më të pasur me përbërës bioaktivë, i njohur për përfitimet e tij ushqyese dhe shëndetësore. Komponentët kryesorë të këtij vaji janë trigliceridet, të cilat përbëjnë pjesën më të madhe të përmbajtjes së yndyrës dhe luajnë një rol kyç në vlerën energjetike dhe funksionalitetin biologjik të vajit.

Trigliceridet janë estere të glicerinës me acide yndyrore dhe klasifikohen në bazë të gjatësisë së zinxhirit të acideve yndyrore si dhe nga shkalla e tyre e ngopjes. Profili i acideve yndyrore tek vaji i arrës përfshin nivele të larta të acideve yndyrore të pangopura, si acidi linoleik (omega-6), acidi oleik (omega-9) dhe në përqindje më të vogël, acidi alfa-linolenik (omega-3), të cilët kontribuojnë në ruajtjen e shëndetit kardiovaskular dhe kanë efekte anti-inflamatore.

Përbërja e triglicerideve në vajin e arrës ndikohet nga faktorë të ndryshëm si: origjina gjeografike e bimës, kushtet agro-klimatike, mënyra e përpunimit dhe ruajtjes së vajit. Kjo e bën analizën e triglicerideve një komponent kyç në vlerësimin e cilësisë dhe autenticitetit të vajit. Për më tepër, identifikimi i triglicerideve specifike mund të përdoret si tregues për adulterimin e vajit apo për të gjurmuar origjinën e tij [40].

Vaji i arrës ka një përbërje të pasur në acide yndyrore të pangopura, veçanërisht:

- Acid linoleik (omega-6) – 50-60%

- Acid oleik (omega-9) – 15-20%
- Acid linolenik (omega-3) – 10-15%

2. Këta acide yndyrore janë pjesë e triglicerideve që e përbëjnë vajin. Krahasuar me vajra të tjerë, vaji i arrës është i veçantë për përmbajtjen relativisht të lartë të omega-3, që është e dobishme për shëndetin e zemrës dhe funksionin trunor.

#### **2.4.1.Roli i triglicerideve në vlerën ushqyese dhe funksionale të vajit**

Trigliceridet përbëjnë përbërësin kryesor të vajrave bimore dhe luajnë një rol kyç si në aspektin ushqyes, ashtu edhe në funksionalitetin e vajit. Ato janë forma më e zakonshme e yndyrës që gjendet në ushqime dhe në trupin e njeriut, dhe paraqesin një burim të rëndësishëm të energjisë, duke siguruar rreth 9 kilokalori për gram. Kjo e bën vajin një furnizues të fuqishëm të energjisë për organizmin, veçanërisht në dietat që kërkojnë marrje të lartë kalorike [41].

Përveç funksionit energjetik, përbërja e triglicerideve ndikon ndjeshëm edhe në shëndetin kardiovaskular. Prania e acideve yndyrore esenciale të pangopura, siç janë acidet yndyrore omega-3 dhe omega-6, është thelbësore për mirëmbajtjen e niveleve të balancuara të kolesterolit në gjak. Këto acide kontribuojnë në uljen e kolesterolit të keq (LDL) dhe në rritjen e kolesterolit të mirë (HDL), duke ndihmuar në mbrojtjen e sistemit kardiovaskular nga arterioskleroza dhe sëmundjet e zemrës.

Gjithashtu, trigliceridet që përmbajnë acide yndyrore omega-3 kanë veti të rëndësishme anti-inflamatore, duke ndikuar në reduktimin e inflamacionit të brendshëm që mund të shfaqet në trup për shkak të faktorëve të ndryshëm si dieta jo e shëndetshme, stresi oksidativ apo infeksionet. Kjo veti e tyre i bën të domosdoshme për funksionimin optimal të sistemit imunitar dhe për mbrojtjen nga sëmundje kronike inflamatorë. Rrjedhimisht, përbërja e triglicerideve në vajin e arrës është një element thelbësor që përcakton jo vetëm vlerën ushqyese të tij, por edhe ndikimin e drejtpërdrejtë në mirëqenien e organizmit [41].

#### **2.4.1. Polifenolet në vajin e arrës**

Polifenolet janë përbërës bioaktivë që i përkasin një grupi të madh kimik me struktura fenolike, të pranishëm natyrshëm në bimë. Ato njihen për vetitë e tyre antioksiduese, antiinflamatore, si dhe për kontributin në ruajtjen e cilësisë së produkteve ushqimore. Në vajrat bimorë, përfshirë vajin e arrës, ato ndodhen në sasi më të vogla krahasuar me acide yndyrore, por luajnë një rol thelbësor për qëndrueshmërinë oksidative dhe vlerat ushqyese të vajit [42].

Polifenolet në vajin e arrës vijnë nga lënda e parë (bërthama e arrës), ku ato janë të pranishme në qelizat e bimës, veçanërisht në lëvoren e brendshme të arrës (epikarpin). Gjatë ekstraktimit të vajit, një pjesë e këtyre polifenoleve kalojnë në fazën e vajit, veçanërisht në rastet kur përdoren metoda si: Presimi i ftohtë, që ruan më mirë përbërësit natyrorë, Ekstraktimi me tretës organikë (n-hexane, etanol) ku ka përqendrim më të lartë të polifenoleve, Ekstraktimi superkritik me CO<sub>2</sub>, që ofron vaj me pastërti të lartë dhe ruan komponimet delikate si polifenolet. Në vajin e arrës janë identifikuar disa grupe të polifenoleve, përfshirë:

Acide fenolike: si acidi galik, acidi elagjik, acidi vanilik.

Flavonoide: si quercetina, katekinat.

Taninet: përbërës me veti të forta antioksiduese, ndodhen kryesisht në lëvozhgën e arrës por mund të kalojnë pjesërisht në vaj.

Tokoferolët (forma e vitaminës E): megjithëse teknikisht nuk janë polifenole, shpesh përfshihen në grupin e përbërësve fenolikë për shkak të funksionit të tyre antioksidues [42].

Polifenolet kanë disa funksione kyçe në vajin e arrës:

##### **▪ Antioksidantë natyrorë**

- Neutralizojnë radikalet e lira dhe parandalojnë oksidimin e acideve yndyrore të pangopura.
- Rrisin jetëgjatësinë e vajit gjatë ruajtjes.

##### **▪ Ruajtja e cilësisë dhe freskisë**

- Ndihmojnë në mbrojtjen kundër prishjes termike dhe fotooksidimit.
- Parandalojnë shijen dhe erën e keqe që shfaqet gjatë prishjes së vajrave (ranciditeti).

##### **▪ Përfitime shëndetësore**

- Ulje e rrezikut për sëmundje kardiovaskulare.
- Veprim anti-inflamator dhe anti-kancerogjen.

- Kontribut në shëndetin e sistemit nervor dhe imunitar.

Temperaturat e larta gjatë procesit të rafinimit apo gatimit mund të:

- Shkaktojnë degradim të polifenoleve, veçanërisht atyre më të ndjeshme si flavonoidet.
- Ulje të vetive antioksiduese të vajit.

Pikërisht për këtë arsye, karakterizimi termik i vajit përfshin jo vetëm qëndrueshmërinë ndaj temperaturave të larta, por edhe monitorimin e përbërësve bioaktivë si polifenolet pas trajtimeve të ndryshme termike (p.sh. ngrohje në 100–180°C për periudha të caktuara).

#### 2.4. Metodat spektrale për analizen e vajrave

Niveli i pangopshmërisë së një yndyre apo vaji bimor përcaktohet përmes vlerës së jodit (IV), e cila shërben si tregues i ndjeshmërisë së vajit ndaj oksidimit. Kjo vlerë mundëson një vlerësim cilësor të shkallës së pangopurisë së përgjithshme të yndyrës. Vlerat e matura të indeksit të jodit për vajin e mustardës dhe atë të misrit rezultuan përkatësisht 8.10 g dhe 15.96 g. Stabiliteti më i lartë ndaj oksidimit gjatë ruajtjes që tregon këto vajra, i atribuohet nivelit të ulët të vlerës së jodit [43].

Rritja e përqendrimit të acideve yndyrore të lira dhe ulja e nivelit të pangopurisë janë tregues tipikë të ndryshimeve oksidative dhe transformimeve kimike që ndodhin në vajrat bimorë gjatë procesit të ruajtjes.

Megjithëse karakteristikat fiziko-kimike të vajrave, si viskoziteti, dendësia, vlera e peroksideve, indeksi i jodit dhe vlera e saponifikimit, ofrojnë një panoramë të përgjithshme mbi shkallën e pangopshmërisë, ato nuk mundësojnë identifikimin e pozicionit të saktë të lidhjeve të dyfishta që janë më të ndjeshme ndaj oksidimit. Këta parametra përfaqësojnë tregues cilësorë të përbërjes së vajit, por nuk japin informacion të detajuar mbi përbërjen strukturore, siç është pozicioni i lidhjeve të dyfishta ose sasia e karbonit olefinik në molekulën e acidit yndyror [43].

