



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ**  
**ADANA ALPARSLAN TÜRKEŞ BİLİM VE TEKNOLOJİ**  
**ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI BÖLGELERDE YETİŞEN**  
**ÇAM FISTIKLARININ VE YAĞLARININ ÖZELLİKLERİ**

**HANİFİ ERZİNLİ**  
**YÜKSEK LİSANS**



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ**  
**ADANA ALPARSLAN TÜRKER BİLİM VE TEKNOLOJİ**  
**ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI BÖLGELERDE YETİŞEN**  
**ÇAM FISTIKLARININ VE YAĞLARININ ÖZELLİKLERİ**

**HANİFİ ERZİNİ**  
**YÜKSEK LİSANS**

**DANIŞMAN**  
**PROF.DR. OSMAN KOLA**

**ADANA 2020**

Bu tezde yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik davranışa uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bu kuralların ve davranışların gerektirdiği şekilde bu çalışmaya özgün olmayan tüm bilgiler için atıf verdiğimi ve kaynak gösterdiğimi beyan ederim.



Hanifi ERZİNLİ

# ÖZET

## FARKLI BÖLGELERDE YETİŞEN ÇAM FISTIKLARININ VE YAĞLARININ ÖZELLİKLERİ

Hanifi ERZİNLİ

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Anabilimdalı

Danışman: Prof.Dr. Osman KOLA

Haziran 2020, 62 sayfa

Bu tez çalışmasında; Ülkemizin önemli fıstıkçamı bölgelerinden olan başta İzmir ili Bergama ilçesi ve Adana ili Akyatan bölgesinden temin edilen çam fıstığının, bazı fiziksel özelliklerinin yanısıra çam fıstığından elde edilen çam fıstığı yağlarının yağ asidi kompozisyonu, tokoferol içeriği, sterol kompozisyonu, trigliserid yapısının belirlenmesi amaçlanmıştır. Akyatan çam fıstıklarının nem içeriği, toplam protein miktarı ve ham yağ veriminin sırasıyla ortalama %3.59, %32.49 ve %37.54, buna karşılık Bergama çam fıstıklarının da ise sırasıyla ortalama %4.09, %20.52 ve %40.69 olduğu belirlenmiştir. Gerek soğuk presyon gerekse ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen yağların yağ asidi içerikleri incelendiğinde; Akyatan ve Bergama çam fıstığı yağlarında başlıca yağ asitlerinin Linoleik asit (18:2n-6), Oleik asit (18:1n9), Palmitik asit (16:0) ve Stearik asit olduğu ve sırasıyla %45.62-48.14, %36.20-37.83, %6.55-7.04 ve %3.25-3.69 arasında değiştiği belirlenmiştir. Akyatan ve Bergama çam fıstığı yağlarında başlıca gliserid yapıların LLL, OLnL ve PLnL olduğu ve sırasıyla %10.92-13.96, %0.48-0.72 ve %0.10-0.16 arasında değiştiği saptanmıştır. Çam yağların sterol içerikleri incelendiğinde; Akyatan ve Bergama çam fıstığı yağlarında başlıca sterollerin Campesterol,  $\beta$ -sitosterol, Sitostanol ve  $\Delta^5$ -D24 stigmastadionol olduğu ve sırasıyla %14.21-15.96, %76.36- 80.57, %3.69-6.77 ve %0.55-0.98 arasında değiştiği belirlenmiştir. Başlıca tokoferollerin alfa-tokoferol ve gama-tokoferol olduğu ve sırasıyla 4.8-14.0  $\mu\text{g/g}$  ve 25.9-60.2  $\mu\text{g/g}$  arasında değiştiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çam, çam fıstığı, fıstıkçamı, kozalak, sterol, yağ asidi, trigliserid

# ABSTRACT

## CHARACTERISTICS OF PINE NUTS AND OILS GROWING IN DIFFERENT REGIONS

Hanifi ERZİNLİ

M.Sc., Department of, Food Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Osman KOLA

June 2020, 62 pages

In this study; it is aimed to determine the fatty acid composition, tocopherol content, sterol composition, triglyceride structure of pine nuts obtained from pine nuts, which is one of the important pistachio pine regions of our country, primarily from Bergama district of İzmir province and Akyatan region of Adana province. The moisture content, total protein amount and crude oil yield of the pine nuts were 3.59%, 32.49% and 37.54% respectively, while Bergama pine nuts were 4.09%, 20.52% and 40.69% respectively. When the fatty acid contents of the oils obtained by both cold press and extraction method are examined; The essential fatty acids in Akyatan and Bergama pine nut oil are Linoleic acid (18:2n-6), Oleic acid (18:1n9), Palmitic acid (16:0) and Stearic acid, respectively, 45.62-48.14%, 36.20-37.83% It was determined that it ranged between 6.55-7.04% and 3.25-3.69%. It was determined that the main glyceride structures in Akyatan and Bergama pine nut oil were LLL, OLnL and PLnL and ranged between 10.92-13.96%, 0.48-0.72% and 0.10-0.16% respectively. When sterol contents of pine oils are examined; It was determined that the main sterols in Akyatan and Bergama pine nut oil were Campesterol,  $\beta$ -sitosterol, Sitostanol and  $\Delta^5$ -D24 stigmastadionol and ranged between 14.21-15.96%, 76.36- 80.57%, 3.69-6.77% and 0.55-0.98%, respectively. It was determined that the main tocopherols were alpha-tocopherol and gamma-tocopherol and ranged between 4.8-14.0  $\mu\text{g} / \text{g}$  and 25.9-60.2  $\mu\text{g} / \text{g}$ , respectively.

**Keywords:** Pine, pine nuts, pinus pinea, cone, sterol, fatty acid, triglyceride

*Bu tez, bir ay sonra doğacak olan kızım Özün Derin'e ithaf edilmiştir.*

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında tecrübeleri ve değerli bilgi birikimi ile bana yol gösteren ve destek olan değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Osman KOLA'ya ve maddi, manevi destek ve katkılarıyla beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan eşim Betül ERZİNLİ'ye sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım sırasında analizlerin düzenlenmesi ve gerçekleştirilmesi aşamasında yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğretim Üyesi Murat Reis AKKAYA, Araş. Gör. Erva PARILDI, Araş. Gör. Burçak TÜRKER ve Emrah MAMUR'a minnetlerimi sunarım.

Hanifi ERZİNLİ

# İÇİNDEKİLER

|                                                                       | <u>Sayfa No</u> |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>ÖZET.....</b>                                                      | <b>i</b>        |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                 | <b>ii</b>       |
| <b>TEŞEKKÜR.....</b>                                                  | <b>iv</b>       |
| <b>İÇİNDEKİLER.....</b>                                               | <b>v</b>        |
| <b>ŞEKİLLER LİSTESİ.....</b>                                          | <b>vii</b>      |
| <b>TABLolar LİSTESİ.....</b>                                          | <b>ix</b>       |
| <b>KISALTMALAR.....</b>                                               | <b>x</b>        |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>                                                 | <b>1</b>        |
| <b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....</b>                                     | <b>3</b>        |
| 2.1. Fıstıkçamı .....                                                 | 3               |
| 2.2. Çam Fıstığı .....                                                | 7               |
| 2.3. Çam Fıstığı İle ilgili Yapılan Çalışmalar.....                   | 11              |
| <b>3. MATERYAL VE METOT.....</b>                                      | <b>21</b>       |
| 3.1. Materyal.....                                                    | 21              |
| 3.2. Metot.....                                                       | 21              |
| 3.2.1. Çam Fıstığı Tohumlarının Genel Özellikleri.....                | 21              |
| 3.2.1.1. En – Boy Oranı .....                                         | 21              |
| 3.2.1.2. Yüz Tane Ağırlığı .....                                      | 21              |
| 3.2.1.3. Kabuk – İç Oranı.....                                        | 22              |
| 3.2.1.4. Nem Tayini .....                                             | 22              |
| 3.2.1.5. Ham Protein Tayini.....                                      | 23              |
| 3.2.2. Çam Fıstığından Ham Yağ Çıkarılması.....                       | 23              |
| 3.2.2.1. Çam Fıstığından Soğuk Presyon İle Ham Yağ Çıkarılması.....   | 24              |
| 3.2.2.2. Çam Fıstığından Sokslet Yöntemi İle Ham Yağ Çıkarılması..... | 25              |
| 3.2.3. Çam Fıstığı Yağında Yapılan Analizler .....                    | 26              |
| 3.2.3.1. Kırılma İndisi .....                                         | 26              |
| 3.2.3.2. Antioksidan Kapasitesi .....                                 | 26              |
| 3.2.3.3. Toplam Fenolik Madde İçeriği .....                           | 27              |
| 3.2.3.4. Tokoferol Bileşimi ve Dağılımı .....                         | 28              |

|                       |                                                                                       |           |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.3.5.              | Yağ Asidi Kompozisyonu ve Dağılımı .....                                              | 28        |
| 3.2.3.6.              | Gliserit Bileşimi ve Dağılımı .....                                                   | 29        |
| 3.2.3.7.              | Sterol Bileşimi ve Dağılımı .....                                                     | 30        |
| 3.2.3.8.              | Renk Değerleri .....                                                                  | 30        |
| <b>4.</b>             | <b>BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>                                                     | <b>33</b> |
| 4.1.                  | Akyatan ve Bergama Yöresine Ait Çam Fıstıklarının Genel Özellikleri .....             | 33        |
| 4.1.1.                | Akyatan ve Bergama Çam Fıstıklarının En, Boy ve En/Boy Oranları .....                 | 33        |
| 4.1.2.                | Akyatan ve Bergama Çam Fıstıklarının Tane Ağırlığı ve Kabuk-İç Oranları....           | 35        |
| 4.1.3.                | Akyatan ve Bergama Çam Fıstıklarının Nem, Toplam Protein ve Ham Yağ<br>Değerleri..... | 38        |
| 4.1.4.                | Akyatan ve Bergama Çam Fıstıklarının ve Yağlarının Renk Değerleri .....               | 39        |
| 4.2.                  | Akyatan ve Bergama Yöresine Ait Çam Fıstığı Yağlarının Bazı Özellikleri .....         | 40        |
| 4.2.1.                | Akyatan ve Bergama Yöresine Ait Çam Fıstığı Yağlarının Yağ Asidi<br>İçerikleri .....  | 42        |
| 4.2.2.                | Akyatan ve Bergama Yöresine Ait Çam Fıstığı Yağlarının Gliserid<br>İçerikleri .....   | 45        |
| 4.2.3.                | Akyatan ve Bergama Yöresine Ait Çam Fıstığı Yağlarının Sterol İçerikleri .....        | 47        |
| 4.2.4.                | Akyatan ve Bergama Yöresine Ait Çam Fıstığı Yağlarının Tokoferol<br>İçerikleri .....  | 50        |
| <b>5.</b>             | <b>SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>                                                     | <b>54</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b> |                                                                                       | <b>57</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b> |                                                                                       | <b>62</b> |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1. Ohaus MB45 Model Otomatik Nem Ölçer Cihazı .....                                                                          | 22 |
| Şekil 3.2. Gerhardt Vapodest 45S Azot/Protein Tayin Cihazı.....                                                                      | 23 |
| Şekil 3.3. Karaerler Marka NF500 Model Soğuk Pres Yağ Makinesi.....                                                                  | 24 |
| Şekil 3.4. Gerhardt Soxtherm Marka SE-414 Model Yağ Ekstraksiyon Cihazı.....                                                         | 25 |
| Şekil 3.5. Krüss AR2008 Model Abbe Refraktometresi.....                                                                              | 26 |
| Şekil 3.6. CIELAB Renk Skalası L*, a*, b* Değerleri.....                                                                             | 31 |
| Şekil 3.7. Konica Minolta Spektrofotometre CM-5 Model Renk Ölçüm Cihazı .....                                                        | 32 |
| Şekil 4.1. Akyatan ve Bergama Yörelere Ait Çam Fıstıkları .....                                                                      | 33 |
| Şekil 4.2. Akyatan ve Bergama Yörelere Ait Çam Fıstıklarının En, Boy ve En/Boy<br>Oranları.....                                      | 34 |
| Şekil 4.3. Akyatan ve Bergama Yörelere Ait Çam Fıstıklarının Tane Ağırlıkları .....                                                  | 36 |
| Şekil 4.4. Akyatan ve Bergama Yörelere Ait Çam Fıstıklarının İç Kısmı ve Kabuk<br>Ağırlıkları.....                                   | 36 |
| Şekil 4.5. Akyatan ve Bergama Yörelere Ait Çam Fıstıklarının İç Kısmı ve Kabuk<br>Oranları.....                                      | 37 |
| Şekil 4.6. Akyatan ve Bergama Yörelere Ait Çam Fıstıklarının Nem İçerikleri, Toplam<br>Protein Miktarları ve Ham Yağ Verimleri ..... | 38 |
| Şekil 4.7. Akyatan ve Bergama Yörelere Ait Çam Fıstığı İçlerinin Renk Değerleri.....                                                 | 41 |
| Şekil 4.8. Akyatan ve Bergama Yörelere Ait Çam Fıstığı Yağlarının Renk Değerleri .....                                               | 41 |
| Şekil 4.9. Akyatan ve Bergama Çam Fıstıkları Yağlarının Yağ Asidi İçerikleri Dağılımı .....                                          | 43 |
| Şekil 4.10. Akyatan ve Bergama Çam Fıstıkları Yağlarının Doymuş ve Doymamış<br>Yağ Asidi İçerikleri Dağılımı.....                    | 43 |
| Şekil 4.11. Bergama Soğuk Presyon Çam Fıstığı Yağının Gliserid Kompozisyonuna<br>Ait HPLC Kromatogramı .....                         | 46 |
| Şekil 4.12. Akyatan ve Bergama Çam Fıstığı Yağlarının Gliserid Kompozisyonlarına<br>Ait HPLC Kromatogramı Kıyaslamaları.....         | 47 |
| Şekil 4.13. Akyatan ve Bergama Çam Fıstığı Yağlarının Sterol İçerikleri Dağılımı .....                                               | 48 |
| Şekil 4.14. Akyatan Soğuk Presyon Çam Fıstığı Yağının Sterol İçeriğine Ait GC-MS<br>Kromatogramı .....                               | 49 |
| Şekil 4.15. Akyatan ve Bergama Çam Fıstığı Yağlarının Tokoferol İçeriklerinin Dağılımı...                                            | 51 |

**Şekil 4.16.** Akyatan ve Bergama Çam Fıstığı Yağlarının Tokoferol İçeriklerine Ait HPLC

Kromatogramı ..... 52



## TABLÖLAR LİSTESİ

|                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 2.1.</b> Fıstıkçamının Sınıflandırılması .....                                                                                       | 3  |
| <b>Tablo 2.2.</b> Fıstıkçamının Diğer Çamlar Arasındaki Oranı .....                                                                           | 5  |
| <b>Tablo 2.3.</b> Çam Fıstığı (Pinus pinea L.) Tohumlarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....                                             | 12 |
| <b>Tablo 2.4.</b> Çam fıstıklarında saptanan duyuşal terimler ve bu terimlerle ilgili referanslar .....                                       | 17 |
| <b>Tablo 2.5.</b> Pinus pinea L. Esansiyel Yağının Kimyasal Bileşimi.....                                                                     | 19 |
| <b>Tablo 4.1.</b> İki Bölgenin Kabuk ve İç Tartım Ağırlıklarının Karşılaştırması .....                                                        | 34 |
| <b>Tablo 4.2.</b> Akyatan ve Bergama Yörelerine Ait Çam Fıstıklarının Tane Ağırlığı,<br>Kabuk ve İç Ağırlıkları ve Oranları .....             | 35 |
| <b>Tablo 4.3.</b> Akyatan ve Bergama Yörelerine Ait Çam Fıstıklarının Nem İçerikleri,<br>Toplam Protein Miktarları ve Ham Yağ Verimleri ..... | 38 |
| <b>Tablo 4.4.</b> Akyatan ve Bergama Çam Fıstıklarının Renk Değerleri .....                                                                   | 40 |
| <b>Tablo 4.5.</b> Akyatan ve Bergama Çam Fıstığı Yağlarının Yağ Asidi İçerikleri .....                                                        | 42 |
| <b>Tablo 4.6.</b> Akyatan ve Bergama Çam Fıstığı Yağlarının Toplam Trigliserid Dağılımları .....                                              | 46 |
| <b>Tablo 4.7.</b> Akyatan ve Bergama Çam Fıstığı Yağlarının Sterol İçerikleri .....                                                           | 48 |
| <b>Tablo 4.8.</b> Akyatan ve Bergama Çam Fıstığı Yağlarının Tokoferol İçerikleri.....                                                         | 51 |

## KISALTMALAR

|                                                 |                                                                                |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| NaOH                                            | : Sodyum Hidroksit                                                             |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                  | : Sülfürik Asit                                                                |
| (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | : Amonyum sülfat                                                               |
| SO <sub>2</sub>                                 | : Sülfür Dioksit                                                               |
| CO <sub>2</sub>                                 | : Karbon Dioksit                                                               |
| NH <sub>4</sub> OH                              | : Amonyum Hidroksit                                                            |
| H <sub>2</sub> O                                | : Hidrojen Dioksit                                                             |
| NH <sub>3</sub>                                 | : Amonyak                                                                      |
| H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                  | : Borik Asit                                                                   |
| NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub>  | : Amonyum Dihidrojen Borat                                                     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                   | : Fosfor Penta Oksit                                                           |
| CaCl <sub>2</sub>                               | : Kalsiyum Klorür                                                              |
| H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>                 | : Kromik Asit (Kral Suyu)                                                      |
| HNO <sub>3</sub>                                | : Nitrik Asit                                                                  |
| KOH                                             | : Potasyum Hidroksit                                                           |
| NIRS                                            | : Near Infrared Spektroskopisi (Yakın Kızıl Ötesi Spektroskopisi)              |
| CIE                                             | : Commission Internationale de l'Eclairage (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) |

# 1. GİRİŞ

Çam fıstığı, fıstıkçamının (*Pinus pinea L.*) kozalaklarından çıkartılarak dış kabuklarının kırılması sonucu elde edilen ve besin değeri oldukça yüksek olan bir besin maddesidir. Yenilebilir ve yüksek ticari değeri olan bir yağlı tohumdur (Polat ve ark., 2012).

Çam ağacı, hem Avrupa hem de Kuzey Amerika'daki en yaygın ağaçlardan biridir, ancak çoğunlukla üretim ve tüketimin en fazla olduğu alan Akdeniz bölgesindedir. Çam fıstığı, başta Portekiz, İspanya, İtalya, Yunanistan, Arnavutluk ve Türkiye olmak üzere Akdeniz bölgelerine yaygın bir yayılım göstermiştir (Aceituno ve ark., 2014).

Çam fıstığı sahip olduğu zengin besin içeriğinin yanı sıra Türk mutfağında geleneksel yemeklerimizden iç pilav ve dolma da, geleneksel tatlılarımızdan da aşure ve helva üretiminde sıkça kullanılmaktadır. Zaman zaman çam fıstığı, dolmalık fıstık ismiyle de anılmaktadır. Ancak, çam fıstığının besin içeriği ve yararları fazla bilinmemektedir.

Çam fıstığı, fındık, badem, ceviz ve Antep fıstığı gibi sert kabuklu meyveler, yüksek oranda yağ içermelerine rağmen bu yağın tekli ve çoklu doymamış yağ formunda olması sebebiyle yararlı etkileri vardır. İçerdikleri tekli doymamış yağ asidinin, kolesterolün artmasını önleyerek, kalp-damar hastalıklarına karşı koruyucu etkisi belirlendiği gözlenmiştir. Son yapılan çalışmalarda tekli doymamış yağ asitlerinden zengin diyetlerin, insüline bağımlı olmayan diyabet (Tip II) hastalarında plazma glikoz (kan şekeri) seviyelerini düşürdüğü ve insülin ihtiyacını azalttığı gösterilmiştir. Ayrıca, kanseri ve hipertansiyonu önleyici etki gösterdiği de saptanmıştır. Sert kabuklu meyvelerin içeriğinde yer alan flavonoidler antioksidan etki gösterirler. İçerdikleri antioksidan ve fitokimyasal maddeler, serbest radikallerin hücre tahribatını önleyerek ve vücut direncini artırarak diyabet gibi birçok kronik hastalıkların gelişmesini engelleyici etkiye sahiptir (Özer ve Güven, 2008).

Fıstıkçamından elde edilen çam fıstığı yenilebilir ve ekonomik değeri yüksek bir tohumdur. Yapısında faydalı yağlar bakımından zengin olması ve birçok kullanım amacı olmasından dolayı ülkemizde çokça kullanılmakta ve farklı ülkelere ihracatı yapılmaktadır.

Son yıllarda yapılan araştırmalar incelendiğinde, birçok bilim adamının fındık, tahıl ve tohumların fiziksel ve mekanik özelliklerinin yanısıra bunlardan elde edilen yağların biyoaktif bileşenlerinin belirlenmesi üzerine çalıştığı görölmektedir. Bu açıdan değeriendirildiğinde de, çam fıstığının fiziksel ve mekanik özellikleri ile ilgili çalışmaların da Ülkemizde sınırlı olduğu (Özgüven ve Vursavuş, 2004) ve özellikle çam fıstığından elde edilen yağların biyokaktif bileşenleri hakkında ayrıntılı yeterince çalışma olmadığı görölmektedir.

Bu tez çalışmasında; Ülkemizin önemli fıstıkçamı bölgelerinden olan başta İzmir ili Bergama ilçesinden ve Adana ili Akyatan bölgesinden temin edilen kozalaklardan elde edilen çam fıstığının, bazı fiziksel özelliklerinin (yüz tane ağırlığı, kabuk-iç oranı, en-boy oranı ve kabuk rengine göre sınıflandırma) yanısıra çam fıstığından elde edilen çam fıstığı yağlarının bazı kimyasal özelliklerinin (yağ asidi kompozisyonu, tokoferol içeriğı, sterol kompozisyonu, trigliserid yapısı vb.) belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, elde edilen bulgular kullanılarak farklı bölgelerde yetiştirilen çam fıstıklarının bileşiminde meydana gelen bölgesel farklılıklar da tespit edilmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çam fıstığı, çamgiller familyasından (*Pinaceae*) fıstıkçamının (*Pinus pinea*) kozalaklarından çıkartılarak dış kabuklarının kırılması sonucu elde edilen ve besin değeri oldukça yüksek olan bir gıda maddesidir. Aynı zamanda, çam fıstığı yenilebilir ve yüksek ticari değeri olan bir yağlı tohumdur (Polat ve ark., 2012).

Bu bölümde Fıstıkçamı ağacının (*Pinus pinea L.*) genel özelliklerinin yanısıra bundan elde edilen çam fıstığının fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilgili yapılan çalışmalar ele alınmıştır.

### 2.1. Fıstıkçamı

Fıstıkçamı (*Pinus pinea L.*), çam fıstığı adı verilen yenilebilir tohumları olan önemli bir orman tali ürüne sahip bir çam türüdür. Diğer çam türlerimizde genellikle odun üretimi ön planda görülmüşken, fıstıkçamında çam fıstığı üretimi ön plandadır (Avşar, 2000).

**Tablo 2.1.** Fıstıkçamının Sınıflandırılması (Özdarçın, 2011)

| FISTIKÇAMI    |                       |
|---------------|-----------------------|
| Alem          | <i>Plantae</i>        |
| Bölüm         | <i>Pinophyta</i>      |
| Sınıf         | <i>Pinopsida</i>      |
| Takım         | <i>Pinales</i>        |
| Familya       | <i>Pinaceae</i>       |
| Cins          | <i>Pinus</i>          |
| Tür           | <i>Pinus pinea</i>    |
| Binominal adı | <i>Pinus pinea L.</i> |

Fıstıkçamı olarak bilinen ve bir fındık türü olan *Pinus pinea L.*, yaprakları dökülmeyen kozalaklı bir ağaç olup çam fıstığı üretiminde yaygın olarak yetiştirilen bir türdür. Tohumları 20 yılı aşkın bir süredir Akdeniz diyetinin bir parçası olan çam fıstığı Akdeniz Havzası'na özgüdür. Bu diyet bazı metabolik sendrom risk faktörlerini azaltan bir diyet şekli olarak kabul edilmektedir (Ros, 2015; Lutz ve ark., 2017).

Çam fıstığının yetiştiği ağaca Fıstıkçamı denilmektedir. Odunundan çok halk arasında çam fıstığı diye adlandırılan yağlı tohumundan faydalanılır. Aynı zamanda değerli bir süs ağacıdır. Kök sistemi güçlüdür. Elverişli topraklarda derine giden kazık kök yaparlar (OGM, 2012). Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) diğer çamlardan kolayca ayırt edilebilecek şemsiyeye benzer görünümde geniş ve yuvarlak tepeye sahip, 15-20 m'ye kadar boyu uzayabilen bir ağaçtır. Gövdesi düzgün, kırmızımtırak-gri renkli kalın ve kabuğu derin çatlaklıdır. Reçinesiz tomurcuklar sivri, yumurta şeklindedir ve tomurcuk pullarının uçları arkaya doğru kıvrılmıştır. 10-15 cm uzunluğundaki iğne yaprakları parlak açık yeşil renktedir, kenarları dişlidir, dip kısmını saran kın (glaf) 10-12 mm uzunluğunda ve açık esmer renktedir. Kozalakların yapısı (Şekil 2.1.) ovoidal veya hemen hemen küre şeklindedir. Gayet kısa saplı olduğundan, sürgüne oturmuş gibidir. Olgun kozalaklar parlak, kırmızımtırak-kestane rengindedir. Kozalak pulları (karpeller) kaimdir, kalkan kozalağın dip tarafındaki pullarda 6 (altı) köşeli, uca doğru olanlarda ise eşkenar dörtgen şeklindedir. 5-6 tane radyal (ışınsal) pervazı vardır, gri-beyaz renktedir, göbek büyük, basık ve hemen hemen dört köşelidir (Özdarçın, 2011).



**Şekil 2.1.** Fıstıkçamının Kısımları ve Kozalak Yapısı

Fıstıkçamı, doğal olarak Çin, Kuzey ve Kuzeydoğu Akdeniz sahil kıyıları, İspanya (1000 m yükseklikte) Afganistan, Pakistan, Doğu İtalya, Hırvatistan (Dalmaçya), Makedonya ve Girit adasında da yetişebilmektedir (Eser, 2008).

