



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**PİYASADA SATILAN TAHİN VE TAHİN HELVASI ÖRNEKLERİNDE YAĞ
ASİTLERİ KOMPOZİSYONUNUN GC/FID-MS İLE EŞ ZAMANLI TAYİNİ VE
KEMOMETRİK YAKLAŞIMLARLA TAĞŞIŞIN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERVE OLGUN

**TEMMUZ 2021
GÜMÜŞHANE**

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**PİYASADA SATILAN TAHİN VE TAHİN HELVASI ÖRNEKLERİNDE YAĞ
ASİTLERİ KOMPOZİSYONUNUN GC/FID-MS CİHAZI İLE EŞ ZAMANLI
TAYİNİ VE KEMOMETRİK YAKLAŞIMLARLA TAĞŞIŞIN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERVE OLGUN

Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
“Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 10.06.2021

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 26.07.2021

TEMMUZ 2021

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda tezin yazımına ait kurallara uygun olarak hazırladığım **“Piyasada Satılan Tahin ve Tahin Helvası Örneklerinde Yağ Asitleri Kompozisyonunun GC/FID-MS ile Eş Zamanlı Tayini ve Kemometrik Yaklaşımlarla Tağışın Belirlenmesi”** isimli yüksek lisans tezi çalışmasında; söz konusu tüm bilgi ve belgeleri genel akademik kurallara göre elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Merve OLĞUN

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**PİYASADA SATILAN TAHİN VE TAHİN HELVASI ÖRNEKLERİNDE YAĞ
ASİTLERİ KOMPOZİSYONUNUN GC/FID-MS CİHAZI İLE EŞ ZAMANLI
TAYİNİ VE KEMOMETRİK YAKLAŞIMLARLA TAĞŞIŞIN BELİRLENMESİ**

Merve OLĞUN

Gümüşhane Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali GÜNDOĞDU

2021, 91 sayfa

Tahin, susamın kavrulduktan sonra kabuklarının çıkarılıp öğütülmesiyle elde edilen yarı akışkan, kıvamlı ve besin değeri bakımından zengin bir üründür. Tahin helvası, batı ülkelerinde Türk balı veya Türk tatlısı olarak bilinen, şekerin yaklaşık 150 °C’de kaynatılması ve çöven kökü (*Saponaria officinalis*) suyu katılıp çırpılmak suretiyle elde edilen beyaz şeker ağdasına daha sonra beyaz tahini ilave edip istenen kıvama gelene kadar yoğrulması suretiyle elde edilen geleneksel bir üründür.

Tahinin yaklaşık kimyasal kompozisyonunu, yüksek oranda yağ (%58.9) ve protein (%24.7), düşük oranda ham selüloz (%2.3) ve nem (<%1.0) ve önemli miktarda kül (%3.0) oluşturmaktadır. Tahindeki yağ yüksek oranda (%82) doymamıştır. Oleik asit (%42.4) ve linoleik asit (%39.7) doymamış yağ asitlerinin büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır.

Doymuş yağ asitlerinden palmitik asit (%9.8) ve stearik asit (%6.4) baskındır. Oleik asit, linoleik asit, palmitik ve stearik asit tahindeki toplam yağ asitlerinin %98'ini oluşturmaktadır. Tahin helvası, tahinden üretildiğinden dolayı tahinin tüm karakteristik özelliklerini taşımaktadır.

29385 nolu Resmi Gazete'de yayınlanan TKG Tahin Helvası Tebliği (2015/28)'nde tahin helvasının taşınması gereken özellikler bildirilmektedir. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'nde belirtilen kurallara uygun olarak numune alınır ve ulusal veya uluslararası kabul görmüş analiz metotları uygulanır. Son yıllarda üretimi ve tüketimi hızla artan tahin helvası üretiminde en kaliteli susam olan ve ülkemizde de üretilen beyaz susam kullanılmaktadır. Fakat susam üretimindeki gerileme sebebiyle tahin helvası üretiminde ayçiçek yağı, yerfıstığı yağı, soya proteini, soya yağı gibi farklı yağların kullanımına başvurulmaktadır. Bu da gıdalarda taklit ve tağşişe başvurulduğunun bir göstergesidir. Gıda hileciliği genellikle ekonomik motivasyonla gerçekleştirilmekte ve tüketici güvenliği göz ardı edilerek kar marjının artırılması hedeflenmektedir. Daha ucuz yağlar kullanılarak yapılan tağşişlerin tespiti mevcut yöntemlerle zor olmaktadır.

Yapılan bu çalışmada piyasadan toplanan çeşitli helva ve tahin örneklerinin yağları soxhelet yöntemiyle ekstrakte edildikten sonra yağ asidi kompozisyonları ve miktarları da MS ve FID dedektörlü GC ile tayin edilmiştir. Eş zamanlı olarak MS ve FID dedektörde tespit edilen yağ asitlerinin MS dedektörde doğrulaması, FID dedektörde ise hesaplaması yapılmıştır. Yağ asidi bileşimine ve bunların saf susam yağı ve karışımlarından elde edilen oranlarına dayanan veri dağılım modellerini incelemek için istatistiksel olarak PCA analizi kullanılmıştır. Piyasadan alınan örneklerde toplamda 12 adet farklı yağ asidi çeşidi tespit edilmiştir. Temel yağ asitlerinden; Palmitik Asit (C16:0), Stearik Asit (C18:0), Oleik Asit (C18:1), Linoleik Asit (C18:2) Araşidik Asit (C20:0), Behenik Asit (C22:0) ve Lignoserik Asit (C24:0) sayısal olarak miktarca yüksek oranda bulunmuştur. Tağşiş yapıldığından şüphelenilen 5 örnek ile susam yağına %10, %25 ve %50 oranlarında katılmak suretiyle oluşturulan 6 farklı yağ örneği modelinin PCA analizleri yapılarak bunların hangi yağlar olabileceği konusunda yorumlamalar yapılmıştır. Yapılan tüm bu çalışmalar sonucunda seçilen toplam 31 örnekten 5 tanesinde tağşiş yapıldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: GC/FID-MS, PCA, Tahin helvası, Tağşiş, Yağ asitleri

ABSTRACT
MS THESIS

**SIMULTANEOUS DETERMINATION OF FATTY ACID COMPOSITION IN THE
SAMPLES OF TAHINI AND TAHINI HALVA SOLD IN THE MARKET WITH
GC/FID-MS DEVICE AND DETERMINATION OF ADULTERATION BY
CHEMOMETRIC APPROACHES**

Merve OLĞUN

Gümüşhane University
Graduate School of Education
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ali GÜNDOĞDU

2021, 91 pages

Tahini is a semi-fluid consistency, rich in nutritional value, obtained by roasting sesame and then peeling and grinding it. Tahini halva is known as Turkish honey or Turkish dessert in Western countries, by boiling sugar at about 150 °C and adding gypsum root (*Saponaria officinalis*) juice; It is a traditional product obtained by adding white tahini to the white sugar wax obtained by whipping and kneading until it reaches the desired consistency.

The approximate chemical composition of tahini consists of a high percentage of fat (58.9%) and protein (24.7%), a low percentage of crude fiber (2.3%) and moisture (<1.0%), and a significant amount of ash (3.0%). Tahini oil is highly unsaturated (82%).

Oleic (42.4%) and linoleic (39.7%) acid constitutes the majority of unsaturated fatty acids. Among the saturated fatty acids, palmitic acid (9.8%) and stearic acid (6.4%) are dominant. Oleic acid, linoleic acid, palmitic and stearic acid make up 98% of the total fatty acids in tahini.

The characteristics that tahini halva must have are reported in the TGK Tahini Halva Communique (2015/28) published in the Official Gazette No. 29385. Samples are taken in accordance with the rules specified in the Turkish Food Codex Regulation, and national or internationally accepted analysis methods are applied. White sesame, which is the highest quality sesame produced in our country, is used in the production of tahini halva, whose production and consumption has increased rapidly in recent years. However, due to the decline in sesame production, different oils such as sunflower oil, peanut oil, soy protein, soybean oil are used in the production of tahini halva. This is an indication that imitation and adulteration are used in foods. Food fraud is generally carried out with economic motivation and it is aimed to increase the profit margin by ignoring consumer safety. Detection of adulteration using cheaper oils is difficult with current methods.

In this study, the oils of various halva and tahini samples collected from the market were extracted by the Soxhlet method. A GC device with MS and FID detectors was used to look at the fatty acid composition and amount of the extracted oils. Simultaneously, the fatty acids detected in MS and FID detectors were verified in MS detector and calculated in FID detector. Fatty acid composition and their obtained from pure sesame oils and mixtures were made. A total of 12 different fatty acid types were detected in the samples taken from the market. From essential fatty acids; Palmitic Acid (C16:0), Stearic Acid (C18:0), Oleic Acid (C18:1), Linoleic Acid (C18:2) Arachidic Acid (C20:0), Behenic Acid (C22:0) and Lignoceric Acid (C24:0) was found to be numerically high in quantity. PCA analysis was used to examine data distribution patterns based on PCA analyzes of the models created by mixing 5 samples of suspected adulteration, as well as 6 different oil samples and sesame oil at the rates of 10 %, 25 % and 50 %, were made and interpretations were made about which oils could be. As a result of all these studies, it was determined that 5 of 31 samples were adulterated.

Keywords: Adulteration, Fatty acids, GC/FID-MS, Tahini halva, PCA

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyip, karşılaştığım zorluklarda bana yardımcı olan, ayrıca tezime ve gelecekteki hayatıma sunduğu katkılardan dolayı danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ali GÜNDOĞDU'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında gerekli analizlerin uygulanmasında, elde edilen sonuçların yorumlanmasında ve tezimin şekillenmesinde bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen çok değerli hocam Sayın Doç. Dr. Cemalettin BALTACI'ya sonsuz şükranlarımı sunarım.

Tüm çalışmalarım süresince yardımlarını ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman anlayışlı ve hoşgörülü davranışlarıyla yanımda olan babam Maksut OLGUN ve annem Nezahat OLGUN'a, değerli dostum Münevvere BOZKURT'a ve çok sevgili arkadaşım Onur KODAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim ve öğrenim yaşamım süresince bana maddi ve manevi destek olan çok kıymetli amcam Şükrü KUTLUHAN'a teşekkür ederim.

Yine Çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan Laboratuvar arkadaşlarım Yağmur KARABAŞ ve Ayşe MUSLU'ya tezime yaptıkları katkılardan ve bana vermiş oldukları psikolojik desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

Merve OLGUN
Gümüşhane, 2021

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET.....	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. GİRİŞ.....	1
1.2. Tahin Helvası	1
1.3. Tahin Helvası Üretimi	2
1.4. Tahin Helvası Üretiminde Kullanılan Hammaddeler.....	4
1.4.1. Susam	4
1.4.2. Tahin.....	5
1.4.2.1. Tahin Üretimi	5
1.4.3. Şeker.....	7
1.4.4. Çöven.....	7
1.4.5. Sitrik Asit	8
1.4.6. Antep Fıstığı	8
1.4.7. Kakao.....	8
1.4.8. Vanilya	9
1.5. Tahin Helvasının Beslenmedeki Önemi.....	9
1.6 . Yağlar (Lipitler) ve Yağ Asitleri	10
1.6.1. Yağlar (Lipitler)	11
1.6.2. Yağ Asitleri	14
1.6.3. Yağ Asitlerinin Sınıflandırılması	15
1.6.3.1. Doymuş Yağ Asitleri	16
1.6.3.2. Doymamış Yağ Asitleri	18
1.6.3.3. Esansiyel (Temel) Yağ Asitleri	21

1.6.3.4.	Doymamış Yağ Asitlerinde Cis ve Trans İzomerleri	23
1.7.	Yağ Asitlerinin Beslenmedeki Yeri	24
1.8.	Kromatografi	25
1.8.1.	Gaz Kromatografisi	26
1.8.1.1.	Taşıyıcı Gaz.....	27
1.8.1.2.	Numune Enjeksiyon Portu.....	28
1.8.1.3.	Kolon ve Fırın.....	28
1.8.1.4.	Dedektör	29
1.8.1.5.	Kromatogramlar.....	29
1.8.2.	Gaz Kromatografisi - Kütle Spektrometresi (GC / MS).....	29
1.8.3.	Gaz Kromatografisi – Alev İyonizasyonu (GC / FID).....	30
1.9.	Gıda Sahtekârlığı.....	31
1.9.1.	Taklit ve Tağşiş	33
1.10.	Gıdalarda Hilenin Tespiti ve Kullanılan Yöntemler	36
1.10.1.	Kromatografik Teknikler.....	36
1.10.2.	Spektroskopik Teknikler	36
1.10.3.	İzotopik Teknikler	37
1.11.	Temel Bileşenler Analizi (PCA)	37
1.12.	Önceki Çalışmalar	38
1.13.	Çalışmanın Amacı	44
1.14.	Çalışmanın Kapsamı.....	45
2.	MATERYAL VE METOT.....	46
2.1.	Materyal.....	46
2.1.1.	Numunelerden Yağların Ekstraksiyonu	48
2.1.2.	Numunelerin Metil Esterlerinin Hazırlanması	49
2.1.3.	Yağ Asitleri Metil Esterlerinin GC-MS/FID Analizi İçin Hazırlanması	49
2.1.3.1.	GC-MS/FID Cihazı İçin Kromatografik Şartlar	50
2.1.4.	Yağ Asitleri Miktarlarının Hesaplanması.....	51
2.1.5.	Sonuçların Hesaplanması	51
3.	BULGULAR ve TARTIŞMA	52
3.1.	Piyasadan Alınan Örneklerle Ait Yağ Asidi Bulguları	52
3.2.	Yağ Asidi Kompozisyonlarının Örneklerdeki Oranlarının Değerlendirilmesi	54
3.2.1.	Miristik Asit (14:0).....	54

3.2.2.	Palmitik Asit (16:0).....	58
3.2.3.	Palmitoleik Asit (16:1)	60
3.2.4.	Stearik Asit (C18:0).....	62
3.2.5.	Oleik Asit (C18:1).....	65
3.2.5.	Linoleik Asit (C18:2)	68
3.2.6.	Linolenik Asit (C18:3)	69
3.2.7.	Araşidik Asit (C20:0)	71
3.2.8.	Eikosenoik Asit (C20:1).....	72
3.2.9.	Behenik Asit (C22:0).....	73
3.2.10.	Erüsik Asit (Dokosenik Asit (C22:1)).....	74
3.2.11.	Lignoserik Asit (C24:0).....	75
3.2.12.	Hindistan Cevizi Yağı, Ayçiçek ve Pamuk Yağları Tağşiş Modeli	76
4.	SONUÇ ve ÖNERİLER.....	81
5.	KAYNAKLAR.....	84
6.	EKLER	92
	ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Tahin helvasının üretim akış şeması	3
Şekil 1.2. Beyaz, kahverengi ve siyah susam	5
Şekil 1.3. Tahin üretimi akış şeması.....	6
Şekil 1.4. Yağların genel yapısı.....	12
Şekil 1.5. Yağ asidi ve gliserolün esterleşme reaksiyonu.....	12
Şekil 1.6. Basit ve bileşik gliserit yapıları	13
Şekil 1.7. Bir yağ asidinin genel formülü.....	14
Şekil 1.8. Yağ asitlerinin sınıflandırılması	17
Şekil 1.9. Doymuş yağ asidi	17
Şekil 1.10. Doymamış yağ asidi yapısı	19
Şekil 1.11. (n-3) PUFA ve (n-6) PUFA.....	23
Şekil 1.12. Cis ve trans yağ asitleri	24
Şekil 1.13. Bir gaz kromatografisi (GC) cihazının şeması	27
Şekil 1.14. Gaz kromatografisi enjeksiyon bloğu	28
Şekil 1.15. Tipik bir GC-MS cihazının görünümü	30
Şekil 2.1. Yağ analizinde analitik terazide tartım işlemleri.....	48
Şekil 2.2. Helva numunelerinden yağ ekstraksiyon işlemi.....	49
Şekil 3.1. Miristik asit kutu ve bıyık grafiği.....	55
Şekil 3.2. Piyasadan alınan örneklerin temel bileşen analizi (PCA) grafiği.....	56
Şekil 3.3. Örneklerin aglomeratif hiyerarşik kümeleme (AHC) analiz grafiği	57
Şekil 3.4. Kurulan palm yağı-tahin taşıma modeli temel bileşen analizi (PCA) grafiği	59
Şekil 3.5. Palmitik asit kutu ve bıyık grafiği	60
Şekil 3.7. Kurulan palm yağı-tahin taşıma modeli yağ asitleri korelasyon haritası	62
Şekil 3.8. Stearik asit kutu ve bıyık grafiği	62
Şekil 3.9. Kurulan yerfıstığı yağı-tahin taşıma modeli PCA grafiği.....	63
Şekil 3.10. Kurulan yerfıstığı-tahin taşıma modeli yağ asitleri korelasyon haritası	64
Şekil 3.11. Oleik asit bıyık ve kutu grafiği.....	65
Şekil 3.12. Kurulan soya yağı-tahin taşıma modeli PCA grafiği.....	66
Şekil 3.13. Kurulan soya-tahin taşıma modeli yağ asitleri korelasyon haritası	67