#### 2.4.1. Spektrofotometria në zonën infra të kuqe

Spektrofotometria në zonën infra të kuqe (SIK) është një teknikë shumë e rëndësishme analitike që bazohet në aftësinë e molekulave për të absorbuar rrezatim elektromagnetik brenda një intervali specifik të gjatë të spektrit infra të kuq. Kjo zonë spektrale përfshin rrezatimin me gjatësi vale që variojnë nga 0.78 deri në 1000 mikrometra ( $\mu\text{m}$ ), përkatësisht nga 12,800 deri në  $10\text{ cm}^{-1}$ , kur shprehet me numra valor. Absorbimi i këtij rrezatimi nga molekulat ndodh si rezultat i ndryshimeve të energjisë vibruese brenda lidhjeve kimike të molekulave, duke e bërë këtë teknikë shumë të ndjeshme ndaj strukturës kimike dhe përbërjes së substancave të analizuara [44].

Kjo metodë njihet gjithashtu me emërtimet spektroskopia ose spektrometria infra e kuqe, dhe është një ndër mjetet më të përdorura në analizën cilësore dhe sasiore të përbërjeve organike dhe inorganike. Avantazhi i kësaj metode qëndron në faktin se ajo është jo-shkatërruese, kërkon sasi shumë të vogla materiali dhe jep rezultate të sakta dhe të shpejta. Kjo e bën atë veçanërisht të dobishme në fusha të ndryshme shkencore dhe industriale, si kimia analitike, farmaceutika, industria ushqimore dhe materialet polimere.

Nga pikëpamja e karakteristikave të pajisjeve instrumentale dhe aplikimeve të ndryshme analitike, spektri infra i kuq zakonisht ndahet në tre nënzona kryesore: infra e kuqe e afërt (NIR, Near-Infrared), që përfshin gjatësi vale nga 0.78 deri në  $2.5\text{ }\mu\text{m}$ ; infra e kuqe e mesme (MIR, Mid-Infrared), nga  $2.5$  deri në  $50\text{ }\mu\text{m}$ ; si dhe infra e kuqe e largët (FIR, Far-Infrared), që shtrihet nga  $50$  deri në  $1000\text{ }\mu\text{m}$ . Çdo nënzona ka karakteristikat dhe aplikimet e veta specifike.

Zona më e përdorur në analizat laboratorike është ajo e mesme, MIR, pasi shumica e lidhjeve kimike karakteristike të molekulave organike japin sinjale të forta dhe të dallueshme në këtë rajon. Në këtë zonë, çdo lloj lidhjeje kimike vibron në mënyrë të ndryshme dhe jep një “gjurmë spektrale” unike, e cila mund të përdoret për identifikimin e përbërjeve dhe vlerësimin e përbërjes së mostrave të ndryshme. Prandaj, spektrofotometria infra e kuqe është një mjet shumë i fuqishëm për analizën strukturore, duke ndihmuar në karakterizimin e substancave të panjohura dhe në krahasimin e produkteve të ndryshme për qëllime kontrolli cilësor [44].

#### 2.4.1. Monitorimi i vajrave me FT-IR

Spektroskopia infra e kuqe me transformim Fourier (FTIR) është një teknikë moderne dhe shumë e përdorur për analizën strukturore të komponimeve organike, përfshirë vajrat bimore dhe yndyrnat. Ajo mundëson monitorimin e ndryshimeve kimike që ndodhin në vaj gjatë ruajtjes, ngrohjes apo proceseve të tjera përpunuese, duke siguruar informacion të detajuar mbi pranishmërinë dhe sjelljen e grupeve funksionale.

Përmes spektrit FTIR, mund të identifikohen lidhje karakteristike si ato të karbonilëve ( $C=O$ ), lidhjeve të dyfishta  $C=C$ , grupimeve hidroksilike ( $O-H$ ) apo metilike ( $-CH_3$ ), të cilat janë tregues të rëndësishëm për oksidimin, hidrolizën apo degradimin termik të vajit. Në mënyrë të veçantë, ndryshimet në intensitetin apo zhvendosjen e pikut të karbonilit (rreth  $1740\text{ cm}^{-1}$ ) përdoren si tregues i nivelit të oksidimit të vajit.

Avantazhi kryesor i FTIR qëndron në aftësinë për të analizuar mostrat pa përgatitje komplekse, me kohë të shkurtër analize dhe me riprodhueshmëri të lartë të të dhënave. Për më tepër, kjo teknikë lejon krahasimin sasiore të komponenteve të ndryshme të vajit në periudha të ndryshme kohore, duke e bërë atë të përshtatshme për monitorim gjatë ruajtjes apo prodhimit [45].

Çdo molekulë ka një “gjurmë” unike absorbuese në spektrin infra të kuqe, e cila mund të përdoret për identifikimin dhe vlerësimin cilësor apo sasior të përbërësve të saj.

Në spektroskopinë FTIR, burimi i rrezatimit infra të kuqe kalon përmes një interferometri, i cili regjistron sinjalin në formë të një interferogrami, i cili më pas transformohet përmes analizës matematikore të transformimit Fourier në një spektër absorbimi që paraqet intensitetin e absorbimit në funksion të numrit valor ( $\text{cm}^{-1}$ ). Ky spektër përmban informacion të detajuar mbi lëkundjet e brendshme të lidhjeve kimike në molekulë, si lëkundje të shtrirjes dhe përkuljes [45].

Tabela. 1.1. Ndryshimet fiziko-kimike të vajrave gjatë procesit të skuqjes: viskoziteti dhe dendësia

| Numrat valorë $\text{cm}^{-1}$ | Grupi karakteristik dhe lloji i vibrimit të tij |                                                                         |
|--------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
|                                |                                                 |                                                                         |
|                                |                                                 |                                                                         |
| <b>3008</b>                    | =C-H                                            | Vibrim simetrik zgjatës i lidhjeve dyfishe cis                          |
| <b>2925</b>                    | -CH(CH <sub>2</sub> )                           | Vibrim asimetrik zgjatës i grupit alifatik CH <sub>2</sub>              |
| <b>2854</b>                    | -CH(CH <sub>2</sub> )                           | Vibrim simetrik zgjatës i grupit alifatik CH <sub>2</sub>               |
| <b>1745</b>                    | -C=O                                            | Vibrim zgjatës i grupeve funksionale karbonile estere të triglicerideve |
| <b>967</b>                     | =C-H                                            | Lidhja dyfishe trans ne alkene                                          |
| <b>722</b>                     | CH <sub>2</sub>                                 | Vibrim jasht plani cis                                                  |

Vajrat vegjetalë përbëhen kryesisht nga trigliceride (TG), të cilat janë estere të formuara nga një molekulë gliceroli e lidhur me tre molekula acidesh yndyrore. Këto komponentë përbëjnë matricën kimike themelore të vajrave dhe luajnë një rol vendimtar në përcaktimin e vetive të tyre fizike dhe kimike. Një ndër vetitë më të rëndësishme është viskoziteti, i cili përfaqëson rezistencën e lëngut ndaj rrjedhjes dhe është në varësi të strukturës molekulare të triglicerideve. Struktura e acideve yndyrore që përbëjnë trigliceridet ndikon drejtpërdrejt në viskozitetin. Gjatësia e vargjeve alifatike dhe raporti mes acideve yndyrore të ngopura dhe të pangopura janë faktorë përcaktues të rëndësishëm. Acidet yndyrore të ngopura kanë tendencë të rrisin viskozitetin, për shkak të strukturës së tyre lineare dhe aftësisë për të formuar forca ndërmolekulare më të forta. Në të kundërt, acidet yndyrore të pangopura, për shkak të lidhjeve dyshe të pranishme në strukturën e tyre, krijojnë thyerje në zinxhirët alifatikë, duke ndikuar në uljen e ndërveprimeve ndërmolekulare dhe për pasojë në zvogëlimin e viskozitetit [46].