Yetiştirme yerleri bakımından problem çıkartmayan türlerdendir. Hemen hemen her tür toprakta yetişebilmekte; fakir kumlu, kireçli veya killi topraklarda kurak iklimlerde yetişir. Güneşli yerleri severler, soğuk ve sert iklimlerde gelişemezler, ışık istekleri fazladır. Ekvatorun 30° kuzey ve 30° güney enlemleri arasında kalan bölgeye “güneş kemeri” adı verilir. Türkiye coğrafi konumu ile (36°-42° kuzey enlemleri arasında) bu kemere çok yakın olduğundan, güneş ışığı alma yönünden şanslı bir ülkedir (Polat ve ark., 2012).

Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) Pinaceae familyasından Akdeniz sahilleri, Ege, Portekiz, İspanya, İtalya, Girit ve Türkiye’de yayılış gösteren bir çam türüdür (OGM, 2015). Fındık çekirdeği yüksek oranda protein ve vitamin içeriğine sahiptir (çoğunlukla B grubundan), ancak en dikkat çekici bileşeni yüksek oranda linoleik asit içeren yağ miktarıdır. İspanya, dünya üretiminin %75’ine sahip başlıca çam fıstığı üreten ülkedir (Cárcel ve ark., 2011).

Ülkemizde fıstıkçamı ormanları 128.721 hektar normal kapalı orman, 33.250 hektar boşluklu kapalı orman olmak üzere toplam 161.971 hektardır (Tablo 2.2.) ve toplam orman alanlarımız içinde %0.72’lik bir paya sahiptir (OGM, 2015). Türkiye Orman Genel Müdürlüğü orman istatistikleri verilerine göre, çamfıstığı kozalak üretimi 2006 yılında yaklaşık 3500 ton olarak gerçekleşmiştir (Büyüksarı ve ark., 2010; Örnek ve ark., 2015).

**Tablo 2.2.** Fıstıkçamının Diğer Çamlar Arasındaki Oranı (OGM, 2015)

| Ağaç Türü     | Normal Kapalı (ha) | Boşluklu Kapalı (ha) | Toplam (ha)       | Oran (%) |
|---------------|--------------------|----------------------|-------------------|----------|
| Kızılçam      | 3.451.269          | 2.158.946            | 5.610.215         | 48.63    |
| Karaçam       | 2.727.524          | 1.517.397            | 4.244.921         | 36.80    |
| Sarıçam       | 882.231            | 636.698              | 1.518.929         | 13.16    |
| Fıstıkçamı    | 128.721            | 33.250               | 161.971           | 1.41     |
| <b>Toplam</b> | <b>7.189.745</b>   | <b>4.246.2191</b>    | <b>11.536.036</b> |          |

Her yıl üretimi yapılan çam fıstığı, iç piyasanın ihtiyacı karşılandıktan sonra kabuklu ve kabuksuz olarak iki aynı gümrük tarife pozisyonu ile Lübnan, İtalya, Ürdün, Suudi Arabistan, Kuveyt başta olmak üzere birçok ülkeye ihraç edilmektedir.

Türkiye’de fıstıkçamı; Ege Bölgesi’nde, Akdeniz sahil şeridinde ve Kahramanmaraş’ın vadilerinde yetiştirilmektedir. Özellikle yoğun olarak Batı Anadolu’da, Bergama yakınında (Kozak Yaylası), Aydın, Muğla civarlarında ormanlar kurur. Antalya Manavgat sahillerinde, Gemlik körfez kıyılarında, Kahramanmaraş’ta, Çoruh vadisinde ve Trabzon Kalenema deresinde bölgesel olarak yayılır (OGM, 2012). Özellikle Bergama yöresinde üretim önceki yıllara göre giderek artmaktadır. Ancak bazı yıllarda iklim koşullarından dolayı üretimde azalmalar meydana gelebilmektedir. Fıstıkçamı üretiminin artmasının sebebi diğer ürünlere göre daha karlı bir ürün olmasının payı fazladır. Bu nedenle Bergama yöre halkı her geçen yıl fıstıkçamı alanların genişletmektedir (Akkaya 2008; Özdarçın 2011).

Ülkemizde yoğun olarak fıstıkçamı yetiştirilen 10 bölge bulunmaktadır. Bu bölgeler; Bergama, Kozak yöresi (120-700 m yükseklikte), Çoruh nehrinin kuzeydoğu yamacı, Neşvikiye köyü boyunca (150-600 m yükseklikte), Trabzon-Akçaabat yakınlarındaki Kalenema, Maligane çayı (15-500 m yükseklikte), Gemlik Körfezi’nin kuzey kıyıları ve Yılandere yöresi boyunca (400-500 m yükseklikte), İzmir ve Konya Seydişehir’deki Balaban çayı arası (100-150 m yükseklikte), Torbacı, Helvalı ve Dağteke köyleri (400-500 m yükseklikte), Aydın’ın Mazon dağı civarı, Milas Beypınar ormanları, Muğla’da Madran dağının güney yamacı, Bodrum’un Karaova ve Gökbey yöresi (300-860 m yükseklikte), Antalya Serik Manavgat çayından Kumköy’e kadar 30-40 km boyunca, Kahramanmaraş’ın Önsen köyü (600-900 m yükseklikte), Batı Anadolu’da Edremit Körfezi ve kıyılarında, Küner köyü olarak sayılmaktadır (Sülüsoğlu, 2004).

Ülkemizde yetiştirilen çam fıstıkları Aydın, Kozak ve Maraş tipi olmak üzere üç tipe ayrılmaktadır. Kozak bucağı ve Kuzey Batı Anadolu’daki fıstıkçamlarından elde edilen çam fıstıkları Kozak tipi olup; özellikleri dolgun gövdeli, iri ve çok açık krem renkli, yumuşak yapılı, elipsoidin sivri ucu açık krem renkte ve küt olan çam fıstıklarıdır. Kozak tipi dışında, Ege Bölgesi’ndeki, Aydın ve civarı ile Antalya bölgesindeki fıstıkçamlarından elde edilen çam fıstıkları Aydın tipi olup az dolgun gövdeli, irili ve ufaklı, krem renkli, gevrek yapılı, elipsoidin sivri ucu kirli sarı renge yakın koyu krem renkte ve iyice sivri çam fıstıklarıdır. Maraş tipi ise

Maraş'ın Önsen köyü civarındaki fıstıkçamlarından elde edilen çam fıstıkları olup ince uzun gövdeli, ufak taneleri fazlaca, krem renkli, gevrek yapılı, elipsoidin sivri ucu kirli sarıya yakın koyu krem renkte ve iyice sivri çam fıstıklarıdır (TSE, 2014a).

Fıstıkçamı, Kahramanmaraş bölgesinde merkez ilçeye bağlı olan Hacıağalar köyü (550 m yükseklikte) ile Önsen kasabası civarında (650 m yükseklikte) yayılış göstermektedirler. Hacıağalar köyünün batısında 620 m'lerden başlayan düşey yayılış, batıya ve kuzeye doğru devam etmekte ve 980 m'lerde sona ermektedir. Fıstıkçamı, Batı Anadolu'daki ana yayılışında ise en çok 860 m'ye kadar yükselebilmektedir (Saatçioğlu, 1969; Avşar, 2000).

Kahramanmaraş yöresindeki yayılışında, fıstıkçamına bazı yerlerde kızılçam da katılmaktadır. Kızılçamın karışım oranı düşük rakımlarda daha yüksek olup, yüksek rakımlarda ise azalmaktadır. Yayılış, Önsen köyüne yaklaşık 1.5 km mesafede kesilmektedir. Fıstıkçamının yayılışı temel itibariyle toplu olmasına rağmen bazı yerlerde tarım alanları bu yayılışı bölmektedir. Fıstıkçamı, bu yetişme ortamında genellikle kuzeydoğu, kuzey ve güneydoğu bakılarda görülmekte olup, gölgeli bakıları tercih ettikleri söylenebilir. Fıstıkçamının yöredeki bu yayılış alanı, idari bakımdan Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü ve Hartlap Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer almaktadır (Avşar, 2000).

Çam fıstığı için küresel pazar payı, dünya genelinde artmaktadır. Ancak, çam fıstığı üretimi, üretici ülkelerdeki fıstıkçamı (*Pinus pinea*) ormanlarını etkileyen zararlı böceklerin (*Leptoglossus occidentalis*) neden olduğu zararlanmalar sebebiyle önemli bir düşüşe maruz kalmaktadır (Bracalini ve ark., 2013; Lutz ve ark., 2017).

## 2.2. Çam Fıstığı

Çam fıstığı, fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) ağacının tohumlarının kabuklarından ayrılmış ve zarından temizlenmiş, bir ucu sivri diğer ucu elipsoide benzeyen ve embriyosu bulunan endosperm kısmı olarak tanımlanmaktadır.

Çam fıstığı, fıstıkçamında kozalakların içindeki sert kabuklu fıstıkların içinden elde edilmektedir. Fıstıkçamlarının en verimli zamanını 25-80 yaşlar arasındadır. Ağacın kozalakları yaklaşık 3 yılda yetişir. 100 kg ağırlığındaki kozalaklardan yaklaşık 5-6 kg çam fıstığı elde edilebilir. Bu nedenle maliyeti yüksek bir besindir. Yüzyıllar boyu farklı yararları için

kullanılmıştır. Afrodisyak etkileri nedeniyle balın içine konulmuş, protein kaynağı olarak faydalanılmış, peyniri lezzetlendirmek için kullanılmıştır. Yemeklerde, özellikle dolmalarda vazgeçilmez ürünlerden biridir. Protein ve yağ açısından zengin olmasının yanısıra E, K, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> ve B<sub>3</sub> vitaminleri, çinko, bakır, molibden, potasyum gibi mineralleri açısından da değerli bir üründür. Bu nedenle oldukça besleyici bir gıdadır. Ülkemizde genellikle Akdeniz ikliminin görüldüğü bölgelerde yetişmektedir (Akgül, 2016).

Fıstıkçamı bir orman ağacı olmasına rağmen fıstıkçamından elde edilen çamfıstığı yenilebilir ve ekonomik değeri yüksek olan tohumdur. Bu sebeple ihraç edilebilen ve büyük ekonomik öneme sahip olan bir orman yan ürünüdür. Fıstıkçamı her yıl ürün vermekte olup kozalaklar 3 yılda olgunlaşır (Akkaya 2008; Özdarçın 2011).

Olgunluğa erişen kozalaklar, Ekim ayından başlanarak Mart ayına kadar toplanır. Kozalakların toplanması işlemi ağaca çıkarak elle toplamak suretiyle ya da “Kiye” adı verilen ucu çengel biçiminde ve çınar ağacından elde edilen 2-3 m uzunluktaki sııklara takarak çekmek suretiyle düşürülerek yapılır. Ağaç üzerinde kalan kozalaklar ise yazın sıcağıdan açılarak tohumlarını dökerler. Toplanan kozalakların üzeri dallarla kapatılarak yaza kadar bekletilir. Daha sonra bu kozalaklar harmanlara alınarak güneş altında gevşemeleri ve tohumlarının kozalaklardan ayrılması sağlanmaktadır (Gönültaş, 2008).

Güneş altında gevşetilen kozalaklardan tohumların ayrılması ile üç ürün elde edilmektedir. Bunlar “Çelik” adı verilen boş kozalaklar, “Kapçık” adı verilen kozalak karpelleri ve “Küner” adı verilen kabuklu tohumlardır (Kantay ve Şen, 2007; Gönültaş, 2008). Toplayıcılar tarafından ağaçlara vurularak yere düşürülen kozalaklar güneşte kurutulduktan sonra kendiliğinden açılan kozalaklardan küner adı verilen kabuklu çam fıstıkları elde edilmektedir (Sülüsoğlu, 2004).

Boş kozalaklar yerel halk tarafından yıl içinde yakıt olarak değerlendirilmekte veya dekoratif amaçlarla kullanılmak üzere satılmaktadır. Elde edilen kapçıkların tohumlarından ayrılmasında ise uygun elekler kullanılmaktadır. Ayrıca ayrılan kapçıklar da yakıt olarak değerlendirilebilmektedir (Kantay ve Şen, 2007; Gönültaş, 2008).

Kapçıklardan ayrılan tohumlarda ise, dolu ve boş tohumların birbirinden ayrılması için geleneksel olarak su havuzları kullanılmaktadır. Havuzlara atılan tohumlardan boş olanlar su

yüzeyine çıkmakta ve yüzey akışı ile dolu tohumlardan ayrılmaktadır. Ardından su havuzundan çıkan tohumlar serilerek güneş altında kurutulmakta ve ardından çuvallara alınmaktadır (Kantay ve Şen, 2007; Gönültaş, 2008). İç fıstık üretimi ise künerlerin 24 saat su içerisinde bekletilerek yumuşatılması ile başlamaktadır. Yumuşatılan künerler boyutlarına göre eleklerden geçirilerek kabuk kırma makinelerine iletilmektedir. Kabuk kırma makinelerinde kabuk kırma aşamasından sonra iç fıstıklar ve kabuklar pnömatik sistem yardımıyla birbirinden ayrılmakta ve ana ürün olan iç fıstık elde edilirken bunun yanında yan ürün olarak yakıt maksadıyla kullanılabilen “Kıpır” adı verilen kabuk elde edilmektedir (Kantay ve Şen, 2007; Gönültaş, 2008).

Elde edilen iç fıstıklar ülkemizde tamamen görsel bir sınıflandırmadan geçmekte ve iyi fıstıklar ile bozuk ve kırık fıstıklar birbirinden ayrılmaktadır. Sınıflandırılan iç fıstıklar diğer yabancı maddelerden arındırılmak ve sterilizasyon sağlanması amacıyla yıkama ünitesine iletilmektedir. Yıkama aşamasından sonra iç fıstıklar tekrar kurutulmakta ve ardından son seçme ile tekrar kontrol edilen iç fıstıklar hava alan ambalajlarda paketlenerek depolanmaktadır (Kantay ve Şen, 2007; Gönültaş, 2008).

Çam fıstığının ebatlarına göre sınıflandırılmasında; temizleme, sınıflandırma ve ayırma için kullanılan ekipmanın doğru seçimi ve tasarımı için çok önemlidir. Gravimetrik özellikler havalandırma, kurutma, depolama ve taşıma ile ilgili ekipmanların tasarımında önemlidir. Yığın yoğunluğu depolama ve taşıma sistemlerinin kapasitesini belirler. Yığın yoğunluğu ayırma ekipmanının özellikleri açısından önemlidir, tohum kütesinin gözenekliliği ise tohumların havalandırılması ve kurutulması sırasında hava akımına direnci belirler. Tarımsal ürünlerin taneciklerinin akış kabiliyeti, genellikle, dayanma açısı kullanılarak ölçülmektedir (Vahid and Javad, 2010).

Çam ağacı, hem Avrupa hem de Kuzey Amerika'daki en yaygın ağaçlardan biridir, ancak üretim ve tüketiminin en yüksek olduğu alan Akdeniz bölgesindedir. Türkçe olarak küner adı verilen çam fıstığı çam kozalağının (Türkçe kozak) içinde bulunur. Çam çekirdeği ya da bilinen adıyla çam fıstığı, enfes bir tadı ve protein içeriği yüksek olan yenilebilir bir fıstıktır. Çam fıstığı ve çekirdeği insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Çam fıstığı et, balık ve sebze yemeklerinin hazırlanmasında, şekerleme endüstrisinde çikolata ve diğer lezzetlerin

hazırlanmasında kullanılır. Genel olarak çam fıstığı aynı zamanda iyi bir B<sub>1</sub> vitamini kaynağıdır (tiamin) (Özgüven ve Vursavuş, 2004).

Çam fıstığı gıda endüstrisinde kullanılmaktadır. Fıstıkçanı kozalakları toplandıktan ve kırıldıktan sonra içerisinden çıkan tohumların iç kısmını oluşturan çam fıstığı (findık), herhangi bir işleme ihtiyaç duymadan yenilebilmektedir. Beyazımsı bir renge ve özel bir aromaya sahiptir. Yüksek oranda protein ve mineral içerir. Tıpta da önemli bir yere sahiptir ve ateroskleroz, hipertansiyon, duodenum, mide ve siroz tedavisinde etkilidir. Ayrıca keklerde ve diğer yiyeceklerde de kullanılır. Çam fıstığından elde edilen yağ şekerleme, sebze yemekleri, margarin üretimi ve kozmetik endüstrisinde önemli bir yere sahiptir (Örnek ve ark., 2015).

Çam fıstığı çiğ olarak yendiği gibi veya kızartılarak; ekmekler, şekerler, soslar ve keklerin yanı sıra sebze ve et yemekleri gibi çeşitli geleneksel yemeklere içerik olarak dahil edilirler. Çam fıstığı iyi bir besin kaynağıdır. *Pinus pinea* tohumlarının %5.6 nem, %31.1 protein, %47.4 yağ, %10.7 karbonhidrat ve %4.3 mineral maddelerden oluştuğu bildirilmektedir. Vitaminlerden özellikle B<sub>1</sub> ve B<sub>2</sub>, mineral maddelerden ise özellikle potasyum ve fosforu açısından oldukça zengin bir yağlı tohumdur. Düzenli çam fıstığı tüketimi, hem koroner kalp hastalıkları hem de miyokard enfarktüsü riskini de azalttığı bildirilmektedir. Bu etki, yüksek miktarda linoleik asit nedeniyle yağ asidi bileşimine atfedilir (Vahid ve Javad, 2010).

Son on yılda, çam fıstığı tüketiminin sağlık üzerinde olumlu etkilerinin olduğunu belirten yayınların ve kanıtlar artması nedeniyle çam fıstığı talebi artmıştır. Bu çalışmalarda, çok değişkenli analizler sonucu ölüme neden olabilen birçok rahatsızlık (kanser, kalp ve solunum yolu hastalığı) ile çam fıstığı tüketimi arasında ters bir ilişki olduğunu gözlemlenmiştir (Lutz ve ark., 2017).

Çoğu cevizin/fıstığın yağ içeriği 440 ila 740 g/kg arasında değişmektedir (USDA Veri Tabanı, 2015; Lutz ve ark., 2017). Çam fıstığının ise yaklaşık 500 g/kg'a ulaşmaktadır (Evaristo, Batista, Correia, Correia ve Costa, 2010; Lutz ve ark., 2017). Çoğu kuruyemişlerin yağ oranının yüksek ve enerji yoğun gıdalar olmasına rağmen, bu tohumların sağlıklı bir yağ asidi profiline sahip olduğu kabul edilmiştir (Mattes & Dreher, 2010; Lutz ve ark., 2017). ABD Gıda ve İlaç İdaresi ve Kanada Kardiyovasküler Topluluğu gibi sağlık bilim toplulukları ve mevzuat kuruluşları, kalp-damar hastalıkları riskini önlemek için sağlıklı bir diyetle düzenli olarak findık tüketilmesini tavsiye etmektedir (FDA, 2003; Lutz ve ark., 2017).

Çam fıstığının kardiyovasküler rahatsızlıklar üzerinde koruyucu etkisi bulunan bileşenleri arasında doymamış yağ asitleri, fitosteroller, çeşitli tokoferoller ( $\alpha$ ,  $\gamma$ - ve  $\delta$  tokoferoller) ve skualen bulunur. Kuruyemişlerden elde edilen yağlarda, genellikle oleik asit (18: 1n-9) içeren tekli doymamış yağ asidi içeriği yüksek olsa da, çam fıstığı yağı ise çoklu doymamış (PUFA) yağ asitlerince, özellikle linoleik asit (18: 2n) açısından zengin bir yağ asidi profiline sahiptir. Ayrıca, çam fıstığı yağının bağırsakta kolesterolün emilimini engellediği ve böylece toplam plazma kolesterolünü ve LDL seviyelerini düşürdüğü bildirilmektedir. Aynı zamanda, çam fıstığı yağı önemli bir fitosterol kaynağıdır. Bu bileşikler, anti-enflamatuar, anti-aterojenik ve antioksidan aktivitelerin yanı sıra antikanser etkilerin de dahil olduğu diğer faydalı özelliklere sahiptir. Çam fıstığı içeriğindeki çeşitli biyoaktifler bileşenler arasında fenolik maddeler de bulunmaktadır. Ancak içerikleri diğer fıstıklara oranla daha düşüktür. Çam fıstığındaki toplam fenolik madde miktarının USDA veritabanı göre (2015) 68 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 mg, Phenol-Explorer veritabanı göre ise 58 mg GAE/100 mg olduğu bildirilmektedir. Aynı zamanda, Phenol-Explorer veritabanı göre, düşük miktarlarda da olsa matairesinol ve sekoizolariciresinol (sırasıyla 0.2 ve 0.4 mg / kg) gibi lignan içeriğine sahiptir (Lutz ve ark., 2017).

### 2.3. Çam Fıstığı İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Çam fıstığının nem içeriği, “TS 1771 Çam Fıstığı” standardında %34 olarak belirlenmiştir. (TSE, 2014a). Tohumların ortalama protein içeriği %31.6 olarak bulunmuştur. Benzer sonuçlar Farris (1983) ve Ruggeri, Cappelloni, Gambelli, Nicoli ve Carnovale (1998) tarafından da rapor edilmiştir. Tüm *Pinus* çeşitleri arasında en yüksek protein içeriği (%34) *P. pinea* için rapor edilmiştir (Lanner, 1981). Bu çalışmada ortalama olarak yağ miktarı %44.9 olarak belirlenmiştir. Wolff ve Bayard (1995) bazı çeşit çam tohumu yağ içeriğinin %31’den %68’e değiştiğini bildirmişlerdir. İtalya’da analiz edilen ticari çam fıstığı numuneleri (*P. pinea*), %50.3 yağ içerdiği tespit edilmiştir (Ruggeri et al., 1998). Genel olarak, çam tohumları yağ bakımından zengindir ve içerikleri türlere ve çevresel faktörlere göre değişiklik göstermektedir (Nergiz ve Dönmez, 2003).

Özgüven ve Vursavuş (2005), tarafından gerçekleştirilen çalışmada çam fıstığının depolama, aktarma ve işleme ünitelerinin dizaynında önemli olan bazı fiziksel, mekanik ve aerodinamik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bergama yöresine ait çam fıstıklarının kullanıldığı çalışmada çam fıstığının boyut, küresellik, hacim, yüzey alanı, izdüşüm alanı, yoğunluk, statik

sürtünme katsayısı, yığılma açısı ve farklı yükler altındaki kırılma kuvvetleri incelenmiştir. Çam fıstığının majör, minör ve ara çap uzunlukları incelendiğinde bademden küçük, Makadamyaya cevizinden büyük olduğu bildirilmiştir. Ayrıca çam fıstığının şekil olarak bir küreden oldukça uzak olması nedeni ile yuvarlak deliklere sahip eleme ve ayıklama makinelerinde deliklerden geçmesinin zor olacağı ifade edilmiştir. Çam fıstığının yer fıstığından fazla, fındık ve bademden ise daha az kütleye sahip olduğu, leblebi ve kayısı çekirdeğinden ise yoğunluk olarak düşük olduğu saptanmıştır.

Nergiz ve Dönmez (2003), özellikle Türkiye’de yetişen çam fıstığının kimyasal kompozisyonuna ilişkin literatür verilerinin oldukça kısıtlı olmasından dolayı *Pinus pinea L.* tohumlarının kimyasal kompozisyonunu ve besin değerini inceledikleri çalışmalarında (Tablo 2.3.) Bergama yöresine ait çam fıstıklarını kullanmışlardır. Çam fıstığı örnekleri, Bergama-İzmir’deki özel çam fıstığı işleme fabrikası, Tarımsal Kalkınma Kooperatifi ve Orman İşletme Müdürlüğü’nden temin edilmiştir.

**Tablo 2.3.** Çam Fıstığı (*Pinus pinea L.*) Tohumlarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (Nergiz ve Dönmez, 2003)

| <b>ÇAM FISTIĞI (<i>Pinus Pinea L.</i>)</b> |              |
|--------------------------------------------|--------------|
| <b><u>Fiziksel Özellikleri</u></b>         |              |
| Tohum sayısı/100g                          | 146 ± 6.83   |
| Uzunluk (mm)                               | 18.34 ± 2.08 |
| Genişlik (mm)                              | 8.83 ± 0.9   |
| Kabuk (%)                                  | 72.51 ± 1.16 |
| Et (%)                                     | 27.28 ± 1.16 |
| Deri (Zar) (%)                             | 0.237 ± 0.01 |
| <b><u>Kimyasal Özellikleri (%)</u></b>     |              |
| Nem                                        | 5.1 ± 0.01   |
| Kül                                        | 4.5 ± 0.07   |
| Yağ                                        | 44.9 ± 0.37  |
| Ham Protein                                | 31.6 ± 2.1   |
| Karbonhidrat                               | 13.9 ± 2.07  |
| Toplam Çözünür Şeker                       | 5.15 ± 0.22  |
| İndirgen Şeker                             | 0.70 ± 0.05  |
| Sükroz                                     | 4.30 ± 0.16  |
| Enerji değeri (kcal)                       | 58 ± 3.8     |

Nergiz ve Dönmez (2003) tarafından yapılan bu çalışmada; çam fıstığının fiziksel özelliklerinden uzunluğunun 18.34 mm, genişliğinin 8.83 mm, kabuk oranının %72.51, et oranının %27.28, zar oranının %0.237 olduğu belirlenmiştir. Kimyasal özelliklerinden ise nem içeriğinin %5.1, kül miktarının %4.5, yağ oranının %44.9, ham protein miktarının %31.6, toplam çözünebilir şeker miktarının %5.15, enerji değerinin ise 58 kcal/100 g olduğu saptanmıştır. Çam fıstığındaki önemli doymamış asitlerinin oleik ve linoleik asitler olduğu, temel doymuş yağ asitlerinin ise palmitik, stearik ve lignoserik asitler olduğu belirlenmiştir. Çam fıstığında potasyum, fosfor ve magnezyumun gibi mineral maddelerin yüksek miktarlarda bulunduğu bu elementleri sırasıyla kalsiyum, sodyum, demir, manganez, çinko ve bakırın izlediği saptanmıştır. Çam fıstığının askorbik asit, tiamin ve riboflavin içeriğinin ise sırasıyla 2.50, 1.50 ve 0.28 mg/100 g olduğu belirlenmiştir (Nergiz ve Dönmez, 2003).