Şekil 3.14. Lineloik asit bıyık ve kutu grafiği	69
Şekil 3.15. Linolenik asit bıyık ve kutu grafiği	70
Şekil 3.16. Piyasadan alınan örneklere ait yağ asitleri korelasyon haritası	71
Şekil 3.17. Araşidik asit bıyık ve kutu grafiği	72
Şekil 3.18. Eikosenoik asit bıyık ve kutu grafiği	73
Şekil 3.19. Behenik asit bıyık ve kutu grafiği	74
Şekil 3.20. Erusik asit bıyık ve kutu grafiği	75
Şekil 3.21. Lignoserik asit bıyık ve kutu grafiği	76
Şekil 3.22. Kurulan Hindistan cevizi yağı-tahin tağış modelini temel bileşen analizi (PCA) grafiği	77
Şekil 3.23. Kurulan pamuk yağı-tahin tağış modelini temel bileşen analizi (PCA) grafiği ..	78
Şekil 3.24. Kurulan ayçiçek yağı-tahin tağış modelini temel bileşen analizi (PCA) grafiği	79

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1. TKG Tahin Helvası Tebliği'ne göre tahin helvasının özellikleri.....	2
Tablo 1.2. Tahin helvasının besin değerleri	10
Tablo 1.3. Bazı gıdaların içerdikleri yağ miktarları	13
Tablo 1.4. Bazı bitkisel ve hayvansal yağların içerdikleri yağ asidi miktarları (%)	16
Tablo 1.5. Doymuş yağ asitlerinin adlandırılması ve formülleri.....	18
Tablo 1.6. Doymamış yağ asitleri ve yapı formülleri.....	20
Tablo 1.7. Bazı tekli doymamış yağ asitlerinin bilimsel ve kimyasal olarak adlandırılması ve yapı formülleri)	21
Tablo 1.8. Çoklu doymamış yağ asitleri ve yapı formülleri.....	22
Tablo 1.9. Kromatografik yöntemlerin sınıflandırılması.....	26
Tablo 1.10. Gıda koruma riskleri, sebep ve etkileri	32
Tablo 2.1. Alınan örneklerin kodu ve cinsi	46
Tablo 2.2. Farklı yağ ve tahin yağına ait karışımların oranları	47
Tablo 3.1 Piyasadan alınan örneklerin yağ asidi sonuçları.....	53
Tablo 3.2. Piyasadan alınan tahin helvası, tahin, susam ve yerfıstığı örneklerine ait yağ asitlerinin tanımlayıcı istatistiksel özeti(%)......	54
Tablo 3.3. Piyasadan alınan örneklere ait yağ asitlerinin korelasyon matrisi	58
Tablo 3.4. Tağış modelini için kullanılan yağlara ait yağ asitleri sonuçları	80

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

°C	: Santigrat derece
µL	: Mikrolitre
AA	: Araşidonik asit
AFB ₁	: Aflatoksin B ₁
AFB ₂	: Aflatoksin B ₂
AFG ₁	: Aflatoksin G ₁
AFG ₂	: Aflatoksin G ₂
AHC	: Aglomeratif hiyerarşik kümeleme
ALA	: α-Linolenik asit
ANOVA	: Varyans analizi (Analysis of variance)
Ar	: Argon
C	: Karbon
CH ₃	: Metil
cm	: Santimetre
CO ₂	: Karbondioksit
-COOH	: Karboksil grubu
Cu	: Bakır
ÇDYA	: Çoklu doymamış yağ asidi (PUFA-Polyunsaturated fatty acid)
DHA	: Dokosapentaenoik asit
DMG	: Damıtılmış monogliserid
DPA	: Dokosapentaenoik asit
DYA	: Doymuş yağ asidi (SFA-Saturated fatty acid)
EFA	: Esansiyel yağ asidi (Essential fatty acid)
EPA	: Eikosapentanoik asit
FAO	: Gıda Tarım Örgütü (Food Agriculture Organization)
FDA	: Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
Fe	: Demir
FID	: Flame iyonizasyon dedektör
FTIR	: Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi (Fourier Transform Infrared)
g	: Gram
GC	: Gaz kromatografisi
GLC	: Gaz-sıvı kromatografisi
H	: Hidrojen
He	: Helyum
HMF	: Hidroksimetil furfural
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
IRMS	: İzotop oranı kütle spektrometresi
K	: Potasyum
kcal	: Kilokalori
kg	: Kilogram
KKN	: Kritik kontrol noktası
KOH	: Potasyum hidroksit
LA	: Linoleik asit
LC	: Sıvı kromatografi

L	: Litre
M	: Molarite
meq	: Miliekivalent
mg	: Miligram
MIR	: Orta kızılötesi spektroskopisi (Mid Infrared)
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
Mn	: Mangan
MS	: Kütle dedektörü
N	: Normalite
N ₂	: Azot gazı
Na	: Sodyum
NaCl	: Sodyum klorür
NIR	: Yakın kızılötesi spektroskopisi (Near Infrared)
nm	: Nanometre
NMR	: Nükleer magnetik rezonans
ÖAN	: Örnek alım noktası
P	: Fosfor
PCA	: Temel bileşen analizi (Principle Component Analysis)
Rs	: Kolon ayırma gücü
SDA	: Stearidonik asit
TAG	: Triasilgliserol
TDYA	: Tekli doymamış yağ asidi (MUFA-Monounsaturated fatty acid)
TED	: Tespit edilemeyen düzey
TGK	: Türk Gıda Kodeksi
TLC	: İnce tabaka kromatografisi
tR	: Alıkonma zamanı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
WCO	: Dünya Tüketici Örgütü
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
YAME	: Yağ asidi metil esteri
Zn	: Çinko
ω	: Omega

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Beslenme, kaçınılmaz olarak tüm insanları kapsayan günlük zorunlu bir etkinliktir. Bu zorunlu etkinlik eskilerden beri göçebe hayat süren toplumların yerleşik hayata geçmesine de katkıda bulunmuştur. Gıdaların insan sağlığına uygun olmasının yanında tadının da iyi olması tüketici açısından önemli bir etkidir (Sezek vd., 2008). İnsanların beslenmesinde kullandıkları gıda maddeleri örf, adet, geleneklere ve ülkelere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu etkiler ışığında ortaya çıkan geleneksel bir diğer adıyla kültürel kaynaklı gıdalara olan ilgi günümüzde de giderek artmıştır (Kocatepe ve Tırıl, 2016). Bu gıdalardan biri de tahin helvasıdır.

Türk mutfağının vazgeçilmez tatlarından biri olan helva temel olarak şeker şurubu ve tahinden üretilir. Tahinin hammaddesi ise susamdır. Dünya'nın en eski tarım bitkilerinden biri olan susam, yüksek yağ içerikli, protein ve tokoferol bakımından zengin, besleyici ve çok önemli bir yağlı tohumdur (Baydar, 2005). Susam tohumlarının kabuklarından ayrılıp öğütülmesi gibi çeşitli işlemler sonucunda elde edilen tahin de en az susam kadar besleyici, yağ asitleri ve mineraller bakımından zengin ve yine Türk mutfağında birçok alanda da kullanılan bir üründür. Tahin helvası ülkemizden başka Orta Doğu ve Balkan ülkelerinde, Rusya, Polonya gibi Doğu Avrupa ülkeleri ile Amerika ve İngiltere'de de sevilen ve tüketilen bir üründür (Öğütücü vd., 2017). Geçmiş tam olarak bilinmemekle beraber tahin helvası üretiminin M.Ö 3000 yıllarına dayandığı tahmin edilmektedir. Ülkemizdeki tahin helvası üretimi son yıllarda artış göstererek 59.000 tona kadar ulaşmıştır. 2005 yılında Türkiye'nin 73.28 milyar dolar olan toplam ihracatında 8 milyon 930 bin dolar gelir ve 4.299 ton üretim ile helva da kendine yer bulmuştur (Güneşer, 2009).

1.2. Tahin Helvası

Ülkemizde sevilerek tüketilen tahin helvası, chalva, halawa, helawi gibi birçok farklı isimle de tanınmaktadır. Doğu Akdeniz ülkeleri başta olmak üzere Orta Doğu'da ve Balkan ülkelerinde de oldukça popüler bir üründür (Ghaneian vd., 2014). Üretiminin ilk olarak Orta Doğu ve Balkan ülkelerinde olduğu bilinmektedir. Çok eski bir geçmişi olan tahin helvasının 13. ve 14. yüzyıla ait yazılı kaynaklar incelendiğinde birçok Arapça tarifte de mevcut olduğu saptanmıştır. Arapça bir kelime olan 'hulv'den türeyen ve 'tatlı'

anlamına gelen helva, Osmanlı mutfağında ise ‘efruşe/afruşe’ isimleriyle geçmektedir (Yılmaz, 2019)

TGK Tahin Helvası Tebliği’nde belirtilen tanıma göre tahin helvası; Şeker, su ve sitrik asit veya tartarik asit ile gerektiğinde yenilebilir glikoz şurubu katıldıktan sonra pişirilerek elde edilen şeker şurubunun ağdalaştırılıp çöven ekstraktı (*Radix saponariae Albae sive L.*) ve/veya modifiye proteinler ile beyazlaştırıldıktan sonra tekniğine uygun olarak tahin ile karıştırılıp yoğrulması ve gerektiğinde çeşni maddelerinin ilavesi ile tekniğine uygun olarak hazırlanan katı, homojen ince lifli yapıdaki ürünü ifade etmektedir. Yine TGK’ne göre sade tahin helvası, aroma verici ve aroma verme özelliği taşıyan gıda bileşenlerinden vanilya, vanilin ve etil vanilin aroması hariç aroma verici ve aroma verme özelliği taşıyan gıda bileşenleri ile çeşni maddesi içermeyen tahin helvasını belirtmektedir. (TGK, 2015). TGK Tahin Helvası Tebliği’ne göre ürün özellikleri Tablo 1.1.’de verilmiştir.

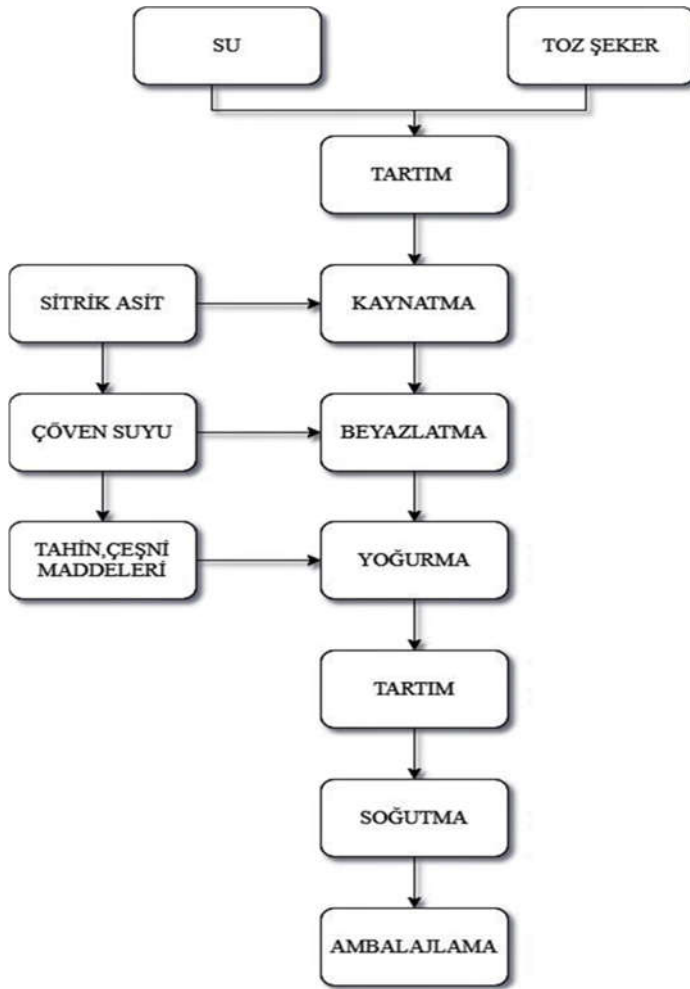
Tablo 1.1. TGK Tahin Helvası Tebliği’ne göre tahin helvasının özellikleri (TGK, 2015)

Bileşenler	Kütlece
Susam Yağı (en az, %)	26
Tahin Miktarı (en az, %)	52
Protein (en az, %)	10
Toplam Şeker (sakaroz cinsinden) (en çok, %)	47
Rutubet (en çok, %)	3
Kül (en çok, %)	2
Peroksit Sayısı (ekstrakte edilen yağda) (en çok, meq/kg)	10
Asitlik (ekstrakte edilen yağda oleik asit cinsinden) (en çok, %)	2
Saponin (en çok, %)	0.1

1.3. Tahin Helvası Üretimi

Helvanın çok çeşitli malzemeler kullanılarak çeşitli tariflerle üretildiği söylenebilir (Catargiu vd., 2017). Tahin helvası üretim basamaklarından ilki tahinin hazırlanmasıdır. Susam tohumları temizlenir, kabuklarından ayrılır ve soğutulur. Soğutulan susamlar son temizleme işleminden sonra taş değirmenlerde ezilir ve tahin elde edilir. Daha sonra içinde karıştırıcısı olan buharlı kazanlara %5-15 oranında şeker eklenir ve sıcak su ile eritilir. Şekerden iyi bir ağda elde etmek için su tamamen buharlaştırılır. Koyulaştırma işleminin ortalarına doğru ağdayı ağartmak amacıyla %0.1 oranında çöven ekstraktı ilave edilir.

Hazırlanan ağda fazla soğumadan tahinle karıştırılıp yoğurulur. Oluşan bu hamur kalıplara paylaştırılıp preslenir ve istenilen miktarlarda kesilir. Belli bir dinlenme süresi sonunda paketlenir ve satışa hazır hale getirilir. Tahin helvası sade olarak üretildiği gibi istendiğinde aroma ve tat vermek amacıyla vanilya, kakao, fındık, fıstık ve ceviz gibi kuruyemişler de katılarak üretilebilir (Birer, 1985). Tahin helvası üretiminde tatlandırıcı olarak şeker (sakaroz) tercih edilmektedir. Bunun yanında bazen değişik amaçlarla şekere ilave olarak az miktarda sitrik asit, belirlenen oranlarda nişasta şurubu ya da fruktoz da ilave edilebilmektedir (Batu ve Elyıldırım, 2009). Tahin helvasının üretim aşamaları Şekil 1.1.'de verilmiştir (Var vd., 2004).



Şekil 1.1. Tahin helvasının üretim akış şeması

1.4. Tahin Helvası Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Tahin helvasının ana bileşenlerini tahin (susam ezmesi), şeker ağdası ve çöven ekstraktı oluşturmaktadır. Tercihe göre helvada kakao, vanilya, fıstık, fındık, ceviz gibi kuruyemişler ile çeşni maddeleri de kullanılabilir (Şekerci, 2014).

1.4.1. Susam

Pedaliaceae (susamgiller) ailesinin bir üyesi olarak kabul edilen *Sesamum indicum* L.(beyaz susam) dünyanın en eski tohumlarından biri olup Hindistan menşelidir (Zoumpoulakis vd., 2012).Toplam 16 cins ve 60 türden oluşan susamın sadece *Sesamum indicum* L. Türünün kültürü yapılmaktadır (Abrak, 2017). Dünya çapında susam üretimi 2012-2017 yılları arasında artış göstererek 2.8 milyon tondan 5.5 milyon tona çıkmıştır. Dünya genelinde en fazla susam ithalatı yapan ülkeler arasında Türkiye de bulunmaktadır (Görgüç ve Yılmaz, 2019). Susam yetiştirme şartları açısından çok seçici bir bitki olmayıp uygun sıcaklık ve yağış koşullarında yetiştirme imkânı bulabilen, sıcak iklim bitkisidir. Ülkemizde en çok susam üretimi Antalya, Mersin, Muğla, Manisa, Uşak ve Şanlıurfa illerinde yapılmaktadır (Şahin, 2014).

Susam tohumları % 50-60 oranında yağ içermekte olup bazen bu oran % 62.7'ye kadar çıkabilmektedir. Susamın kimyasal bileşimini protein(% 18-25), karbonhidrat (% 13.5) ve kül (% 5) oluşturmaktadır (Elleuch vd., 2014). Susam, tahin ve tahin helvası üretiminin yanı sıra simit ve şekerleme yapımında, pastacılık ve kozmetik sanayiinde, küspe olarak hayvan yemlerinde de kullanılmaktadır (Yol, 2011). Diğer bitkisel yağlardan farklı olarak yaklaşık % 35-45 arasında değişen oleik ve linoleik asit içermektedir. Ayrıca % 0.5-1.5 oranında sesamin ve % 0.3-0.5 sesamolin gibi ikincil maddeler içermesi sebebiyle oksitlenmeye karşı çok dirençlidir. Sesamolinin kandaki kolesterol seviyesini düşürdüğü bilinmektedir. Susam yağının içerdiği yağda eriyebilen en güçlü antioksidanlar olan tokoferoller hem yağın vitamin E değerini hem de sesamin ve sesamolinin antioksidan aktivitesini artırmaktadır (Baydar, 2005). Farklı renklerdeki susam tohumları Şekil 1.2. 'de verilmiştir (Öğütücü vd., 2017).