Përveç përbërjes kimike, viskoziteti është gjithashtu i ndjeshëm ndaj parametrave fizikë si temperatura dhe stresi i rrjedhës. Në aplikimet e zakonshme të përdorimit të vajit për gatim, sidomos gjatë skuqjes, stresi i rrjedhës nuk ndryshon në mënyrë domethënëse; megjithatë,



temperatura ka një ndikim të rëndësishëm. Me rritjen e temperaturës, rritet energjia kinetike e molekulave të vajit, duke ulur forcat ndërmolekulare dhe duke bërë që shtresat e lëngshme të rrëshqasin më lehtë mbi njëra-tjetrën, çka rezulton në uljen e viskozitetit. Megjithatë, efektet termike mund të jenë të ndryshme në varësi të llojit të vajit. Për shembull, në një studim eksperimental, u vu re një rritje e viskozitetit në vajin e misrit, ndërsa një rënie progresive u vërejt për vajin e mustardës në pika të ndryshme të temperaturës gjatë skuqjes së patateve. Kjo mund të shpjegohet me përbërjen e ndryshme të acideve yndyrore dhe stabilitetin oksidativ të secilit vaj në kushte të larta termike. Dendësia, një tjetër parametër fizik i rëndësishëm, lidhet gjithashtu me strukturën kimike të vajit dhe zakonisht qëndron brenda një intervali standard të përcaktuar nga organizmat rregullatorë. Sipas Organizatës për Standarde të Nigerisë (SON, 2000), dendësia e vajrave vegjetalë për përdorim ushqimor pritet të jetë në intervalin 0,898–0,907 g/mL. Ndryshimet në dendësi gjatë trajtimit termik janë gjithashtu tregues të rëndësishëm të degradimit të vajit. Procesi i skuqjes i ekspozon vajrat ndaj kushteve intensive termike dhe oksidative, të cilat çojnë në një sërë reaksionesh kimike komplekse që ndikojnë negativisht në cilësinë e vajit. Ndër këto procese janë oksidimi termo-oksidativ dhe reaksionet hidrolitike, të cilat çojnë në prishjen graduale të strukturës së triglicerideve. Produktet kryesore të oksidimit përfshijnë hidroperoksidet, të cilat më tej dekompozohen në përbërje me peshë molekulare më të ulët, siç janë acidet yndyrore të lira, alkoollet, aldehidet dhe ketonet. Prania e këtyre përbërjeve kontribuon në shfaqjen e aromave dhe shijeve të pakëndshme, duke komprometuar cilësinë organoleptike të vajit të skuqjes [47]. Gjithashtu, prania e ajrit dhe avujve të ujit gjatë procesit të skuqjes përshpejton reaksionet e autooksidimit dhe hidrolizës, duke çuar në një rritje të përmbajtjes së molekulave me peshë më të lartë ose më të ulët. Këto ndryshime reflektohen në rritjen ose uljen e viskozitetit dhe ndryshimin e dendësisë, duke i bërë këto dy parametra tregues të rëndësishëm për monitorimin e cilësisë së vajit gjatë përdorimit të tij në gatim. Në përfundim, vetitë fiziko-kimike të vajrave si viskoziteti dhe dendësia janë tregues kritikë të qëndrueshmërisë së tyre termike dhe oksidative. Kuptimi i ndikimit të strukturës molekulare dhe kushteve të gatimit mbi këto veti është thelbësor për sigurimin e cilësisë ushqimore dhe për përcaktimin e kushteve optimale të përdorimit të vajrave në industrinë ushqimore.

## **KAPITULLI III**

### **METODOLOGJIA**

Gjatë procesit të tërësishëm të eksperimentit për të fituar ekstraktin e vajit të arres dhe hulumtimin e ekstraktimit të tij termik, kemi përdorur një sërë paisjesh dhe reagjentësh për të përfunduar një proces eksperimental të besueshëm dhe të plotë. Pjesa eksperimentale për këtë hulumtim është kryer një pjesë në ambiente kuzhine dhe pjesa tjetër në laboratorët e fakultetit të Teknologjisë Ushqimore.

Për përfundimin e punës eksperimentale, paisjet dhe materialet e përdorura të cilat janë të specializuara për të kryer një eksperiment të besueshëm dhe të saktë i kam renditur si në vijim:

#### **3.1.Aparaturat dhe pajisjet**

- Gota laboratorike

- Pipeta
- Epruveta
- Menzurë
- Reshiv elektrik
- Peshore
- FTIR-Spektrofotometër

### **3.1. Materialet dhe reagjentët e përdorur:**

- Vaj arrë
- Aceton

### **3.2. Përgatitja e mostrës për analizë**

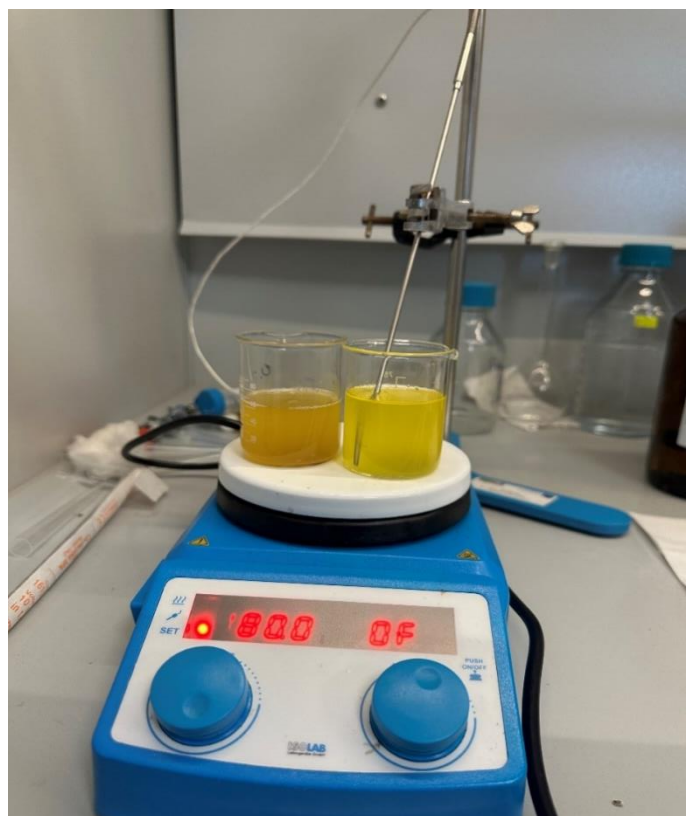
Eksperimenti është kryer duke përdorur 2 lloje të mostrave të vajit të arrës. Fillimisht kam zgjedhur 2 kg arra, të cilat 1kg prej tyre i kam pjekur në furrë në temperaturë 165°C për 10 minuta. Pas pjekjes së arrave i kam coptuar në pjesë të imta dhe i kam vendosur në makinën e posaçme për ekstraktim. Arrat e pjekura dhe ato të papjekura janë ekstraktuar ndaras dhe procesi u monitorua vazhdimisht për të siguruar një eksperiment të saktë dhe të qëndrueshëm. Pas një kohe të caktuar me fitimin e 310ml vaj arrash të papjekura dhe 110ml vaj arrash të pjekura, kemi vërejtur që diferenca mes vajit të arrave të papjekura dhe atyre të pjekura është më shumë se gjysma e fituar.



Figure 3.1. 1. Presa e ekstraktimit te vajit te arres

Pas përfitimit të vajit, janë vendosur në dy mostra ndaras nga njëra tjetra dhe janë vendosur në ambient të thatë dhe të errët derisa të pushojnë 5 ditë të plota.

Pastaj kemi filluar procesin termik, në të cilin është përdorur një reshov elektrik. Rreth 200ml vaj arre të papjekura dhe ato të pjekurat i kemi vendosur në dy gota laboratorike dhe kemi ngritur temperaturën në 195°C.



*Figure 3.1. 2. Ngrohja e vajit te arrave te papjekura dhe te pjekura*

Gjate procesit të ngrohjes, reshovi u kontrollua vazhdimisht për tu siguruar që temperatura të mbetet brenda kufijve të nxehtësisë, pa arritur në temperaturën e cila mund të shkaktojë degradim të vajit. Mostrat e vajit u trajtuan për një periudhë kohore prej 7 orësh, dhe për të vlerësuar efektin e trajtimit termik, u morën mostra qdo orë nga të dyja vajrat për eksperimente të mëtutjeshme.



*Figure 3.1. 3. Mostrat e fituara gjate trajnimit termik*

Trajtimi termik i mostrave të përgatitura për analizë përbën një metodë efektive për të vlerësuar ndryshimet në cilësinë dhe përbërjen e vajit të arrës si pasojë e ekspozimit ndaj temperaturave të larta. Ky proces analitik mund të ndihmojë në zhvillimin e një kuptimi më të thellë mbi ndikimin e trajtimit termik në vetitë fiziko-kimike dhe cilësinë e përgjithshme të vajit të arrës.

### **Përgaditja e mostrave për analizen me FTIR**

Mostrat e përzgjedhura për studim janë trajtuar termikisht për një periudhë prej 7 orësh, gjatë së cilës është marrë nga një provë çdo një orë për qëllime analize. Temperatura e përdorur gjatë trajtimit ka qenë 195 °C, me qëllim vlerësimin e ndryshimeve që ndodhin në vajin e arrës si rezultat i ekspozimit të zgjatur ndaj temperaturave të larta.