Nasri ve ark. (2005), Akdeniz havzasında 5 farklı bölgeden alınan *Pinus pinea* L. tohumlarından elde edilen yağların yağ asidi kompozisyonun incelemiştir. Bu araştırmada, tam olarak olgunlaşmış çam fıstıklarının yağ içeriğinin kuru madde esasına göre % 44.69-51.87 arasında değiştiği belirlenmiştir. Tunus'ta yetiştirilen *Pinus pinea* L. tohumlarının lipit içeriği yönünden zengin olduğu ve kuru madde esasına göre % 47.05 olduğu tespit edilmiştir. Temel bileşen analizi uygulandığında, tüm popülasyonlardaki çam fıstığı yağlarının yağ asidi bileşiminin benzer olduğu ve coğrafi değişkenlik göstermediği, çoğunlukla doymamış yağ asitlerinden oluştuğu belirlenmiştir (Nasri ve ark., 2005).

Gönültaş ve Uçar (2013) fıstıkçamının kozalaklarının, odun ve ibrelerinin kimyasal karakterizasyonunun belirlenmesine yönelik yaptıkları araştırmada, *Pinus pinea*'nın olgun kozalakları, gövde odunu ve ibreleri kimyasal bileşimleri açısından incelenmiştir. Araştırmada kullanılan örnekler, Fıstıkçamı türünün Türkiye'de doğal yayılışını gösterdiği İzmir Bergama Kozak Göbeller ve Aşağı Cuma mevkisi, Bursa Armutlu Müftüçiftliği mevkisi ve Artvin Çoruh Cerattepe Mevkii Gen Koruma ormanından alınmıştır (Gönültaş ve ark., 2013). Bu amaçla, öncelikle kozalaklar ve odunda temel odun analizleri yapılmıştır. Sonra kozalak, holoselüloz ve odun örneklerinde asitte ve klasonda çözünür lignin miktarı belirlenerek bilanço analizleri çıkarılmıştır. Ayrıca kozalak numunelerinde fenolik bileşenleri incelenmiş ve bu atığın tanen endüstrisinde değerlendirilebilme olanakları araştırılmıştır (Gönültaş ve ark., 2013). Fıstık çamlarının Türkiye'de doğal olarak yetiştiği üç farklı bölgeden alınan taze ibre örnekleri ilk olarak su buharı destilasyonuna tabi tutulmuş sonrasında elde edilen eterik yağ GC-MS'de

analiz edilerek incelenmiştir. İbrelerin uçucu bileşenlerinin belirlenmesi ile literatürde Türkiye’de yetişen fıstıkçamı ile ilgili bilgi boşluğunun giderilmesi de hedeflenmiştir (Gönültaş ve ark., 2013).

Gönültaş ve Uçar (2013) tarafından yapılan bu çalışmada, kimyasal analizler sonucu kozalaklar, içerdiği ekstraktif madde miktarı bakımından kıyaslandığında en düşük değerler Çoruh bölgesinden alınan numunelerde tespit edilmiştir. Ardışık yapılan alkol-sikloheksan, alkol ve % 1’lik NaOH ekstraksiyonu sonrası toplam ekstraktif madde miktarları %23-30 civarında değişim göstermiştir. Kozalaklardaki kül miktarları, oduna kıyasla daha yüksek (%1) olduğu saptanmıştır. Çoruh bölgesinden alınan örneklerde ise bu oranın daha düşük olduğu belirlenmiştir (Gönültaş ve ark., 2013).

Temel odun bileşenlerinden birisi olan lignin bakımından incelendiğinde, genel olarak kozalaklarda asitte çözünmeyen kalıntı lignin miktarları %33-38 civarı değerlerle, oduna oranla daha yüksek bulunmuştur. Asitte çözünür lignin miktarları da iğne yapraklı odununa kıyasla daha fazla (yaklaşık %1) olmuştur. Ayrıca kozalaklardaki fenolik bileşiklerin % 1’lik NaOH ekstraksiyonu ile uzaklaştırıldıktan sonra, asitte çözünmeyen lignin analizi yapılmış ve bulunan değerler ise yaklaşık % 24 civarında olmuştur. Bu değerlerin genelde iğne yapraklı ağaç odunu lignine kıyasla daha düşük olduğu gözlenmiştir. Kozalaklarda yapılan holoselüloz analizlerinde elde edilen yüksek lignin oranını karşılayacak şekilde, oduna kıyasla daha düşük değerler bulunmuştur (Gönültaş ve ark., 2013).

Aynı çalışmada (Gönültaş ve ark., 2013), kozalaklarda fenolik bileşiklerin iki farklı tanen yöntemi ve hidrolize tanen yöntemleri ile araştırılmıştır. Örneklerdeki toplam fenol miktarları %20-29 arasında değişim gözlenmişken, kondense tanen miktarları %9-13 arasında değişim göstermiştir. Toplam ekstraktif madde miktarı öz odun numunelerinde (%18-22), diri odunlara kıyasla (% 3- 5) daha fazla bulunmuştur. Odun örneklerindeki toplam lignin değerleri ise (% 27.6–29.8) kozalağa oranla daha düşük olarak bulunmuştur. Buna karşılık holosellüloz değerleri daha yüksek olmuştur. Ayrıca bu çalışmada Kozak bölgesinden alınan taze ibrelerden elde edilen eterik yağ analizinde ana bileşen olarak %19.96 ile limonen ve bunun yanı sıra %9.95  $\alpha$ -terpinol, %3.66 laurik asit, %3.63  $\beta$ -karyofilen ve %2.75 linalool belirlenmiştir (Gönültaş ve ark., 2013).

Eser (2008) tarafından yapılan çalışmada ise, farklı ambalajlar ve depolama koşullarında saklanan kavrulmamış ve kavrulmuş çam fıstıklarının bir yıl boyunca kalite özelliklerindeki (lezzet profili, nem, asitlik, peroksit ve TBA analizleri) değişimler incelenmiştir (Eser, 2008). Lezzet profili analizi ile kavrulmamış çam fıstığında; tatlı, yağlı, çam, kuru saman, yaş odun, kavrulmuş çam fıstığında ise tatlı, kavrulmuş yer fıstığı, un kurabiyesi, yağlı, ekşi, çam, kavrulmuş ay çekirdeği ve kuru odun temel duyuşal karakterleri belirlenmiştir. Depolama süresince bu karakterlerin azaldığı ve depolama sonunda okside, depo, acı, sabunumsu ve plastik gibi olumsuz lezzet karakterlerinin oluştuğu saptanmıştır (Eser, 2008). Bu çalışmada, 52 hafta sonunda, kavrulmamış ve kavrulmuş çam fıstığı numuneleri için en uygun depolama sıcaklığının  $-18^{\circ}\text{C}$ , ambalaj materyalinin ise PET/metPET/PE olduğu, kavrulmamış ve kavrulmuş çam fıstığı örneklerinin söz konusu koşullarda çalışmada ele alınan kalite özellikleri bozulmadan sırasıyla 54 ile 48 hafta boyunca depolanabilecekleri belirlenmiştir (Eser, 2008). Söz konusu koşullarda depolanan kavrulmamış ve kavrulmuş çam fıstığı örneklerinin raf ömrü süreleri sonunda nem değerleri sırasıyla %4.51 ve %0.61; asitlik değerleri sırasıyla 0.92 ve 1,65 mg KOH/g yağ, peroksit değerleri sırasıyla 1.73 ve 13.02 meq  $\text{O}_2/\text{kg}$  yağ; TBA değerleri sırasıyla 1.03 ve 0.92 mg malonaldehit/kg örnek olarak bulunmuştur. Kavrulmamış ve kavrulmuş çam fıstığı örneklerinin PE ambalajda PET/metPET/PE ambalaja kıyasla daha kısa süreli depolanabileceği gözlenmiştir. Vakumlu PET/metPET/PE ambalajdaki ürünlerin raf ömürlerinin de PET/metPET/PE ambalaja kıyasla daha kısa olduğu ve söz konusu ambalaj çeşidinin tüm örneklerde doku bozulmasına neden olduğu belirlenmiştir.

Sarı ve Elmacı (2012), tarafından yapılan araştırmada Türkiye’de yetişen Kozak, Aydın ve Maraş çidei çam fıstıklarının lezzet özelliklerinin objektif ve duyuşal teknikler kullanılarak belirlenmesi hedeflenmiştir. Çam fıstıklarının uçucu bileşenlerinin kantitatif olarak belirlenmesinde katı faz mikro ekstraksiyonu (SPME)-gaz kromatografisi/kütle spektrometresi (GC/MS) yöntemi kullanılmış, lezzet özelliklerinin duyuşal olarak tanılandırılmasında (Tablo 2.4.) ise Lezzet Profili Analizi (LPA) tekniğinden faydalanılmıştır. SPME-GC/MS tayinleri sonucunda çam fıstığı örneklerinde ortak uçucu bileşenler olarak  $\alpha$ -pinen, limonen, p-simen, benzaldehit, tetradekan,  $\alpha$ -longipinen,  $\alpha$ -kopaen, karyofilen,  $\delta$ -kadenin,  $\delta$ -murolen,  $\alpha$ -amorfen, kalamen, kadina-1,4-dien ve butanedioik asit ve metil-bis (1-metilpropil) ester belirlenmiştir. Lezzet profili analizi sonucundaysa çam fıstıklarında belirlenen ortak duyuşal tanımlayıcı karakterler yaş odun, sütlü, yer fıstığı ve yeşil olarak sıralanmıştır (Sarı ve ark., 2012).

**Tablo 2.4.** am fıstıklarında saptanan duyuusal terimler ve bu terimlerle ilgili referanslar

| DUYUSAL TERİM | REFERASLAR                     |
|---------------|--------------------------------|
| Yer Fıstığı   | Yer Fıstığı                    |
| Yaş Odun      | İslatılmış Odun                |
| Odun          | Odun Parçası                   |
| Yeşil         | Bezelye                        |
| Tatlı         | 5.76 g/L Sakkaroz özeltisi    |
| Acı           | 0.195 g/L Kafein özeltisi     |
| Ekşi          | 0.43 g/L Sitrik Asit özeltisi |
| am           | $\alpha$ -Pinen                |
| Sütlü         | Tam Yağlı Süt                  |
| Tüsü          | Referans Kullanılmamıştır      |
| Yağlı         | Referans Kullanılmamıştır      |

Elvaristo ve ark. (2013), Portekiz’de yetiştirilen *Pinus pinea L.* ve *Pinus koraiensis Sieb & Zucc.*’nin kimyasal yapısını inceleyerek ticari açıdan karşılaştırılmışlardır. Bu çalışmada materyal olarak Portekiz’de 27 farklı popölasyondan alınan am fıstıklarının ortalama yağ içeriğinin 47.7 g/100 g, protein oranının 33.9 g/100 g ve fosfor miktarının 1130 mg/100 g, nem içeriğinin 5.9 g/100 g ve nişasta oranının da 3.5 g/100 g olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca iyi bir çinko, demir ve manganez kaynağı oldukları saptanmıştır (Elvaristo ve ark., 2013).

Şen ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, Türk am fıstığı kabuklarının ve çekirdeklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiş ve ayrıca, am fıstığının bileşimindeki ve besleyici değeriindeki değışimler mevcut iklim koşullarına göre değerlendirilmiştir. Yıllık koşulların çekirdek uzunluğu üzerindeki etkisi belirgin olmamakla birlikte çekirdek genişliği üzerinde önemli bir etki yarattığı gözlenmiştir. Ortalama çekirdek uzunluğu ve genişliği sırasıyla 14.25 mm ve 5.48 mm’dir. (Şen ve ark., 2015).

Kadri ve ark. tarafından 2015 yılında yapılan bir çalışmada; Kuzey Cezayir’de yetişen bazı *Pinus* türlerinin (*Pinus halepensis Mill.*, *Pinus pinea L.*, *Pinus pinaster* ve *Pinus canariensis*) tohumlarının fiziko-kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre am fıstığı tohumlarının yağ oranlarının %19.8–36.7, protein içeriklerinin %14.25–26.62 ve nem miktarlarının da %7.8–8.6 arasında değıştiği belirlenmiştir. Tohumlarda bulunan başlıca elementlerin fosfor, potasyum ve magnezyum olduğu tespit edilmiştir. *Pinus* tohumundan elde edilen yağların asitliklerinin 4.9-68.9 mg/100g iyot sayısı değeriinin 93.3-160.4 g I<sub>2</sub>/100 g ve

sabunlaşma değerlerinin 65.9-117.9 mg KOH/g arasında değiştiği saptanmıştır. Yağ asidi analizi sonucunda ise başlıca doymamış yağ asitlerinin linoleik asit (%30-59) ve oleik asit (%17.4-34.6), doymuş yağ asidinin ise palmitik asit (% 5–29) olduğu belirlenmiştir. GCMS ile yapılan uçucu yağların bileşen analizinde *P. halepensis* Mill., *P. pinaster* ve *P. Canariensis*'deki başlıca uçucu bileşenin sırasıyla 3.1, 7.5 ve 10.8 nispi yüzdeye sahip limonen olduğunu göstermiştir (Kadri ve ark., 2015).

Álvarez ve ark. (2017), tarafından yapılan çalışmada da, Şili'deki üç farklı coğrafi makrozonda yetiştirilen *Pinus pinea* L.'den toplanan çam fıstıklarının bileşimi ve besin değeri araştırılmıştır. Farklı üç bölgede yetiştirilen çam fıstıklarının yağ oranlarının 422.5–469.2 g/kg ve protein miktarlarının 320.0–352.5 g/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, fitosterol bileşiminde baskın olan sterolün  $\beta$ -sitosterol olduğu (ortalama  $18177.7 \pm 763.8$   $\mu\text{g/kg}$  yağ) ve tokoferoller açısından da E vitaminin bir izomeri olan  $\gamma$ -tokoferol (ortalama  $1071.1 \pm 109.8$   $\mu\text{g/kg}$  yağ)'ün başlıca tokoferol olduğu belirlenmiştir. Çam fıstığı yağının fenolik madde içeriğinin de ortalama  $0.34 \pm 0.05$  mg GAE/g olduğu saptanmıştır. C vitamini içeriğinin ise  $27.7 \pm 1.4$  mg/kg ve ORAC değerinin de ortalama  $8.54 \pm 0.03$   $\mu\text{mol}$  Trolox eşdeğeri/g olduğu tespit edilmiştir. Çam fıstığı yağlarının yağ asidi kompozisyonu incelendiğinde de, başlıca doymamış yağ asitlerinin linoleik asit ve oleik asit olduğu görülmüştür (Alvarez ve ark., 2017).

Xie ve ark. (2016); çam fıstığı yağının, yağ asidi kompozisyonunun %14–19'unu pinolenik asidin (PNLA) oluşturduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada, hayvan ve insanlarda in vitro düzeyde yapılan çalışmalarda çam fıstığı yağı (PNO) ve pinolenik asit (PNLA)'in etkileri araştırılmıştır. PNLA'nın, anti-enflamatuar etkisi nedeniyle lenfosit fonksiyonunu düzenlemeye yardımcı etkisi bulunduğu bildirilmiştir. PNO ve PNLA'nın kandaki tokluk hormonlarının konsantrasyonlarını önemli düzeyde arttırarak iştah kontrolü üzerinde olumlu etkileri olduğu da saptanmıştır. PNO içeren yüksek yağlı diyetler ile beslenen farelerde daha az kilo alımı ve yağ birikimi olduğu gözlenmiştir. In vitro araştırmalar, PNLA'nın, serbest yağ asidi reseptörleri 1 ve 4'ün birlikte aktivasyonu için glikoza bağımlı insülin sekresyonunu ve insülin duyarlılığını arttırabilecek güçlü bir çift agonist (istenilen hareketi, kasılarak gerçekleştiren kas) olduğunu göstermiştir. PNO, serumda antioksidan koruyucu enzimlerin aktivitesini arttırmış ve lipid peroksidasyonunun bir göstergesi olan malondialdehid konsantrasyonunu azaltmıştır.

Leo ve Vanhanen (2013) tarafından yapılan çalışmada, Yeni Zelanda’da farklı bölgelerde yetiştirilen yedi farklı çam fıstığı çeşidinde [Armand çamı (*Pinus armandii* Franch), İsviçre fıstıkçamı (*Pinus cembra* L.), Meksikalı pinyon (*Pinus cembroides* Zucc. var. Bicolor Little), Coulter çamı (*Pinus coulteri* D. Don), Johann çamı (*Pinus johannis* MF Robert), İtalyan çamı (*Pinus pinea* L.) ve Torrey çamı (*Pinus torreyana* Parry ex Carrière)] ICP-OES cihazı ile mineral madde içerikleri (Al, B, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, S ve Zn) belirlenmiştir. Yeni Zelanda’da yetişen çam fıstıklarının Cu, Mg, Mn, P ve Zn açısından iyi bir kaynak olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, *Pinus coulteri* D. Don’da ise Al veya Na belirlenememiştir.

Gölge ve Ova (2007), gıda ışınlamasının çam fıstığı çekirdeklerinin kalitesi üzerine etkilerini incelediği bir çalışmada, çam fıstığı 0.5, 1.0, 3.0 ve 5.0 kGy dozları ile gama ışıması işlemine tabi tutulmuş ve kimyasal, fiziksel ve duyuşal özellikleri 3 aylık depolama süresince incelenmiştir. Elde edilen bulgular çam fıstığı çekirdeklerinin peroksit değerlerinin dozda artışa paralel olarak arttığını göstermiştir. Buna karşılık, ışınlama işleminin doku ve renk, yağ asidi bileşimi ve duyuşal nitelikler gibi kalite özellikleri üzerinde hiçbir etkisinin bulunmadığı gözlenmiştir.

Salgın ve Salgın tarafından 2012 yılında yapılan bir çalışmada ise, çam fıstığından yağ ekstraksiyonunda işlem parametrelerinin etkisi incelenmiş ve yeşil çözücüler (sadece CO<sub>2</sub> veya etanol ile karıştırılarak) kullanılarak *Pinus pinea* L.’den lipidlerinin süperkritik sıvılarla ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda, 30 MPa ve üzerindeki basınçlarda süperkritik CO<sub>2</sub> ekstraksiyonundan elde edilen ekstraksiyon verimlerinin (0.477 ila 0.488 g PKL g<sup>-1</sup> kuru PK’dan) organik çözücü ekstraksiyonundan elde edilen ekstraksiyon veriminden (0.472 g PKL g<sup>-1</sup> kuru PK) daha iyi olduğunu göstermiştir.

Lee ve ark. (2011), çam fıstığı yağının enzimatik ekstraksiyonunun yüzey tepki metodolojisi ile optimize edilmiştir. Bu çalışmada, çam fıstığından yağı çıkarmak için alkalaz endo-proteaz enzimi kullanılmış ve deney parametrelerini optimize etmek için yanıt yüzey yöntemi kullanılmıştır. Belirlenen optimum koşullarda gerçekleştirilen enzimatik ekstraksiyon sonucu çam fıstığı yağının yağ asidi kompozisyonunun palmitik asit (%3.89), oleik asit (%19.44), linoleik asit (%50.09), linolenik asit (%0.58) ve stearik asit (% 1.53)’den oluştuğu tespit edilmiştir.

Demirci ve ark. (2015), Türkiye’de yetiştirilen *Pinus pinea* L.’nin esansiyel yağlarını karakterize etmiş ve antimikrobiyal etkilerini araştırılmışlardır. Bu amaçla, Muğla Ortaca’dan toplanan fıstıkçamı ağacına ait iğneli yaprakları Clevenger uçucu yağ düzeneğinde su ile damıtma işlemine tabi tutulmuş ve GC-FID ve GC-MS ile analiz edilmiştir. Yaklaşık otuz bileşen karakterize edilmiş (Tablo 2.5.) ve bu bileşenlerin başlıcalarının limonen (%54.6),  $\alpha$ -pinen (%4.0), myrcene (%2.4) ve  $\alpha$ -phellandrene (%2.4) olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 2.5.** *Pinus pinea* L. Esansiyel Yağının Kimyasal Bileşimi

| RRI  | BİLEŞİKLER                         | %    |
|------|------------------------------------|------|
| 1032 | $\alpha$ -Pinene                   | 4.0  |
| 1118 | $\beta$ -Pinene                    | 1.7  |
| 1132 | Sabinene                           | 0.1  |
| 1174 | Myrcene                            | 2.4  |
| 1176 | $\alpha$ -Phellandrene             | 2.4  |
| 1203 | Limonene                           | 55.0 |
| 1210 | $\beta$ -Phellandrene              | 7.4  |
| 1266 | (E)- $\beta$ -Ocimene              | 1.7  |
| 1280 | p-Cymene                           | 0.2  |
| 1290 | Terpinolene                        | 0.4  |
| 1479 | $\delta$ -Elemene                  | 0.5  |
| 1553 | Linalool                           | 0.4  |
| 1583 | Longifolene                        | 1.0  |
| 1590 | Bornyl Acetate                     | 0.3  |
| 1612 | $\beta$ -Caryophyllene             | 4.0  |
| 1617 | 6,9-Guiadiene                      | 0.6  |
| 1637 | p-Menth-1en-9-ol                   | 0.5  |
| 1596 | $\alpha$ -Guaiane                  | 0.9  |
| 1687 | $\alpha$ -Humulene                 | 0.9  |
| 1704 | $\gamma$ -Muurolene                | 0.2  |
| 1706 | $\alpha$ -Terpineol                | 1.6  |
| 1707 | $\delta$ -Selinene                 | 2.2  |
| 1726 | Germacrene D                       | 1.9  |
| 1868 | (E)-Geranyl Acetone                | 0.7  |
| 2103 | Guaiol                             | 2.1  |
| 2183 | Selina-6en-4ol                     | 0.7  |
| 2185 | $\gamma$ -Eudesmol                 | 0.3  |
| 2503 | Dodecanoic Acid /Lauric acid)      | 2.3  |
| 2622 | Phytol                             | 1.0  |
| 2705 | Tetradecanoic Acid (Myristic acid) | 0.7  |
| 2931 | Hexadecanoic acid (Palmitic acid)  | 1.9  |

RRI: n-alkanlara karşı hesaplanan rölatif tutulum indeksleri, %: FID verilerine göre yüzde, tr: Trace (<0,1%)

Kızılarıslan ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada, *Pinus* cinslerinin (*Pinus pinea* L., *Pinus brutia* Ten., *Pinus halepensis* Mill., *Pinus nigra* Arnold ve *Pinus sylvestris* L.) etnobotanik açıdan kullanımları araştırılmıştır. *Pinus* orman arazilerinin içinde veya yakınında birçok yerleşim yeri bulunduğundan, *Pinus* türlerinin sağlık açısından kullanımı yerel halk arasında çok yaygındır. Bu amaçla, 2011 yılına kadar Türkiye'nin farklı bölgelerinde gerçekleştirilen 130 etnobotanik ve geleneksel tıbbi çalışma incelenmiş ve 54 *Pinus* çeşidinin kullanımı derlenmiştir. Araştırmalarda *Pinus* çeşitlerinin en yaygın tıbbi kullanım alanının solunum sistemi hastalıkları olduğu belirtilmiştir. Bunun dışında diğer kullanım alanlarının ise gıda, veteriner ilaçları, boya, yakacak odun, el işi, vb. olduğu bildirilmiştir.



### 3. MATERİYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

Araştırmamızda kullanılan çam fıstıkları (*Pinus pinea L.*) doğrudan İzmir ili Bergama ilçesinde faaliyet gösteren çam fıstığı işleme fabrikasından ve Adana Orman Bölge Müdürlüğü Karataş İlçesi Kapıkum köyü Akyatan Kumul Ağaçlandırma Sahası içerisinde bulunan fıstıkçamlarından temin edilmiştir. Bergama bölgesinde faaliyet gösteren çam fıstığı işleme fabrikasından alınan çam fıstıkları kozalaklıktan çıkartılmış kabuklu çam fıstığı halinde alınmıştır. Adana ili Akyatan bölgesinden alınan çam fıstıkları ise kozalaklı olarak alınmış ve kozalaklarından ayrılarak kabuklu çam fıstıkları elde edilmiştir.

Çam fıstıklarından yağ çıkarma işlemi; Karaerler firması (Ankara, Türkiye) tarafından üretilen NF500 model soğuk pres yağ makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Yağ asidi metil esterinden oluşan 37'li standart karışım (FAME) Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiştir (St. Louis, MO, USA). Betulin [Lup-20(29)-ene-3 $\beta$ , 28-diol), >98% saflıkta] iç standardı da Sigma-Aldrich firmasından (St. Louis, MO, USA) alınmıştır.

HPLC saflığındaki tüm organik çözücüler Sigma-Aldrich firmasından Delta Kimya (Adana, Türkiye) firması aracılığı ile satın alınmıştır. Ayrıca olarak kullanılan diğer tüm kimyasallar (analitik kalitede) Delta Kimya'dan satın alınmıştır. Çalışmada Elga Purelab OptionQ su sistemi (Anamed ve Analitik Grup, Türkiye) kullanılmıştır.

#### 3.2. Metot

##### 3.2.1. Çam Fıstığı Tohumlarının Genel Özellikleri

###### 3.2.1.1. En – Boy Oranı

Rastgele seçilen 20 adet çam fıstığının eni (mm), boyu (mm) ve en-boy oranları (%) bir kumpas yardımı ile ölçülmüş ve tanenin fiziksel özellikleri belirlenmiştir.

###### 3.2.1.2. Yüz Tane Ağırlığı

Çam fıstığı yağı üretiminde kullanılmak üzere temin edilen kabuklu çam fıstıklarından rastgele seçilen 100 tanesinin ağırlığı hassas terazi (0.0001 hassasiyette) ölçülerek belirlenmiş ve g/100

adet olarak ifade edilmiştir. Böylelikle, çam fıstığı tanelerinin ağırlık, dolgunluk, cılızlık durumu hakkında bilgi sahibi olmak amaçlanmıştır.

#### **3.2.1.3. Kabuk – İç Oranı**

Tane ağırlığının tespiti amacıyla rastgele seçilen çam fıstıklarının kabukları kırılarak, iç kısımları (badem/fıstık) ve kabukları birbirinden ayrılarak hassas terazide tartılmış ve kabuk-iç oranı yüzde (%) olarak ifade edilmiştir.