Şekil 1.2. Beyaz, kahverengi ve siyah susam

1.4.2. Tahin

Kabuklarından ayrılmış ve öğütülmüş susam tohumlarından elde edilen susam ezmesi, yarı katı, macun kıvamında bir üründür. Asya, Orta Doğu ve Akdeniz ülkelerinde bazı geleneksel yemeklerde ve salatalarda tat ve aroma vermek amacıyla da kullanılmaktadır. Türkiye’de tahin olarak nitelendirilen susam ezmesinin, tahin helvasının ana bileşeni olmasının yanı sıra gıda endüstrisinde de pek çok kullanım alanı vardır. Pekmezle karıştırılarak genellikle sabah kahvaltılarında sevilerek tüketilir (Abu-Jdayil, 2004).

1.4.2.1. Tahin Üretimi

Tahin üretimi akış şeması Şekil 1.3.’de verilmiştir (Başdoğan, 2016). Buna göre tahin üretimindeki başlıca aşamalar şu şekildedir (Lokumcu, 2000):

1. Temizleme: Susam tohumlarıyla birlikte bulunan her türlü organik ve inorganik maddeyi uzaklaştırmak amacıyla eleme işlemi yapılır.

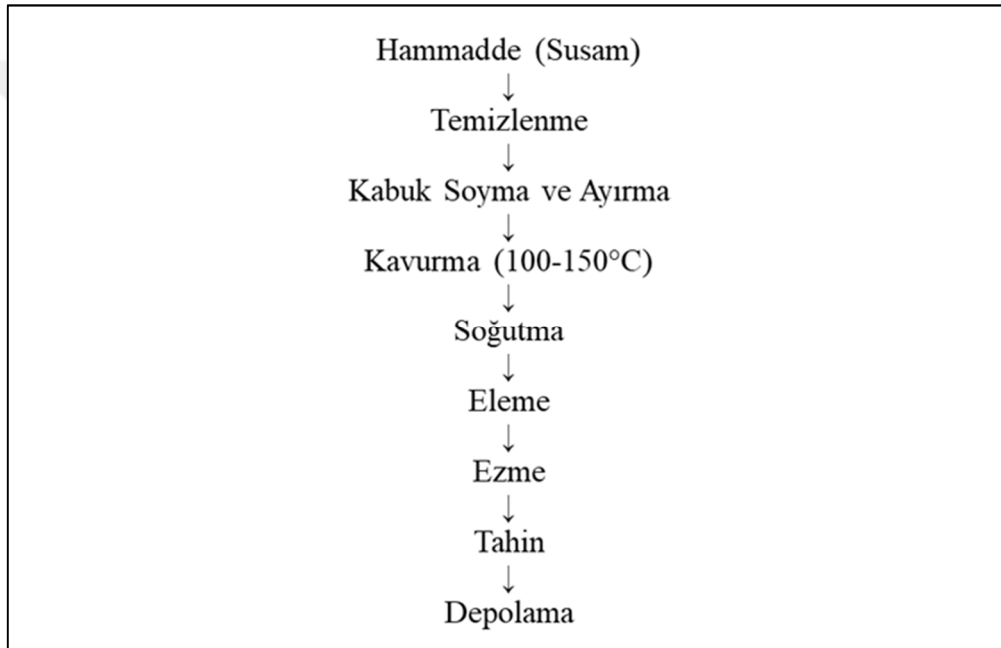
2. Kabuk soyma ve ayırma: Temizleme işlemi sonrasında susam tanelerinin kabuklarından kolayca ayrılabilmesi için yapılır. Susamlar % 15-18 NaCl içeren

  zeltelerde 5-6 saat bekletilip kabuklarından ayrılmaktadır. Daha sonra fazla tuzun uzaklaştırılması amacıyla bol su ile yıkanır lar.

3. Kavurma: Yıkama işleminden sonra fazla suyu uzaklaştırmak için susamlar önce santrifüjlenir daha sonra ise 100-150  C’de 1-2 saat boyunca kavurma işlemi yapılır.

4. Soğutma ve Eleme: Kavrulan susamlar sergilerde havalandırılmak suretiyle soğutulur ve son temizleme işlemi yapılır.

5. Ezme (    tme): So utulan susamlar ta  de  irmende     t l r ve macun kıvamındaki yarı akışkan ürüne ‘‘tahin’’ adı verilir ( avu o lu, 2017).



Şekil 1.3. Tahin  retimi akış  eması

Tahinin kendine has rengi, kokusu ve tadı vardır. TGK Tahin Tebliği EK-1’de bileşenlerin özellikleri kütlece % olarak belirtilmiştir. Buna göre susam ya ı kütlece en az %50, nem (rutubet) kütlece en çok %1.5, protein kütlece en az %20, k l kütlece en çok %3.2, asitlik (oleik asit cinsinden) kütlece en çok, %2.4 olmalıdır ve yabancı maddeler içermemelidir (TGK, 2015).

Protein bakımından zengin olan tahinin iyi bir enerji kaynağı olduğu bilinmektedir. Susamdan elde edilen tahinde ortalama %54 oranında ya , %28 oranında yüksek değerli proteinin ve B vitaminlerinin bulunduğu bildirilmektedir. Ayrıca, susamın iyi bir mangan

ve bakır kaynağı olmasının yanında kalsiyum, magnezyum, demir, çinko, fosfor ve diyet lifi yönünden de zengin bir gıda maddesi olduğu ifade edilmektedir (Güneşer, 2009).

Ağırlıkça; %57–65 protein, %23–27 karbonhidrattan oluşur. %6.4–9 niasin, 4.5 mg / 100 mg tiamin, 1.08 mg / 100 g kalsiyum, 100 mg / 100g fosfor, 807–840 mg / 100 mg da bazı mineralleri ve demir (9 mg / 100 g) içermektedir. Yüksek yağ içerikli tahinin yağ asitleri kompozisyonunu yaklaşık %82 oranında doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır. %42.5 Oleik asit ve %39.7 Linoleik asit doymamış yağ asitleridir. %9.8 Palmitik asit ve %6.4 Stearik asit doymuş yağ asitleri grubunu oluşturur. Doymuş ve doymamış yağ asitleri tahindeki toplam yağ asitlerinin %98'ine karşılık gelmektedir (Yetkin, 2019).

1.4.3. Şeker

Tahin helvası üretiminde tatlandırıcı olarak tercih edilen, şeker pancarı ya da şeker kamışından elde edilen kristal toz şekerdir. Kaliteli bir tahin helvası şeker kullanılarak üretilmiş olan helva olmasına rağmen bazen tahin helvası üretiminde nişasta şurubu ya da nişasta şekeri(glikoz) da kullanılabilmektedir (Meydani, 2008).

Fruktoz: Mısır nişastasının enzimatik yöntemlerle parçalanıp glikoza, daha sonra da yüksek oranlı fruktoza dönüştürülmesiyle elde edilen, helva da dâhil birçok şekerleme ve hazır gıdanın üretiminde kullanılan şekerdir.

Sakkaroz: Saf halde ve kristal yapıda bulunan, endüstriyel olarak şeker pancarı veya şeker kamışından elde edilen beyaz renkli bir şekerdir. Tahin helvası üretiminde esas olarak tercih edilir. Şekerin asitlik değerinin fazla olması helvanın kalitesinin olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

1.4.4. Çöven

Ülkemizde doğal olarak yetişebilen, *Gypsophila* familyasına ait 50–60 cm yüksekliğinde çok senelik kazık köklü bir bitkidir. 46 farklı türü olan bu bitkinin yalnızca 5 türü çöven ekstraktı üretiminde kullanılabilmektedir (Pazır vd., 2013). Halk arasında Çöğen, Çöven ve Helvaköku olarak bilinir. Tahin helvası ve benzeri ürünlerin üretiminde ağartıcı olarak kullanılan çöven ekstraktı helvaya kendine has karakteristik özellikler kazandırmaya yardımcı saponin denilen biyolojik aktif glikozitleri içerir (İnan, 2006). Saponinler helvada emülgatör olarak görev yapmakta olup zamanla helvada oluşabilecek yağ sızmasını engellemek amacıyla da kullanılır. Çöven ekstraktı kullanımı üreticilere göre

farklılık göstermekle birlikte genellikle 100 kg helva üretimi için 0.5 L çöven ekstraktı yeterli olmaktadır.

1.4.5. Sitrik Asit

Sitrik asit (E330) gıda endüstrisinde pH kontrol edici ajan olarak sıklıkla kullanılan, helva üretiminde ise şekerin kristalleşmesini engellemek amacıyla gerektiğinde eklenen bir katkı maddesidir (Batu ve Elyıldırım, 2009).

1.4.6. Antep Fıstığı

“Meyvelerin Kralı”olarak da adlandırılan sert kabuklu bir meyve olan Antep fıstığı, *Pistacia vera L.* familyasına ait bir türdür. Uygun ekolojik koşulları taşıması sebebiyle Türkiye, antepfıstığı yetiştiriciliğinde verimli şekilde ürün alınabilen ülkelerden biridir. Ülkemizde 56 ilde yetiştirilebilmesinin yanı sıra özellikle Siirt, Gaziantep, Adıyaman, Şanlıurfa ve Kahramanmaraş’ta ekonomik olarak antepfıstığı yetiştiriciliğinin yapıldığı bilinmektedir. Çerez olarak tüketilmesinin yanında salam, sosis ve sucuk gibi işlenmiş et ürünlerinin üretiminde, çikolata, pasta, dondurma ve baklava gibi ürünlerde besin değeri, renk ve lezzet artırmak amacıyla da kullanılmaktadır. Tahin helvasında ise fıstıklı helva üretimi amacıyla kullanılmaktadır (Çağlar vd., 2017).

1.4.7. Kakao

Malvaceae familyasına ait olan kakao ağacının *Theobroma cacao L.* çekirdeklerinden elde edilen kakao, çikolata üretiminde en önemli hammaddelerden birisidir. Kakao ağacı Amerika’nın tropikal bölgelerine özgü, küçük ve yaprak dökmeyen bir ağaçtır. Dünyadaki kakao üretiminin çoğu Batı Afrika’da %70 oranında olup bu oranı %15.6 ile Latin Amerika takip etmektedir. Kakao çekirdeği üretiminde lider ülkeler dünyadaki üretimin %90’ını karşılayan Gana, Fildişi Sahili, Nijerya, Endonezya, Kamerun, Brezilya, Ekvador, Dominik Cumhuriyeti ve Malezya’dır. Ham kakao çekirdeklerinin işlenmesi sırasında meydana gelen değişiklikler, ham kakao çekirdeklerindeki çeşitli kimyasal bileşenlerin kakao aromasına katkıda bulunmasına yardımcı olmaktadır. Bu bileşenler polifenoller, alkaloidler, proteinler ve karbohidratlardır. Kakao taneleri belirli işlemlerden geçirilerek kakao tozu haline getirilir. Tahin helvası üretiminde kakaolu helva üretmek amacıyla kakao tozu kullanılabilmektedir (Aprotosoie vd., 2016).

1.4.8. Vanilya

Vanilya Meksika’da ortaya çıkmış, *Vanilla planifolia* familyasına ait tropikal bir bitkidir. Aroma endüstrisinde önemli bir bileşen olan vanilyanın yaklaşık olarak 110 türü bulunmaktadır(Rao ve Ravishankar, 2000). Ancak ticareti ve yetiştirilmesi açısından en önemli türler *Vanilla fragrans (Salisbury) Ames(V planifolia Andrews)*, *Vanilla pompona Schiede* ve *Vanilla tahitensis JW Moore* türleridir. Bunların arasında lezzet kalitesi bakımından en üstün olan *V.planifolia*, yaygın olarak yetiştirilip gıda katkı maddelerinin üretiminde kullanılmaktadır (Divakaran vd., 2006)

Doğal vanilin vanilya tanesinde % 2 oranında bulunur ve vanilya taneleri kullanılacak ürüne doğrudan ya da sıvı preparatta vanilya tanelerinin pişirilmesi suretiyle katılmaktadır. Vanilya tanelerinin ikiye ayrılıp ürüne katılması sayesinde dane içindeki güçlü aromalar preparatlara daha iyi karışabilmektedir. Başlıca kek, krema gibi pastacılık ürünlerinde sıklıkla kullanılan vanilya, tahin helvası üretiminde de aroma vermesi amacıyla çeşni olarak kullanılabilir (Karakahya, 2006).

1.5. Tahin Helvasının Beslenmedeki Önemi

Geleneksel gıdalarımızdan biri olan tahin helvası, yüksek besin değeri ve ekonomik bir gıda olması sebebiyle ülkemizde sevilerek tüketilmektedir. Özellikle kış aylarında daha çok tercih edilir; ısıtıcı, tok tutan ve enerji vericidir. Sade olarak da tüketilebilen tahin helvalarına fındık, fıstık, ceviz gibi kuruyemişlerle, kakao ve kuru meyve gibi bileşenlerin katılmasıyla besin değeri ve kalorisi daha da yükseltilebilmektedir. Gelişme çağındaki çocukların, sporcuların, işçilerin, emzikli kadınların, özellikle de yüksek enerji gereksinimi olan insanların beslenmelerine tahin helvasını da dâhil etmeleri önerilmektedir.

Tahin helvasının yaklaşık %60’ını oluşturan ve susamdan elde edilen tahinin karakteristik özellikleri helvaya da yansımaktadır. İnsan metabolizması üzerinde etkili olan bileşenlerden vitamin E, linoleik asit, protein, kalsiyum ve az miktarda vitamin A,B1 ve B2’nin susam tohumu ürünleri olan susam yağı, tahin ve tahin helvasında mevcut olduğu bilinmektedir. Susamda bulunan lignanlar suda çözünmeyen ve sindirilemeyen maddeler olup, bağırsak hareketlerini hızlandırıcı rol oynarlar. Ayrıca kanserojen özellikteki etkenlerin bağırsak duvarına tutunmalarını azaltır ve bağırsak pH’sını değiştirerek bakterilerin bu tür maddeleri üretmelerine engel olur. Susam, dolayısıyla da susamdan yapılmış tahin ve helva da bağışıklık sistemini güçlendirir, alzheimer, parkinson gibi hastalıklara yakalanma riskini azaltır. Tahin helvasının bir diğer bileşeni olan çöven

ekstraktının içerdği etkin madde olan saponinler glikozit türevi bileşiklerdir. Saponinlerin kronik kalp hastalığı riskini azaltıcı ve iyi bir antioksidan oldukları belirtilmektedir. Helvanın yüksek oranda doymamış yağ asitleri içermesi kandaki kolesterol seviyesini düşürücü etkisinden dolayı kalp-damar hastalıklarına olumlu etkide bulunmaktadır (Benlikurt, 2019; Elyıldırım, 2009; Birer,1985). Tablo 1.2.'de tahin helvasının besin değerleri verilmiştir (Elyıldırım, 2009).

Tablo 1.2. Tahin helvasının besin değerleri

Bileşenler	Besin Değerleri
Enerji	540 Kcal
Toplam yağ	29.6 g
Protein	22.8 g
Toplam şeker	43.5 g
Demir	9 mg
Ham selüloz	0.89 mg
Vitamin B1	0.35 mg
Vitamin B2	0.5 mg
Niacin	1.5 mg
Tiamin	1.35 mg
Kalsiyum	255 mg
Riboflavin	0.05 mg
Fosfor	400 mg
Vitamin E	2.4 mg

100 g helva 22.8 g protein, 29.6 g yağ, 43.5 g şeker, 1.54 g kül ve 0.89 g ham selüloz ihtiva etmekle birlikte 540 kcal enerji vermektedir. Ayrıca yetişkin bir insanın günlük Fe gereksiniminin % 58'ini, Fosfor (P) gereksiniminin % 48'ini, Çinko (Zn) gereksiniminin % 36'sını ve Kalsiyum (Ca) gereksiniminin de % 5'ini karşılamaktadır (Var vd., 2004).

1.6 . Yağlar (Lipitler) ve Yağ Asitleri

Günümüzde özellikle de gelişmiş ülkelerde insanlar beslenmelerine daha fazla özen göstermekte ve sağlık açısından uygun gıdaları tüketmeye çalışmaktadır. İnsanların sağlıklı

beslenebilmesi için ihtiyaç duydukları temel gıdalardan biri de birçok vitamin ve esansiyel yağ asidini içerisinde barındıran yağlardır. Yağlar yüksek enerji kaynağı olmalarının yanı sıra yağda çözünen vitaminleri (A, D, E, K) yapılarında bulundurma, proteinlerle birleşerek lipoproteinleri oluşturma, kan lipit düzeyinde rol oynama gibi özelliklere de sahiptirler (Çıraklı, 2011).

Toplumlarda beslenme bozukluğu ile ortaya çıkabilecek sağlık sorunları araştırıldığında en çok irdelenen konu yağlardır. İnsanların hangi yağı ne miktarda ve ne şekilde tüketmesi gerektiği konusunda bilinçli olmaları gerekmektedir. Yapılan çalışmalar ve araştırmalar sonucunda Gıda ve Tarım Teşkilatı (FAO) ve Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) ortak uzman grubunun raporunda insanların beslenmesinde yağların kullanımında dair önemli tavsiyeler bulunmaktadır. Diyetle alınan kalori miktarının % 15-30'unun yağlardan sağlanması ve bu yağların önemli bir kısmının bitkisel sıvıyağlardan oluşması gerektiği ortaya çıkmıştır (Taşan ve Geçgel, 2007).