Aparaturat dhe paisjet e përdorura janë:

- FTIR

-Mostrat që janë përzgjedhur për analizë janë:

-Mostra vaji i arrës të papjekur dhe i trajtuar termikisht

-Mostra vaji i arrës së pjekur dhe i trajtuar termikisht

Ndërsa reagjentët e përdorur janë:

-Aceton

### Ecuria e punës eksperimentale

Puna eksperimentale është realizuar duke përdorur aparaturën FT-IR për inçizimin dhe analizën e spektrave të mostrave në regjionin 500-4000  $\text{cm}^{-1}$ . Matja e absorbancës u realizua me një rezolucion prej 1  $\text{cm}^{-1}$ . Mostra e vogël është vendosur në sipërfaqen ATR për inçizim në regjionin 1000-4000  $\text{cm}^{-1}$ . Pas çdo skanimi, dritaret janë pastruar me aceton dhe tharë me palomë.

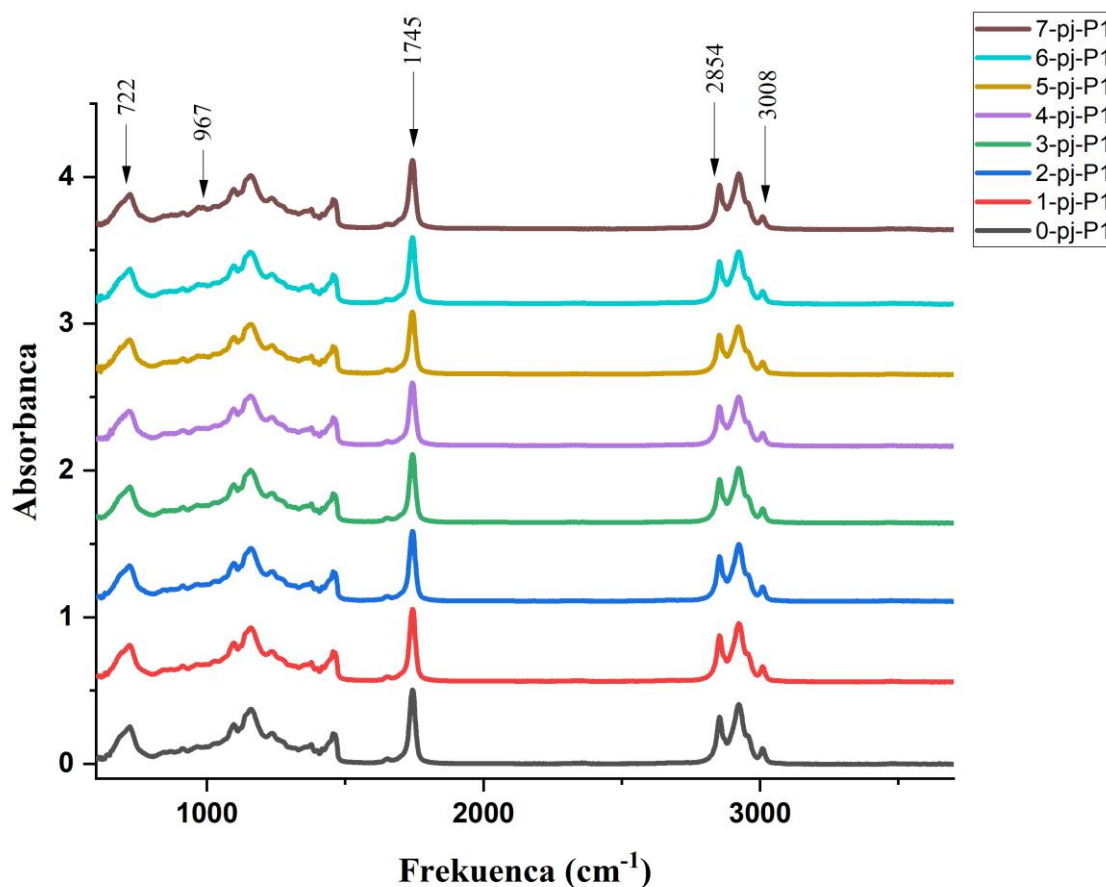


Figure 3.1. 4. Krahesimi i spektrave IK mostrat e vajit te pjekur te trajtuar termikisht

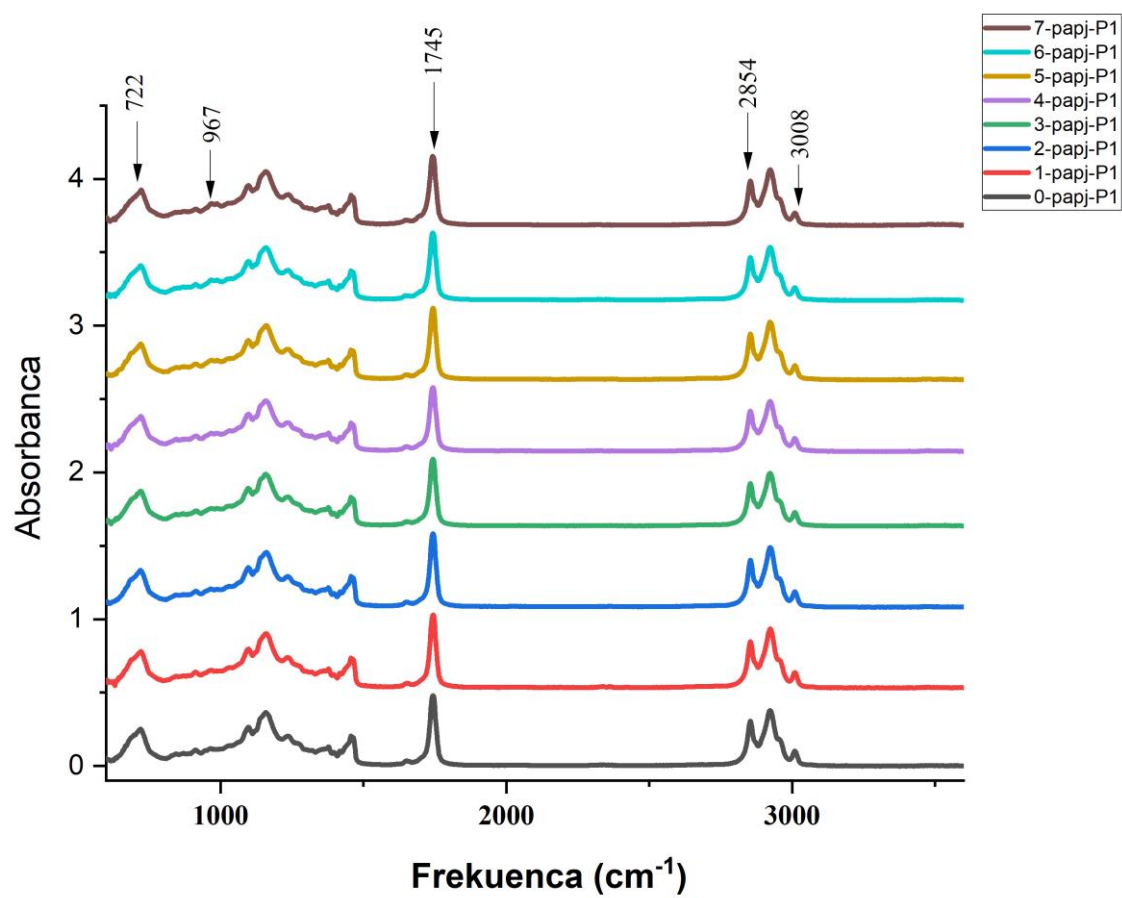


Figure 3.1. 5. Krahesimi i spektrave IK per mostrat e vajit te pa pjekur te trajtuar termikisht