#### **3.2.1.4. Nem Tayini**

Kabukları kırılarak ayrılan çam fıstıklarının nem miktarları, kurutma ile numunedeki suyun uçurulması ve ağırlıklarında meydana azalmanın ölçülmesi suretiyle belirlenmiş ve yüzde (%) olarak ifade edilmiştir.

Bu amaçla, Ohaus MB45 model otomatik nem ölçer cihazı (Şekil 3.1.) kullanılmıştır. Otomatik nem cihazında, sıcaklığa dayanıklı alüminyum kurutma kabının içerisine blenderde öğütülmüş yaklaşık 3-5 g arasında numune koyulmuştur. Cihaz 105 °C'ye ayarlanmış ve gerekli ısıtma işlemi halojen lamba yardımıyla gerçekleştirilmiş ve numunedeki suyun uçurulması ve ağırlıklarında meydana azalma ölçülerek çam fıstıklarının nem miktarı yüzde (%) olarak belirlenmiştir.



**Şekil 3.1.** Ohaus MB45 Model Otomatik Nem Ölçer Cihazı

### 3.2.1.5. Ham Protein Tayini

Kjeldahl yöntemiyle protein halinde bulunmayan aminler, amidler ve amonyum gibi azot içeren tüm bileşikler de protein ile aynı şekilde belirlendiğinden bu yönteme ham protein tayini adı verilmiştir.

Çam fıstıklarında ham protein miktarının tayini, numunenin belirli bir miktarının  $H_2SO_4$  (sülfürik asit) ile yakılmasıyla içerisindeki tüm azotun  $(NH_4)_2SO_4$  (Amonyum sülfat) formuna dönüştürülmesi, çözeltinin NaOH kullanılarak bazikleştirilmesi ile açığa çıkan  $NH_3$ 'ün damıtılarak belirli standart bir asit çözeltisi içinde toplandıktan sonra bu azotun uygun bir titrasyon yöntemi ile titre edilerek miktarının belirlenmesine ilkesine dayanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, Gerhardt Vapodest 45S model Keltek cihazı (Şekil 3.2.) kullanılarak Kjeldahl yöntemi esas alınarak organik kökenli azot miktarı hesaplanmış ve ham protein miktarı kurumadde esasına göre yüzde (%) olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.2. Gerhardt Vapodest 45S Azot/Protein Tayin Cihazı

### 3.2.2. Çam Fıstığından Ham Yağ Çıkarılması

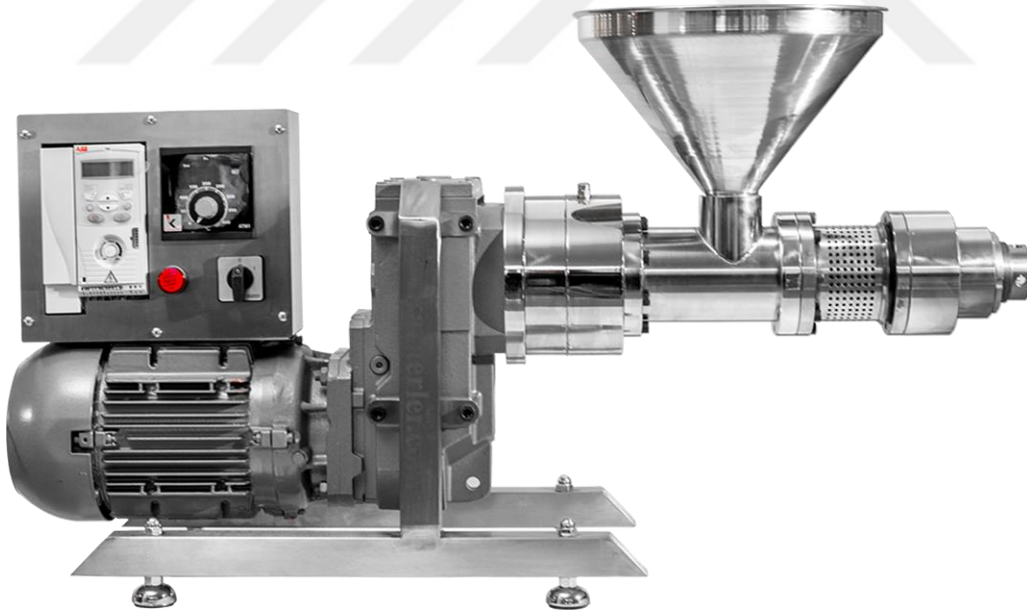
Genel olarak gıdalarda yapılan toplam yağ tayini analiz işlemine ham yağ tayini denilmektedir. Toplam yağ analizi esnasında, sadece trigliseridler analiz edilmiş olsaydı buna yağ tayini adı verilebilir. Fakat yağ ile birlikte yağda çözünen, diğer yağ benzeri bileşiklerde analiz edildiğinden dolayı yapılan işleme ham yağ veya lipit tayini adı verilmektedir. Ayrıca, ham yağ adı verilen gıda bileşenlerine lipitler de denilmektedir. Bunun nedeni ise, genel anlamda ifade

edilen yağların trigliseridlere ek olarak mono ve digliseridler, fosfolipidler, sfingolipidler, steroidler, yağda çözünen vitaminler, çeşitli pigmentler, steroller, mumlar ve çeşitli yağ asitlerini de ihtiva edebilmesidir (MEB, 2011).

Bu araştırmada, kabukları kırılarak ayrılan çam fıstıklarından ham yağın çıkarılması işlemi; soğuk presyon ve çözgen ekstraksiyon yöntemi ile gerçekleştirilmiş ve aşağıda kısaca açıklanmıştır.

### 3.2.2.1. Çam Fıstığından Soğuk Presyon İle Ham Yağ Çıkarılması

Çam fıstığı yağı çıkarma işlemi soğuk pres yağ makinesi (Karaerler marka NF500 model, Türkiye) ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3.). Soğuk pres yağ makinesi önceden ısıtılmış ve sıcaklık 100°C'ye ayarlanmıştır. Çam fıstıkları 45°C'de 15 Hz frekansında preslenmiştir. Soğuk pres makinesinden elde edilen çam fıstığı yağının sıcaklığının artmaması için, sirkülasyonlu bir soğutma sistemi (4 °C) vasıtasıyla elde edilen yağın 45°C'nin altında olması sağlanmıştır.



**Şekil 3.3.** Karaerler Marka NF500 Model Soğuk Pres Yağ Makinesi

Kabukları kırılarak ayrılan çam fıstıklarından belirli bir miktar (~300 g) tartılarak soğuk presyon yağ makinesinden geçirilerek çam fıstığı yağı elde edilmiş ve ham yağ miktarı tartılarak soğuk presyon yöntemiyle elde edilen yüzde ham yağ miktarı (%) belirlenmiştir.

### 3.2.2.2. am Fıstığından Sokslet Yöntemi İle Ham Yağ ıkarılması

Kabukları kırılarak ayrılan am fıstıklarından sokslet yöntemi ile ham yağın çıkarılması işlemleri Gerhardt Soxtherm marka SE-414 model yağ ekstraksiyon cihazı (Şekil 3.4.) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sokslet sistemi başlıca “silifli cam balon, sokslet ekstraktörü (gövdesi), yoğunlaştırıcı (geri soğutucu) ve ısıtıcı plaka (ısıtıcılı tabla) olmak üzere 4 kısımdan oluşmuştur.



Şekil 3.4. Gerhardt Soxtherm Marka SE-414 Model Yağ Ekstraksiyon Cihazı

Sokslet yöntemiyle am fıstıklarından yağ çıkarılmasında, blender yardımıyla öğütölen am fıstıkları 105°C’de 1-2 saat süreyle kurutulmuştur. Daha sonra kaba filtre kağıdı üzerine yaklaşık 10 g öğütölmüş am fıstığı tartılmış ve sokslet kartuşu içerisine alınmıştır. Numunenin ekstraksiyon işlemi sırasında çözgen nedeniyle kartuş dışına taşmaması için üst kısmı cam pamuğu ile kapatılmıştır. Sokslet kartuşu ekstraktöre yerleştirilip üzerine 150 mL petrol eteri ilave edilmiş ve cihaz programlanarak çalıştırılmıştır. İşlem sonunda sabit tartıma getirilmiş ve darası daha önce belirlenmiş ekstraksiyon kabı yeniden tartılarak içindeki ham yağ miktarı yüzde (%) olarak aşığıdaki formöl yardımıyla kurumadde esasına göre belirlenmiştir.

$$\text{Ham Yağ Miktarı}(\%, \text{ g/g}) = [100 \times \frac{M2-M1}{M0}]$$

$M_0$  : Deney numunesinin kütlesi (g)

$M_1$  :Ekstraksiyon balonunun darası (g)

$M_2$  : Ekstraksiyondan sonra yağ ve balonun birlikte kütlesi (g)

### 3.2.3. Çam Fıstığı Yağında Yapılan Analizler

Gerek soğuk presyon gerekse çözgen ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen ham yağlar 25 mL ve 50 mL'lik plastik santrifüj tüpleri içerisine doldurularak analiz edilinceye kadar (tokoferol, yağ asidi, gliserit ve sterol içerikleri) ışık almayacak bir şekilde alüminyum folyo ile sarılmış ve -18°C'de muhafaza edilmiştir. Kırılma indisi, antioksidan kapasitesi, toplam fenolik madde miktarı, renk ölçümleri vb. analizler ise bekletilmeksizin derhal gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2.3.1. Kırılma İndisi

Çam fıstığı yağının refraktif indeks değeri masaüstü dijital Abbe refraktometresi (Şeki 3.5.) (Krüss AR2008, Germany) kullanılarak gerçekleştirilmiş ve  $n_D 20^\circ C$  olarak verilmiştir.



Şekil 3.5. Krüss AR2008 Model Abbe Refraktometresi

#### 3.2.3.2. Antioksidan Kapasitesi

Çam fıstığı yağlarının antioksidan kapasiteleri DPPH ve ABTS yöntemleri ile aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

#### *DPPH Yöntemi:*

Çam fıstığı yağlarının DPPH yöntemiyle antioksidan aktiviteleri, Farhoosh ve ark. (2011) tarafından belirtilen yönteme göre uygulanmıştır. Her biri 1 mL'lik spesifik tolüen numune çözeltisi konsantrasyonları, DPPH radikalleri (ağırlıkça yüzde 0.006) içeren 1 mL tolüenik karışım ile birleştirilmiştir. Çözelti iyice karıştırılmış ve karanlıkta 60 dakika süreyle inkübasyona bırakılmıştır (sabit absorpsiyon değerleri elde edilene kadar). DPPH radikal süpürücü aktivite değerleri, 517 nm'deki absorpsiyonları ölçülerek hesaplanmıştır [12]. Hesaplama aşağıdaki denklem kullanılmıştır:

$$\text{DPPH radikal süpürücü aktivite \%} = ((A_B - A_S)/A_B) \times 100$$

A<sub>S</sub> : Çözeltinin absorbansı,

A<sub>B</sub> : Tanık (kör) absorbansı.

Troloks konsantrasyonuna karşı DPPH radikal süpürücü aktivite için bir kalibrasyon eğrisi çizilmiştir.

#### *ABTS Yöntemi:*

Çam fıstığı yağlarının ABTS yöntemiyle antioksidan aktiviteleri, Re ve ark. (1999) tarafından belirtilen yönteme göre uygulanmıştır. Deneyler Cary60 UV-VIS Spektrofotometresinde (Santa Clara, CA 95051, ABD) gerçekleştirilmiştir. ABTS• katyon radikali, su içerisinde çözündürülmüş 7 mM/L ABTS ve 2.45 mM/L potasyum persülfat (1: 1) ile reaksiyona sokularak ve karanlık bir ortamda oda sıcaklığında 12-16 saat süreyle inkübasyona bırakılarak elde edilmiştir. ABTS•+ çözeltisi, çam fıstığı yağının analizi için 734 nm'de 0.700 absorbans elde etmek üzere metanol ile seyreltilmiştir. Absorbans, 30 °C sıcaklıkta 6 dakika boyunca, dakikada bir kez, karıştırıldıktan hemen sonra okunmuştur. Troloks standart madde olarak kullanılmış ve sonuçlar mmol Trolox/L cinsinden ifade edilmiştir.

#### **3.2.3.3. Toplam Fenolik Madde İçeriği**

Toplam fenolik madde, Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak, Singleton ve Rossi (1965) tarafından belirtilen yönteme göre tespit edilmiştir. Toplam 0.5 g çam fıstığı yağı, 5 mL metanol içerisinde, 10 dk boyunca baş aşağı karıştırma yöntemi ile karıştırılmıştır. Kısaca, 2.5 mL Folin-Ciocalteu fenol reaktifine (0.2 mol / L) 0.5 mL ekstrakte edilmiş numune ilave edilmiş ve

2 dakika bekletilmiştir. Daha sonra reaksiyon karışımına 2 mL doymuş sodyum karbonat çözeltisi (yaklaşık 7.5 g/100 mL) ilave edilmiştir. Karışım oda sıcaklığında 60 dakika inkübe edilmiş ve absorbansları 765 nm’de okunmuştur. Referans standart madde olarak gallik asit kullanılmış ve bulgular, çam fıstığı yağının miligram gallik asit eşdeğeri (mg GAE)/L (kurumadde esasına göre) olarak ifade edilmiştir.

#### **3.2.3.4. Tokoferol Bileşimi ve Dağılımı**

Tokoferol analizleri Beyhan ve ark.. (2017) tarafından açıklanan yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. Tokoferol analizleri [alfa ( $\alpha$ ) tokoferol, gama ( $\gamma$ ) tokoferol ve beta ( $\beta$ ) + delta ( $\delta$ ) tokoferol], 3  $\mu$ m’lik C18 ters faz kolonu (15 cm x 4.6 mm, Spherisorb ODS2, Phase Separation, Clwyd, UK) bulunan bir HPLC cihazında gerçekleştirilmiştir. Mobil faz olarak metanol/su (97:3 v/v; 1.05 mL/dk) karışımı kullanılmıştır. Floresans dedektörü ile ilk 5 dk boyunca, 325 nm’lik bir uyarı sinyali ve 490 nm’lik bir retinol emisyonu ve ardından 295 nm’lik bir uyarım ve 330 nm’lik bir emisyon gerçekleşmiştir (Beyhan et al., 2017).

#### **3.2.3.5. Yağ Asidi Kompozisyonu ve Dağılımı**

Yağın türünün ve saflık oranının belirlenmesinde önem taşımaktadır. Yağ asitlerinin kompozisyonu kromatografik cihazlar ile belirlenmekte ve bu amaç için genellikle Gaz Kromatografi-Alev İyonlaşma Dedektörü (GC-FID) sistemi kullanılmaktadır.

Çam fıstığı yağlarının yağ aside kompozisyonunun belirlenmesi, TS EN ISO 12966-2 ve Metod 4 metodlarının modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir (TSE, 2015a; TSE, 2015b). Yağ asitlerinin esterleşmesi, 0.1 g yağ ve 10 mL n-heptan çözeltisinin 0.5 mL metanolik KOH çözeltisi ile karıştırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Test tüpü 30 saniye boyunca vortekslenmiş ve daha sonra 4000 rpm’de 10 dakika süreyle santrifüjlenmiştir. Berrak faz, 0.22 mm’lik bir poliamid naylon şırınga filtresinden geçirilmiş ve 2 mL’lik viallere enjekte edilmiştir. Gaz kromatografisi analizi, alev iyonizasyon dedektörü (FID) olan bir Agilent 7820A GC cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yağ asidi metil esterleri (FAME) analizi, bir HP-88 kolonu (100m x 250  $\mu$ m x 0.25 $\mu$ m) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Başlangıç fırın sıcaklığı 50 °C’den başlayarak kademeli olarak artırılmıştır. Her 1 dakikada 10 °C artırılarak 175 °C’ye çıkarılmış ve 175 °C’de 10 dakika bekletilmiştir. Daha sonra sıcaklık, her 1 dakikada 2 °C artırılarak 210 °C’ye getirilmiş ve 210 °C’de 5 dakika bekletilmiştir. Daha sonra her 1 dakikada 10 °C artırılarak 230 °C’ye yükseltilmiş ve 230 °C’de 2 dakika tutulmuştur. Son olarak, sıcaklık her

1 dakikada 5°C artırılarak 240°C'ye ulaşılmış ve 240°C'de 8 dakika bekletilmiştir. Analiz için, split modda (30: 1; 250°C; 25 psi) 1.0 µL seyreltilmiş numune [n-heptan 1/100 (h / h)] enjekte edilmiştir. Hidrojen gazı, 35 mL/dakika akış hızında taşıyıcı gaz olarak kullanılmıştır. Yağ asitlerinin bileşimi (%), bilinen standartların alıkonma süresiyle karşılaştırılarak tek tek yağ asitlerinin tanımlanmasıyla belirlenmiş ve toplam yağ asitlerinin yüzdesi olarak ifade edilmiştir.

### 3.2.3.6. Gliserit Bileşimi ve Dağılımı

Gliseritler yağ asitlerinin gliserol ile esterleşmesi sonucunda oluşurlar. Yağların ağırlıkça en büyük bileşenleri gliseritlerdir. Gliseritler doğal olarak trigliseritlerin yapısında bulunur. Bozulma reaksiyonlarına maruz kalmamış hiçbir bitkisel ve hayvansal lipit kısmi gliserit içermezler. Kısmi gliseritler, mono- ve di- gliseritler, ise trigliseritlerin hidrolizi sonucu oluşurlar. Trigliseritler kendilerini oluşturan yağ asitlerinin özelliklerini taşırlar. Örneğin doymamış bir yağ asidi yapısına katıldığı trigliseritin de doymamış karakter kazanmasına neden olur (Göksu, 2014).

#### *Triaçilgliserollerin HPLC ile analizi:*

Triaçilgliserol analizi COI metodu (2017) ve Essid ve arkadaşlarının (2014) kullandığı metot modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Üzerinde bir ters faz kolon ve refraktif indeks dedektör (RID) bulunan Agilent Infinity II 1260 HPLC cihazı kullanılmıştır. Triaçilgliseroller diğer yağ bileşenlerinden kolon kromatografisiyle ayrılmıştır. Petrol eteri içinde çözündürülmüş yağ numunesi, daha önce şartlandırılmış, silika jel absorbe edici içeren bir kromatografi kolonuna yerleştirilmiştir. Ayırma için ACE 5 C18 kolonu (250 mm x 4.6 mm x 5 µm) kullanılmıştır. Kromatografi koşulları; hareketli faz asetonitril/aseton (36.5: 63.5), kolon sıcaklığı 35°C, akış hızı 1.0 mL/dakika ve numunelerin enjeksiyon hacmi 20 µL olarak belirlenmiştir. Triaçilgliseroller, bir referans kromatogram ile karşılaştırılarak tanımlanmıştır (Essid et al., 2014).

#### *Triaçilgliserollerin teorik kompozisyonu:*

Yağ asidi bileşiminden yararlanılarak triaçilgliserol (TAG) profilinin tanımlanması, gliserol molekülüne bağlı yağ asitlerinin konumunu ve dağılımını belirlemek için önemlidir. Bir yağ asidinin iç pozisyonundaki teorik molekül sayısı, o asidin 100 molekülü (nispi oran) ile karşılaştırılarak hesaplanmıştır (Essid et al., 2014).

### 3.2.3.7. Sterol Bileşimi ve Dağılımı

Steroller doğada çokça yaygın olup, bütün yağlarda bulunurlar. Temel kimyasal yapıları 3-hidroksil steran olan steroller hayvansal ve bitkisel kaynaklı olmalarına göre kolesteroler ve fitosteroller olarak ikiye ayrılırlar. Ham yağların alkali ile sabunlaşmayan kısımlarında bulunurlar.

Sterol analizi, ISO 12228 standardının “Hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlar-Tek tek ve toplam sterol içeriğinin tayini-Gaz kromatografik yöntem”i ve TS EN ISO 12228-1: “Münferit ve toplam sterol muhteviyatının tayini - Gaz kromatografik yöntem - Bölüm 1: Hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlar” isimli standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (TSE, 2014b). İç standart olarak betulin ilave edilen lipidler sabunlaştırılmış ve sabunlaştırılmayan madde yukarıda belirtildiği gibi ekstrakte edilmiştir. Basit bir silika jel tabakası üzerinde, sterollere ve alkolün triterpenik alkol fraksiyonlarına karşılık gelen bantlar, ince tabaka kromatografisi (TLC) ile izole edilmiştir. Plakadan elde edilen steroller, bir etanol-dietil eter karışımına aktarılmış ve karışım, FID dedektörü ve bir HP-5 (30 m x 320  $\mu$ m x 0.25  $\mu$ m) kolonuna sahip olan Agilent 6850 GC kullanılarak analiz edilmiştir. Kromatografik koşullar: enjeksiyon 280 °C’de 7.9 psi basınçla, HP-5 kolon ve kolon sıcaklığı 260 °C, dedektör sıcaklığı 290 °C, enjeksiyon hacmi 1.0  $\mu$ L ve split oranı 10:1, taşıyıcı gaz olarak da 35 mL/dakika akış hızında hidrojen gazı kullanılmıştır.

### 3.2.3.8. Renk Değerleri

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commission Internationale de l’Eclairage, CIE) tarafından oluşturulan “matematiksel yapı” bir renk tanımlama sistemidir. Bu sistem; renkleri tanımlarken insan gözündeki konik yapıdaki ışık algılama hücrelerinin üç değişik tipte olduğu ve bunların da mavi, yeşil ve kırmızı ışıklara hassas olduğu bilgisi temel alınır. Bu bilgiler ışığında yapılan modelleme sonucu her renk; L, a ve b kısaltmaları ile anılan üç bileşen cinsinden ifade edilmiştir. CIE Lab renk sistemi, rengi belirlenecek olan nesnenin dışında, ışığa ve gözlemciye ilişkin tanımlar da getirdiğinden dolayı diğer renk tanımlama sistemlerine göre daha hassas ve tekrarlanabilen sonuçlar verir. Renk ve renk farklılığı enstrümental olarak genelde CIE tarafından geliştirilen yöntemle göre değerlendirilmektedir. Bu yöntem, “1976 CIELab, CIELab üç nokta ölçüm yöntemi” olarak da bilinmektedir. Bu üç nokta ölçüm yönteminde L\*/L, ışık geçirgenlik değerini, 0 (geçirgenlik yok) ve 100 (tamamen geçirgenlik),

$a^*/a$  kırmızılık ( $-a^*/-a$ , yeşillik) ve  $b^*/b$  sarılık ( $-b^*/-b$ , mavilik) değerlerini belirtmektedir (ERÜ, Gıdalarda Refraktif İndeks ve Renk Tayini).

**L\*** : Açık ( $L^*=100$ ) ve koyu ( $L^*=0$ ) renk arasındaki farkı tanımlar.

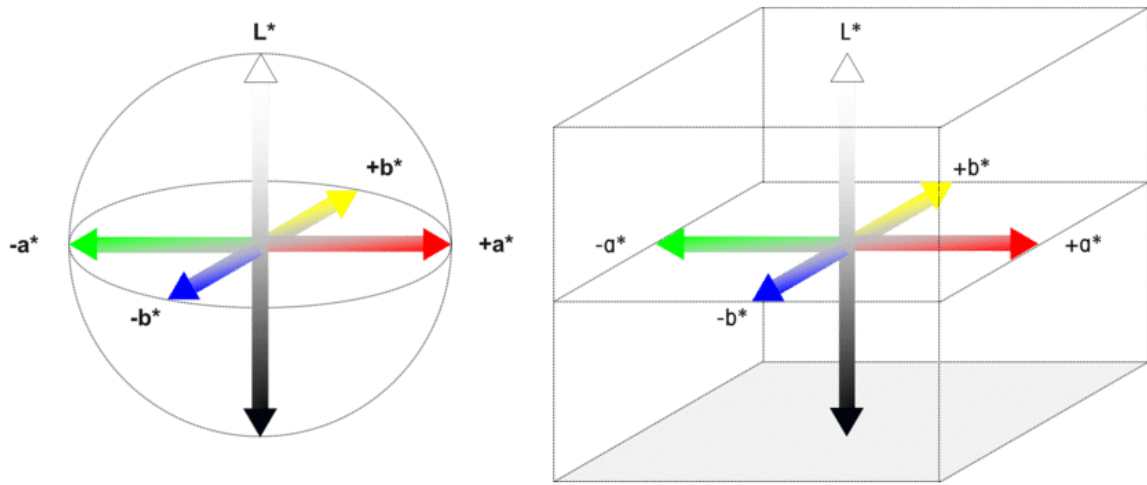
**a\*** : yeşille ( $-a^*$ ) kırmızı ( $+a^*$ ) arasındaki farkı tanımlar.

**b\*** : maviyle ( $-b^*$ ) sarı ( $+b^*$ ) arasındaki farkı tanımlar.

**C\*** : Kroma (Renk Doygunluğu)  $= [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$

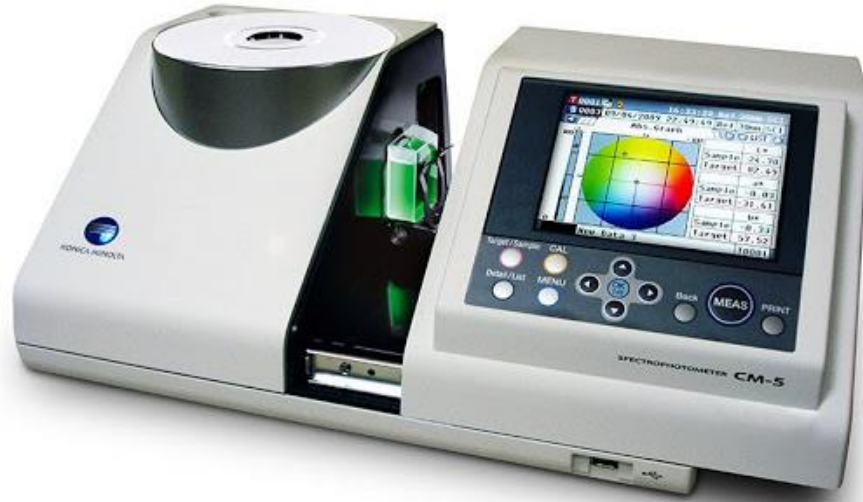
**h** : Renk Açısı (Ton açısı)  $= (b^*/a^*)$

Günümüzde yaygın olarak kullanılan CIELAB sistemindeki parametreler de Hunter sistemine benzer şekilde  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleridir (Şekil 3.6.).  $L^*$  değeri 0 (siyah) ile 100 (beyaz) aralığında olup,  $a^*$  değeri kırmızı-yeşil ve  $b^*$  değeri ise sarı-mavi skalayı göstermektedir. Hunter L a b ve CIELAB sistemleri arasındaki fark ise ölçülen RGB değerlerinden bu parametrelerin elde edilişindeki matematiksel bağıntılardaki farklılıklardır (Bahçeci, 2016).