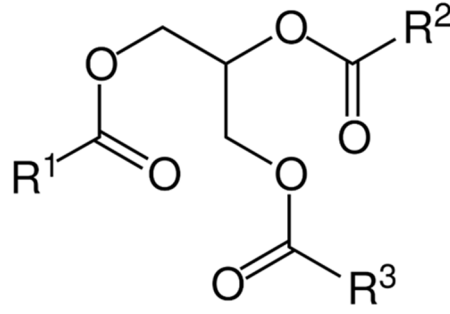
1.6.1. Yağlar (Lipitler)

Organik bileşiklerin heterojen grubunu meydana getiren, genel olarak suda çözünmeyen ya da az çözünebilir ancak kloroform, eter, benzen, aseton ve alkol gibi organik çözücülerde çözünebilir biyokimyasal moleküllere yağ (lipit) adı verilmektedir. Şekil 1.4'de yağların genel yapısı gösterilmiştir (Yaşar, 2003). Yağlar genel bir sınıflandırmaya göre 2 gruba ayrılırlar;

1. Doymamış Yağlar

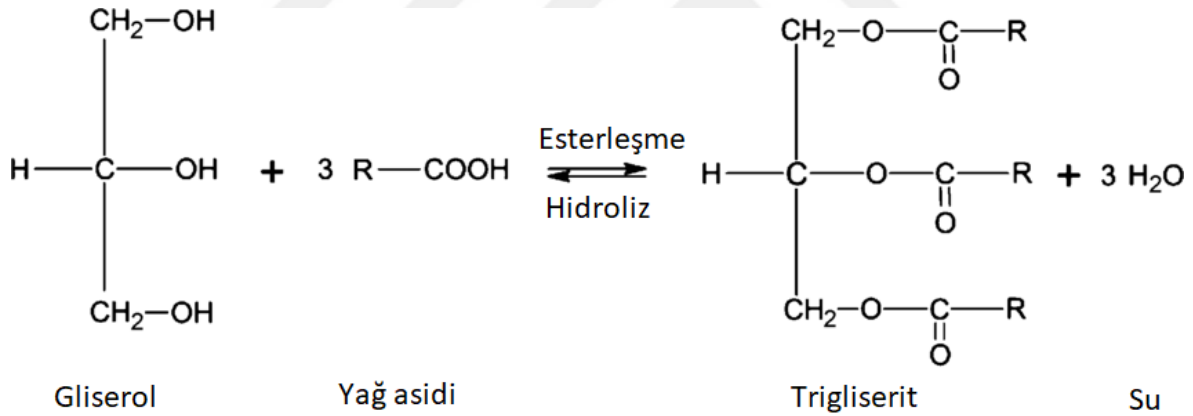
- Tekli doymamış yağlar
- Çoklu doymamış yağlar

2. Doymuş Yağlar



Şekil 1.4. Yağların genel yapısı

Üç değerli bir alkol olan gliserol ile yağ asitlerinin esterleşmesinden bir trigliserit olan yağ meydana gelir. Yağların bileşimindeki gliseritlerin yapısı aynı yağ asitlerinden oluşuyorsa basit gliserit, farklı yağ asitlerinden oluşmuşsa bileşik gliserit olarak adlandırılır. Şekil 1.5.'de yağ asidi ve gliserolün esterleşme reaksiyonu, Şekil 1.6.'da basit ve bileşik gliseritler verilmiştir (Gündoğdu, 2000).



Şekil 1.5. Yağ asidi ve gliserolün esterleşme reaksiyonu

Yağların tamamında 16-20 karbon atomu uzunluğunda yağ asidi bileşeni bulunmakla birlikte, bu yağ asitlerinin alkollerle esterleşmesi sonucunda da lipidler meydana gelmektedir. Yağlar, sıvı yağlar ve lipidler, yağ asitleri, asilgliseroller (monoasilgliseroller, diaçilgliseroller, triasilgliseroller), fosfolipitler, eikosanoidler, çözücüler, steroller ve bunların esterlerinin yanı sıra yağda çözünen vitaminler ve balmumlarını içeren çok sayıda bileşiği içerir. Lipitlerin ana diyet kaynakları yağlı tohumlar (ve dolayısıyla türetilmiş yağlar), tropikal meyveler, kara hayvanları (ve türetilmiş ürünler) ve balıklardır. Yağların özellikleri onları bir depolama ve enerji kaynağı olarak kullanıma uygun hale getirir. Yakıt

olarak bir gram yağ asidi yakıldığında, bir gram karbonhidrat veya proteinden (4 kcal) elde edilenin iki katından fazla, yaklaşık 9 kcal enerji elde edilir (Colonna vd., 2013).



Şekil 1.6. Basit ve bileşik gliserit yapıları

Lipitler yapılarında bulundurdıkları yağ asitlerinin çeşidine göre bazı hücrelerde rol oynamaktadır. Enerji gerektiren taşıma olaylarını yürütme, metabolik olaylarda enerji üretilmesinde kullanılma, hücre membranı yapısında yer alma, hücre zarında glikokaliksi oluşturma ve bu sayede hücrelerin birbirini tanıyarak canlı organizmada koruyucu kılıf teşkil etmesinde görev alırlar (Demirci, 2015).

Kökenine bağlı olmaksızın tüm yağ çeşitlerinin ortak yapıtaşı gliserindir. Yağların kimyasal, fiziksel ve fizyolojik özelliklerini yapılarında bulunan yağ asitlerinin cinsi ve miktarı belirlemektedir (Çakmakçı ve Tahmas-Kahyaoğlu, 2012). Tablo 1.3.'de bazı gıda örneklerinin içerdiği yağ miktarları verilmiştir (Bayraktar, 2003).

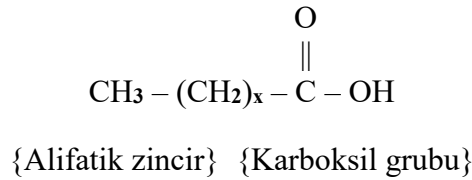
Tablo 1.3. Bazı gıdaların içerdikleri yağ miktarları

Gıda Maddesi	Yağ Miktarı(%)
Meyve-Sebze Karışımı	0.5 – 6.0
Tahıllar	0.8 – 8.0
Sebzeler	0.7 – 10.0
Fırın Ürünleri	1.5 – 28.0
Fındık	20.0 – 75.0
Süt ve Süt Ürünleri	1.0 – 96.0
Yumurta ve Yumurta Ürünleri	1.5 – 64.0
Balık ve Balık Ürünleri	1.0 – 60.0
Et ve Et Ürünleri	10.0 – 80.0

1.6.2. Yağ Asitleri

Yağların en önemli yapıtaşları olan yağ asitleri, hidrokarbon zincirli monokarboksilik organik asitlerdir. Genellikle 4-36 karbon zinciri ve bu zincirin sonuna bağlı bir karboksil (COOH) grubundan oluşurlar. Bir yağ asidinin genel yapısı Şekil 1.7.'de verilmiştir (Karaca ve Aytaç, 2007). Yağ asitleri; hidrokarbon zincirindeki karbon sayısı, karbon atomlarının arasında çift bağ olup olmaması, eğer çift bağ bulunuyorsa bulunduğu yer ve sayısı gibi özelliklerle birbirlerinden ayrılırlar (Tarhan, 2008; Bayraktar, 2003; Karaca ve Aytaç, 2007).

Yağ asitleri, bir metil grubu ve bir terminal karboksil grubu içeren bir hidrokarbon zincirinden oluşur. Moleküldeki toplam karbon atomu sayısı hatta çoğu durumda, tek sayılı yağ asitleri içeren karbon atomları da bulunur. $\text{CH}_3[\text{CH}_2]_n\text{COOH}$ temel formülüne sahiptirler, burada n, 2'den 22'ye kadar herhangi bir sayı olabilir. Yağ asidi sınıflandırmasının bir yöntemi, zincir uzunluklarına göredir. 2 ila 4 karbon atomu içerenlere kısa zincirli yağ asitleri, 6 ila 10 karbon atomlu olanlara orta zincirli yağ asitleri ve 12 ila 24 karbon atomlu olanlara uzun zincirli yağ asitleri adı verilir. Moleküldeki toplam karbon atomu sayısı hatta çoğu durumda, tek sayılı yağ asitleri içeren karbon atomları da bulunur.



Şekil 1.7. Bir yağ asidinin genel formülü

Ayrıca şu şekilde de sınıflandırılırlar: doymuş, çift bağısız; tekli doymamış, bir çift bağ ile; ve iki veya daha fazla çift bağ içeren çoklu doymamış yağ asitleri şeklindedir. 2,3,4,5 ve 6'dan çift bağ sayısına bağlı olarak, sırasıyla dienoik, trienoik, tetraenoik, pentaenoik ve heksoenoik olarak adlandırılırlar. Yağ asidinin karbon atomları, aşağıda verildiği gibi karboksil grubundan (A numaralandırma sistemi) veya terminal metil grubundan (W veya n numaralandırma sistemi) numaralandırılır. Doymamış yağ asitleri, cis ve trans konfigürasyonları olarak adlandırılan iki farklı geometrik konfigürasyonu benimseyebilir. Çift bağları, molekülün aynı tarafında iki hidrojen atomuna sahipken, trans konfigürasyonunda bunlar molekülün zıt taraflarındadır. Geometrik izomerizmin

molekölün şekli ve fiziksel özellikleri için etkileri vardır, bu sayede doymuş asitler zincirde bir kıvrıma sahiptir ve trans-yağ asitleri düz bir konfigürasyon benimser ve doymuş yağ asitleri gibi işlev görür (Roche, 1999; Sardesai,1992). Tablo 1.4.'de bazı bitkisel ve hayvansal yağların yağ asidi kompozisyonu (%) olarak verilmiştir.

Yağ asitlerinin, lipidlerin çoğunun sentezi için başlangıç faktörü olduğu bilinmektedir. Hem hayvan hem de bitki hücreleri düzeyinde, ikili bir rol oynarlar:

a) Hücre zarlarını oluşturan ve işlevselliğini garanti eden fosfolipidlerde bulunurlar bu yüzden yapısaldırlar.

b) Çok sayıda biyolojik sürece dahil oldukları ve biyoaktif moleküllerin öncülleri oldukları için işlevseldirler (Colonna vd., 2013).

1.6.3. Yağ Asitlerinin Sınıflandırılması

Yağ asitleri (FA), değişen uzunluklarda alifatik zincire sahip karboksilik asitlerdir. Kısa zincirli ($C < 6$), orta zincirli (6C- 12C), uzun zincirli (13C- 22C) ve çok uzun zincirli ($C > 22$) olabilmektedirler. Yağ asitleri için en yaygın zincir uzunluğu aralığı C-12 ile C-22 arasındadır, doymuş ve doymamış (tekli veya poli) zincirlerle karakterize edilebilirler.

Doğada var olan yağ asitlerinin çoğu, çift sayıda karbon atomuna ve doğrusal hidrokarbon zincirine sahiptir, ancak bunlardan bazıları, birincil olarak bakterilerde bulunur, dallı veya siklik yapılar içerebilir (Caligiani ve Lolli, 2018).

Yağ asitleri, çift bağ içermeyen doymuş yağ asitleri ya da çift veya üçlü bağlara sahip doymamış yağ asitleri olarak sınıflandırılır. Şekil 1.8.'de yağ asitlerinin sınıflandırılması verilmiştir. Mevcut çift bağların sayısına bağlı olarak, doymamış yağ asitleri ayrıca yalnızca bir çift bağ ile tekli doymamış yağ asitlerine ve iki veya daha fazla çift bağa sahip çoklu doymamış yağ asitlerine bölünür (Tokuyama ve Nakamoto, 2011).

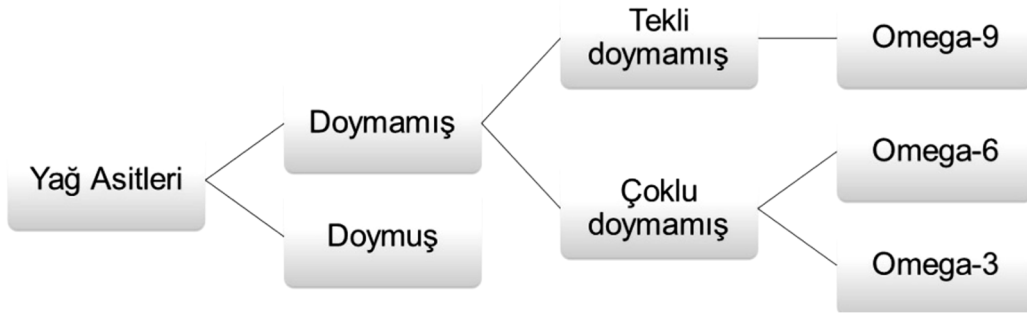
Tablo 1.4. Bazı bitkisel ve hayvansal yağların içerdikleri yağ asidi miktarları (%)

Bitkisel yağlar ve şortenigler	Çoklu doymamış yağ asitleri(%)	Tekli doymamış yağ asitleri(%)	Toplam doymamış yağ asitleri(%)	Doymuş yağ asitleri(%)
Aspir yağı	75	12	82	9
Ayçiçek yağı	66	20	86	10
Mısır yağı	59	24	83	13
Soya yağı	58	23	81	14
Pamuk yağı	52	18	70	26
Kanola yağı	33	55	88	7
Zeytinyağı	8	74	82	13
Fıstık yağı	32	46	78	17
Margarin,yumuşak*	31	47	78	18
Margarin, çubuk*	18	59	77	19
Şortening, bitkisel*	14	51	65	31
Hurma yağı	9	37	46	49
Hindistan cevizi yağı	2	6	8	86
Palm çekirdeği yağı	2	11	13	81
Bazı hayvansal yağlar				
Tonbalığı yağı	37	26	63	27
Tavuk yağı	21	45	66	30
Domuz yağı	11	45	56	30
Koyun yağı	8	41	49	47
Dana yağı	4	42	46	50
Tereyağ	4	29	33	62

*Soya ve pamuk çekirdeği yağının hidrojenasyonu ile yapılan

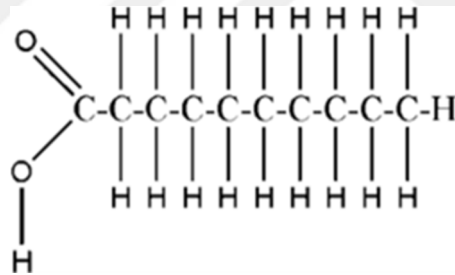
1.6.3.1. Doymuş Yağ Asitleri

Doymuş yağ asitleri, çift bağ içermeyen ve oda sıcaklığında genellikle katı formda bulunan yağ asitleridir. Uzun bir hidrokarbon zincirine sahip ve karbon (c-c) atomları arasında tek bir kovalent bağ bulunan yağ asitleri (DYA, SFA) doymuş yağ asitleri olarak adlandırılır. Yağ asitlerinin sınıflandırılması Şekil 1.8'deki gibidir (Ayhan vd., 2020).



Şekil 1.8. Yağ asitlerinin sınıflandırılması

Oda sıcaklığında katı halde bulunan doymuş yağ asitleri 4–24 tane karbon atomuna sahipken, içerdiği karbon sayısı 10’a kadar olan bütün doymuş yağ asitleri düşük sıcaklıkta sıvı halde bulunmaktadır. Doymuş yağ asitleri herhangi bir şekilde yağ tüketimi olmasa bile karbonhidrat metabolizması sonucu oluşan moleküllerden üretilebilir ve insan metabolizması tarafından sentezlenebilmektedir (Tarhan, 2008; Demirci, 2015). Şekil 1.9.’da doymuş yağ asidinin yapısı verilmiştir (Başhan, 2019).



Şekil 1.9. Doymuş yağ asidi

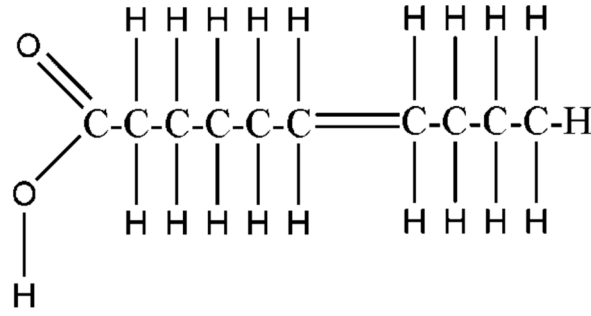
Tablo 1.5’de doymuş yağ asitleri gösterilmektedir (Başhan, 2019). En az karbon atomu içeren doymuş yağ asidi asetik asittir ve daha çok bazı bitki tohumlarında bulunmaktadır. Bütirik asit; süt yağında, kaproik, kaprilik, kaprik, laurik ve miristik asit; kakao ve hindistan cevizi yağlarında, palmitik asit; palmiye ve kuyruk yağında, lignoserik asit; yerfıstığı, fosfolipidler ve glikolipidlerin yapısında bulunan bazı doymuş yağ asitleridir (Gökmen ve Köksal, 2001).