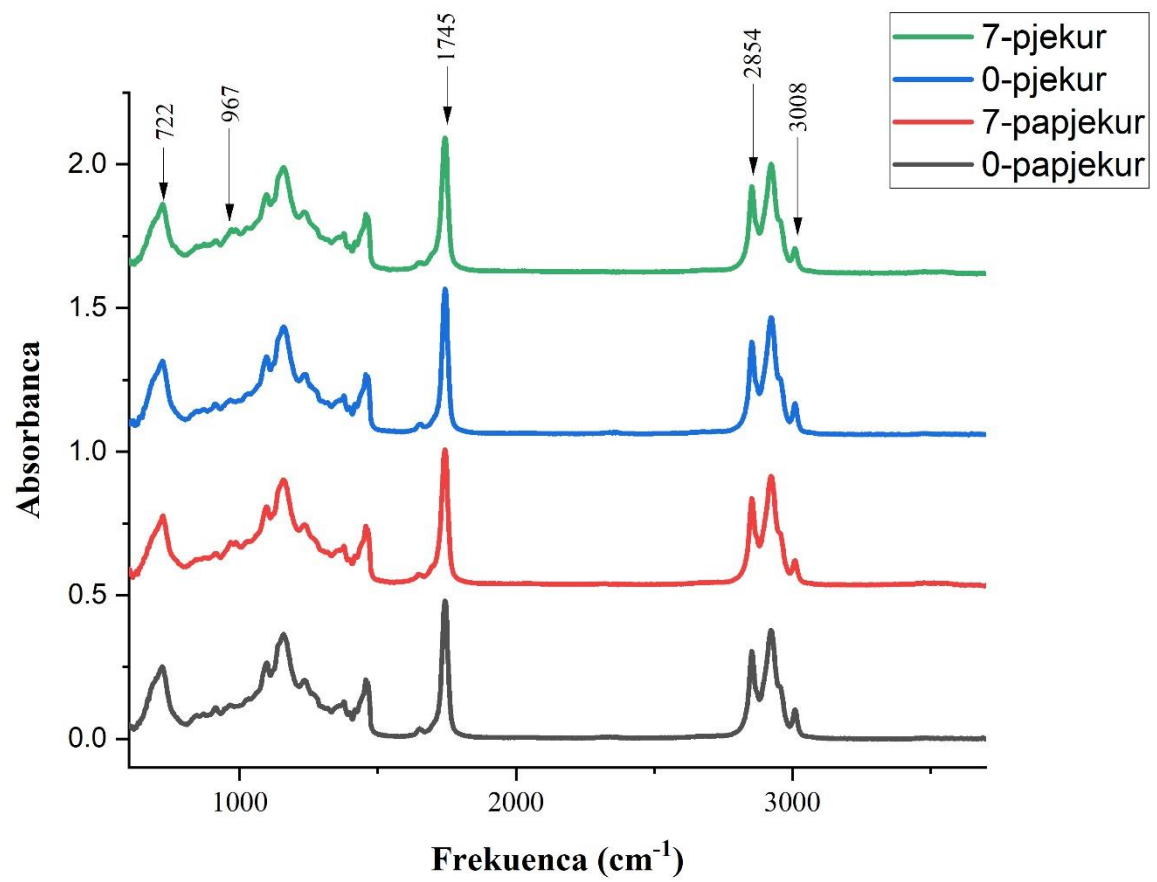


Figure 3.1. 6. Krahesimi i spektrave IK per mostrap e vajit te pjekur e te pa pjekur te trajtuar termikisht

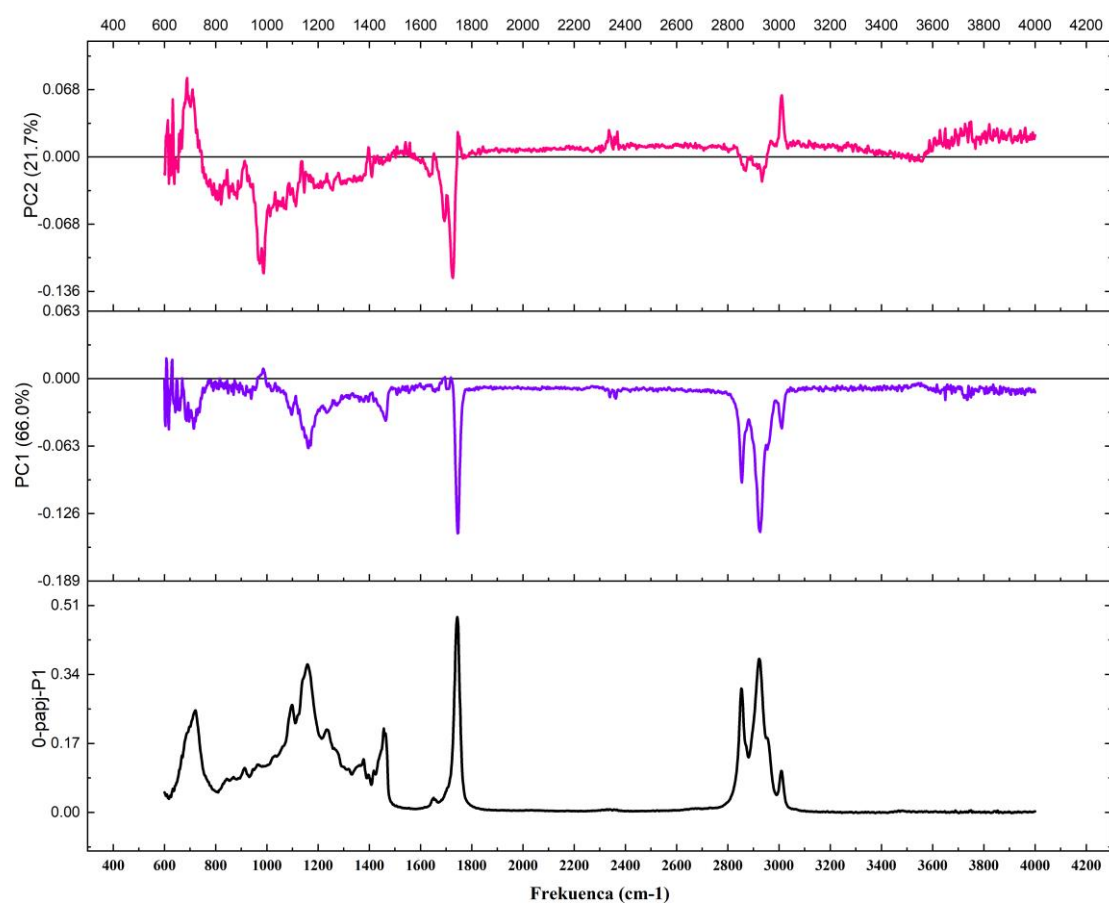


Figure 3.1. 7. PCA Spektroskopia per mostrat e vajit te pa pjekur te trajtiar termikisht

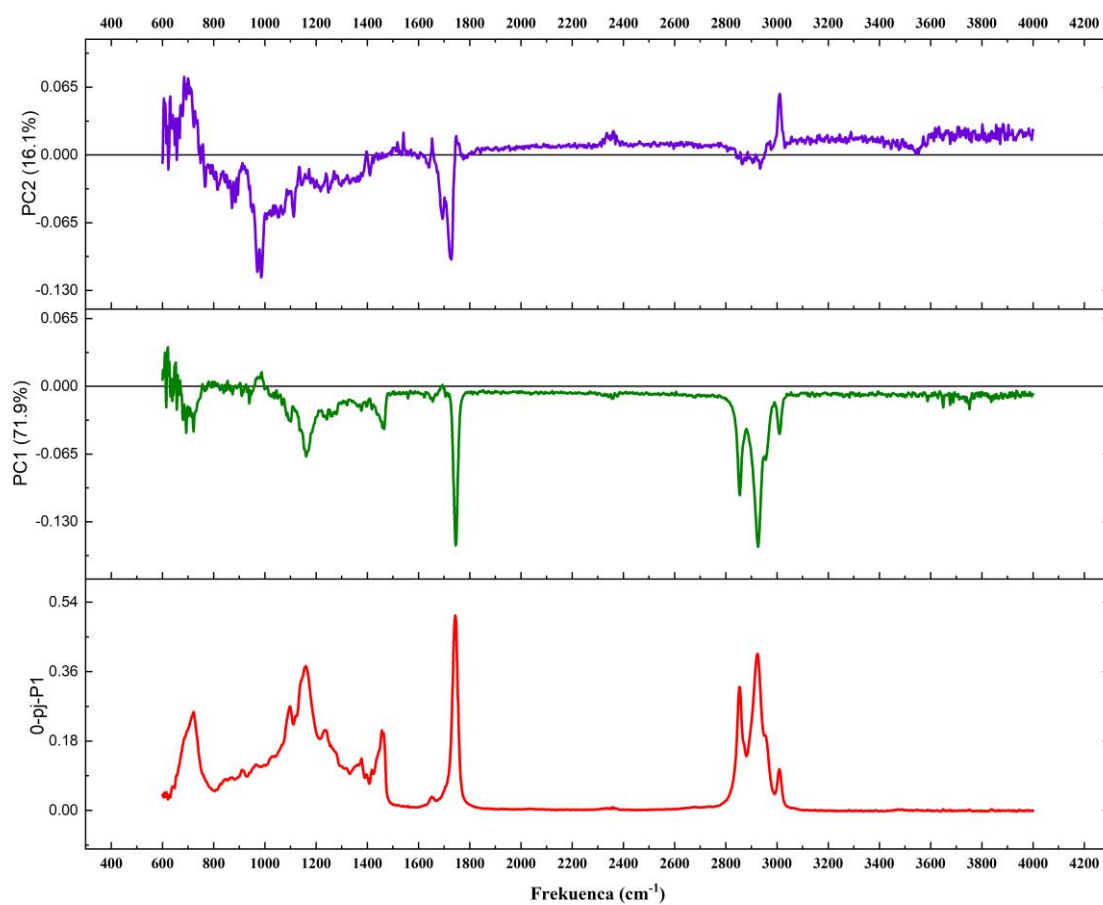


Figure 3.1. 8. PCA Spektroskopia per mostrat e vajit te pjekur te trajtuar termikisht