**Şekil 3.6.** CIELAB Renk Sıkalası  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  Değerleri

Çam fıstığı yağlarının rengi, masa üstü Minolta Spektrofotometre CM-5 (Konica Minolta, Tokyo, Japonya) model renk ölçüm cihazı yardımıyla belirlenmiştir (Şekil 3.7.). Renk değerleri CIELAB sistemine göre D65 ve  $10^\circ$  görüş açısına uygun olacak şekilde gerçekleştirilmiş ve  $L^*$  (parlaklık),  $a^*$  (kırmızılık),  $b^*$  (sarılık), Chroma (Doygunluk,  $C^*$ ) ve hue (ton rengi,  $h$ ) değerleri olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.7. Konica Minolta Spektrofotometre CM-5 Model Renk Ölçüm Cihazı

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmamızda kullanılan; İzmir ili Bergama ilçesi ve Adana Orman Bölge Müdürlüğü Karataş İlçesi Kapıkum köyü Akyatan Kumul Ağaçlandırma Sahası'ndan alınan fıstıkçamlarına ait kozalakların (*Pinus pinea L.*) ve bu kozalaklardan elde edilen çam fıstıklarının genel özelliklerinin yanı sıra, fiziksel ve kimyasal özellikleri bu bölümde ele alınmış ve elde edilen bulgular ilgili tablo ve şekillerde verilmiştir. Şekil 4.1.'de araştırmada kullanılan Akyatan ve Bergama yörelerine ait çam fıstıkları görülmektedir.



Şekil 4.1. Akyatan ve Bergama Yörelerine Ait Çam Fıstıkları

### 4.1. Akyatan ve Bergama Yöresine Ait Çam Fıstıklarının Genel Özellikleri

#### 4.1.1. Akyatan ve Bergama Çam Fıstıklarının En, Boy ve En/Boy Oranları

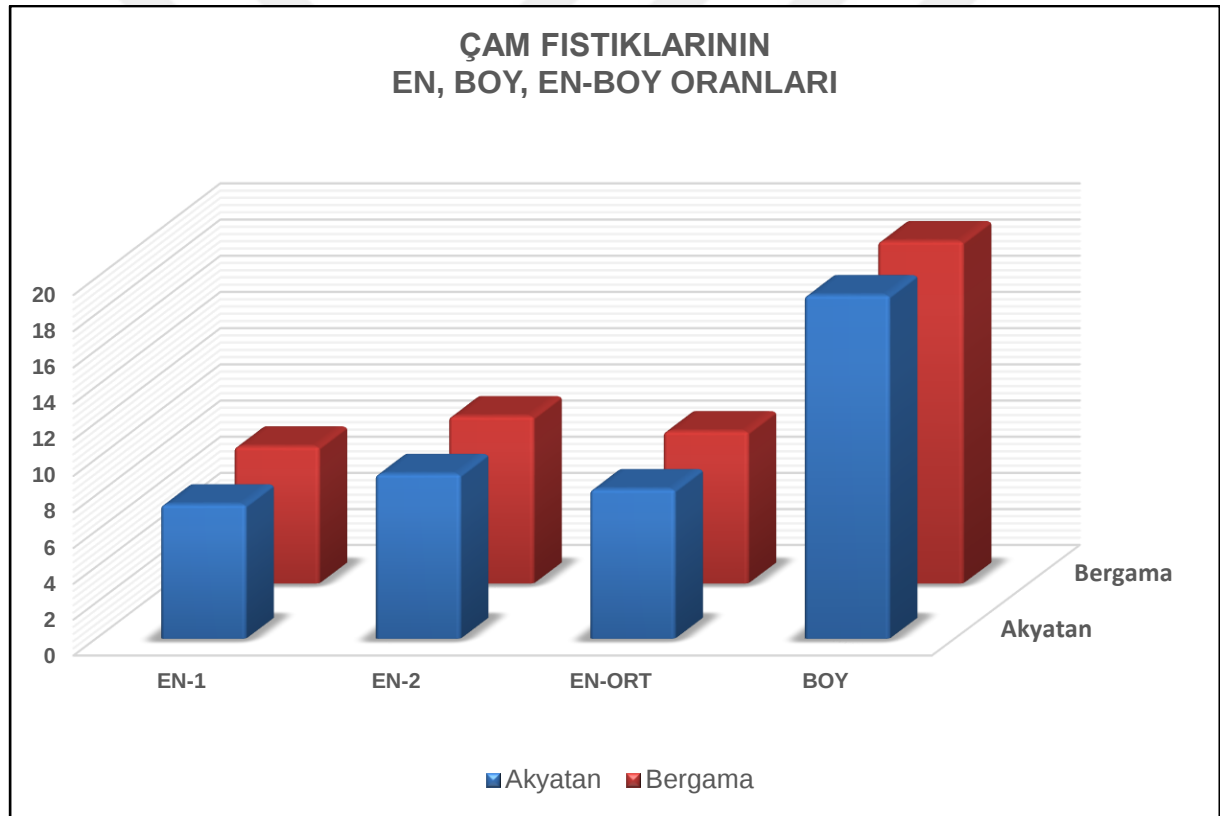
Çam fıstıklarının en ve boyları dijital kumpas kullanılarak ölçülmüştür. Akyatan ve Bergama çam fıstıklarının en (mm), boy (mm) ve en/boy oranları (%) Tablo 4.1. ve 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. ve Şekil 4.2.'nin incelenmesiyle de görülebileceği gibi; Akyatan yöresine ait çam fıstıklarının enlerinin 8.34 mm, boylarının 19.06 ve en/boy oranlarının ise %43.76, Bergama yöresine ait çam fıstıklarının enlerinin 8.46 mm, boylarının 18.96 ve en/boy oranlarının ise

%44.59 olduğu tespit edilmiştir. Bu değerler incelendiğinde her iki yöreden de alınan çam fıstıklarının en, boy ve en/oranları arasında benzer sonuçlar olduğu görülmektedir.

**Tablo 4.1.** Akyatan ve Bergama Yörelere Ait Çam Fıstıklarının En, Boy ve En/Boy Oranları

| Tane Özellikleri | Çam Fıstıkları |              |
|------------------|----------------|--------------|
|                  | Akyatan        | Bergama      |
| En-1 (mm)        | 7.50 ± 0.52    | 7.62 ± 0.59  |
| En-2 (mm)        | 9.18 ± 0.57    | 9.29 ± 0.78  |
| En-Ort (mm)      | 8.34           | 8.46         |
| Boy (mm)         | 19.06 ± 1.00   | 18.96 ± 1.06 |
| En/Boy Oranı (%) | 43.76          | 44.59        |



**Şekil 4.2.** Akyatan ve Bergama Yörelere Ait Çam Fıstıklarının En, Boy ve En/Boy Oranları

Nergiz ve Dönmez (2003) tarafından yapılan bir çalışmada ise, Bergama yöresine ait çam fıstıklarının genişliğinin 8.83 mm, uzunluğunun ise 18.34 mm olduğunu bildirilmiştir. Bu değerler ile elde ettiğimiz bulguların uyum gösterdiği, en değerlerimizin çok az da olsa kısa, buna karşılık boy değerlerimizin ise kısmen de olsa daha uzun olduğu görülmektedir.

Özgüven ve Vursavuş (2005) çam fıstıklarında ara çap (mm), küçük çap (mm) ve geometrik ortalama çap (mm) ölçümleri ile ilgili bir çalışmada; ara çap değerinin ortalama  $8.97 \pm 0.89$  mm ve 6.98–11.54 mm aralığında olduğunu, küçük çap değerlerinin ise ortalama  $7.39 \pm 0.67$  mm ve 5.82–9.58 mm arasında değiştiğini, geometrik ortalama çapın  $10.72 \pm 0.70$  mm olduğunu ve 8.64–13.49 mm aralığında olduğunu saptamışlardır ve uzunluklarının ise ortalama olarak  $18.67 \pm 1.38$  mm ve 15.86–22.21 mm aralığında değiştiğini, belirlemişlerdir.

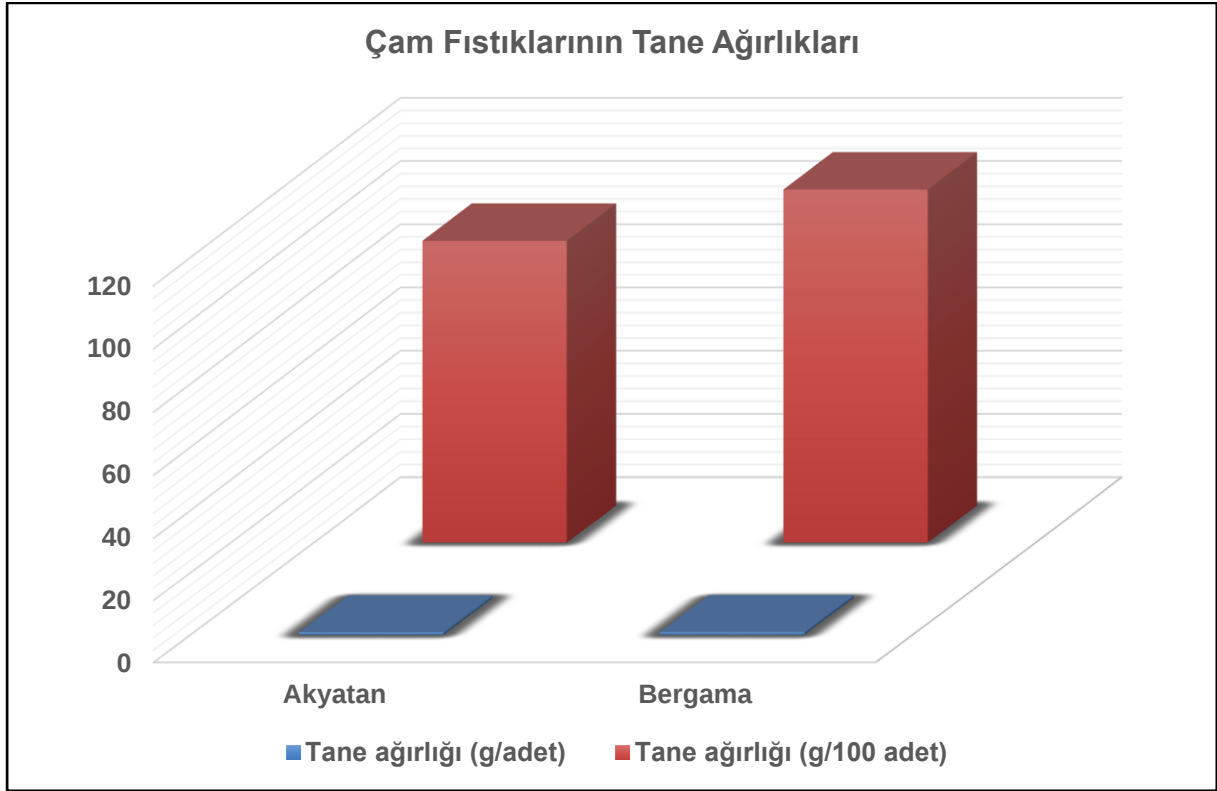
#### 4.1.2. Akyatan ve Bergama Çam Fıstıklarının Tane Ağırlığı ve Kabuk-İç Oranları

Tane ağırlığının tespiti amacıyla rastgele seçilen çam fıstıklarının tartılmasıyla elde edilen yüz tane ağırlığının (g/100 adet) yanısıra, kabukların kırılarak, iç kısımları (badem/fıstık) ve kabuklarının birbirinden ayrılarak hassas terazide tartılması ile elde edilen kabuk ağırlığı (g/100 adet), iç ağırlığı (g/100 adet) ve kabuk-iç oranları (%) Tablo 4.2.'de verilmiştir.

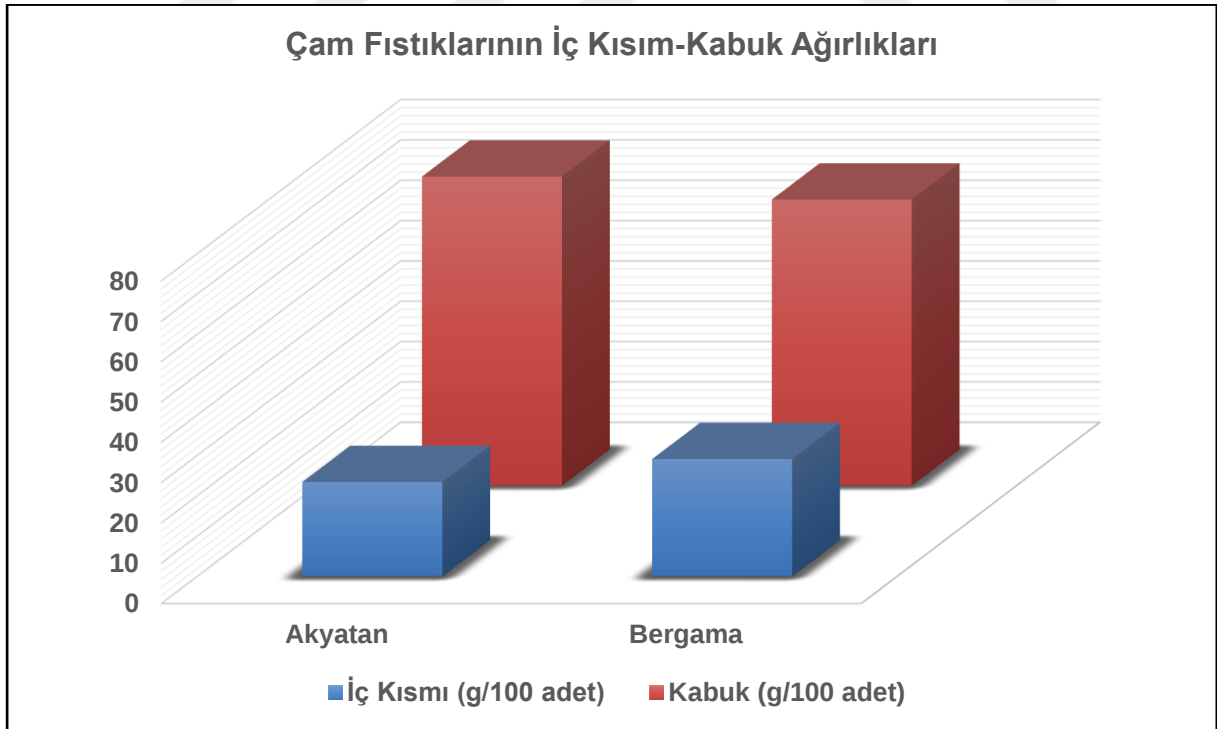
**Tablo 4.2.** Akyatan ve Bergama Yörelerine Ait Çam Fıstıklarının Tane Ağırlığı, Kabuk ve İç Ağırlıkları ve Oranları

| Tane Özellikleri |            | Çam Fıstıkları   |                   |
|------------------|------------|------------------|-------------------|
|                  |            | Akyatan          | Bergama           |
| Tane Ağırlığı    | g/adet     | $0.77 \pm 0.08$  | $0.86 \pm 0.07$   |
|                  | g/100 adet | $95.51 \pm 0.02$ | $111.74 \pm 0.02$ |
| Kabuk            | g/adet     | $0.59 \pm 0.07$  | $0.61 \pm 0.05$   |
|                  | %          | $76.62 \pm 0.08$ | $70.93 \pm 0.06$  |
| İç               | g/adet     | $0.18 \pm 0.02$  | $0.25 \pm 0.03$   |
|                  | %          | $23.38 \pm 0.02$ | $29.07 \pm 0.03$  |

Tablo 4.2.'nin incelenmesiyle de görülebileceği gibi; Akyatan yöresine ait çam fıstıklarının tane ağırlığının ortalama 0.77 g/adet, 100 tane ağırlığının ortalama 95.51 g/100 adet, buna karşılık Bergama yöresine ait çam fıstıklarının tane ağırlığının ortalama 0.86 g/adet, 100 tane ağırlığının ortalama 111.74 g/100 adet olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.2. ve Şekil 4.3.'den de görülebileceği gibi; Bergama yöresine ait çam fıstıklarının gerek tane ağırlıklarının gerekse 100 tane ağırlığının Akyatan yöresine ait çam fıstıklarına göre daha iri yapılı ve ağırlıklarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.4.'de Akyatan ve Bergama yörelerine ait çam fıstıklarının iç kısımlarının ve kabuklarının ağırlıkları verilmiştir.



**Şekil 4.3.** Akyatan ve Bergama Yörelere Ait Çam Fıstıklarının Tane Ağırlıkları

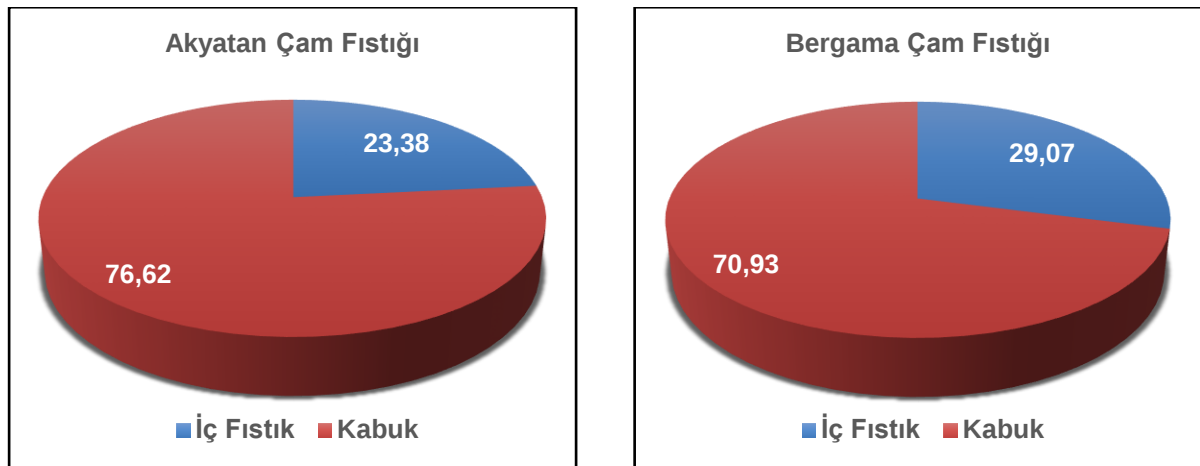


**Şekil 4.4.** Akyatan ve Bergama Yörelere Ait Çam Fıstıklarının İç Kısım ve Kabuk Ağırlıkları

Özgüven ve Vursavuş (2005) yaptıkları çalışmada; çam fıstıklarının tane ağırlıklarının ortalama  $0.77 \pm 0.14$  g olduğunu ve tane ağırlığının 0.74–1.01 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Özgüven ve Vursavuş (2005)'ün belirlediği değerler ile araştırmamızda Akyatan çam fıstıklarında elde edilen tane ağırlıkları ile benzer sonuçlar olduğu görülmektedir.

Nergiz ve Dönmez (2003), Bergama yöresine ait çam fıstıkları üzerine yaptığı çalışma sonucunda; 100 g da 146 adet çam fıstığının bulunduğunu ve dolayısıyla çam fıstığı tanelerinin ortalama ağırlığının 0.68 g/adet olduğu tespit edilmiştir. Araştırmamızda ise Akyatan çam fıstığının ortalama tane ağırlığının 0.77 g/100 adet (100 g'da 130 adet), ve Bergama çam fıstığının ortalama tane ağırlığının da 0.86 g/100 adet (116 g'da 130 adet) olduğu ve Nergiz ve Dönmez (2003)'ün elde ettiği değerlere göre tane ağırlıklarının her iki yöreden elde edilen çam fıstıklarında daha yüksek olduğu görülmüştür.

Tablo 4.2., Şekil 4.4. ve 4.5.'in bir arada incelenmesiyle de görülebileceği gibi; Akyatan yöresinden elde edilen çam fıstıklarının kabuk yüzdesi %76.54, iç fıstık yüzdesi ise %23.46 olduğu, Bergama yöresinden elde edilen çam fıstıklarında ise kabuk yüzdesinin %70.59 ve iç fıstık yüzdesinin de %29.41 olduğu ve Bergama çam fıstıklarının iç fıstık oranının Akyatan çam fıstıklarına oranla daha fazla olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu bulgularla tane ağırlıklarının da doğru orantılı olarak değiştiği görülmektedir (Tablo 4.2.)



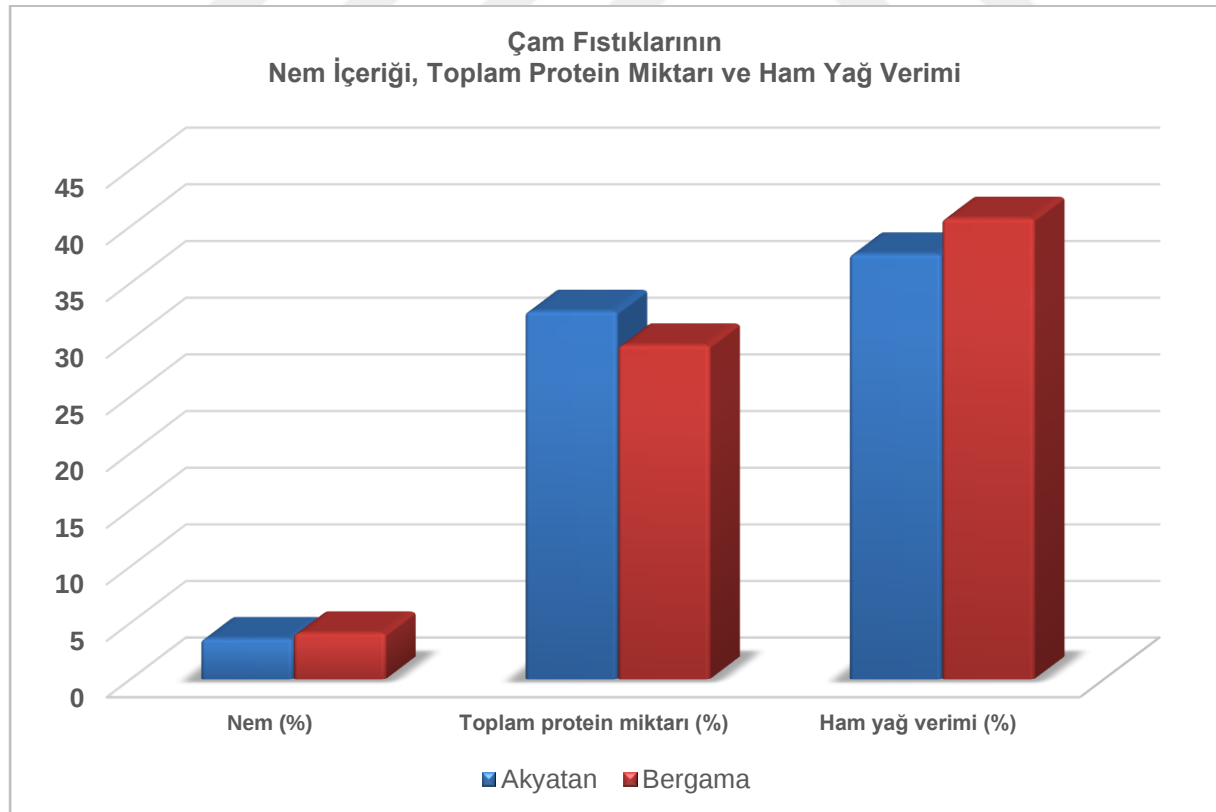
**Şekil 4.5.** Akyatan ve Bergama Yörelere Ait Çam Fıstıklarının İç Kısmı ve Kabuk Oranları

#### 4.1.3. Akyatan ve Bergama Çam Fıstıklarının Nem, Toplam Protein ve Ham Yağ Değerleri

Araştırmamızda kullanılan; İzmir ili Bergama ilçesi ve Adana Orman Bölge Müdürlüğü Karataş İlçesi Kapıkum köyü Akyatan Kumul Ağaçlandırma Sahası'ndan temin edilen çam fıstıklarının nem içerikleri (%), ham yağ verimi (%) ve toplam protein miktarı Tablo 4.3. ve Şekil 4.6.'da verilmiştir.