Tablo 1.5. Doymuş yağ asitlerinin adlandırılması ve formülleri

Sistematiik Adı	Genel Adı	Yapısal Formülü	Kısa Yazılımı
Etanoik	Asetik Asit	CH_3COOH	2:0
Propiyonik	Propiyonik Asit	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	3:0
Bütanoik	Bütirik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	4:0
Pentanoik	Valerik Asit	$(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	5:0
Hekzanoik	Kaproik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	6:0
Oktanoik	Kaprilik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	8:0
Nonanoik	Pelargonik	$(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	9:0
Dekanoik	Kaprik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	10:0
Dodekanoik	Laurik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	12:0
Tridekanoik	—	$(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	13:0
Tetradekanoik	Miristik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	14:0
Pentadekanoik	—	$(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	15:0
Hekzadekanoik	Palmitik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	16:0
Heptadekanoik	Margarik Asit	$(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	17:0
Oktadekanoik	Stearik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	18:0
Eikosanoik	Araşidonik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	20:0
Henikosanoik	—	$(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	21:0
Dokosanoik	Behenik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	22:0
Trikosanoik	—	$(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	23:0
Tetrakosanoik	Lignoserik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	24:0
Hekzakosanoik	Serotik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{24}\text{COOH}$	26:0
Heptakosanoik	Karboserik Asit	$(\text{CH}_2)_{26}\text{COOH}$	27:0
Oktakosanoik	Montanik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{26}\text{COOH}$	28:0
Triakontasanoik	Melisik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{28}\text{COOH}$	30:0

1.6.3.2. Doymamış Yağ Asitleri

Yağ asidi zincirinde bir veya daha fazla çift bağ mevcutsa yani, yağ asidi, hidrojen atomlarının potansiyelini tam olarak tamamlamıyorsa, yağ asidi doymamış bir yağ asidi olarak kabul edilir. (Lunn ve Theobald, 2006). Şekil 1.10’da doymamış yağ asidinin yapısı gösterilmektedir (Başhan, 2019).



Şekil 1.10. Doymamış yağ asidi yapısı

Tekli doymamış yağ asitleri (MUFA'lar), farklı pozisyonlarda oluşabilen bir karbon-karbon çift bağına sahiptir. En yaygın monoenler, 16-22 zincir uzunluğuna ve cis konfigürasyonlu bir çift bağa sahiptir. Bu, çift bağın her iki tarafındaki hidrojen atomlarının aynı yönde yönlendirildiği anlamına gelir. Trans izomerler, doymamış yağların endüstriyel olarak işlenmesi (hidrojenasyonu) sırasında ve geviş getiren hayvanların gastrointestinal sisteminde üretilebilir. Bir çift bağın varlığı, bu noktada asil zincirinin hareketliliğinde kısıtlamaya neden olur. Cis konfigürasyonu moleküler biçimde bir bükülme verir ve cis yağ asitleri termodinamik olarak trans formlardan daha az stabildir. Cis yağ asitleri, trans yağ asitleri veya bunların doymuş muadillerinden daha düşük erime noktalarına sahiptir. PUFA'larda birinci çift bağ, n karbondan üçüncü ve dördüncü karbon atomu arasında bulunabilir; bunlara n-3 veya omega-3 yağ asitleri denir. İlk çift bağ altıncı ve yedinci karbon atomu arasındaysa, bunlara n-6 yağ veya omega-6 asitleri denir. PUFA'lardaki çift bağlar, bir metilen gruplamasıyla birbirinden ayrılır (Lund ve Rustan, 2020). Tablo 1.6'da doymamış yağ asitleri ve yapı formülleri verilmiştir (Demirci, 2015).

Tekli doymamış yağ asitlerinden miristoleik ve palmitoleik asit; süt ve balık yağında, oleik asit; fındık yağı ve zeytinyağında, çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik asit; bitkisel yağlarda, araşidonik asit ise karaciğer ve hayvan fosfolipidlerinde bulunmaktadır (Gökmen ve Köksal, 2001).

Doymamış bir yağ asidinde yalnızca bir çift bağ varsa, tekli doymamış yağ asidi (MUFA), birden fazla çift bağ mevcutsa, yağ asidi çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) olarak bilinmektedir (J.Lunn ve Theobald, 2006).

Tablo 1.6. Doymamış yağ asitleri ve yapı formülleri

Yağ Asidinin Adı	Karbon İskeleti	Yapı Formülü
Miristoleik asit	14:1 ^{Δ9}	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Palmitoleik asit	16:1 ^{Δ9}	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Oleik asit	18:1 ^{Δ9}	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Vaksenik asit	18:1 ^{Δ11}	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₉ COOH
Nervonik asit	24:1 ^{Δ15}	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₁₃ COOH
Linoleik asit	18:2 ^{Δ9,1}	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CH CH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Linolenik asit	18:3 ^{Δ9,12,15}	CH ₃ CH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CH CH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Araşidonik asit	20:4 ^{Δ5,8,11,14}	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₃ COOH

Tekli doymamış yağ asitleri (TDYA, MUFA) : Tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) kimyasal olarak tek bir çift bağ içeren yağ asitleri olarak sınıflandırılır. Cis-konfigürasyonunda, hidrojen atomları çift bağ ile aynı taraftayken, trans-konfigürasyonda hidrojen atomları ve çift bağ zıt taraflarda mevcuttur. Cis-izomerler, gıda kaynaklarında MUFA'nın baskın şeklidir. Yağlı kabuklu yemişlerde, tohumlarda, meyvelerde ve ette yaygın olarak bulunmaları nedeniyle, MUFA'nın baskın kaynağının büyük ölçüde bireysel beslenme alışkanlıklarına bağlı olması şaşırtıcı değildir. Diğer yağ asitleri gibi MUFA da bağırsak tarafından neredeyse tamamen emilir ve enerji üretimi için oksitlenir, diğer yağ asitlerine dönüştürülür veya doku lipidlerine dahil edilir (Schwingshackl ve Hoffmann, 2012). Tablo 1.7’de bazı tekli doymamış yağ asitleri verilmiştir (Schwingshackl ve Hoffmann, 2012).

Çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDYA, PUFA): Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar) insan sağlığının temel bileşenleridir. Birden fazla çift bağ içermeleri nedeniyle diğer yağ asitlerinden farklıdır. Linoleik Asit (LA) ve α-Linolenik Asit (ALA), sırasıyla Omega-6 ve Omega-3 ailelerinin ana Temel Yağ Asitleri (EFA'lar) 'dır. Çoğu tohum yağında LA bulunurken, balık yağı, kanola yağı, keten tohumu yağı ve yeşil yapraklı sebzeler Omega-3 yağ asitlerinin başlıca kaynaklarıdır. LA ve ALA, Araşidonik Asit (AA), Eikosapentanoik Asit (EPA) ve Docosahexaenoic Acid (DHA) gibi uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri (LCPUFA'lar) oluşturmak üzere uzatılmış öncü yağ asitleridir.

Tablo 1.7. Bazı tekli doymamış yağ asitlerinin bilimsel ve kimyasal olarak adlandırılması ve yapı formülleri

C Atomu ve Çift Bağ	Bilimsel Adı	Yapı Formülü	Kimyasal Adı
11:1	Undesilenik asit	C ₁₀ H ₁₉ COOH	cis -10-undekenoik asit
14:1	Miristoleik asit	C ₁₃ H ₂₅ COOH	cis -9-tetradesenoik asit
16:1	Palmitoleik asit	C ₁₅ H ₂₉ COOH	cis -9-heksadekenoik asit
16:1	Palmitelaidik asit	C ₁₅ H ₂₉ COOH	trans -9-heksadekenoik asit
16:1	—	C ₁₅ H ₂₉ COOH	cis -7-heksadekenoik asit
18:1	Petroselinik asit	C ₁₇ H ₃₃ COOH	Cis -6-oktadesenoik asit
18:1	Oleik asit	C ₁₇ H ₃₃ COOH	Cis -9-oktadesenoik asit
18:1	Elaidik asit	C ₁₇ H ₃₃ COOH	trans -9-oktadekenoik asit
18:1	Vakenik asit	C ₁₇ H ₃₃ COOH	cis -11-oktadesenoik asit
20:1	Gondoleik asit	C ₁₉ H ₃₇ COOH	cis -9-eikosenoik asit
20:1	Gondolik asit	C ₁₉ H ₃₇ COOH	cis -11-eikosenoik asit
22:1	Setoleik asit	C ₂₁ H ₄₁ COOH	cis -11-docosenoik asit
22:1	Erusik asit	C ₂₁ H ₄₁ COOH	cis -13-docosenoic asit
24:1	Nervonik asit	C ₂₃ H ₄₅ COOH	cis -15-tetrakozenoik asit

Kimyasal olarak PUFA, cis konfigürasyonunda iki veya daha fazla çift bağa sahip yağ asitleri oldukları için basit lipidler sınıfına aittir. Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), omega-3 (n-3) ve omega-6 (n-6) yağ asitleri olarak iki temel gruba ayrılmaktadır. Linoleik asit (n-6) (LA) ve alfa-linolenik asit (n-3) (LNA), eksiklik semptomlarını önledikleri ve sentezlenemedikleri için diyet esansiyel yağ asitleri (EFA) olarak bilinen ana temsili bileşiklerden ikisidir (Benatti vd., 2004 ; Warude vd., 2006). Tablo 1.8.'de Çoklu doymamış yağ asitleri ve yapı formülleri verilmiştir (Başhan, 2019).

1.6.3.3. Esansiyel (Temel) Yağ Asitleri

Omega-3 (ω-3) ve omega-6 (ω-6) yağ asitleri: Yağ asitleri, her iki ucunda bir metil grubu ve bir karboksil grubu taşıyan uzun karbon zincirleri olarak tanımlanabilir. Karboksil grubuna en yakın karbon atomu α ile gösterilir, ardından bir sonraki karbon β sembolü ile gösterilir. Benzer şekilde, metil ucunun etrafındaki çift bağa en yakın karbon ω ile adlandırılır. Ω-3 yağ asitlerinde, ilk çift bağın konumu, ω karbona göre genellikle üçüncü ve dördüncü karbon arasındadır. Ω-6 yağ asitlerinde ilk çift bağ altıncı ve yedinci karbon arasına yerleştirilir (Çalışkan, 2019).

Tablo 1.8. Çoklu doymamış yağ asitleri ve yapı formülleri

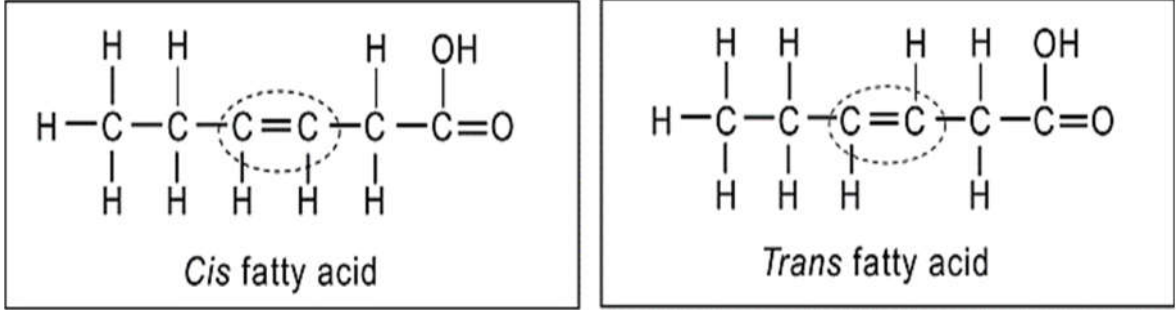
Sistematik Adı	Genel Adı	Yapısal Formülü	Kısa Yazılımı
Oktadecadienoik	Linoleik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	18:2(n-6)
Octadekatrienoik	α -Linolenik Asit	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	18:3(n-3)
Oktadekatrienoik	γ -Linolenik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	18:3(n-6)
Eikosatrienoik	Dihomo- γ -Linolenik Asit	$\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	20:3(n-6)
Eikosatetraenoik	Araşidonik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	20:4(n-6)
Eikosapentaenoik	EPA	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	20:5(n-3)

Çoğu yağ asidi vücutta sentezlenebilir, ancak insanlar iki yağ asidi üretmek için gereken enzimlere sahip değildir. Bunlara esansiyel yağ asitleri denir ve diyetten alınmalıdır. ÇDYA metil (CH_3) kökünden başlayarak sınıflandırıldığında çift bağın bulunduğu karbon atomuna göre n-3 ve n-6 yağ asitleri şeklinde de adlandırılmaktadır. İnsanlarda temel yağ asitleri, n- 3 PUFA α - linolenik asit ve n- 6 PUFA linoleik asittir. İnsanlar diyetle alınan α - linolenik asidi uzun zincirli n- 3 PUFA'lar eikosapentaenoik asit ve dokosaheksaenoik aside uzatabilse de, sentez oranı gereksinimleri karşılamak için yeterli olmayabilir. Bu nedenle bu yağ asitlerinin kaynaklarının iyi seçilmesi önerilir, yağ açısından zengin balıklar da diyetle dâhil edilmelidir (J.Lunn ve Theobald, 2006).

Omega-3 (ω -3) yağ asitlerinin temel yağ asidi ise α -linolenik asittir ve en çok keten tohumu, ceviz ve özellikle planktonlarla yağlı balıklarda bol miktarda bulunmaktadır. α -linolenik asit insan vücudunda eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asite (DHA) dönüştürülebilmektedir. Omega-6 (ω -6) yağ asitlerinin insanlardaki en temel bileşeni ise linoleik asittir. Özellikle mısır ve soya fasulyesi yağında bol miktarda bulunmaktadır. Linoleik asit insan vücudunda araşidonik asite dönüştürülebilmektedir (Kaya vd., 2004; Yeltekin, 2012). Şekil 1.11'de n-3 PUFA ve n-6 PUFA gösterilmektedir (Lunn ve Theobald, 2006).



23



Şekil 1.12. Cis ve trans yağ asitleri

1.7. Yağ Asitlerinin Beslenmedeki Yeri

Yağ asitleri, triasilgliserollerin (trigliseridler), fosfolipidlerin ve diğer kompleks lipidlerin ana bileşenleridir. Bu lipidler ve bunların yağ asidi bileşenleri doğada geniş ölçüde dağılmıştır. Triasilgliseroller ve dolayısıyla yağ asitleri, insanlarda diyetle alınan yağ miktarına büyük oranda katkı sağlar. Yağ asitleri kan dolaşımında lipoproteinler içinde daha karmaşık lipidlerin (örneğin; triasilgliseroller, fosfolipidler, kolesterol esterler) bileşenleri olarak taşınır. Yağ asitlerinin önemli bir metabolik rolü, vücut için enerji kaynağı olmasıdır. Yağ asitleri iyi enerji kaynaklarıdır ve enerji üretimi için çoğu aerobik doku tarafından kullanılabilir, ancak beyin tarafından kullanılamaz ve glikoza bir alternatif sağlar. Yağ asitlerinin önemli bir işlevsel rolü, hücre zarı fosfolipidlerinin bileşenleridir. Farklı hücreler, zarlar ve fosfolipidler farklı yağ asidi bileşimlerine sahiptir. Çeşitli gıdalar, farklı miktarlarda yağ ve yağ asitleri içermektedir. Bunlar işleme, saklama ve pişirme yöntemlerinden etkilenebilir. Diyetinde çeşitli besinler tüketen insanlar her gün birçok farklı türde yağ asidi tüketmekte olup yağ asidi tüketiminin şekli öğünden öğüne, günden güne ve mevsimden mevsime, yaşa, coğrafi konuma, kültürel ve dini uygulamalara göre farklılık göstermektedir. Sağlıklı insanlarda, diyetle tüketilen yağ asitlerinin çoğu (yaklaşık % 95'i) vücutta sentezlenebilmektedir. Bir kısmı ise sentezlenememekte olup bunlara da esansiyel yağ asitleri denilmektedir (Calder, 2015).

Diyette en bol bulunan PUFA'lar α -linolenik asit (ALA; 18: 3n-3) ve linoleik asittir (LA; 18: 2n-6); bu yağ asidi hidrokarbonlarının her ikisi de 18 karbon uzunluğundadır ve sırasıyla n-3 ve n-6 için ana yağ asitleri olarak kabul edilir. N-3 ailesinde, ALA ve stearidonik asit (SDA; 18: 4n-3) daha kısa zincirli n-3 olarak kabul edilirken, eikosapentaenoik asit (EPA; 20: 5n-3), dokosapentaenoik asit (DPA; 22: 5n-3) ve dokosaheksaenoik asit (DHA; 22: 6n-3) daha uzun zincirli n-3'lerdir. ALA, fındık,

özellikle ceviz ve keten, chia ve kenevir tohumları gibi bitkisel gıdalarda ve kanola ve soya fasulyesi yağları gibi bitkisel yağlarda bulunur. EPA, DPA ve DHA yağlı balıklarda ve deniz ürünlerinde bulunur ve en iyi kaynaklar somon, sardalya, ton balığı, ringa balığı ve alabalıktır. Hurma yağı, hindistan cevizi yağı, kakao yağı, donyağı ve tereyağı gibi hayvansal kaynaklı yağlar zengin doymuş yağ asitleri kaynaklarıdır.

N-6 ailesinde, LA ve γ -linolenik asit (GLA; 18: 3n-6) daha kısa zincirli yağ asitleridir ve araşidonik asit (ARA; 20: 4n-6) daha uzun zincire sahiptir. LA, bitki besinlerinde bulunur; en zengin kaynaklar soya fasulyesi, mısır ve aspir yağlarıdır. ALA, % 5 ila % 15 oranında EPA'ya dönüşür ve ALA' nın % 1'i güvenilir bir şekilde DHA'ya dönüşür (Vannice ve Rasmussen, 2014).