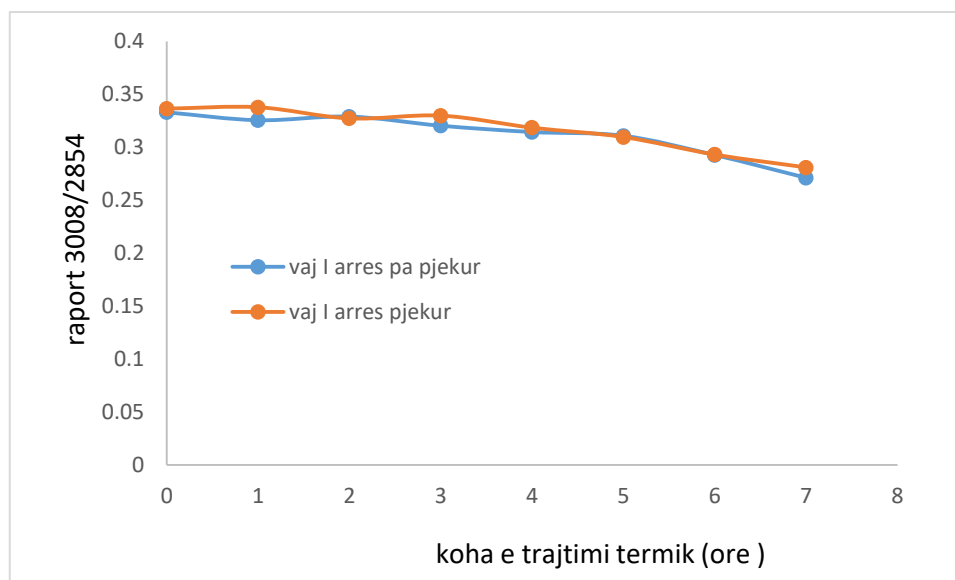


Figure 3.1. 9. Intensiteti i raporteve 3008/2854 per mostrat te vajit te trajtuar termikisht

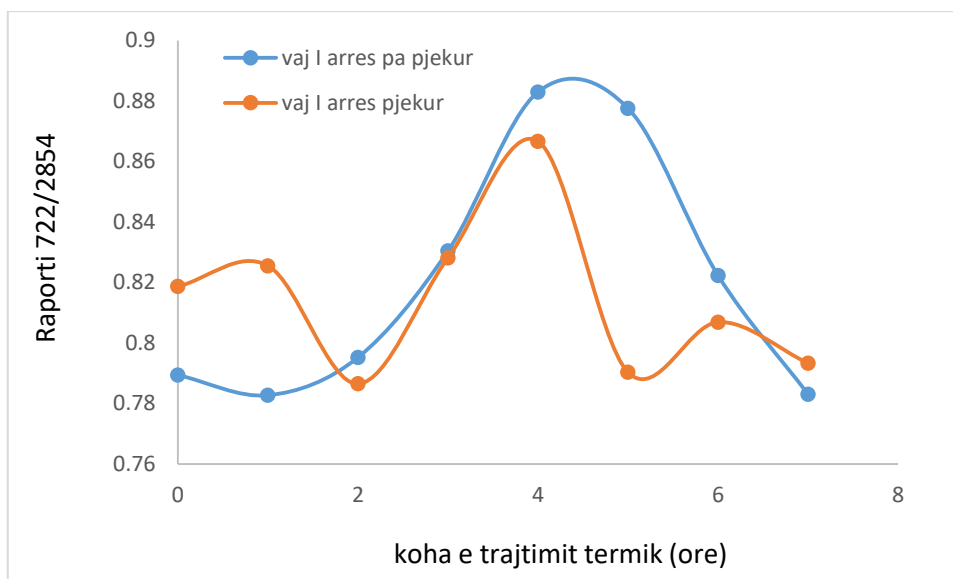


Figure 3.1. 10. Intensiteti i raporteve 722/2854 për mostrat të vajit të trajtuar termikisht

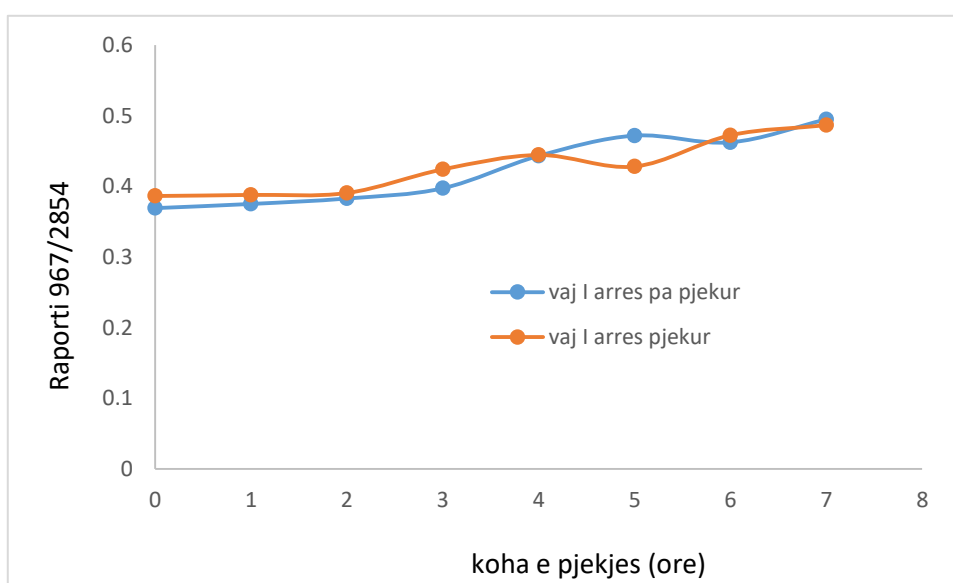


Figure 3.1. 11. Intensiteti i raporteve 967/2854 për mostrat të vajit të trajtuar termikisht

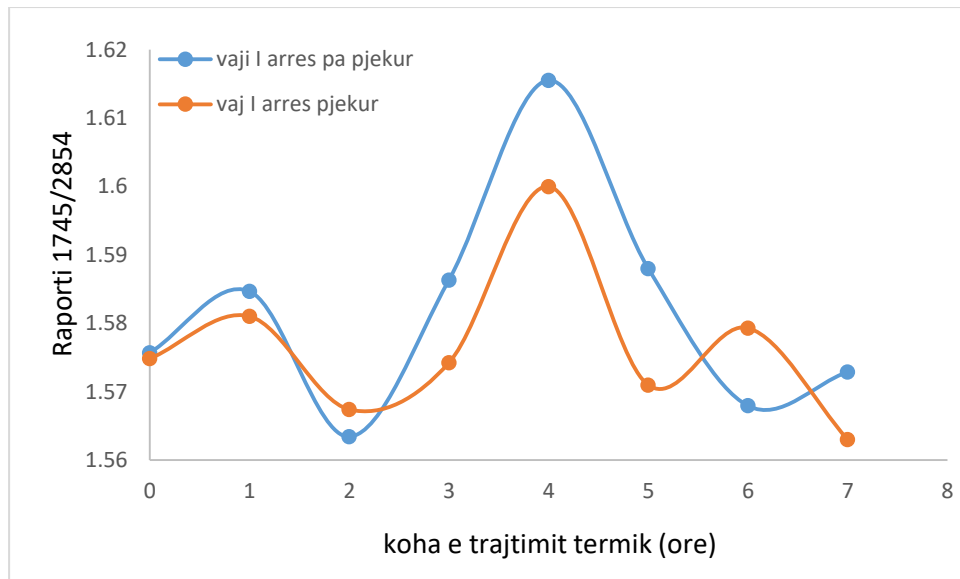


Figure 3.1. 12. Intensiteti i raporteve 1745/2854 për mostrat të vajit të trajtuar termikisht

## KAPITULLI IV

### 4.DISKUTIMI I REZULTATEVE

Në figurën 3.3 është paraqitur krahasimi i spektrave të vajrave nga arra e pjekur gjatë kohës së trajtimit termik dhe nuk ka dallime të dukshme përveq te piku  $967\text{ cm}^{-1}$  i cili fillon të jetë më i dukshëm pas 6 orë trajtimi termik. Dallimet e tjera janë kryesisht dallime në intensitetet e pikeve ekzistuese. Në figurën 3.4, janë paraqitur spektrat e pikeve të arrës së pa pjekur dhe situatë e ngjajshme është regjistruar edhe në ato mostra.