**Tablo 4.3.** Akyatan ve Bergama Yörelerine Ait Çam Fıstıklarının Nem İçerikleri, Toplam Protein Miktarları ve Ham Yağ Verimleri

| Özellikler                             | Çam Fıstıkları  |                  |
|----------------------------------------|-----------------|------------------|
|                                        | Akyatan         | Bergama          |
| Nem (%)                                | 3.59 ± 0.33     | 4.09 ± 0.28      |
| Toplam protein miktarı (%)             | 32.49 ± 0.75    | 29.52 ± 0.60     |
| Ham yağ verimi (%)                     | 37.54 ± 1.64    | 40.69 ± 1.59     |
| Kırılma İndisi                         | 1.53 ± 0.00     | 1.53 ± 0.00      |
| Toplam fenolik madde miktarı (mg GA/L) | 3705 ± 265.91   | 1497.73 ± 85     |
| Antioksidan kapasitesi                 |                 |                  |
| – DPPH (mg Trolox/L)                   | 972.68 ± 506.47 | 1982.52 ± 503.03 |
| – ABTS (mmol Trolox/L)                 | 0.59 ± 0.06     | 1.64 ± 0.98      |



**Şekil 4.6.** Akyatan ve Bergama Yörelerine Ait Çam Fıstıklarının Nem İçerikleri, Toplam Protein Miktarları ve Ham Yağ Verimleri

Tablo 4.3.'ün incelenmesiyle de görülebileceği gibi; Akyatan yöresine ait çam fıstıklarına ait iç fıstıkların nem içeriği, toplam protein miktarı ve ham yağ veriminin sırasıyla ortalama %3.59, %32.49 ve %37.54, buna karşılık Bergama yöresine ait çam fıstıklarına ait iç fıstıkların nem içeriği, toplam protein miktarı ve ham yağ veriminin ise sırasıyla ortalama %4.09, %20.52 ve %40.69 olduğu belirlenmiştir. Bergama yöresine ait çam fıstıklarının nem içeriği ve ham yağ veriminin, Akyatan yöresinde yetiştirilenlere göre daha yüksek olduğu ve bu farklılığın da belirgin bir şekilde yöre ve iklim koşullarındaki farklılıktan kaynaklandığı kanısına varılmıştır. Buna karşılık, Akyatan yöresine ait çam fıstıklarının toplam protein miktarının ise, Bergama yöresinde yetiştirilenlere göre, daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Daha önce çam fıstıkları üzerine yapılan birçok çalışmada da (Nergis ve Dönmez, 2003; Özgüven ve Vursavuş, 2005; Eser, 2008; Elvaristo ve ark. 2013; Kadri ve ark. 2015; Mutke ve ark., 2005); nem içeriklerinin %4.51-8.60 arasında değiştiği ve bu değerlerin araştırmamızda elde edilen değerlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çam fıstıklarının toplam protein miktarları ile ilgili olarak yapılan daha önceki çalışmalarda da (Nergiz ve Dönmez, 2003; Elvaristo ve ark., 2013; Kadri ve ark., 2015; Alvarez ve ark. 2017); toplam protein miktarının %14.25–35.30 arasında değiştiği, Akyatan ve Bergama yöresine ait çam fıstıklarında elde ettiğimiz toplam protein miktarları ile bu değerlerin de benzer olduğu tespit edilmiştir.

Daha önce çam fıstıklarının ham yağ verimi üzerine yapılan birçok çalışmada da (Nergiz ve Dönmez, 2003; Nasri ve ark., 2005, Elvaristo ve ark., 2013; Kadri ve ark., 2015; Alvarez ve ark.2017); çam fıstıklarına ait ham yağ verimlerinin %19.80-51.87 arasında değiştiği, Akyatan ve Bergama yöresine ait çam fıstıklarında elde ettiğimiz ham yağ verimleri ile bu değerlerin de benzer olduğu tespit edilmiştir. Çam fıstıklarının ham yağ verimindeki bu geniş aralıktaki farklılığın ise yağ elde edilmesinde kullanılan sistemlerin yanısıra çeşit farklılıklarının da etkili olduğu kanısına varılmıştır.

#### **4.1.4. Akyatan ve Bergama Çam Fıstıklarının ve Yağlarının Renk Değerleri**

Araştırmamızda kullanılan; İzmir ili Bergama ilçesi ve Adana Orman Bölge Müdürlüğü Karataş İlçesi Kapıkum köyü Akyatan Kumul Ağaçlandırma Sahası'ndan temin edilen çam fıstıklarının

ve bu çam fıstıklarından soğuk presyon ile elde edilen çam fıstığı yağlarının renk değerleri Tablo 4.4., Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'de verilmiştir.

**Tablo 4.4.** Akyatan ve Bergama Çam Fıstıklarının Renk Değerleri

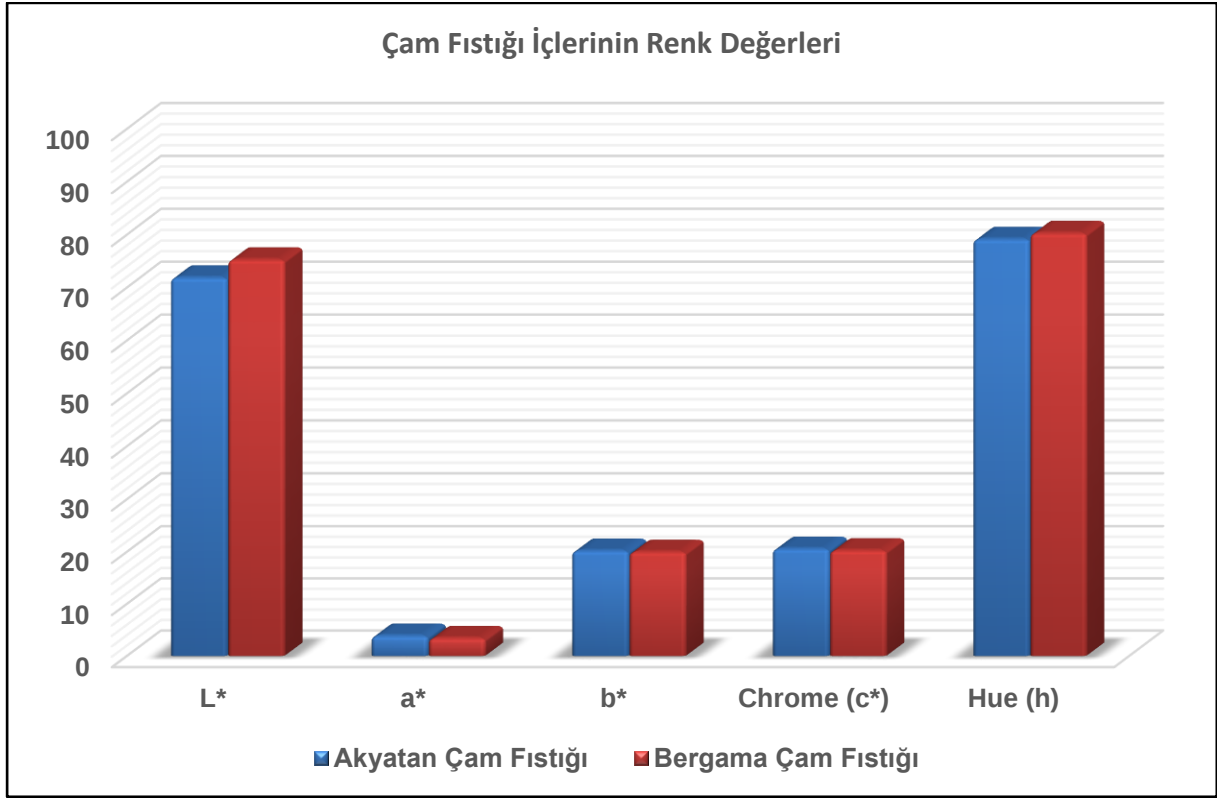
| Renk Değerleri     | AKYATAN      |                  | BERGAMA      |                  |
|--------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|
|                    | Çam fıstığı  | Çam fıstığı yağı | Çam fıstığı  | Çam fıstığı yağı |
| <b>L*</b>          | 71.87 ± 0.02 | 88.82 ± 0.09     | 75.27 ± 0.03 | 90.92 ± 0.01     |
| <b>a*</b>          | 3.87 ± 0.01  | -1.15 ± 0.06     | 3.42 ± 0.00  | -2.08 ± 0.15     |
| <b>b*</b>          | 20.19 ± 0.01 | 41.13 ± 0.10     | 19.97 ± 0.01 | 32.41 ± 0.33     |
| <b>Chrome (C*)</b> | 20.56 ± 0.02 | 41.15 ± 0.08     | 20.26 ± 0.01 | 32.48 ± 0.30     |
| <b>Hue (h)</b>     | 79.15 ± 0.02 | 91.61 ± 0.08     | 80.28 ± 0.01 | 93.67 ± 0.30     |

Tablo 4.4. ve Şekil 4.7.'nin incelenmesiyle de görülebileceği gibi; Akyatan yöresine ait çam fıstıklarına ait iç fıstıkların L\*, a\*, b\*, C\* ve h renk değerlerinin sırasıyla ortalama 71.87, 3.87, 20.19, 20.56 ve 79.15, buna karşılık Bergama yöresine ait çam fıstıklarına ait iç fıstıkların L\*, a\*, b\*, C\* ve h renk değerlerinin ise sırasıyla ortalama 75.27, 3.42, 19.97, 20.26 ve 80.28 olduğu belirlenmiştir. Bergama yöresine ait çam fıstıklarının sarı renk değerinin ve rengindeki açıklığın, Akyatan yöresinde yetiştirilenlere göre daha açık renkli olduğu görülmüştür.

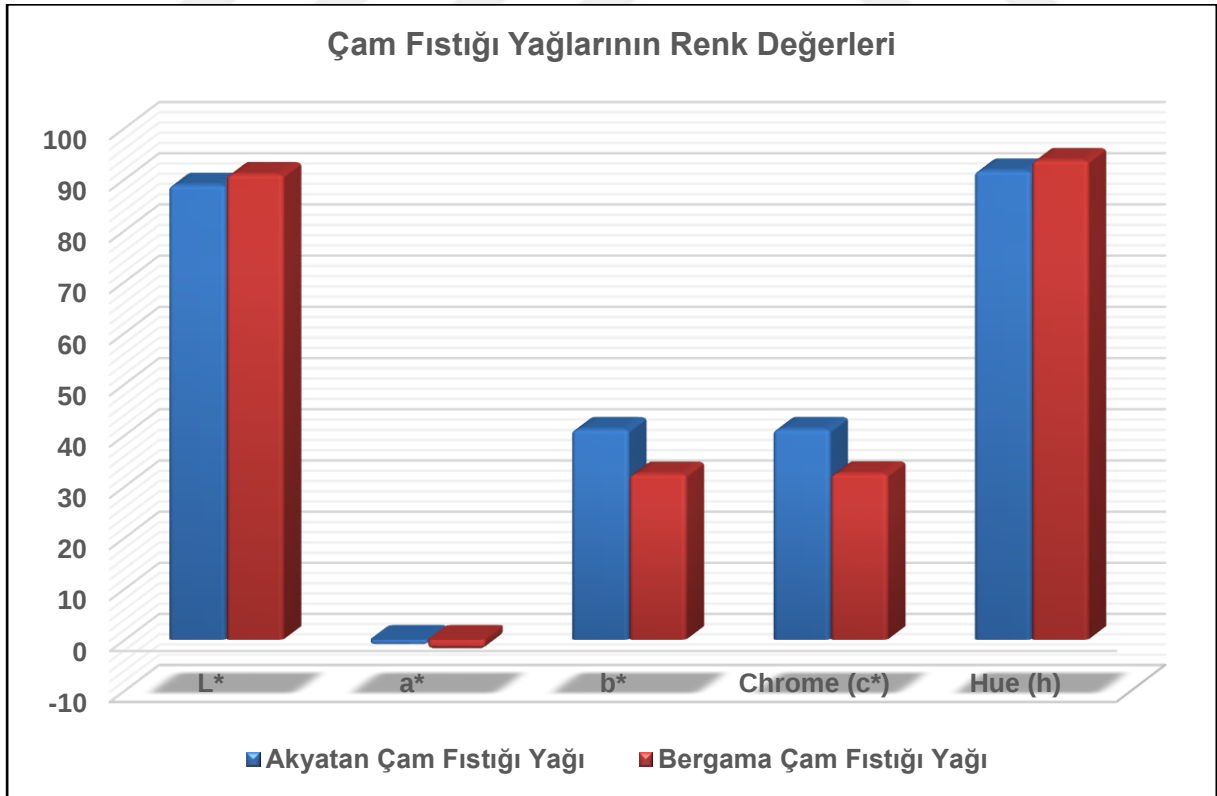
Tablo 4.4. ve Şekil 4.8.'in incelenmesiyle de görülebileceği gibi; Akyatan yöresine ait çam fıstıklarına ait yağların L\*, a\*, b\*, C\* ve h renk değerlerinin sırasıyla ortalama 88.82, -1.15, 41.13, 41.15 ve 91.61, buna karşılık Bergama yöresine ait çam fıstıklarına ait yağların L\*, a\*, b\*, C\* ve h renk değerlerinin ise sırasıyla ortalama 90.92, -2.08, 32.41, 32.48 ve 93.67 olduğu belirlenmiştir. Bergama yöresine ait çam fıstığı yağlarının a\*, b\* ve C\* renk değerlerinin, Akyatan yöresine ait çam fıstığı yağlarına göre daha düşük olduğu, buna karşılık L\* ve h renk değerlerinin ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

#### 4.2. Akyatan ve Bergama Yöresine Ait Çam Fıstığı Yağlarının Bazı Özellikleri

Araştırmamızda kullanılan; İzmir ili Bergama ilçesi ve Adana Orman Bölge Müdürlüğü Karataş İlçesi Kapıkum köyü Akyatan Kumul Ağaçlandırma Sahası'ndan temin edilen çam fıstıklarından soğuk presyon ve çözgen ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen yağların yağ asidi, gliserid, sterol ve tokoferol içerikleri bu kısımda ele alınmış ve elde edilen bulgular ilgili tablo ve şekillerde verilmiştir.



**Şekil 4.7.** Akyatan ve Bergama Yörelere Ait Çam Fıstığı İçlerinin Renk Değerleri



**Şekil 4.8.** Akyatan ve Bergama Yörelere Ait Çam Fıstığı Yağlarının Renk Değerleri

#### 4.2.1. Akyatan ve Bergama Yöresine Ait Çam Fıstığı Yağlarının Yağ Asidi İçerikleri

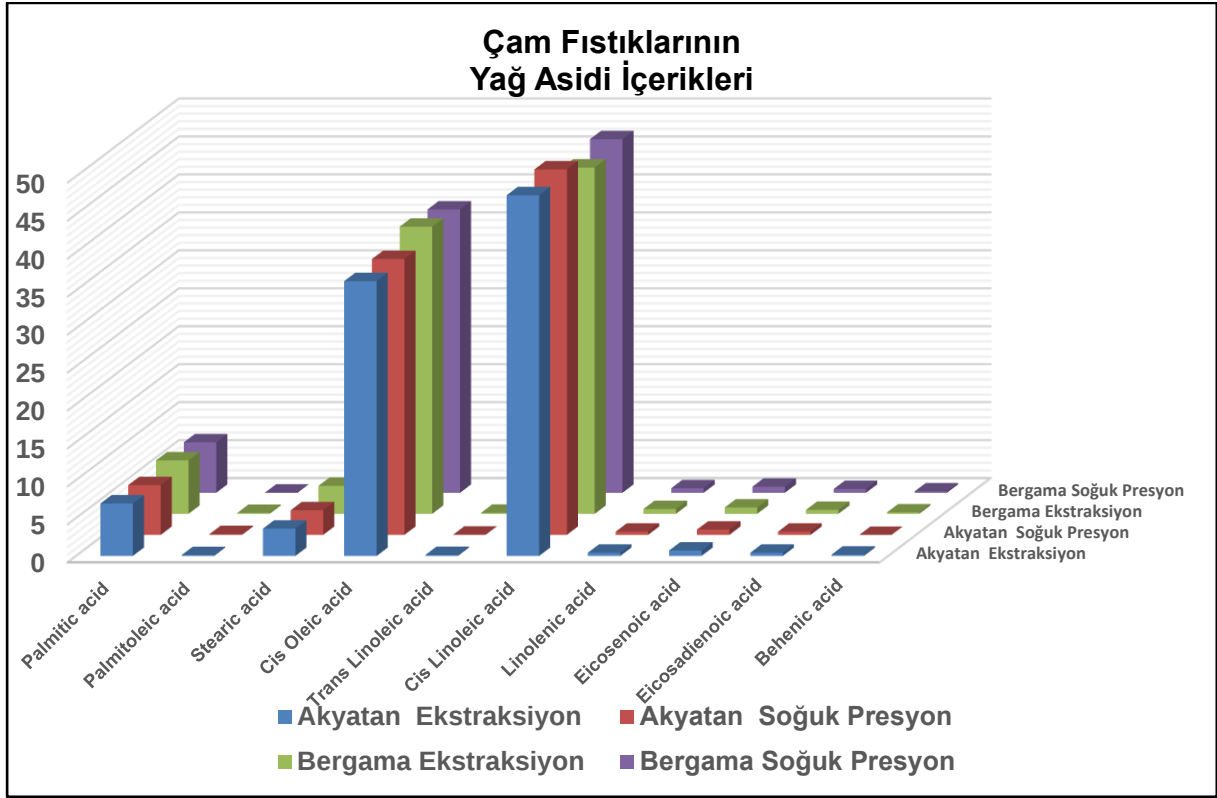
Yağ asidi metil esterleri kompozisyonu (FAME); yağın türünün ve saflığının belirlenmesinde önem taşımaktadır. Yağ asitleri düz zincir türevleri olup “doymuş (saturated fatty acids, SFA) ve doymamış (unsaturated fatty acids, UFA) yağ asitleri” olmak üzere 2 şekilde sınıflandırılmaktadır. Tablo 4.5., Şekil 4.9. ve 4.10’da da; Akyatan ve Bergama yörelerinden temin edilen çam fıstıklarından ekstraksiyon ve soğuk presyon yöntemi ile çıkarılan yağların yağ asidi içeriklerinin yanısıra doymuş ve doymamış yağ asidi içeriklerinin dağılımı verilmiştir.

**Tablo 4.5.** Akyatan ve Bergama Çam Fıstığı Yağlarının Yağ Asidi İçerikleri

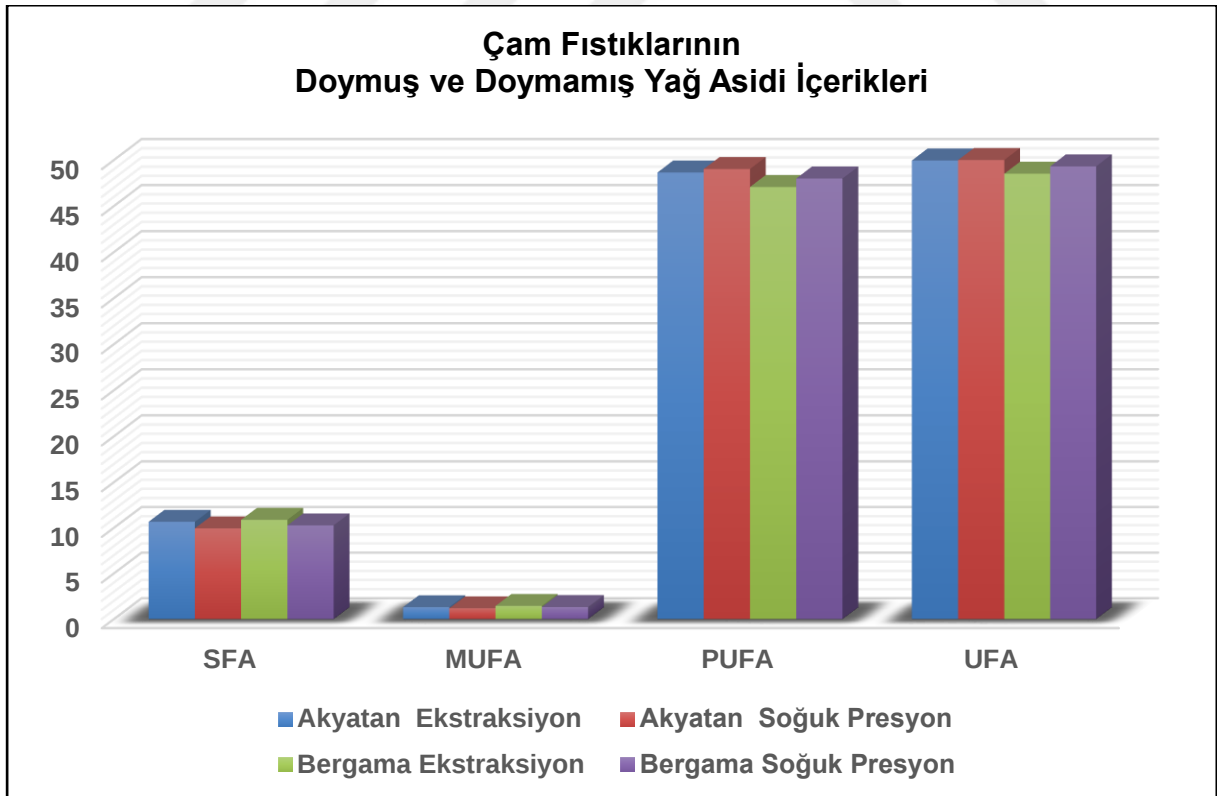
| Yağ Asidi (YA)      | Yağ Asidi Formülü | Akyatan<br>% Yağ Asidi Miktarı |               | Bergama<br>% Yağ Asidi Miktarı |               |
|---------------------|-------------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|
|                     |                   | Ekstraksiyon                   | Soğuk Presyon | Ekstraksiyon                   | Soğuk Presyon |
| Myristic acid       | C14:0             | 0.08 ± 0.01                    | 0.07 ± 0.01   | 0.07 ± 0.01                    | 0.06 ± 0.01   |
| Palmitic acid       | C16:0             | 6.91 ± 0.03                    | 6.55 ± 0.03   | 7.04 ± 0.03                    | 6.65 ± 0.03   |
| Palmitoleic acid    | C16:1             | 0.11 ± 0.01                    | 0.10 ± 0.01   | 0.12 ± 0.01                    | 0.03 ± 0.01   |
| Margaric acid       | C17:0             | 0.07 ± 0.01                    | 0.07 ± 0.01   | 0.08 ± 0.01                    | 0.09 ± 0.01   |
| Heptadecenoic acid  | C17:1             | 0.05 ± 0.01                    | 0.04 ± 0.01   | 0.06 ± 0.01                    | 0.06 ± 0.01   |
| Stearic acid        | C18:0             | 3.59 ± 0.02                    | 3.25 ± 0.01   | 3.69 ± 0.02                    | 3.47 ± 0.02   |
| Cis Oleic acid      | C18:1             | 36.20 ± 0.05                   | 36.33 ± 0.05  | 37.83 ± 0.05                   | 37.32 ± 0.05  |
| Trans Linoleic acid | C18:2             | 0.12 ± 0.01                    | 0.03 ± 0.00   | 0.13 ± 0.01                    | 0.13 ± 0.01   |
| Cis Linoleic acid   | C18:2             | 47.52 ± 0.05                   | 48.14 ± 0.05  | 45.62 ± 0.05                   | 46.58 ± 0.05  |
| Linolenic acid      | C18:3             | 0.42 ± 0.01                    | 0.42 ± 0.01   | 0.63 ± 0.01                    | 0.60 ± 0.01   |
| Eicosenoic acid     | C20:1             | 0.71 ± 0.02                    | 0.70 ± 0.02   | 0.83 ± 0.02                    | 0.80 ± 0.02   |
| Eicosadienoic acid  | C20:2             | 0.42 ± 0.02                    | 0.43 ± 0.02   | 0.51 ± 0.02                    | 0.50 ± 0.02   |
| Behenic acid        | C20:3             | 0.17 ± 0.01                    | 0.00 ± 0.00   | 0.18 ± 0.01                    | 0.18 ± 0.01   |
| <b>Σ SFA</b>        |                   | <b>10.66</b>                   | <b>9.94</b>   | <b>10.88</b>                   | <b>10.27</b>  |
| <b>Σ MUFA</b>       |                   | <b>1.3</b>                     | <b>1.18</b>   | <b>1.44</b>                    | <b>1.32</b>   |
| <b>Σ PUFA</b>       |                   | <b>48.65</b>                   | <b>49.02</b>  | <b>47.07</b>                   | <b>47.99</b>  |
| <b>Σ UFA</b>        |                   | <b>49.95</b>                   | <b>50.2</b>   | <b>48.51</b>                   | <b>49.31</b>  |

SFA: Saturated fatty acid (Doymuş yağ asidi), MUFA: Mono unsaturated fatty acid (Tekli doymamış yağ asidi), PUFA: Poly unsaturated fatty acid (Çoklu doymamış yağ asidi) ve UFA: Unsaturated fatty acid (Toplam doymamış yağ asidi).

Tablo 4.5. ve Şekil 4.9.’dan da görülebileceği gibi; Akyatan ve Bergama yörelerinden temin edilen çam fıstıklarından ekstraksiyon ve soğuk presyon yöntemi ile çıkarılan yağların yağ asidi içerikleri incelendiğinde, genel olarak soğuk presyon ile ekstraksiyon işleminin Akyatan ve Bergama yöresinden elde edilen çam fıstıklarının yağ asidi içeriklerinin benzer olduğu görülmüştür.



**Şekil 4.9.** Akyatan ve Bergama Çam Fıstıkları Yağlarının Yağ Asidi İçerikleri Dağılımı



**Şekil 4.10.** Akyatan ve Bergama Çam Fıstıkları Yağlarının Doymuş ve Doymamış Yağ Asidi İçerikleri Dağılımı

Akyatan ve Bergama yöresinden temin edilen çam fıstıklarından gerek soğuk presyon gerekse ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen yağların yağ asidi içerikleri incelendiğinde; Akyatan ve Bergama çam fıstığı yağında başlıca yağ asitlerinin Linoleik asit (18:2n-6), Oleik asit (18:1n9), Palmitik asit (16:0) ve Stearik asit olduğu ve sırasıyla %45.62-48.14, %36.20-37.83, %6.55-7.04 ve %3.25-3.69 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 4.5.).

Bergama yöresi çam fıstığı yağında gerek ekstraksiyonla gerekse soğuk presyonla elde edilen yağların yağ asidi içeriklerinin, Akyatan yöresi çam fıstığı yağında gerek ekstraksiyonla gerekse soğuk presyonla elde edilen yağlara göre kısmen de olsa daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.5.; Şekil 4.9.).

Akyatan ve Bergama yöresinden temin edilen çam fıstıklarından gerek soğuk presyon gerekse ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen yağların doymuş ve doymamış yağ asidi içerikleri incelendiğinde (Tablo 4.5.); Akyatan ve Bergama çam fıstığı yağında doymuş yağ asidi içeriğinin (SFA), en düşük soğuk presyon yöntemi ile elde edilen Akyatan çam fıstığı yağında (%9.94), en yüksek ise ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Bergama çam fıstığı yağında (%10.66) olduğu tespit edilmiştir.

Akyatan ve Bergama çam fıstığı yağında tekli doymamış yağ asidi içeriğinin (MUFA), en düşük soğuk presyon yöntemi ile elde edilen Akyatan çam fıstığı yağında (%1.18), en yüksek ise ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Bergama çam fıstığı yağında (%1.44) olduğu belirlenmiştir. Bunun yanısıra, çoklu doymamış yağ asidi içeriğinin (PUFA), ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Bergama çam fıstığı yağında (%47.07) en düşük düzeyde olduğu, soğuk presyon yöntemi ile elde edilen Akyatan çam fıstığı yağında da (%49.02) en yüksek düzeyde olduğu saptanmıştır (Tablo 4.5.; Şekil 4.10.).