1.8. Kromatografi

Bir karışımın hareketli faz etkisiyle, karışımı oluşturan bileşiklerin farklı hareketleri sonucu bileşenlerine ayrılması işlemine kromatografi denir. Endüstri, araştırma, tıp ve gıda alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu aşamalı süreç, bir karışımı kendi bileşenlerine ayırabilir ve eş zamanlı olarak her bir bileşenin niceliksel bir tahminini sağlayabilir. Kromatografiyi verimli bir ayırma yöntemi olarak tanıyan ilk bilim adamı, 1906 yılında bir dizi bitki pigmentini ayırmak için basit bir sıvı-katı kromatografi formunu kullanan Rus botanikçi Tswett'tir (Abdelmoteleb, 2021; Scott, 2003).

Kromatografide asıl amaç numunenin istenilen bileşenlere ayrılması ve miktarının ölçülmesidir. Yöntem, çeşitli maddelerin sabit bir faz üzerinde, hareketli faz yardımıyla değişik hızlarla hareket etmeleri esasına dayanmaktadır. Mobil faz: numuneyi kolon yani sabit faz boyunca taşıma işlemi yapan çözücü karışım, sabit faz: mobil faz ile beraber gelen numune bileşenlerinin etkileşime girdikleri fazdır. Alıkonma (t_R): mobil fazın içerisinde gelen ve analizi yapılacak olan numunenin bileşenlerinin sabit fazla etkileşime girip yavaşlatılması ve belli bir oranda tutulup daha geç bir şekilde sabit fazı terk etmesidir. Kolon ayırma gücü (R_s): Kolonun iki farklı analiti ayırmasının ölçülebilir göstergesidir. (Eser ve Dinçel, 2018). Tablo 1.9.'da kromatografik yöntemlerin sınıflandırılması gösterilmektedir.

Tablo 1.9. Kromatografik yöntemlerin sınıflandırılması (Eser ve Dinçel, 2018)

Ayrılma Mekanizmalarına Göre Kromatografiler	Uygulama Biçimine Göre Kromatografiler	Faz Tiplerine Göre Kromatografiler
Adsorpsiyon kromatografisi	Düzlemsel kromatografi	Sıvı kromatografisi
Partisyon kromatografisi	-Kâğıt kromatografisi	Sıvı-Katı kromatografisi
	-İnce tabaka kromatografisi (TLC)	
İyon değişirme kromatografisi	Kolon kromatografisi	Sıvı-Sıvı kromatografisi
Jel filtrasyon (Moleküler eleme) kromatografisi	-Gaz kromatografisi (GC)	Gaz kromatografisi
	-Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC)	

1.8.1. Gaz Kromatografisi

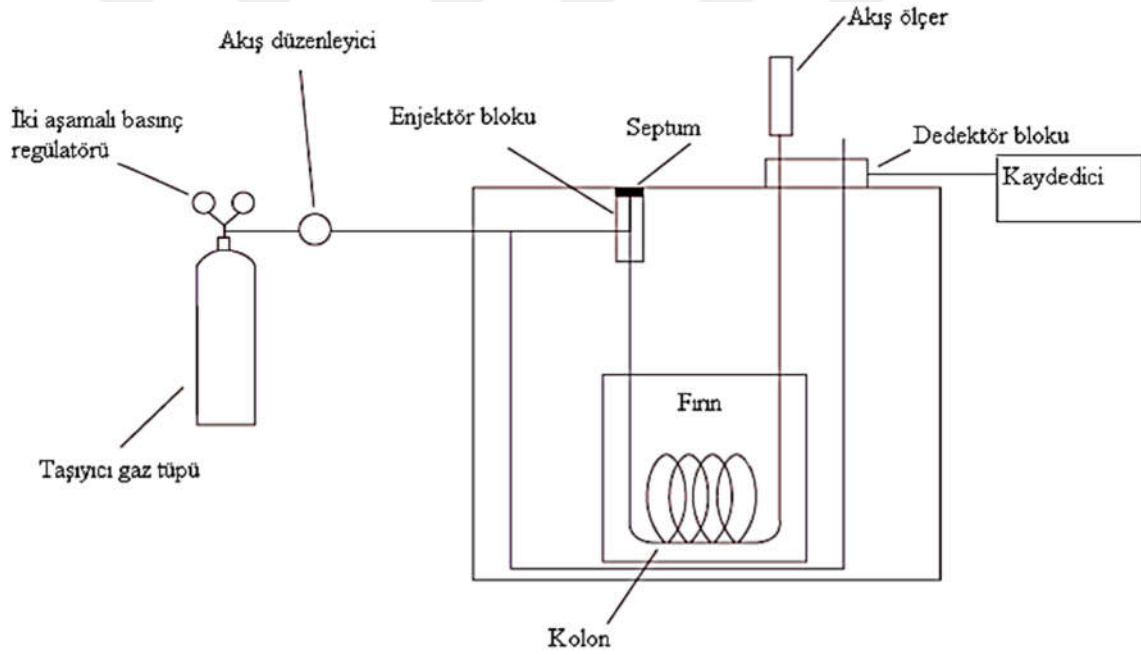
Modern gaz kromatografisi (GC), 1952'de Martin ve James tarafından icat edilmiş ve modern kimyada en önemli ve yaygın olarak uygulanan analitik tekniklerden biri haline gelmiştir. Dünya da 100 binden fazla bileşenin olduğu düşünülmektedir. Bu bileşenlerin analiz edilebilmesi için çoğunlukla kromatografi ya da ilgili teknikler gerekmektedir. GC artık, başta petrokimya üretimi olmak üzere birçok endüstride ve çevrede kullanılmaktadır. Gıda kontaminantı ve ilaç kalıntısı, adli analizler, araştırma, geliştirme ve kalite kontrolünün temelini oluşturan standart bir analitik yöntemdir (Bartle ve Myers, 2002). Tipik olarak GC, polar olmayan ve yarı polar, uçucu ve yarı uçucu kimyasalları analiz etmek için kullanışlıdır. Genellikle sterollerin, yağların, düşük zincirli yağ asitlerinin, aroma bileşenlerinin ve istenmeyen tatların ve pestisitler, endüstriyel kirleticiler ve gıdalardaki belirli ilaç türleri gibi birçok kirletici maddenin analizi için kullanılır (Lehotay ve Hajšlová, 2002).

Gaz Kromatografisi, 350 °C veya 400 °C ye kadar kaynama noktalarına sahip uçucu bileşikler ayırmak, tanımlamak ve niceliksel olarak belirlemek için çalışan bir araçtır.

GC, sıvı filmin sabit bir faz olarak hareket eden katı bir destek içinde tutulduğu ve hareketli faz olarak hareket eden sıvı yüzey yüzeyinde kontrollü gaz akışlarının bulunduğu bir bölme kromatografisidir. GC kolonunda kullanılan sıcaklık, bölmeli ayırmaya geçen bileşenlerin karışımına göre ayarlanır. Uçucu olmayan polar maddeler, bir analizden önce daha az polar bir forma dönüştürülmelidir. GC ayrıca işlemde yüksek sıcaklık içerir, bu nedenle bileşiklerin ayrışması önlenemez. İşlem başlamadan önce numunenin şekli, kolon seçimi, ayrıca taşıyıcı gaz, fırın sıcaklığı ve enjeksiyon sırasında buharlaşma gibi dikkat

edilmesi gereken birkaç nokta vardır. Bileşenlerin ayrılması kolonda gerçekleşir ve dedektör tarafından tanımlanır. GC hem kalitatif hem de kantitatif çok önemli ve değerli analitik veriler sağlamaktadır (Teonata vd., 2021). Şekil 1.13’de bir GC cihazının şeması verilmiştir. Genel olarak bir GC cihazı 6 bölümden oluşur (Akdoğan, 2011);

- Taşıyıcı gaz sağlayıcı ve kontrol kısmı,
- Enjektör bloğu,
- Kolon ve fırın,
- Dedektör,
- Sinyal işleyici
- Bilgisayar



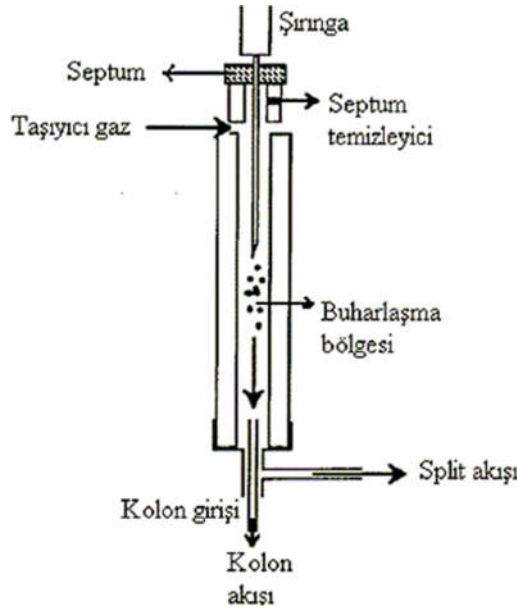
Şekil 1.13. Bir gaz kromatografisi (GC) cihazının şeması

1.8.1.1. Taşıyıcı Gaz

Analiti kolon boyunca taşır, genelde taşıyıcı gaz olarak He, Ar, N₂, H₂ ve CO₂ kullanılmaktadır. Taşıyıcı gaz, dedektör performansını ve kolon ayırma seçimini etkilediğinde dolayı doğru seçilmelidir, analit bileşenlerine ve dolgu maddesine karşı inert olmalıdır. Taşıyıcı gazın asıl görevi ise safsızlıkları uzaklaştırmak için bir nevi elek durumunda olmasıdır (Kurt, 2014; Akdoğan, 2011).

1.8.1.2. Numune Enjeksiyon Portu

Kromatografik analizin ilk basamağı numunenin GC içine enjeksiyonudur. Enjeksiyon kolon verimini etkilemektedir, bu yüzden numune tek seferde ve uygun miktarda cihaza verilmelidir. Enjeksiyon bölümü sıcaklığıyla numuneyi buharlaştırabilecek güçte, kolonun başında lastik bir septumdan oluşmaktadır. Enjeksiyon portu split ve splitless olmak üzere 2 modda çalışmaktadır. Split mod kolonun kirlenmesini engeller ve derişik numunelerde kullanılır, splitless mod ise numune miktarı az olduğunda tercih edilmektedir (Kurt, 2014; Akdoğan, 2011). Şekil 1.14 tipik bir gaz kromatografisi enjeksiyon bloğunun yapısını göstermektedir (Akdoğan, 2011).



Şekil 1.14. Gaz kromatografisi enjeksiyon bloğu

1.8.1.3. Kolon ve Fırın

GC cihazlarında kullanılan kolon tipleri dolgulu kolon ve kapiler kolonlardır. Dolgulu kolonlar 2–3 m uzunluk ve 2–4 mm çapında olup daha çok cam, paslanmaz çelik, teflon veya bakır gibi malzemelerden üretilmektedir. Duvar kaplı kapiler kolonlar (WCOT) ve destek kaplı kapiler kolonlar (SCOT) olarak ikiye ayrılan kapiler kolonlar ise, fiziksel olarak dayanıklı, numune bileşenlerine karşı inert ve yüksek esnekliğe sahip olmalıdır (Şahin, 2016; Kurt, 2014).

1.8.1.4. Dedektör

Dedektör, kolonla elde edilen ayrılma sonrası bileşenleri algılayan ve elektronik sinyallere dönüştüren birimdir. Kromatogramı çizen kaydediciye dedektörden çıkan sinyalin iletilmesi sonucu ayrılan numune bileşenlerine ait bir seri pik elde edilir. Dedektörün taşınması gereken özellikler (Şahin, 2016; Kurt, 2014);

- Stabilité,
- Hassasiyet,
- Hızlılık,
- Aynı derecede tekrarlanabilen sonuçtur.

GC cihazlarında kullanılan bazı dedektör tipleri şunlardır (Kurt, 2014).;

- Nitrojen Fosfor Dedektörü (NPD)
- Termal İletkenlik Dedektörü (TCD)
- Beta Işını İyonizasyonu Dedektörü (Elektron Yakalama Dedektörü (ECD)
- Alev İyonizasyon Dedektörü (FID)
- İnfrared Analiz Cihazı (GC-FT-IR)
- Deşarj Dedektörü
- Kütle (mass) Spektrometresi (GC-MS)
- Yüzey Potansiyeli Dedektörü

1.8.1.5. Kromatogramlar

Kolon çıkışında çözünmüş olan maddenin bileşenlerinin elüsyonunu simgeleyen dedektör sinyali eğrileri kromatogram olarak isimlendirilir, her pik ise bir bileşeni simgelemektedir. Pikin alanı karışımındaki bileşenlerin miktarını simgeler ve konsantrasyonla alan arasında normal şartlarda doğrusal bir ilişki söz konusudur (Seven, 2006).

1.8.2. Gaz Kromatografisi - Kütle Spektrometresi (GC-MS)

GC-MS iki farklı cihazın bir kombinasyonudur. GC-MS, çeşitli deneysel numunelerde uçucu ve yarı uçucu organik bileşikler için hem kalitatif hem de kantitatif analiz yapabilir. Bileşikler, GC ile uçuculuklarına göre enjekte edilir ve ayrılır, ardından cihazın MS kısmı, detektörlerde çıkacak olan iyonlara parçalanana kadar bileşiğin bir elektron kullanılarak vurulduğu yerdir. Veriler, kromatogram onu alana kadar bilgisayara aktarılır. Elde edilen veriler, pikler, durgunluk süresi, tutma süresi ve daha sonra yöntem

doğrulaması ve bileşik konsantrasyonu için hesaplanan bir pik alanı içeren kromatogram formundadır. Uygun şekilde seçilen sütun, doğru ve güvenilir bir analiz yapabilmektedir, ancak sütun yanlış seçilmişse, sonuçlarda geçersiz veya karmaşık verilere rastlanılabilir. Tipik bir GC-MS cihazının görünümü Şekil 1.15’deki gibidir (Teonata vd., 2021).



Şekil 1.15. Tipik bir GC-MS cihazının görünümü

1.8.3. Gaz Kromatografisi – Alev İyonlaşma Detektörü (GC-FID)

GC-FID, bir hidrojen alevinin elektriksel iletkenliğinin ölçülmesine dayanır ve bir numunede bulunan karbon miktarını ölçer. Bu yanma, karbon iyonlarının üretilmesini sağlar. Bununla birlikte, yanma sırasında 105 karbon iyonundan sadece 1'i üretildiğinden, bu enstrümanı kullanmanın verimliliği tartışmalıdır. Ancak üretilen iyon miktarı, numunede bulunan karbon miktarı ile orantılıdır. Cihazın içindeki elektrotlar, numunede bulunan karbon iyonlarının sayısını ölçmek için kullanılır. GC-FID, tüm numuneler pirolize olacağından yıkıcı bir araç olarak bilinir. GC-FID çoğunlukla hidrokarbon bileşiklerinin kantitatif analizinde ve yağ analizinde kullanılır. Kantitatif analiz için her analit için kalibrasyon standardını kullanarak GC-FID sistemini kalibre etmek önemlidir. Test bileşiği kantitatif analizi, genellikle dahili kalibrasyon standardı olarak numunedeki bileşiklerden biri kullanılarak yapılır ve sonuç standartla karşılaştırılır. Bu sistemle, gerekli olan tek bir malzeme standardı ve analiz ücreti, her analit için kalibrasyon standardı gerektiren geleneksel bir kalibrasyon yöntemine kıyasla büyük ölçüde azaltılır. Niteliksel yöntem, bir numunedeki türlerin kimyasal kimliği hakkında bir bilgi parçasıyla sonuçlanır. GC-FID ölçümü, hedeflenen her bileşik için standart malzeme, kantitatif bir analiz için çok

önemlidir. Bir numune ve standart metil ester için zaman tutma özgülüğü de bir kalibrasyon eğrisine ve korelasyon katsayısına sahip olacak şekilde ölçülür. Yöntemin doğruluğu ve kesinliği, geri kazanıma da karar veren standart ve numunenin ölçülmesi ile değerlendirilir. Standartlar ve numune için ortalama oran, verilen konsantrasyon için %100'e yeterince yakın olmalıdır (Teonata vd., 2021).

1.9. Gıda Sahtekârlığı

Gıda sahtekârlığı yani gıdaları bozma uygulamasının kökeni eski Roma'ya kadar dayanmaktadır. 13.yy'da Fransa ve Almanya'da gıda kontrol yasaları çıkarılmış, İngiltere'de de taşş cezalarına ilişkin bir bildiri yayınlanmıştır (Sumar ve Ismail, 1995). Antik çağlarda gıda sahtekârlığı küçük ölçekli olup yalnızca belli bir coğrafi bölgeyi kapsarken daha sonraları ise çeşitli ürünlerde de görülmüştür. O dönemde en çok zeytinyağı, şarap ve baharat gibi ürünlerde gıda sahtekârlığına rastlanmaktadır. Günümüzde ise gıda tedarik zincirinin karmaşıklaşmasıyla birlikte gıda sahtekârlığı küresel boyutlara ulaşmıştır. Zeytinyağı, balık ve balıkçılık ürünleri, süt ve süt ürünleri, et ürünleri, tahıllar ve tahıl bazlı gıdalar, alkollü ve alkolsüz içecekler, baharatlar, kahve ve çaylar, organik ve fonksiyonel gıdalar ve bazı işlenmiş gıdalarda gıda sahtekârlığına oldukça sık rastlanmaktadır (Sırıken vd., 2021). Aşağıda tablo 1.10'da bazı gıda koruma riskleri, sebepleri ve etkileri verilmiştir.