Në figurën 3.5, janë paraqitur spektrat e vajit të fresket dhe të trajtuar në kohë maksimale për dy mostrat e vajit të arrës. Dallimet në pikun  $967\text{ cm}^{-1}$  bëhen edhe më të dallueshme. Në figurat 3.6 dhe 3.7 kërkohet të gjindet dallimi i mostrave dhe në cilin regjion spektral janë më të qarta këto dallime konkretisht regjioni  $2800\text{--}3100$  konsiderohet të jetë i ndryshëm te mostrat e vajit të trajtuar për dallim nga ai i freskët. Kjo gjendje është e njëjtë edhe për mostrën e vajit të arrës së pjekur por edhe te ajo e papjekur.

Me qëllim që të bëjmë një monitorim më të saktë sasior për oksidimin e triglicerideve i përdorim raportet e intensiteteve. Përderisa një pikë tregon llojin e një grupi funksional, atëherë raporti ndërmjet tyre tregon konvertimin e njërës në tjetren nëse në aspektin kimik kanë reaksione ndër veti. Rast i tillë është grupi  $3008$  ndaj  $2854$  sepse lidhja dyfishe  $\text{=C-H}$  në rastin kur oksidohet shëndrohet në lidhje njëfishe e ngopur. Në figurën 3.8 është paraqitur ky raport dhe thuajse nuk ka fare ndryshime ndërmjet mostrave gjatë trajtimit termik, pra rezulton që pjekja paraprake nuk ka ndikuar në stabilitet sipas këtij parametri. Indikator tjetër është raporti  $722/2854$  i cili sërish i përket raportit ndërmjet lidhjes dyfishe dhe njëfishe e paraqitur në figurën 3.9 dhe tash këtu kemi dallime të qarta ndërmjet mostrës me vaj të pjekur në krahasim me atë të pa pjekur. Pra, është indikatori i parë i cili e përcakton se vaji që vjen nga mostra e arres së pjekur është më i qëndrueshëm ndaj oksidimit termik.

Në figurën 3.10 është paraqitur një indikator tjetër i cili e pasqyron formën trans por edhe këtu nuk vërehen dallime të dukshme por vërehet qartë se në të dy rastet forma trans yndyrore shënon rritje të vazhdueshme.

Në figurën 3.11. është paraqitur një raport tjetër që pasqyron stabilitetin e tërë strukturës së një trigliceridi. Edhe në këtë rast është e qartë se mostra e vajit që vjen nga arra e pjekur e ndryshon teresisht rrjedhën e ndryshimit dhe me këtë kuptohet se edhe rrjedha e reaksionit për oksidimin e lipideve është më e ngadalshme gjë që buron nga stabiliteti më i lartë i vajit të përfituar që besohet se mund të vjen nga prania e komponimeve me veprim antioksidues që janë formuar gjatë pjekjes.

## KAPITULLI V

### 5.PERFUNDIME

Bazuar ne hulumtimin tonë vijmë në përfundimet vijuese:

- Ekstraktimi i vajit të arrës është proces i lehtë për aplikim dhe me rendiment të lartë të yndyres nga e cila lehtë kuptojmë se arra përmban sasi të lartë të yndyres.
- Stabiliteti i vajit që buron nga arra e pjekur është më stabile gjë e cila kuptohet nga gjithë parametrat fiziko-kimik të përcaktuar dhe kjo vjen sepse gjatë pjekjes kemi konvertime kimike të cilat formojnë komponime të ndryshme me veti antioksiduese.
- Parametrat fiziko –kimik të përcaktuar (dendesia dhe viskoziteti) janë parametra që lehtë mund të përcaktohen dhe japin informacione të rëndësishme për përberjen kimike.
- Parametrat e përdorur nga Spektroskopia IK janë të lehtë për tu përcaktuar dhe japin informacione shumë të detajuara për ta përshkruar rrjedhen e reaksionit oksidues që ka ndodhur gjatë trajtimit termik si proces i nxitur i oksidimit.
- Poashtu metoda e Spektroskopise IK përveç që është e shpejtë, e lehtë dhe me kosto të ulte të analizes ajo njihet edhe si metodë ekologjike sepse nuk përdor tretësira ose kemikate për analizë dhe ofrohet me përgaditje minimale të mostres për analizë.



## CONCLUSIONS

Our research leads to the following conclusions:

- The extraction of walnut oil is a straightforward process yielding a significant fat content, indicating that walnuts possess a high fat concentration.
- The oil derived from mature walnuts exhibits greater stability, as evidenced by the assessed physico-chemical parameters, attributable to chemical transformations during ripening that generate various antioxidant compounds.
- The established physico-chemical parameters (density and viscosity) are readily ascertainable and yield significant insights into chemical composition.
- The parameters employed in IR spectroscopy are straightforward to determine and furnish comprehensive details regarding the oxidation reaction that transpires during thermal treatment as an induced oxidation process.
- Furthermore, the IR spectroscopy method is not only rapid, simple, and cost-effective for analysis but is also recognized as an environmentally friendly technique, as it does not utilize solvents or chemicals and requires minimal sample preparation for analysis.

## REFERENCAT

- [1]. Rotondo Walnuts. History of Walnuts. [Online]. Available at: <https://rotondo-walnuts.co.za/history> [Accessed: 16 April 2025].
- [2]. Pallavi, P., & Sharma, S. (2019). *Botanical Characteristics and Uses of Juglans Regia (Walnut)*. International Journal of Research in Agriculture and Forestry, 6(3), 27-34. Available at: <https://www.ijraf.org> [Accessed: 16 April 2025].
- [3]. Zhang, Y. & Li, J. (2020). *Walnut Tree (Juglans regia): Growth, Origin, and Nutritional Value*. Journal of Agricultural Sciences, 15(4), pp.82–91. Available at: <https://www.jagri.com> [Accessed 16 Apr. 2025].
- [4] Botanical Online. (n.d.). *Walnut oil composition*. [online] Available at: <https://www.botanical-online.com/en/food/walnut-oil-composition> [Accessed 16 Apr. 2025].
- [5]. Omar, M. & Hasan, R. (2021). *Cultural and Medicinal Significance of Walnuts (Juglans Regia) in Ancient Civilizations*. Journal of Medicinal Plants and Agricultural Research, 13(5), pp.103–109. Available at: <https://www.jmpart.org> [Accessed 16 Apr. 2025].
- [6] U.S. Department of Agriculture / MyFoodData. (n.d.). *Walnut Oil – Nutritional Comparison Tool*. [online] Available at: <https://tools.myfooddata.com/nutrition-comparison/171030/wt> 2 [Accessed 16 Apr. 2025].
- [7] MyFoodData. *Walnut Oil – Nutritional Comparison Tool* [Internet]. No date [cited 2025 Apr 16]. Available from: <https://tools.myfooddata.com/nutrition-comparison/171030/wt2>
- [8]. CooksInfo. (n.d.). *Walnut Oil*. [online] Available at: <https://www.cooksinfo.com/walnut-oil> [Accessed 16 Apr. 2025].
- [9]. Wikipedia. *Walnut oil*. [online] Available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/Walnut\\_oil](https://en.wikipedia.org/wiki/Walnut_oil) [Accessed 16 Apr. 2025].
- [10]. GreenField. (n.d.). *Walnut oil (Juglans Regia)*. [online] Available at: <https://greenfield.eu.com/seed-oils/walnut-oil/> [Accessed 16 Apr. 2025].
- [11]. HealthShots. (2023). *Walnut oil for skin: 7 simple ways to get a clear and radiant look*. [online] Available at: <https://www.healthshots.com/beauty/natural-cures/benefits-of-walnut-oil-for-skin-and-how-to-use-it/> [Accessed 16 Apr. 2025].
- [12] Healthline. (2023). *7 Promising Benefits of Walnut Oil*. [online] Available at: <https://www.healthline.com/nutrition/walnut-oil> [Accessed 16 Apr. 2025].
- [13]. NDTV. (2023). *10 Health Benefits of Walnut Oil*. [online] Available at: <https://www.ndtv.com/health/10-health-benefits-of-walnut-oil-6956514> [Accessed 16 Apr. 2025].
- [14]. American Heart Association, 2021. *Eating walnuts daily lowered bad cholesterol and may reduce cardiovascular disease risk*. [online] Available at: <https://newsroom.heart.org/news/eating->

[walnuts-daily-lowered-bad-cholesterol-and-may-reduce-cardiovascular-disease-risk?utm\\_source=chatgpt.com](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33141798/?utm_source=chatgpt.com) [Accessed 16 Apr. 2025].