Akyatan ve Bergama yöresinden temin edilen çam fıstıklarından gerek soğuk presyon gerekse ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen yağların toplam doymamış yağ asidi içerikleri incelendiğinde (Tablo 4.5.; Şekil 4.10.); Akyatan ve Bergama çam fıstığı yağlarının toplam doymamış yağ asidi içeriklerinin %48.51-50.20 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde de; her iki yöreden elde edilen çam fıstığı yağlarının gerek yağ asidi içeriği gerekse doymuş ve doymamış yağ asidi dağılımı açısından çam fıstığı yağının elde edilme yöntemi açısından benzer olduğu görülmüştür.

Kadri ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, Kuzey Cezayir'de yetişen bazı *Pinus* türlerinin (*Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinea* L., *Pinus pinaster* ve *Pinus canariensis*) tohumlarının fiziko-kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada; araştırmamızda elde edilen bulgulara benzer şekilde, başlıca doymamış yağ asitlerinin linoleik asit (% 30-59) ve oleik asit (%17.4-34.6), doymuş yağ asidinin ise palmitik asit (%5-29) olduğu sonucuna varılmıştır.

Lee ve ark. (2011), çam fıstığı yağının sulu enzimatik ekstraksiyonunun yüzey tepki metodolojisi ile optimizasyonu incelenmiş ve yağ asidi içeriğinin palmitik asit (%3.89), oleik asit (%19.44), linoleik asit (%50.09), linolenik asit (%0.58) ve stearik asit (%1.53) olduğu rapor edilmiştir.

Wolff ve Bayard (1995) ise bazı çam fıstığı türlerinin yağ asidi bileşimini incelemiş ve linoleik asidin toplam yağ asitlerinin yaklaşık yarısını oluşturduğunu, oleik asit içeriği ise %14-36 aralığında değiştiğini belirlemiştir.

Xie ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada, Çam fıstığı yağının karakteristik yağ asidi olan pinolenik asidinin sağlık üzerine yararları değerlendirilmiş ve çam fıstığı yağının mevcut yağ asitlerinin %14-19'unu pinolenik asit (PNLA)'in oluşturduğu görülmüştür.

#### **4.2.2. Akyatan ve Bergama Yöresine Ait Çam Fıstığı Yağlarının Gliserid İçerikleri**

Tablo 4.6., Şekil 4.11. ve 4.12'de de; Akyatan ve Bergama yörelerinden temin edilen çam fıstıklarından ekstraksiyon ve soğuk presyon yöntemi ile çıkarılan yağların trigliserid içerikleri ve dağılımı verilmiştir.

Akyatan ve Bergama yöresinden temin edilen çam fıstıklarından gerek soğuk presyon gerekse ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen yağların gliserid içerikleri incelendiğinde; Akyatan ve Bergama çam fıstığı yağında başlıca gliserid yapıların LLL, OLnL ve PLnL olduğu ve sırasıyla %10.92-13.96, %0.48-0.72 ve %0.10-0.16 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 4.6.).

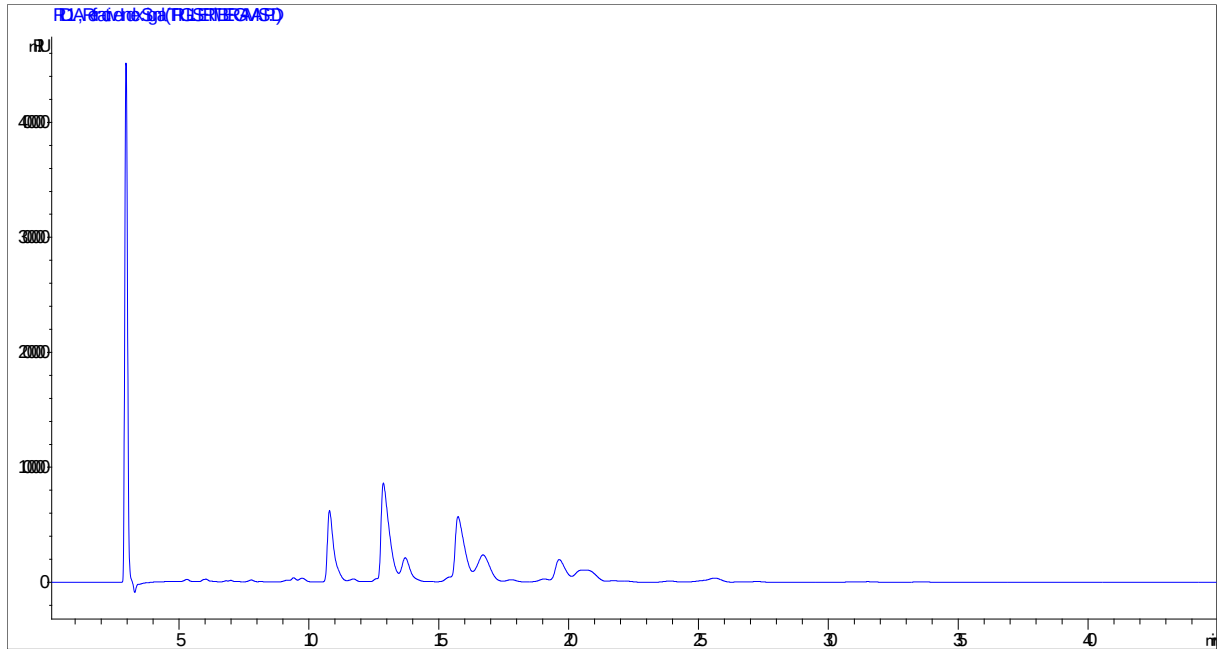
Akyatan yöresi çam fıstığı yağlarının LLL gliserid içeriğinin (%12.89-13.96), Bergama yöresi çam fıstığı yağlarının LLL gliserid içeriğine (%10.92-11.72) göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık, Bergama yöresi çam fıstığı yağlarının OLnL (%0.71-0.72) ve PLnL

(%0.15-0.16) gliserid içeriğinin ise Akyatan yöresi çam fıstığı yağlarının OLnL (%0.48-0.54) ve PLnL (%0.10-0.12) gliserid içeriğine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

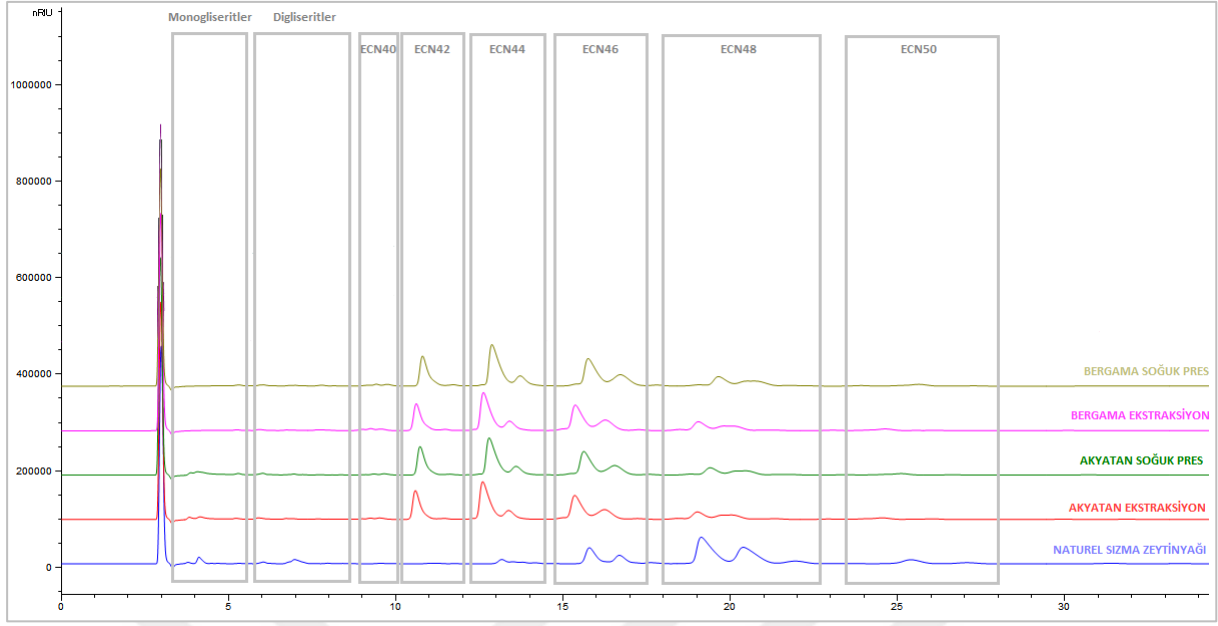
**Tablo 4.6.** Akyatan ve Bergama Çam Fıstığı Yağlarının Toplam Triglicerid Dağılımları

| Gliserid | Akyatan<br>%Toplam TAG İçeriği |               | Bergama<br>%Toplam TAG İçeriği |               |
|----------|--------------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|
|          | Ekstraksiyon                   | Soğuk Presyon | Ekstraksiyon                   | Soğuk Presyon |
| LLL      | 13,9643                        | 12,8916       | 10,9223                        | 11,7171       |
| PoLL     | 0,0970                         | 0,0884        | 0,0790                         | 0,0000        |
| PoPoL    | 0,0002                         | 0,0002        | 0,0002                         | 0,0000        |
| PoPoPo   | 0,0000                         | 0,0000        | 0,0000                         | 0,0000        |
| OLnL     | 0,5353                         | 0,4833        | 0,7115                         | 0,7212        |
| PoOLn    | 0,0012                         | 0,0011        | 0,0017                         | 0,0000        |
| PLnL     | 0,1171                         | 0,1016        | 0,1545                         | 0,1514        |
| PPoLn    | 0,0003                         | 0,0002        | 0,0004                         | 0,0000        |
| SLnLn    | 0,0000                         | 0,0002        | 0,0005                         | 0,0005        |
| ECN42    | 14,7154                        | 13,5667       | 11,8703                        | 12,5902       |

P: palmitic; S: stearic, O: oleic, L: linoleic, Ln: linolenic; ECN: equivalent carbon number (eşdeğer karbon sayısı) = Karbon sayısı – 2\*(çiftbağ sayısı)



**Şekil 4.11.** Bergama Soğuk Presyon Çam Fıstığı Yağının Gliserid Kompozisyonuna Ait HPLC Kromatogramı



**Şekil 4.12.** Akyatan ve Bergama Çam Fıstığı Yağlarının Gliserid Kompozisyonlarına Ait HPLC Kromatogramı Kıyaslamaları

Naturel sızma zeytinyağının gliserid yapıları ile Akyatan ve Bergama yöresinden temin edilen çam fıstıklarından gerek soğuk presyon gerekse ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen yağların gliserid içerikleri kıyaslandığında, çam fıstığı yağlarında ECN42, ECN44 ve ECN46 değerlerinin çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumda, çam fıstığı ve benzeri tohum yağların naturel sızma zeytinyağlarına ilavesi ile yapılacak tağşişlerin kolaylıkla da tespitinin mümkün olacağı görülmektedir. Naturel sızma zeytinyağının özellikle ECN46, ECN48, ECN50, monogliseridler ve digliseridler açısından zengin olduğu görülmektedir.

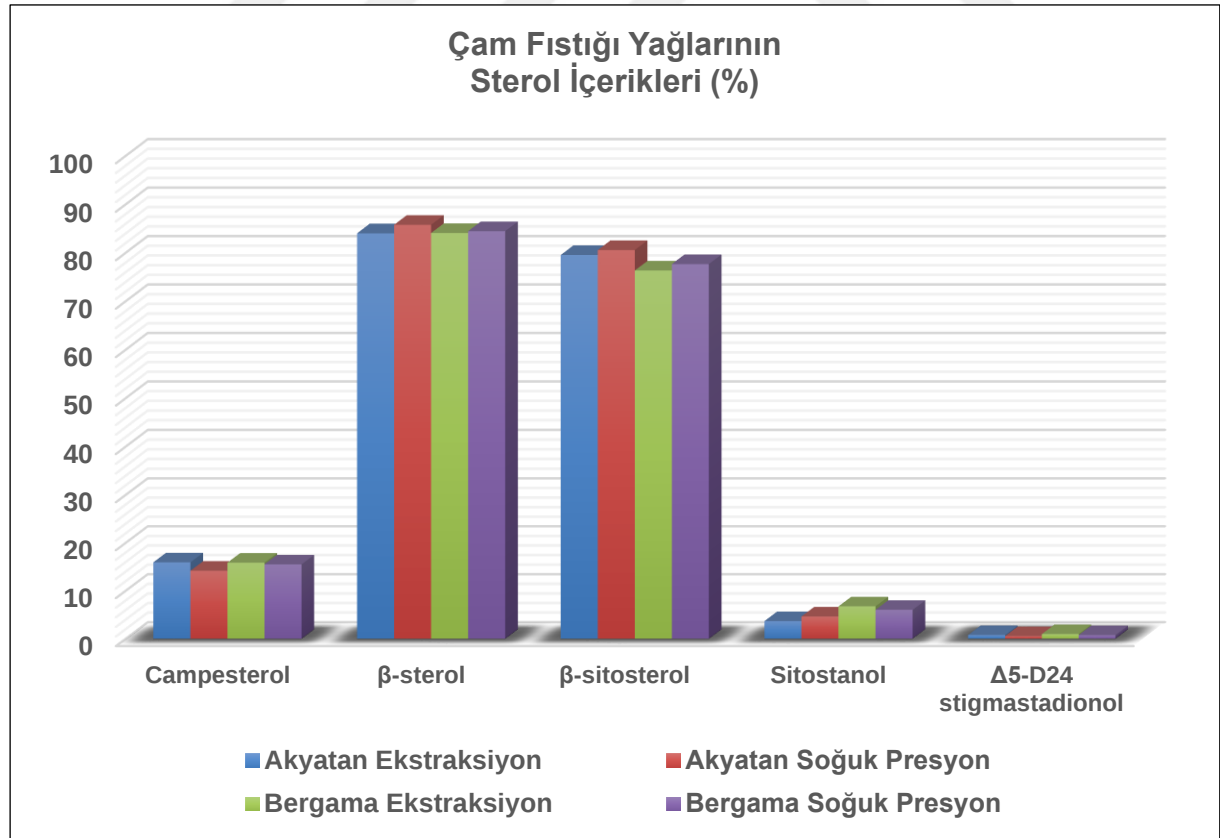
#### 4.2.3. Akyatan ve Bergama Yöresine Ait Çam Fıstığı Yağlarının Sterol İçerikleri

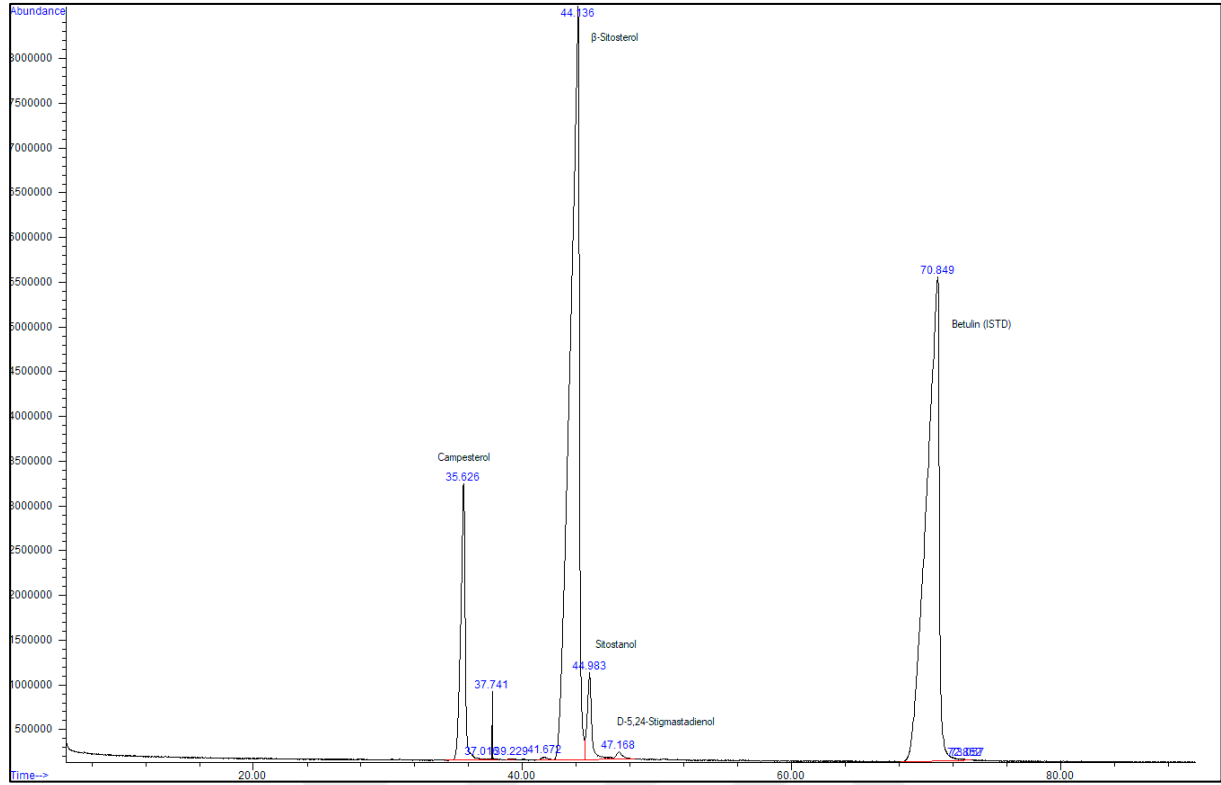
Steroller, doğada serbest halde ya da yağ asitleri ile esterleşmiş halde (diğer mumlar) yağların sabunlaşmayan kısmında bulunurlar. Steroller kökenlerine göre; hayvansal steroller (zoosteroller) ve bitkisel steroller (fitosteroller) olmak üzere iki gruba ayrılırlar (Altan ve Kola, 2009).

Tablo 4.7., Şekil 4.13. ve 4.14’de; Akyatan ve Bergama yörelerinden temin edilen çam fıstıklarından ekstraksiyon ve soğuk presyon yöntemi ile çıkarılan yağların sterol içerikleri ve dağılımı verilmiştir.

**Tablo 4.7.** Akyatan ve Bergama Çam Fıstığı Yağlarının Sterol İçerikleri

| Steroller                         | Akyatan<br>% Sterol İçeriği |               | Bergama<br>% Sterol İçeriği |               |
|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
|                                   | Ekstraksiyon                | Soğuk Presyon | Ekstraksiyon                | Soğuk Presyon |
| Cholesterol                       | 0.00                        | 0.00          | 0.00                        | 0.00          |
| Cholestanol                       | 0.00                        | 0.00          | 0.00                        | 0.00          |
| Brassicasterol                    | 0.00                        | 0.00          | 0.00                        | 0.00          |
| 24-metien kolesterol              | 0.00                        | 0.00          | 0.00                        | 0.00          |
| Campesterol                       | 15,96                       | 14,21         | 15,89                       | 15,53         |
| Campestanol                       | 0.00                        | 0.00          | 0.00                        | 0.00          |
| Stigmasterol                      | 0.00                        | 0.00          | 0.00                        | 0.00          |
| $\Delta 7$ -campesterol           | 0.00                        | 0.00          | 0.00                        | 0.00          |
| $\beta$ -sterol                   | 84,04                       | 85,78         | 84,11                       | 84,48         |
| – $\Delta 5$ -23 stigmastadianol  | 0.00                        | 0.00          | 0.00                        | 0.00          |
| – Clerosterol                     | 0.00                        | 0.00          | 0.00                        | 0.00          |
| – $\beta$ -sitosterol             | 79,57                       | 80,57         | 76,36                       | 77,68         |
| – Sitostanol                      | 3,69                        | 4,66          | 6,77                        | 6,04          |
| – $\Delta 5$ -avenasterol         | 0.00                        | 0.00          | 0.00                        | 0.00          |
| – $\Delta 5$ -D24 stigmastadionol | 0,78                        | 0,55          | 0,98                        | 0,76          |
| $\Delta 7$ stigmastenol           | 0.00                        | 0.00          | 0.00                        | 0.00          |
| $\Delta 7$ -avenasterol           | 0.00                        | 0.00          | 0.00                        | 0.00          |

**Tablo 4.13.** Akyatan ve Bergama Çam Fıstığı Yağlarının Sterol İçerikleri Dağılımı



**Şekil 4.14.** Akyatan Soğuk Presyon Çam Fıstığı Yağının Sterol İçeriğine Ait GC-MS Kromatogramı

Tablo 4.7. ve Şekil 4.13.'ün incelenmesiyle de görülebileceği gibi; Akyatan ve Bergama yörelerinden temin edilen çam fıstıklarından ekstraksiyon ve soğuk presyon yöntemi ile çıkarılan yağların sterol içeriklerinin benzer olduğu görülmüştür.

Akyatan ve Bergama yöresinden temin edilen çam fıstıklarından gerek soğuk presyon gerekse ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen yağların sterol içerikleri incelendiğinde; Akyatan ve Bergama çam fıstığı yağında başlıca sterollerin Campesterol,  $\beta$ -sitosterol, Sitostanol ve  $\Delta^5$ -D24 stigmastadionol olduğu ve sırasıyla %14.21-15.96, %76.36- 80.57, %3.69-6.77 ve %0.55-0.98 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 4.7.).

Akyatan ve Bergama yöresine ait ekstraksiyon ve soğuk presyon ile elde edilen yağların  $\beta$ -sterol ( $\beta$ -sitosterol+Sitostanol+ $\Delta^5$ -D24 stigmastadionol) içeriklerinin ise (Tablo 4.7., Şekil 4.13.) %84.04-85.78 arasında değiştiği ve Akyatan yöresine ait çam fıstıklarının  $\beta$ -sterol içeriklerinin Bergama yöresine ait çam fıstıklarının  $\beta$ -sterol içeriklerine göre kısmen de olsa fazla olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık, Bergama yöresine ait çam fıstıklarında ise Sitostanol ve  $\Delta^5$ -D24 stigmastadionol içeriklerinin (sırasıyla %6.04-6.77 ve %0.76-0.98)

Akyatan yöresine ait çam Sitostanol ve  $\Delta^5$ -D24 stigmastadionol içeriklerine (sırasıyla %3.69-4.66 ve %0.55-0.78) göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.7.).

$\beta$ -sitosterol içeriği açısından değerlendirildiğinde de (Tablo 4.7.); Akyatan yöresine ait çam fıstıkları yağlarının  $\beta$ -sitosterol içeriğinin (%79.57-80.57), Bergama yöresine ait çam fıstıkları yağlarının  $\beta$ -sitosterol içeriğine (%76.36-77.68) göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Alvareza ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada; Şili'de üç farklı coğrafi makrozonda *Pinus pinea* L.'den elde edilen yağlarda da, başlıca sterollerin  $\beta$ -sitosterol (ortalama  $18177.7 \pm 763.8$   $\mu\text{g/kg}$  yağ) ve ana tokoferolün ise E vitamininin izomeri olan  $\gamma$ -tokoferol (ortalama  $1071.1 \pm 109.8$   $\mu\text{g/kg}$  yağ) olduğu belirlenmiştir (Alvarez ve ark., 2017).

Ryan ve ark. (2006), taze çekilmiş Brezilya cevizi, çam fıstığı ve kaju fıstığının yağ asidi profili, tokoferol içeriği, skualen ve fitosterol bileşimi incelenmiş ve bu çalışmada çam fıstıklarının başlıca sterol içeriklerinin  $\beta$ -sitosterol ( $1841.79 \pm 125.2$  mg/g), campesterol ( $214.99 \pm 13.7$  mg/g) ve stigmasterol ( $680.59 \pm 45.7$  mg/g) 'den oluştuğu saptanmıştır.

#### **4.2.4. Akyatan ve Bergama Yöresine Ait Çam Fıstığı Yağlarının Tokoferol İçerikleri**

Tokoferoller başta tohumlar ve tohum yağları olmak üzere, bitkisel yağlar, kabuklu meyveler, koyu yeşil renkli sebzeler (marul, tere, kereviz, maydanoz, ıspanak, lahana vb.), buğday ve yulafta yaygın olarak bulunmaktadır (Yaralı, 2019).

Bitkisel yağlarda bulunan ve doğal antioksidanlar olan tokoferoller; metil tokoller ve metil tokotrienoller olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Özellikle  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  ve  $\delta$  tokoferoller etkili antioksidanlardır. Bunlardan  $\alpha$ -tokoferolün E vitamini olarak en etkili tokoferol olmasına karşın antioksidan etkinliği yönünden  $\delta$  tokoferol diğerlerinden daha üstündür (Altan ve Kola, 2009).