Gıda sahtekârlığı teriminin temel anlamı, tüketiciyi aldatmak amacıyla yapılan her türlü işlemlerdir. Çeşitli amaçları olsa da sahtekârlık yapılmasının temel nedeni maddi kazanç sağlamaktır. Farklı ülkelerde gıda sahtekârlığı terimi çeşitli tanımlarla ve yasal düzenlemelerle ifade edilmektedir. FDA (Food Drug Administration)'e göre gıda sahtekarlığı ekonomik kazanç sağlamak amacıyla kasıtlı olarak bir gıdanın görünümünü değiştirmek, ürün değerini artırmak yada maliyeti düşürmek amacıyla gıda ürününe bir maddenin ilave edilmesi yada bir maddenin gıda bileşiminden çıkarılmasıdır.

Tablo 1.10. Gıda koruma riskleri, sebep ve etkileri

Risk Tipi	Örnek	Yapılma Nedeni	Etkileri	Halk Sağlığı Risk Tipi	İkincil Etkileri
Gıda Kalitesi	Kazara meyvelerin zedelenmesi	Kötü yönetim	Ürünün satılamaması veya ilave bulaşma olasılığı (mikroorganizmalar)	Yok, veya muhtemel gıda güvenliği	Ürünün azalması/marka değeri veya gıda güvenliği olayı
Gıda Sahtekârlığı	*Melamin ile sütün kasıtlı tağşişi (sahtekârlığı)	Kar marjının artırılması	Toksik zehirlenme	Gıda güvenliği	Halk korkusu ve endüstri alanında daha düşük fiyat
Gıda Güvenliği	Çiğ sebzelerin <i>E. coli</i> ile kasıtsız olarak kontaminasyonu	Sebzenin hasat edilmesi ve işlenmesi sırasında sınırlandırılmış koruma alanı ve kontrolü	Hastalık ve/veya ölüm	Gıda güvenliği	Zarar görmüş endüstri, toplama harcamaları, kamu korkusu
Gıda Savunması	Siğir kıymasının kasıtlı olarak nikotin ile kontaminasyonu	Depolamaya karşı mücadele	Ölümcül olmayan zehirlenme	Gıda Savunma	Tağşiş edilmiş ürünler, zarar görmüş endüstri , geri toplama masrafı, halk korkusu

*Melamin, (1.3.5-triazin-2.4.6-triamino-1,C3H6N6) siyanüramid veya triaminotriazin olarak da adlandırılan ve N (azot) içeriği yüksek (% 66.6), ısıya karşı oldukça dayanıklı ve sert plastik yapısında kullanılan bir maddedir. Melamin, gıdalara veya yemlere N oranının artırmak amacıyla katılır. Örneğin, su ve melamin katılan sütler azot içeriğini ölçen testlerden başarıyla geçmektedir. Gıdalara ilave edilen melaminin besleyici değeri olmayıp, aksine tüketen insanlarda çeşitli sağlık sorunu oluşturur (kanser, böbrek taşı oluşumu gibi).

Tablo 1.10’da verilen gıda koruma riskleri ve etkileri incelendiğinde gıdalarda yapılan tağşişlerin gıda güvenliğine büyük ölçüde zarar verdiği ortaya çıkmıştır (Sırıken vd., 2021). Gıda ürünlerinin tağşişi maddi zararlara yol açtığı gibi insan sağlığını da tehdit edebilmektedir.

Avrupa Birliği ülkelerinde ise gıda sahtekârlığı tanımında farklılıklar görülmekle birlikte AB gıda sahtekârlığını “gıda etiketlemesi, reklamı, sunumu ve paketlemesinin tüketiciyi yanıltmaması gerekir” şeklinde ele almış ve önemli düzenlemeler getirmiştir.

Amerika Birleşik Devleti (ABD)’nde gıda sahtekârlığı tanımı ABD Gıda, İlaç ve Kozmetik Yasası’nın 342. bölümünde yapılmış olup bu kanuna göre “herhangi bir zehir veya sağlığa zararlı madde içeren gıdalar” hileli gıdalar (gıda sahtekârlığı yapılmış) olarak tanımlanmaktadır.

Amerika Gıda İlaç İdaresi (US Food Drug Administration) Yönetmeliği’ne göre ise tağşiş ve kontaminant arasında bir ayrım yapılmamış olup, sadece gıdalarda kontaminant terimi “gıdalara katılan ve bazen kasıtlı olabilen ve hastalıklara, yaralanmalara veya ölüme

yol açabilen herhangi bir biyolojik, kimyasal, fiziksel veya radyolojik ajanlar” şeklinde ifade edilmektedir.

Sırıken vd (2021); Türkiye’de 2010 yılında çıkarılan 5996 sayılı “Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu” nda gıdalarda taklit ve tağşiş terimleri tanımlanmıştır. Aynı kanunda “Gıda ve Yemde İzlenebilirlik ve Etiketleme, Sunum ve Reklâm ile Tüketici Haklarının Korunması” başlığı altında Madde 24 (4)’de “Gıda ve yemde taklit ve tağşiş yapılamaz” hükmü ile Madde 40 (1)’da bu konu ile ilgili yaptırımlar yer almaktadır. Bu kanunun hemen ardından yürürlüğe giren 28145 sayılı Gıda ve Yemin Resmi Kontrollerine Dair Yönetmeliğinin 8 (5). Maddesinde taklit veya tağşiş yapıldığı kesinleşen gıda ve yem üreten firmaların ilgili Bakanlıkça ifşası ve Madde 12 (8) ile de “Taklit, tağşiş veya zararlı madde içeren gıdaları üreten firmalar hakkında yasal işlemlerin yapılması” maddeleri ile tüketiciler ve tüketici sağlığı güvence altına alınmıştır.

1.9.1. Taklit ve Tağşiş

Gıdalara yapılan hilelerin birçoğunun arkasında ekonomik kazanç yatmaktadır. Bu amaçla pahalı bileşenler veya katkı maddelerinin yerine kısmen ya da tamamen daha ucuzu kullanılmakta veya müşteri tarafından fark edilemeyeceği umularak gıda maddesinden değerli maddeler alınmak suretiyle gıda sahtekârlığı gerçekleştirilmektedir. Özellikle son yıllarda tüketiciler tarafından kabul edilmeyen katkı maddeleri ilave edilmiş gıdaların etiket bilgilerinde bu katkı maddelerinin yazılmamış olması tüketicileri aldatmanın bir başka yoludur. Tüm bu gıda sahtekârlıkları göz önünde bulundurulduğunda gıda gerçekliği (food authenticity), kavramı daha da önem kazanmaktadır. Gıda gerçekliği (food authenticity), bir gıdanın aslına ya da kimliğine uygun olup olmaması yani gıdanın taklit olmaması ya da tağşiş edilmiş olmamasıdır (Tenekeci, 2016).

Gıdalarda hile, aldatma ve sahtekârlığın ülkemizde en çok taklit ve tağşiş şeklinde ortaya çıktığı bilinmektedir. Taklit; gıdaların bileşim, yapı ve şekilleri itibariyle yapısında olmayan özelliklere sahip gibi ya da başka bir ürünün aynısıymış gibi gösterilmesidir. Tağşiş ise ürünlere temel özelliğini veren içerik ya da besin değerlerinin bir kısmının ya da tamamının mevzuata aykırı biçimde çıkarılması veya değiştirilmesini veya da aynı niteliğe sahip olmayan başka bir maddenin, o madde yerine aynı maddeymiş gibi katılmasıdır (Gıda Güvenliği ve Kalitesinin Denetimi ve Kontrolüne Dair Yönetmelik, 2018; Veteriner Hizmetleri Bitki Sağlığı Gıda ve Yem Kanunu, 2010).

Piyasada yapılan incelemeler sonucu karşılaşılan bazı hile yöntemleri şu şekildedir (Tenekeci, 2016);

- Zeytinyağına pamuk yağının ilave edilmesi,
- Küflenmiş ve bayatlamış peynirlerden eritme peynir üretimi,
- Bayat tavukların çamaşır suyu ile beyazlatılıp tekrar satışa sunulması,
- Tereyağına patates ve margarin ilave edilmesi
- Salam ve sosise tavuk derisi, taşlık ve bağırsağının karıştırılması,
- Yoğurtta kıvam artırıcı olarak jelatin kullanılması ve köy yoğurdu ibaresiyle satılması,
- Dönere tavuk sakatatı ve öğütülmüş tavuk bacağı katılması,
- Sütün kendi yağının alınarak yerine katı yağ ilave edilmesi,
- Son kullanma tarihi geçmiş sucukların öğütülerek yeni imal edilecek sucuklara katılması,
- Kırmızı bibere kiremit tozu ilave edilmesi,
- Karabiberde kanserojen renk maddesi kullanımı,
- Ekmekte karbonat kullanılarak beyazlatma işlemi,
- Beyaz peynirin parlak olması amacıyla kireç kullanılması.

Tüm Dünyada yaygın olarak gerçekleşen taklit ve tağşiş sebebiyle, Dünya Tüketici Örgütü (WCO) verilerine göre her yıl ortalama 49 milyar dolar kayıp yaşanmaktadır. Bir yaklaşıma göre dünyada pazarlanan gıdaların % 7'si, diğer bir yaklaşıma göre de % 10'u hileli gıdalar arasında yer almaktadır. Buradan da anlaşılacağı gibi hileye başvurulma sebeplerinden en önemlisi ekonomik kazanç sağlama amacıdır (Tenekeci, 2016).

Gıda hileciliği genel anlamda ekonomik bir problem olarak görülse de gıda güvenliğine yapılan bir müdahale olarak karşımıza çıkmaktadır. Herhangi bir tağşiş uygulaması değişim, azalma, fiziksel ve kimyasal yöntemlerle yapılan modifikasyonlar sayesinde ürünün orijinal kimliğinden uzaklaşması anlamına gelmektedir. Bu kapsamda gıda hileciliğini değiştirme (replacement), ilave (addition) ve uzaklaştırma (removal) şeklinde üç kategoride incelemek mümkün olabilmektedir. Değiştirme yoluyla gıda hileciliğinde gıdanın bir bileşeninin yada yine değerli başka bir bileşeninin miktarı azaltılabilmekte yada daha ucuz başka bir bileşenle tüketici bilgisi dahilinde olmadan değiştirilebilmektedir. Süte toplam azot miktarını artırmak amaçlı melamin eklenmesi bu tip gıda hileciliğine bir örnek teşkil etmektedir. Değiştirme yoluyla yapılan gıda hileciliği

en sık rastlanan hile tipidir. Bu kapsamdaki hilenin belirlenmesinde genellikle spesifik bir tağşiş ajanı aranır ancak analizin amacı dışında kalan ikinci bir tağşiş ajanının tespiti pek mümkün olamamaktadır. İkinci bir hile belirleme yöntemi ise tağşiş ajanı aramak yerine belli bir bileşenin varlığının ve miktarının tespit edilmesidir. İkinci yöntemde genellikle daha yüksek tespit limitine ulaşılabilmektedir. İlave yoluyla yapılan gıda hileciliğinde ise otantik olmayan bir bileşen tüketici bilgisi dışında ürüne eklenmektedir. Nar suyunda kötü tadın maskelenmesi için şeker ilavesi yapılması, kalitesiz ya da kötü kalitedeki paprika örneklerinde rengi iyileştirmek amacıyla kullanılan Sudan kırmızısı boya ilave yoluyla yapılan gıda hileciliğine örnek verilebilir. Uzaklaştırma yoluyla yapılan gıda hileciliğinde ise tüketici bilgisi dışında otantik bir bileşen gıdadan uzaklaştırılmaktadır. Örneğin paprika örneklerinden polar olmayan bileşenlerin uzaklaştırılması, ticari aroma bileşenlerinin üretilmesi ve geri kalan yağsız paprika küspelerinin normal paprikaymış gibi satılması bu tip gıda hileciliğine örnek olarak verilebilir (Temiz, 2019).

Gıdalarda yapılan sahtekârlıklar gıda güvenliğini tehdit eden, halk sağlığını olumsuz etkileyen küresel bir problemdir. Küresel tedarik zinciri, uzak mesafelerden gıdaların tüketicilere ulaşmasını sağlarken pek çok ürünün yapısını oluşturan bileşenlerin çok çeşitli ülkelerden geliyor olması istenmeyen gıda kontaminasyonlarına ve ilgili gıda güvenliği kaygılarına sebep olmaktadır. Özellikle değişik tedarikçilerden temin edilen çok çeşitli bileşenlerle ilgili kasıtlı olarak yapılan gıda sahtekârlıklarını tespit etmek oldukça güç bir meseledir. Bu sebeple çeşitli ülkelerde ve ülkemizde de gıda sahtekârlıklarıyla ilgili yasal düzenlemeler yapılmıştır (Sırıken vd., 2021).

T.C Tarım ve Orman Bakanlığı taklit ve tağşişin önüne geçilmesi, toplum sağlığının korunması, tüketicilerin aldatılmasını engellemek ve haksız ekonomik kazancın önüne geçilmesi gibi amaçlarla gerekli mevzuatları oluşturmakta ve ilgili resmi kontrolleri yapmaktadır. Kaya ve Yayla (2020), resmi verilere göre taklit ve tağşiş yapılan yiyecek ve içeceklerle ilgili yaptıkları çalışmada son beş yılda (2016-2020) taklit ve tağşiş yapıldığı ya da ilaç etken maddesi ilave edildiği tespit edilen ve Bakanlık sitesinden resmi olarak ilan edilen gıda ürünlerini incelemiş, 15 farklı kategoriden toplamda 2112 adet yiyecek ve içecek grubundan en fazla taklit ve tağşiş edilenlerin sırasıyla bitkisel yağ, et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri olduğunu belirtmiştir.

1.10. Gıdalarda Hilenin Tespiti için Kullanılan Yöntemler

Yiyecek ve içeceklerin kimyasal kompozisyonu, yiyeceklerin kalitesini, kökenini, gerçekliğini ve taklit ya da tağşiş olup olmadığını saptamada çok önemli bir belirteçtir. Gıdaların kimyasal kompozisyonunun değişmesi, metabolit düzeylerde de değişimleri anlamına gelmektedir. Gıda sahtekârlığı genel olarak ekonomik amaçlarla gerçekleştirilmekte olup tüketici güvenliği göz ardı edilmekte ve kar marjının olabildiğince artırılması hedeflenmektedir. Gıdalarda hile belirleme yöntemlerinden en yaygın kullanılanlar şu şekildedir (Temiz, 2019);

1. Sıvı kromatografisi,
2. Gaz kromatografisi
3. Kızılötesi spektroskopisi
4. İzotop oranı kütle spektrometresi
5. Kütle spektroskopisi.

1.10.1. Kromatografik Yöntemler

Gıdalardaki tağşişi belirlemede en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Gaz kromatografisi (GC), likit kromatografisi (LC), gaz-likit kromatografisi (GLC) ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) bu amaçla kullanılan en yaygın kullanılan yöntemlerdir. Gıdalardaki neredeyse her çeşit bileşeni ayırabilme ve tanımlayabilme özelliğine sahip yöntemlerdir. Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) özellikle protein, amino asit, fenolik madde ve karbonhidrat gibi bileşenleri tespit edebilmekteyken, gaz kromatografisi (GC) ile gıdaların uçucu bileşenleri belirlenebilmektedir (Yeşilören ve Ekşi, 2014)

1.10.2. Spektroskopik Yöntemler

Kızılötesi spektroskopisi gerçeklik kontrolünde kullanılan hızlı bir yöntem olup, yöntemin esası elektromanyetik ışımının absorpsiyonuna dayanmaktadır. Temel gıda bileşenlerinden karbonhidrat, yağ, protein, su gibi bileşenlerle kızılötesi absorpsiyon bantları arasında ilişkiler kurulabilmektedir (Yeşilören ve Ekşi, 2014).

Yakın kızılötesi (near-infrared, NIR) spektroskopisi gıdaların gerçeklik kontrolünde özellikle de gıda kalitesinin belirlenmesinde ve süreç kontrolünde sıklıkla kullanılan, yağlarda refraktif indeks, viskozite, serbest asitlik ve peroksit değeri gibi fiziko-kimyasal

parametrelerin belirlenmesine ve bileşen analizleri yapılarak çeşit, orijin ve taşıma saptanması gibi işlemlerde tercih edilen bir tekniktir (Yeşilören ve Ekşi, 2014).

Orta kızılötesi (mid-infrared, MIR) spektroskopisi 2500–25 000 nm dalga boyu aralığında kullanılmakta olup, organik maddelerin parmak izi bölgesi olarak bilinen dalga boyu da bu aralıktadır. Dolayısıyla gıdanın bileşimindeki en ufak değişiklik bu bölgedeki absorpsiyon piklerinde ciddi değişimlere sebep olmaktadır. Bu yöntemle özellikle et ürünlerinin ayırt edilebilmesi mümkündür. Yüksek doğruluk oranına sahip yöntemlerden biridir (Yeşilören ve Ekşi, 2014).

Fourier dönüşümlü kızılötesi (FT-IR) spektroskopisi fourier dönüşümü kullanılan analitik yöntemlerden biridir. Işığın kızılötesi yoğunluğuna karşı dalga sayısının ölçümüne dayanır ve bu yöntemle taşıma, orijin ve gerçeklik saptanması hakkında çalışmalar yapılmaktadır (Yeşilören ve Ekşi, 2014).