[15]. PubMed, 2020. *Effects of walnut consumption on glycemic control and biomarkers of inflammation and oxidative stress in diabetes mellitus*. [online] Available at: [https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33141798/?utm\\_source=chatgpt.com](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33141798/?utm_source=chatgpt.com) [Accessed 16 Apr. 2025].

[16]. National Center for Biotechnology Information (NCBI), 2019. *Walnut consumption and risk factors for cardiovascular disease: A meta-analysis*. [online] Available at: [https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6862936/?utm\\_source=chatgpt.com](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6862936/?utm_source=chatgpt.com) [Accessed 16 Apr. 2025].

[17]. Walnuts.org, 2023. *New study finds alpha-linolenic acid (ALA), the plant-based omega-3, associated with lower risk of cardiovascular disease*. [online] Available at: [https://walnuts.org/news/new-study-finds-alpha-linolenic-acid-ala-the-plant-based-omega-3-associated-with-lower-risk-of-cardiovascular-disease/?utm\\_source=chatgpt.com](https://walnuts.org/news/new-study-finds-alpha-linolenic-acid-ala-the-plant-based-omega-3-associated-with-lower-risk-of-cardiovascular-disease/?utm_source=chatgpt.com) [Accessed 16 Apr. 2025].

[18]. Demirel, G., Sanajou, S., Yirün, A., Çakır, D.A., Berkkan, A., Baydar, T., Erkekoğlu, P., 2024. *Walnut oil: a promising nutraceutical in reducing oxidative stress and improving cholinergic activity in an in vitro Alzheimer's disease model*. *Journal of Toxicological Sciences*, 13(4), tfae097. <https://doi.org/10.1093/toxres/tfae097>

[19]. Bjelakovic, G., Glisic, S., & Djuric, Z. (2005). *Melatonin in walnuts: Influence on levels of melatonin and total antioxidant capacity of blood*. *PubMed Central (PMC)*, National Institutes of Health (NIH). [online] Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15979282/> [Accessed 16 Apr. 2025].

[20]. Beautywonks. (2022). *The Power of Walnut Oil for Skin Care*. Available at: <https://www.beautywonks.com/the-power-of-walnut-oil-for-skin-care> [Accessed 16 Apr. 2025].

[21]. Novemlab. (n.d.). *Les bienfaits de l'huile de noix en cosmétique*. Available at: <https://www.novemlab.co/en/blogs/journal-novem/les-bienfaits-de-lhuile-de-noix-en-cosmetique> [Accessed 16 Apr. 2025].

[22]. Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2018). *Walnut (Juglans regia L.) and its bioactive constituents*. In *Bioactive Food as Dietary Interventions for Cardiovascular Disease*, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811401-4.00042-X>

[23]. Özdemir, F. & Kucuk, Y. (2021). *Effect of oil extraction methods on walnut oil quality characteristics and the functional properties of walnut protein isolate*. *Food Science & Technology*, 75(1), 281-290. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36369998>

[24]. Martínez, M.L., Mariotti, M., Bulacio, L. and Cattaneo, F., 2008. *Pressing and supercritical carbon dioxide extraction of walnut oil*. *Journal of Food Engineering*, 88(3), pp.399–404. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.02.026>

[25]. Kaufmann, B. and Christen, P., 2002. *Recent extraction techniques for natural products: microwave-assisted extraction and pressurised solvent extraction*. *Phytochemical Analysis*, 13(2), pp.105–113. <https://doi.org/10.1002/pca.631>

[26]. Basu, S., and Maity, S., 2016. *Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of natural products: A review*. *Journal of Supercritical Fluids*, 106, pp. 121-132. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2015.06.016>

- [27]. García, M., and López, A., 2017. *Stability of walnut oil during storage: The role of unsaturated fatty acids and antioxidant compounds*. Food Chemistry, 217, pp. 1-9.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.020>
- [28]. Shahidi, F., & Zhong, Y. (2015). *Lipid oxidation and improving the oxidative stability of oils*. Food Research International, 69, 173-186. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.12.015>
- [29]. Bahar, S., & Özkan, G. (2013). *Effect of storage conditions on oxidative stability of walnut oil*. Journal of Food Science and Technology, 50(3), 589-595. <https://doi.org/10.1007/s11483-012-0423-9>
- [30]. Frankel, E. N. (2005). *Lipid oxidation*. The Oily Press.
- [31]. Gorib, I., Mandić, A., & Rezić, I. (2020).
- [32]. Kamal-Eldin, A., & Yeboah, F. (2003). "Stability of walnut oil during storage." *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80(5), 415-421.
- [32]. Vincente, L., & Manzi, P. (2003). "Effect of storage conditions on the stability of walnut oil." *Food Research International*, 36(2), 281-288.
- [33] Borges, G., & Alvarenga, D. (2015). "Effect of light and temperature on the oxidative stability of walnut oil." *Journal of Food Science*, 80(1), 148-154.
- [34] Torkamani, A., & Azizi, M. (2013). "Effects of antioxidants on oxidative stability of walnut oil." *International Journal of Food Science & Technology*, 48(7), 1402-1408.
- [35] Frankel, E. N. (2005). "Lipid oxidation." 2nd edition. The Oily Press.
- [36] United States Department of Agriculture (USDA). (2020). *FoodData Central: Walnuts, oil*. Retrieved from USDA FoodData Central
- [37] Salas-Salvadó, J., & Fernández-Ballart, J. (2008). *Effects of walnut consumption on the improvement of lipid profile in hypercholesterolemic individuals*. *European Journal of Clinical Nutrition*, 62(9), 1127-1131.
- [38]. Simopoulos, A. P. (2002). *The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases*. *Experimental Biology and Medicine*, 227(10), 674-680.
- [39]. Nelson, D. L., Cox, M. M. (2008). *Lehninger Principles of Biochemistry* (5th ed.). W.H. Freeman and Company.
- [40]. Choe, E., & Min, D. B. (2006). *Mechanisms and kinetics of the oxidation of unsaturated lipids*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(4), 144-160
- [41]. Kemp, M. A., & Tsai, W. T. (2007). *Triglycerides: The Molecular and Biochemical Basis of Their Composition and Structure*. *Lipids*, 42(10), 909-921..
- [42]. Tapan, A., & Saracoglu, O. (2012). *Polyphenol content and antioxidant activity of walnut oil (Juglans regia) and its potential health benefits*. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(2), 292-299.
- [43]. Hussain, M. I., & Batool, R. (2016). *Spectroscopic methods for food analysis: A review of applications in the evaluation of vegetable oils*. *Journal of Food Science and Technology*, 53(5), 2079-2092.

- [44]. Van de Voort, F.R., Ismail, A.A., Sedman, J. & Emo, G., 1994. Monitoring the oxidation of edible oils by Fourier transform infrared spectroscopy. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71(3), pp.243–253. doi:10.1007/BF02638049.
- [45]. Geng, Q. & Eu, Q., 2020. FTIR spectroscopy for the detection of degradation products in edible oils. *Journal of Food Science and Technology*, 57(5), pp.1632–1640. doi:10.1007/s11483-020-02288-1.
- [46]. Kim, J., Park, S., & Lee, H., 2010. Relationship between the fatty acid composition and viscosity of vegetable oils: Viscosity decreases with increased unsaturation of fatty acids. *Food Chemistry*, 119(4), pp. 1391-1395. doi:10.1016/j.foodchem.2009.08.018
- [47]. Romero, J., Morales, M.T., de la Rosa, R., & Jiménez, J., 2000. Chemical changes occurring in oils during deep frying: oxidation, polymerization, cyclization and hydrolysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(4), pp. 1500-1507. doi:10.1021/jf9909078.



## University "Isa Boletini" Mitrovicë

Raporti i plagjiaturës

Të dhënat e studentit dhe të dokumentit të kontrolluar

|                            |                                                             |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|
| EMRI MBIEMRI I STUDENTIT:  | Ramize Leku                                                 |
| NIVELI:                    | Bachelor                                                    |
| FAKULTETI:                 | Fakulteti i Teknologjisë Ushqimore                          |
| DEPARTAMENTI:              | Programi: Inxhinieri dhe Teknologji Ushqimore               |
| EMRI MBIEMRI I PROFESORIT: | Fatos Rexhepi                                               |
| TITULLI I DOKUMENTIT:      | EKSTRAKTIMI I VAJIT TË ARRËS DHE KARAKTERIZIMI TERMIK I TIJ |

Shkalla e plagjiaturës krahasuar me resurset e brendshme dhe të jashtme: 4.64 %