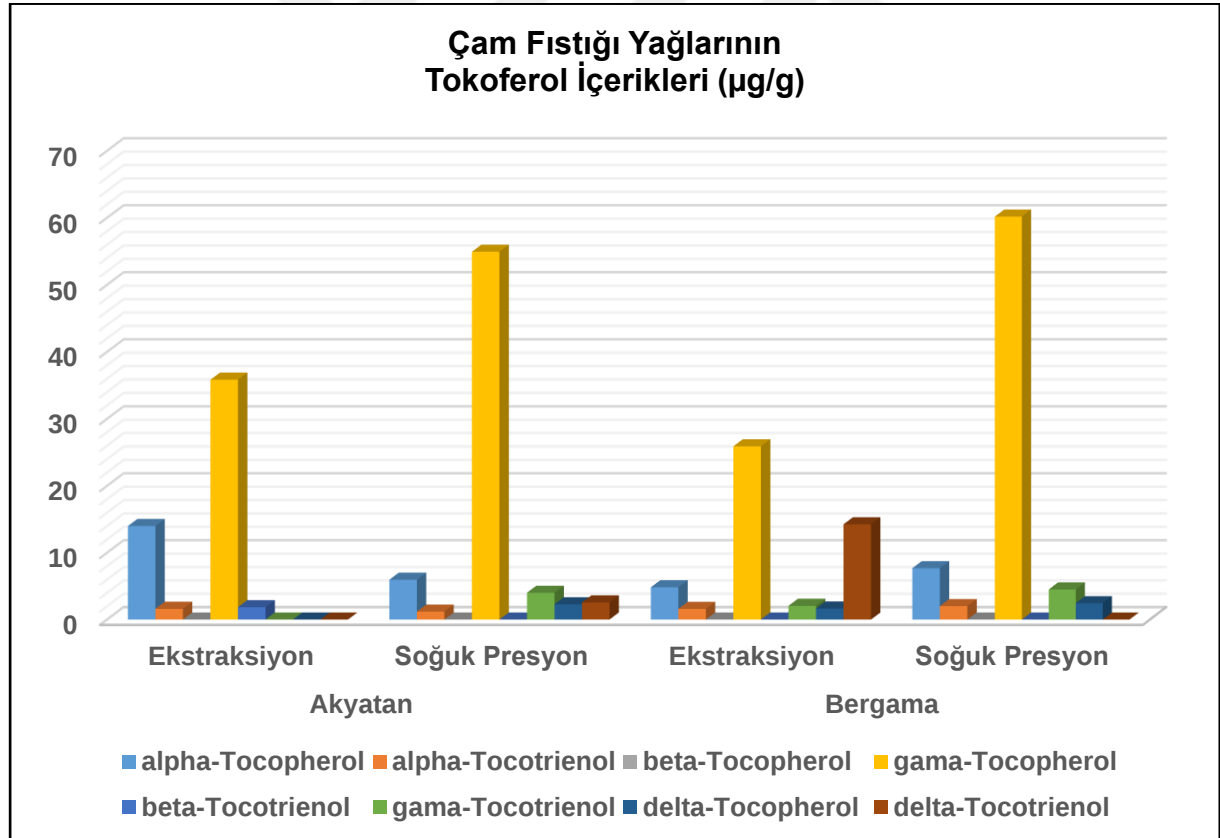
Tablo 4.8., Şekil 4.15. ve 4.16'de; Akyatan ve Bergama yörelerinden temin edilen çam fıstıklarından ekstraksiyon ve soğuk presyon yöntemi ile çıkarılan yağların tokoferol içerikleri ve dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.8. ve Şekil 4.15.'den de görülebileceği gibi; Akyatan ve Bergama yörelerinden temin edilen çam fıstıklarından ekstraksiyon ve soğuk presyon yöntemi ile çıkarılan yağların tokoferol

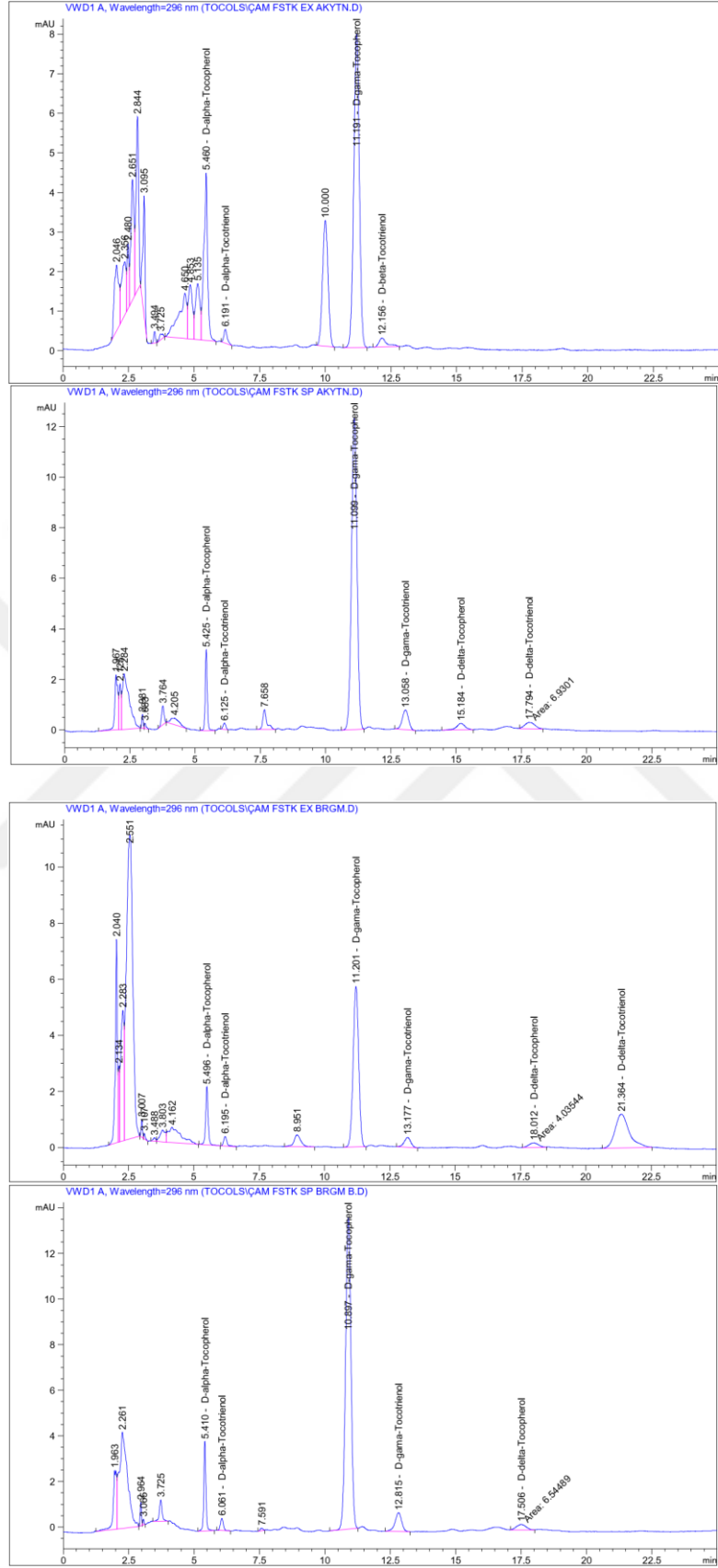
İçerikleri incelendiğinde, başlıca tokoferollerin alfa-tokoferol ve gama-tokoferol olduğu ve sırasıyla 4.8-14.0 µg/g ve 25.9-60.2 µg/g arasında değiştiği belirlenmiştir.

**Tablo 4.8.** Akyatan ve Bergama Çam Fıstığı Yağlarının Tokoferol İçerikleri (µg/g)

| Tokoferoller      | Akyatan<br>Tokoferol İçeriği |               | Bergama<br>Tokoferol İçeriği |               |
|-------------------|------------------------------|---------------|------------------------------|---------------|
|                   | Ekstraksiyon                 | Soğuk Presyon | Ekstraksiyon                 | Soğuk Presyon |
| alpha-Tocopherol  | 13,973                       | 5,939         | 4,820                        | 7,661         |
| alpha-Tocotrienol | 1,599                        | 1,175         | 1,585                        | 1,995         |
| beta-Tocopherol   | 0,000                        | 0,000         | 0,000                        | 0,000         |
| gama-Tocopherol   | 35,821                       | 54,903        | 25,883                       | 60,158        |
| beta-Tocotrienol  | 1,839                        | 0,000         | 0,000                        | 0,000         |
| gama-Tocotrienol  | 0,000                        | 3,996         | 2,047                        | 4,496         |
| delta-Tocopherol  | 0,000                        | 2,271         | 1,637                        | 2,429         |
| delta-Tocotrienol | 0,000                        | 2,549         | 14,232                       | 0,000         |



**Şekil 4.15.** Akyatan ve Bergama Çam Fıstığı Yağlarının Tokoferol İçeriklerinin Dağılımı



Şekil 4.16. Akyatan ve Bergama Çam Fıstığı Yağlarının Tokoferol İçeriklerine Ait HPLC Kromatogramı

Bergama yöresine ait soğuk presyon çam fıstığı yağının gama-tokoferol içeriğinin (60.2 µg/g) en yüksek düzeyde olduğu ve bunu sırasıyla Akyatan soğuk presyon (54.9 µg/g), Akyatan ekstraksiyon (35.8 µg/g) ve Bergama soğuk presyon (25.9 µg/g) çam fıstığı yağlarında olduğu saptanmıştır. Alfa-tokoferol içerikleri açısından değerlendirildiğinde de sıralamanın; Akyatan ekstraksiyon (14.0 µg/g), Bergama soğuk presyon (7.7 µg/g) Akyatan soğuk presyon (5.9 µg/g) ve Bergama soğuk presyon (4.8 µg/g) çam fıstığı yağlarında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.8.).

Tablo 4.8. ve Şekil 4.15.'den de görülebileceği gibi; Akyatan ve Bergama yörelerinden temin edilen çam fıstıklarından ekstraksiyon ve soğuk presyon yöntemi ile çıkarılan yağların tokoferol içerikleri incelendiğinde, başlıca tokotrienollerin alfa-tokotrienol, gama-tokotrienol ve delta tokotrienol olduğu ve sırasıyla 1.2-2.0 µg/g, 2.1-4.5 µg/g ve 2.6-14.2 µg/g arasında değiştiği belirlenmiştir.

Tablo 4.8., Şekil 4.15. ve 4.16'de; Akyatan ve Bergama yörelerinden temin edilen çam fıstığı yağlarının elde edilme yöntemlerine göre (ekstraksiyon ya da soğuk presyon) tokoferol ve tokotrienol içeriklerinin farklılıklar gösterdiği görülmüştür.

Ryan ve ark. (2006), taze çekilmiş Brezilya cevizi, çam fıstığı ve kaju fıstığının yağ asidi profili, tokoferol içeriği, skualen ve fitosterol bileşimi incelenmiş ve bu çalışmada çam fıstıklarının başlıca tokoferol içeriklerinin benzer şekilde  $\alpha$ -tokoferol (124.39±9.4 mg/g)  $\gamma$ - tokoferol (105.29±7.2 mg/g)'den oluştuğu saptanmıştır.

Alvarez ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada; Şili'de üç farklı coğrafi makrozonda *Pinus pinea* L.'den elde edilen yağlarda da, başlıca tokoferolün ise  $\gamma$ -tokoferol (ortalama 1071.1±109.8 µg/kg yağ) olduğu belirlenmiştir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Araştırmamızda, İzmir ili Bergama ilçesi ve Adana Orman Bölge Müdürlüğü Karataş İlçesi Kapıkum köyü Akyatan Kumul Ağaçlandırma Sahası'ndan alınan fıstıkçamlarına ait kozalaklardan (*Pinus pinea L.*) temin edilen çam fıstıklarının genel özelliklerinin yanısıra, bu çam fıstıklarından soğuk presyon ve ekstraksiyon yöntemi elde edilen yağların fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen bu bulguların ışığında;

- Akyatan ve Bergama yöresinden temin edilen çam fıstıklarının en, boy ve en/oranlarının benzer olduğu,
- Bergama yöresine ait çam fıstıklarının gerek tane ağırlığının gerekse 100 tane ağırlığının daha yüksek ve Akyatan yöresine ait çam fıstıklarına göre daha iri yapılı olduğu,
- Bergama yöresine ait çam fıstıklarının nem içeriği ve ham yağ veriminin, Akyatan yöresinde yetiştirilenlere göre daha yüksek olduğu ve bu farklılığın da yöre ve iklim koşullarındaki farklılıktan kaynaklanabileceği,
- Akyatan yöresine ait çam fıstıklarının toplam protein miktarının ise, Bergama yöresinde yetiştirilenlere göre daha yüksek olduğu,
- Bergama yöresine ait çam fıstıklarının sarı renk değerinin ve rengindeki açıklığın, Akyatan yöresinde yetiştirilenlere göre daha açık renkli olduğu,
- Bergama yöresine ait çam fıstığı yağlarının  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $C^*$  renk değerlerinin, Akyatan yöresine ait çam fıstığı yağlarına göre daha düşük olduğu, buna karşılık  $L^*$  ve  $h$  renk değerlerinin ise daha yüksek olduğu,

- am fıstığı yağlarının yağ asidi içerikleri incelendiğinde, genel olarak soğuk presyon ile ekstraksiyon işleminin Akyatan ve Bergama yöresinden elde edilen am fıstıklarının yağ asidi içeriklerinin benzer olduğu,
- Akyatan ve Bergama yöresinden temin edilen am fıstıklarından gerek soğuk presyon gerekse ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen yağların yağ asidi içerikleri incelendiğinde; Akyatan ve Bergama am fıstığı yağında başlıca yağ asitlerinin Linoleik asit (18:2n-6), Oleik asit (18:1n9), Palmitik asit (16:0) ve Stearik asit olduğu,
- Akyatan ve Bergama am fıstığı yağında doymuş yağ asidi içeriğinin (SFA), en düşük soğuk presyon yöntemi ile elde edilen Akyatan am fıstığı yağında, en yüksek ise ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Bergama am fıstığı yağında olduğu,
- Akyatan ve Bergama am fıstığı yağlarının toplam doymamış yağ asidi içeriklerinin %48.51-50.20 arasında değiştiği,
- am fıstığı yağlarının gliserid içerikleri incelendiğinde; Akyatan ve Bergama am fıstığı yağında başlıca gliserid yapıların LLL, OLnL ve PLnL olduğu,
- Akyatan ve Bergama am fıstığı yağında başlıca sterollerin Campesterol, ̢-sitosterol, Sitostanol ve ̢5-D24 stigmastadionol olduğu,
- Akyatan ve Bergama yörelerinden temin edilen am fıstıklarından ekstraksiyon ve soğuk presyon yöntemi ile çıkarılan yağların tokoferol içerikleri incelendiğinde, başlıca tokoferollerin alfa-tokoferol ve gama-tokoferol olduğu

belirlenmiştir.

Genel olarak Akyatan ve Bergama yöresine ait am fıstıklarında belirgin farklılıkların olmadığı ve iki farklı bölgenin de am fıstıkları fiziksel ve kimyasal özellikler açısından birbirine benzer içeriklere sahip olduğu görülmüştür.

Ekonomik değeri yüksek fıstıkçamı ağaçlandırma alanlarının arttırılması ile hem am fıstığının hem de am fıstığı yağının ve bunlardan geriye kalan artık ürünlerin değerlendirilmesi ile ekonomik açıdan önemli kazanımlar sağlanacaktır. Bu nedenle, gerek orman alanlarının oluşturulmasında gerekse ailelerimizin ağaçlandırma çalışmalarında fıstıkçamı alanlarının oluşturulması önem arz etmektedir.

Fıstıkçamı alanları ve am fıstığı retiminde Dünya’da önemli üretici ülkelerden birisi olarak, am fıstığı ve bunlardan üretilcek ürünlerin çeşitlendirilmesi ekonomik açıdan daha da önemli bir gelir sağlayacağı gibi ihracat açısından da önemli bir kalem oluşturacaktır.



## KAYNAKLAR

- Aceituno, L. R., Sánchez, S. R., Sanz, J., Sanz, M. L., Ramos, L. (2014). Optimization of pressurized liquid extraction of inositols from pine nuts *pinus pinea* L. *Food Chemistry*, 153, 450-456. İspanya.
- Akgül, H. N. (2016). *Fıstık çamında (pinus pinea l.) hasat mekanizasyonu üzerine bir araştırma* (Doktora Tezi). Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı. Aydın.
- Altan, A., Kola, O. (2009). Yağ İşleme Teknolojisi. Bizim Büro Basımevi, ISBN:978-605-89535-0-5, 2009.
- Avşar, M. D. (2000). Avşar Kahramanmaraş Yöresi Fıstık Çamı (*Pinus Pinea* L.) Meşcereleri üzerine bir araştırma. *Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Dergisi*, 1, 41-50. İzmir.
- Bahçeci, K. S., Acar, J. (2016). *Renk Analizi*. Hitit Üniversitesi laboratuvar föyü. 8-8.
- Beyhan, Ö., Özcan, A., Özcan, H., Kafkas, E., Kafkas, S., Sütyemez, M., Ercisli, S. (2017). Fat, Fatty Acids and Tocopherol Content of Several Walnut Genotypes. *Research Articles*. 45(2), 437-441.
- Cárcel, L. M., Bon, J., Acuña, L., Nevares, I., Álamo, M. D., Crespo, R. (2011). Moisture dependence on mechanical properties of pine nuts from *pinus pinea* L. *Journal of Food Engineering*. 110, 294-297. İspanya.
- Demirci, F., Bayramiç, P., Göger, G., Demirci, B., Başer, K. H. (2015). Characterization and antimicrobial evaluation of the essential oil of *pinus pinea* l. from Turkey. *Natural Volatiles and Essential Oils*. 2, 39-44. Eskişehir, Türkiye.
- Elvaristo, I., Batista, D., Correia, I., Correia, P., Costa, R. (2013). Chemical profiling of portuguese *pinus pinea* l. nuts and comparative analysis with *pinus koraiensis* sieb. & zucc. commercial kernels. *Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens*; 105, 99-104. Portugal.

- Eser, P. (2008). Farklı ambalaj ve depolama koşullarında çam fıstığının bazı kalite özelliklerindeki değişimin İncelenmesi. *II. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*. Van, Türkiye, 27 Mayıs 2009, 504-507.
- Essid, N., Hela, T., Badreddine, H., Amel, H., Amel, S. (2014). Impacts of mineral oil and synthetic lubricant on the trophic diversity of marine nematode community: Results from Microcosm Experiments. NISCAIR-CSIR. 1708-1717. India.
- Evaristo, I., Batista, D., Correia, I., Correia, P., Costa, R. (2013). Chemical profiling of portuguese pinus pinea l. nuts and comparative analysis with pinus koraiensis sieb. & zucc. Commercial Kernels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 90, 915-1097. Lizbon, Portekiz.
- Farhoosh, R., Hossein, M. Kafrani, T., Sharif, A. (2011). Antioxidant activity of the fractions separated from the unsaponifiable matter of bene hull oil. *Food Chemistry*. 126(2), 583-589.
- Göksu, A. G. (2014). Yağ asitlerinin mono ve digliseritleri. Erişim adresi: <https://prezi.com/woxnmdnq3v1l/yag-asitlerinin-mono-ve-digliseritleri>.
- Gölge, E., Ova, G. (2007). The effects of food irradiation on quality of pine nut kernels. *Radiation Physics and Chemistry*. 77(3), 365-369. March 2008. İzmir.
- Gönültaş, O. (2008). *Fıstık çamu (pinus pinea) kozalak, odun ve ibrelerinin kimyasal karakterizasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi). Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Programı, İstanbul.
- Gönültaş, O., Uçar, M. B. (2013). *Chemical characteristics of the cone and wood of pinus pinea. department of wood chemistry, faculty of forestry*. (Yüksek Lisans Tezi) Istanbul University, 34473, Bahcekoy, Istanbul, Turkey.
- Kadri, N., Khettal, B., Aid, Y., Kherfellah, S., Sobhi, W., Montero, V. B. (2015). Some physicochemical characteristics of pinus (pinus halepensis mill., pinus pinea l., pinus pinaster and pinus canariensis) seeds from north algeria, their lipid profiles and volatile contents. *Food Chemistry*, 188, 184-92. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.04.138. Algeria.

- Kızılarıslan, Ç., Sevgi E. (2013). Ethnobotanical uses of genus pinus l. (pinaceae) in Turkey. *Indian urnal of Tradinational Knowledge*. 12, 209-220.
- Lee J. W., Lee K. W., Lee S. W., Kim I. H., Rhee C. (2011). Selective increase in pinolenic acid (all-cis-5,9,12-18:3) in korean pine nut oil by crystallization and its effect on ldl-receptor activity. *Lipids*. 39, 383-7.
- Leo, P., Vanhanen, P. (2013). Mineral analysis of pine nuts (Pinus spp.) Grown in New Zealand. *Foods*, 2(2), 143-150. doi: 10.3390/foods2020143.
- Lutz, M., Álvarez, K., Loewe, V. (2017). Chemical composition of pine nut (pinus pinea l.) grown in three geographical macrozones in chile. *Journal CyTA - Journal of Food*. 15, 284-290. Santiago, Chile.
- MEB (2011). T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Gıda Teknolojisi, (2011). *Gıdalarda yağ tayini 541gı0069*. Ankara.
- Mutke, S., Gordo, J., Gil, L. (2005). Cone yield characterization of a stone pine (pinus pinea l.) clone bank. *Silvae Genetica*. 54(4), 189-197. December 2005. Spain.
- Nasri, N., Khaldi, A., Fady, B., Triki, S. (2005). Fatty acids from seeds of pinus pinea l.: composition and population profiling. *Phytochemistry*. 66, July 2005, 1729-1735. Tunisia.
- Nergiz, C., Dönmez, İ. (2003). Chemical composition and nutritive value of pinus pinea l. seeds” department of food engineering, faculty of engineering. *Food Chemistry*. 86(3), 365-368.
- OGM (2012). *Türkiye Orman Varlığı 2012*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı. Yayın No.: 85. 12. Ankara.
- OGM (2015). *Türkiye Orman Varlığı 2015*, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, 1-32 sayfa, Ankara.

- Örnek, M. N., Sonmete, M. H., Şeflek, A. Y., Kayahan, N., Hacıseferoğulları, H. (2015). Determination of some physical properties of wild stone pine (*pinus pinea* l.) kernel and pits grown in Turkey. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*. 29, 11-22. Konya, Turkey.
- Özdarçın, K. (2011). *Bartın yöresi fıstıkçamı (pinus pinea l.) ağaçlandırmalarında başarı durumunun belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın.
- Özer, E. A., Güven, A. (2008). Sert kabuklu meyvelerin sağlık üzerine etkileri. 10. *Gıda Kongresi*; 21-23, Erzurum.
- Özgüven, F., Vursavuş, K. (2004) Some physical, mechanical and aerodynamic properties of pine (*pinus pinea*) nuts. Faculty Of Agriculture, Department Of Agricultural Machinery, *Journal of food engineering*. 0260-8774. Adana, Turkey.
- Polat, T., Aktaş, M., Şahin, H. M. (2012). Güneş enerjisi ve ısı pompalı bir kurutma sistemi ile çam fıstığı kozalağı kurutulması. *Politeknik Dergisi*. 15(1), 1-7. Ankara.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yanga, M., Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*. 26, 9–10, May 1999, 1231-1237.
- Ryan, E., Galvin, K., O'connor, T. P., Maguire, A. R., O'brien, N. M. (2006). Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of brazil, pecan, pine, pistachio and cashew nuts. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 57, 3-4.
- Salgın, U., Salgın, S. (2012). Effect of main process parameters on extraction of pine kernel lipid using supercritical green solvents: solubility models and lipid profiles. *The Journal of Supercritical Fluids*. 73, 18-27.
- Sarı, M., Elmacı, Y. (2012). Aydın, kozak ve maraş tipi çam fıstıklarının lezzet özelliklerinin gc/ms ve lezzet profili analizi tekniğiyle belirlenmesi. *Akademik Gıda*. 10(1), 47-52. Bornova, İzmir.

- Sülüőğlu, M. (2004). The management of villagers owned stone pine (pinus pinea l.) plantations in kozak region, Turkey: A Case Study, *FAO Working Paper*. 1-4.
- Şen, F., Özer, K. B., Aksoy, U. (2015). Physical and dietary properties of in-shell pine nuts (pinus pinea l.) and kernels. department of horticulture, faculty of agriculture. *Journal of Experimental Agriculture International*. 10(6), 1-9. Izmir, Turkey.
- TSE (2014a). TS 1771 Çam Fıstığı. Türk Standardları Enstitüsü, Necatibey Cad. No:112 06100 Bakanlıklar/Ankara.
- TSE (2014b). TS EN ISO 12228-1 Münferit ve toplam sterol muhteviyatının tayini - Gaz kromatografik yöntem - Bölüm 1: Hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlar. Türk Standardları Enstitüsü, Necatibey Cad. No:112 06100 Bakanlıklar/Ankara.
- TSE (2015a). TS EN ISO 12966-2 Hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlar- Yağ asitleri metil esterlerinin gaz kromatografisi-Bölüm 2:Yağ asitleri metil esterlerinin hazırlanması, Türk Standardları Enstitüsü, Necatibey Cad. No:112 06100 Bakanlıklar/Ankara.
- TSE (2015b). TS EN ISO 12966-4 Hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlar- Yağ asitleri metil esterlerinin gaz kromatografisi -Bölüm 4: Kapiler gaz kromatografisi ile tayin, Türk Standardları Enstitüsü, Necatibey Cad. No:112 06100 Bakanlıklar/Ankara.
- Vahid, E., Javad, M.R. (2010). Study on some engineering attributes of pine nut (Pinus pinea) to the design of processing equipment. *Research in Agricultural Engineering* 56(3), DOI: 10.17221/49/2009-RAE.
- Wolff, R. L., Bayard, C. C. (1995). Fatty acid composition of some pine seed oils. *j. am. oil chem.* 7, 87-93.
- Xie, K., Miles, E. A., Calder, P. C. (2016). A review of the potential health benefits of pine nut oil and its characteristic fatty acid pinolenic acid. *Journal of Functional Foods*. 23, May 2016, 464-473. United Kingdom.
- Yaralı, E. (2019). Gıda Kimyası Erişim adresi: [https://akademik.adu.edu.tr/myo/cine/webfolders/File/ders%20notlari/Gida%20Kimyasi\(1\).pdf](https://akademik.adu.edu.tr/myo/cine/webfolders/File/ders%20notlari/Gida%20Kimyasi(1).pdf)

## ÖZGEÇMİŞ

1991 Kahramanmaraş doğumluyum. İlk ve ortaöğrenimimi Kocaeli Gebze’de 60. Yıl İlköğretim Okulu’nda tamamladım. Lise eğitimimi Gebze Atatürk Lisesi ve Gebze Sarkuysan Lisesi’nde tamamladım. 2009 yılında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nü kazandım. Eğitimimin ikinci yılında yatay geçiş ile Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği’ne geçiş yaparak, 2013 yılında buradan mezun oldum. Mezuniyetimden sonra kısa süreliğine özel sektörde çalıştım. Akabinde C sınıfı İş Güvenliği Sertifikası aldım. 2016 yılında başladığım Anadolu Üniversitesi Adalet Bölümü’nü 2018 yılında tamamladım. Yüksek Lisans Eğitimime 2017 yılında Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi’nde başladım. 2014 yılından bu yana Türk Hava Kuvvetleri’nde görev yapmaktayım.