Raman spektroskopisi yönteminin esası örneğe uygulanan güçlü bir lazer kaynağı ile saçılan ışının yoğunluk ölçümüne dayanmaktadır. Saçılma moleküllerin kimyasal yapısından kaynaklanmaktadır. Organik, inorganik ve biyolojik sistemlerin kalitatif ve kantitatif analizlerinde kullanılan bu yöntem, gıda alanında ise en çok yağların gerçeklik kontrolü üzerinde yoğunlaşmıştır (Yeşilören ve Ekşi, 2014).

1.10.3. İzotopik Teknikler

Elektron ve proton sayıları aynı, nötron sayıları farklı olan atomlar izotop atomlardır ve doğada birçok element birden fazla izotop atoma sahiptir. Gıdalarda izotop dağılımını belirleyen en önemli etken bitkinin dâhil olduğu fotosentez grubudur ve bu açıdan C-3 ve C-4 grubu bitkiler olarak sınıflandırma yapılmaktadır. Karbonda olduğu gibi hidrojen ve oksijende de kararlı izotop oranı, gıdalarda gerçeklik kontrolü amacıyla tespit edilmektedir. Nükleer magnetik rezonans (NMR) ve izotop oranı kütle spektrometre (IRMS) kararlı izotop ölçümünde kullanılan başlıca yöntemlerdir. Gıdalardaki su katkısının kanıtı, botanik ve coğrafi orijin doğrulanması ve izlenebilirliğin sağlanması açısından önemli iki yöntemdir (Yeşilören ve Ekşi, 2014).

1.11. Temel Bileşenler Analizi (PCA)

Temel bileşenler analizi 1901’de Karl Pearson tarafından geliştirilen, kemometrik veri analizlerinde en yaygın olarak kullanılan çok değişkenli istatistiksel tekniktir. Ana bileşenler, maksimum varyans kriteri ile hesaplanan orijinal değişkenlerin doğrusal

kombinasyonlarıdır. Asıl bileşenler ortalanır, ilişkisizdir ve en büyükten en küçüğe doğru sıralanır.

Temel bileşenler analizinin amacı, en az sayıda temel bileşen ile maksimum varyans miktarını açıklamaktır. Temel bileşenler, verilerdeki varyansı hesaba katan orijinal değişkenlerin doğrusal kombinasyonlarıdır. Çıkarılan maksimum bileşen sayısı her zaman değişkenlerin sayısına eşittir (Gümüş, 2015).

Çok değişkenli analiz tekniklerinden PCA, başlangıç noktası olması nedeniyle en sık kullanılan yöntemdir. Verinin boyutunu en aza indirmeyi amaçlar. (n) tane nesne bir dizi (p) değişkenle tanımlanır. Veriler, n satır ve p sütunlu bir X matrisinde toplanır, bir X sütununa genellikle "değişken" denir (Christophe, 2012).

1.12. Önceki Çalışmalar

Yiğit vd (2006), yaptıkları çalışmada Bursa'da satılan açık ve ambalajlı tahin helvalarının kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla analize alınacak örneklerin kimyasal (% kurumadde, % asitlik (oleik asit), % yağ, % toplam şeker, % protein, % kül) ve mikrobiyolojik (aerobik mezofilik bakteri, koliform, E.coli, Staphylococcus aureus, maya ve küf sayıları ile küf çıkması halinde izolasyon ve identifikasyon) özelliklerini incelemiş, helvaların kimyasal yönden şeker ve asitlik dışında standart değerlerin içinde kaldığını, mikrobiyal yönden mezofilik bakteri ve küf-maya sayılarının yüksek olduğunu ve bazı helvalarda ise Staphylococcus aureus ile kontaminasyon olduğunu belirtmişlerdir.

Çiftçi vd (2008), tahinin koloidal stabilitesi ve reolojik özellikleri üzerine partikül boyutu ve sıcaklık etkilerini araştırmış, depolama sıcaklığındaki düşüşün koloidal stabilitede artışa neden olduğunu tespit etmişlerdir.

(Akbulut, 2008), yaptığı bir çalışmada kabuğu soyulmuş ve kabuğu çıkarılmış tahin karışımlarının mineral içeriklerini karşılaştırmış, kabuklu ve kavrulmuş susam içeren tahinlerin daha yüksek mineral içerdiğini belirlemiştir.

Soydınç vd (2016), yaptıkları çalışmada piyasada üretilmeyen kuru üzüm ve kayısı ilaveli tahin helvası üretmiş ve meyve ilavesinin depolama süresince helvanın duysal ve kimyasal özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Sade tahin helvası ile meyve ilaveli tahin helvası karşılaştırılmış, meyve ilaveli tahin helvalarında kuru madde, kül, ham selüloz, protein, şeker, yağ, ekstrakte edilmiş yağda asitlik, peroksit ve kırılma indisi tayinleri yapılmış ve kuru üzüm ilave edilmiş helvaların beğenildiğini, kuru meyve

ilavesinin helvadaki yağ miktarını azaltıp helvanın kalori değerini düşürdüğünü tespit etmişlerdir.

Al-Mahasneh vd (2017), tahinde faz ayrımını engellemek amacıyla tahin üretimi sırasında susam hamuruna hurma yağı (PO) ve damıtılmış mono gliserid (DMG) eklemiş, susam hamuruna % 8 DMG ilavesinin susam hamurunda yağ ayrışmasını azaltmada etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Oručević Žuljević vd (2015), 4 farklı tahin helvası örneğinin (standart tahin helvası, antep fıstıklı tahin helvası, kakaolu tahin helvası ve buğday ezmeli kakao ve kuruyemiş eklenmiş tahin helvası) endüstriyel koşullar altında üretimini yapmış ve numunelerin kimyasal ve duyuşal parametrelerini incelemişlerdir. Örnekler arasında önemli farklar tespit etmiş, bu farklılıkların farklı bileşenler ve teknolojik süreçten kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir.

Öğütücü vd (2017), Yaptıkları bu çalışmada, tahinin fiziksel, kimyasal ve reolojik özelliklerindeki değişimleri değerlendirmiş, tahin reolojisindeki değişimlerin tahinin viskozitesini ve depolama süresini etkilediğini belirtmişlerdir. Tahin depolaması sırasındaki temel sorunun yağ fazının ayrılması olduğunu, stabilizatörlerin eklenmesi ile yağ fazı ayrılma seviyesinin azaltılabileceğini belirtmişlerdir.

Güneşer (2009), Türk Gıda Kodeksi tahin helvası tebliğinde emülgatör olarak kullanımına izin verilen katkı maddelerini tahin helvasına ekleyerek helvada görülen yağ salma problemini çözmeyi amaçlamış, emülgatör eklenerek üretilmiş helvaları 3 farklı sıcaklıkta depolamıştır. Katkı maddesi çeşidi, depolama sıcaklığı ve depolama süresinin helvaların fiziksel, kimyasal ve duyuşal kalitesi üzerine olan etkilerini incelemiş, katkı maddelerinin kullanımının, helvaların yağ miktarı hariç diğer fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerine etkisinin görülmediğini, depolama süresi ve sıcaklığının ise söz konusu özellikler üzerine etkilerinin olduğunu belirtmiştir.

Soydınç (2005), Kuru üzüm ve kuru kayısı kullanılarak üretilen helvalarda meyve ilavesinin ve depolama süresinin tahin helvasının kimyasal duyuşal özellikleri üzerine etkilerini incelenmiş, depolama sırasında helvadaki kül, kuru madde, asitlik ve peroksit değerlerinin değişim gösterdiğini tespit etmiştir. Ayrıca sade tahin helvasıyla kuru meyve ilaveli tahin helvası arasında yapılan kıyaslamada meyve ilaveli helvalarla istatistiksel açıdan fark olduğunu belirtmiştir. Eklenen meyve oranlarına bağlı olarak helvaların şeker, protein, yağ ve ham selüloz değerlerinin oransal olarak değiştiğini ifade etmiştir.

Tomruk vd (2018) , Farklı şeker kaynakları kullanılarak hazırlanan tahin karışımlarının reolojik ve duyuşal özelliklerini belirlemek amacıyla farklı sıcaklık ve farklı konsantrasyonlardaki tahin karışımlarını incelemiş, sıcaklığın artmasıyla kıvam indeksinin azaldığını fakat tahin konsantrasyonunun artışıyla birlikte örneklerin kıvam indeksinin yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Abu-Jdayil (2004), tahin helvası olarak bilinen tatlandırılmış susam ezmesinin 25 – 45 °C sıcaklık aralığından zamana bağlı akış özelliklerini incelemiş, akış davranışının ölçülen tüm sıcaklıklarda psödoplastik ve tiksotropik olduğu gözlemlemiştir. Ayrıca sıcaklığın artırılmasının akış davranış endeksini artırdığını ve tutarlılık katsayısını önemli ölçüde azalttığını da belirtmiştir.

Var vd (2007), Tahin helvalarında Aflatoksin B1 varlığını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada 34'er adet sade-kakaolu-fıstıklı tahin helvası örneklerini ince tabakalı kromatografi ile aflatoksin B1 (AFB1) açısından analiz etmiş, kakao içeren tahin helvası ve sade helvada AFB 1 bulunmadığını belirtmiştir. Fıstık içeren 34 helvadan sekiz örnekte AFB 1 belirlendiğini vurgulamıştır.

Başaran (2014), yaptığı çalışmada ISO 22000:2005 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi standardı dahilinde üretim yapan bir gıda işletmesinde tahin helvası üretimi sırasında hammadde kaynaklı mikrobiyolojik riskleri izlemek ve üretim aşamalarının mikrobiyolojik KKN olup olmadığını tespit etmek amacıyla 12 farklı örnek alım noktasından (ÖAN) numuneler alarak Gıda Kontrol Laboratuvarında Salmonella spp., E.coli, aflatoksin, küf ve maya analizlerini gerçekleştirmiştir. Analiz sonuçlarında susamda Salmonella spp., çöven ekstraktı ve antep fıstığında maya ve küf varlığının son ürün açısından riskli olarak tespit edilmiş, diğer yardımcı maddeler mikrobiyolojik kritik limitler dahilinde olduğu tespit edilmiştir. Sade ve kakaolu tahin helvası analiz sonuçlarının Salmonella spp., E.coli, küf ve maya yönünden kritik limitlerin altında bulunduğunu, antep fıstıklı tahin helvasında ise Salmonella spp., E.coli ve aflatoksin açısından uygun olduğunu fakat küf ve maya sayısı açısından uygunsuzluk tespit edildiğini bildirmiştir.

Şekerci (2014), İstanbul'dan satın alınan 15'er adet sade-fıstıklı-kakaolu toplam 45 adet tahin helvası örneğinde aflatoksin B₁ (AFB₁), aflatoksin B₂ (AFB₂), aflatoksin G₁ (AFG₁), aflatoksin G₂ (AFG₂) ve toplam aflatoksin içeriğinin tespit edilmesi amacıyla yaptığı çalışmada örneklerin HPLC cihazı ile analizlerini yapmış ve incelediği 15 adet sade tahin helvası örneğinde aflatoksine rastlanmadığını, fıstıklı ve kakaolu örneklerin birer tanesinde AFB₁ ve AFB₂'ye rastlandığını bildirmiştir.

Aydın ve Başaran (2018), ISO 22000 standardının uygulandığı gıda üretimi yapan bir firmanın helva üretiminde hammadde kaynaklı mikrobiyolojik risklerin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada çeşitli numune alma noktalarından aldıkları 12 farklı örneği analiz etmiş, elde edilen analiz sonuçlarını karar ağacı yöntemiyle değerlendirmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre susamın *Salmonella* spp., antep fıstığının ise maya ve küf varlığı açısından uygunsuz olduğunu tespit etmişlerdir. Susamın Döner Kavurma ve Ağda Pişirme proses basamaklarında uygulanan sıcaklık-süre işlemleri açısından hammadde kaynaklı mikrobiyolojik riskleri elimine ettiği için kritik kontrol noktası olarak tanımlandığını ve kakao tozu ve Antep fıstığı hammaddelerinin girdi kabul kontrol işlemlerinin de kritik kontrol noktası (KKN) olarak tanımlandığını bildirmişlerdir.

Akbulut ve Çoklar (2008), yaptıkları bir çalışmada kavrulmuş kabuğu soyulmuş susam ezmesi (tahin) ve kavrulmuş kabuklu susam ezmesi (bozkır tahin) karışımının 15-65°C sıcaklık aralığında akış davranışını incelemiş ve Newton akış tipi göstermediğini psödoplastik akış kuralına uygun olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca tahin içerisindeki kabuklu susam artışının kıvam artırıcı özellik gösterdiğini ve aktivasyon enerjisini düşürdüğünü belirtmişlerdir.

Ereifej vd (2005), helvada yağ ayrımı (emülsiyon stabilitesi) probleminin depolama kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden olduğunu belirtmiş ve yaptıkları çalışmada helva kalitesini iyileştirmek amacıyla helva üretiminde hidrojene olmayan hurma yağı, gliserol, soya proteini konsantresi, jelatin, lesitin, pektin, arap zıncı, şeker tozu ve kalsiyum klorür kullanmışlardır. Daha sonra helvanın kalitesini, yağ ayırma miktarı, mikroskobik inceleme ve yağ viskozitesini ölçerek değerlendirmiş, hidrojene olmayan hurma yağının yağ ayrışmasını engellediğini, diğer katkı maddelerinin ise yağ ayrışmasını engellemeye katkı sağlamadığını tespit etmişlerdir.

Öğütçü vd (2017), helvada yağ ayrışmasının uzun süre depolamada ortaya çıkan başlıca sorunlardan biri olması sebebiyle ayçiçeği, gomalak ve bal mumu gibi 3 farklı doğal organojelatörle 3 farklı katkı seviyesinde helva üretimi yapmış, bu katkı maddelerinin yağ ayrışmasını önlemeye etkisini ticari bir emülgatörle karşılaştırmışlardır. Yapılan değerlendirmede ayçiçeği ve gomalak mumunun % 3 ve % 5 ilave seviyelerinde yağ göçü probleminde makul bir azalmaya yol açtığını ve bu ürünlerin oldukça benzer olduğunu, tüm numunelerdeki yağ sızıntısının % 7'nin altında olduğunu ve tahin helvası gibi şekerlemelerde hidrojene hurma stearin yerine gomalak ve ayçiçeği mumunun başarıyla kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Meydani (2008), yaptığı çalışmada Samsun'dan helva üreten 8 farklı işletmeden 3 farklı zamanda 3 tekrarlı olacak şekilde sade tahin helvası örnekleri almış ve örneklerin nem, yağ, serbest yağ asitleri, peroksit sayısı, tahin miktarı, kül miktarı, protein miktarı, selüloz, toplam şeker, invert şeker, sakaroz, saponin ve hidroksimetil furfural (HMF) analizlerini yapmıştır. Analiz sonuçlarına göre örneklerin Tahin Helvası Tebliği' nde belirtilen sınır değerlerle uyumlu olduğunu, Samsun' da faaliyet gösteren helva işletmelerinin üretim teknolojisi açısından benzer ana hatlara sahip olduğunu ve genel olarak Türk Gıda Kodeksi'ne uygun üretim yaptıklarını belirtmiştir.

Özcan (1993), değişik işletmelerden aldığı 16 farklı susam tohumu ve 11 adet tahin örneğinde nem, kül, ham protein, ham yağ ve ham selüloz miktarlarını tespit etmek amacıyla analizler yapmıştır. Örneklerin Na, K, P, Cu, Fe, Mn ve Zn miktarları ile susam tohumlarının ve tahin yağlarında özgül ağırlık, kırılma indisi, serbest yağ asitleri, iyot sayısı, sabunlaşma sayısı ve sabunlaşmayan madde miktarı belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre susam tohumu örneklerinin nem ve protein miktarının literatür değerlerine göre düşük olduğunu, yağ, selüloz ve mineral içeriğinin ise yüksek olduğunu belirtmiştir. Ayrıca tahin örneklerinin kül ve selüloz içeriğinin düşük, protein, nem ve yağ değerinin literatüre yakın, ham selüloz miktarının literatür verilerinin bir miktar üzerinde bulunduğunu, mineral madde içeriğinin yüksek olduğunu da belirtmiştir. Tahin ve susam yağlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemiş, nispi yoğunluk, kırılma indisi, serbest yağ asitliği, iyot sayısı, peroksit değeri, sabunlaşma sayısı, sabunlaşmayan madde miktarı gibi değerlerin literatür verileriyle benzerlik gösterdiğini, her iki ürün yağındaki başlıca yağ asitlerinin linoleik, oleik ve palmitik asitten oluştuğuna değinmiştir. Susam ve tahin yağının yaklaşık % 90'ını doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır.

Pazır vd (2013), yaptıkları araştırmada çöven ekstraktı tozunun tahin helvasında üretilme olanağını incelemiş, çöven ekstraktı tozu kullanılarak üretilen tahin helvasıyla, çöven ekstraktı kullanılarak geleneksel yöntemlerle üretilen tahin helvalarını doku, renk (L, a, b) ve duyu özellikleri açısından karşılaştırmışlardır. Araştırma sonucunda her iki örnek arasında delme ve kesme testleri ile yapılan doku analizlerinde fark olmadığını, L, a, b değerlerinin ise sadece L değerinin çöven ekstraktı tozu kullanılarak üretilen tahin helvası örneklerinde önemli düzeyde yüksek çıktığını ve duyu analiz sonuçlarına göre örnekler arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığını belirtmişlerdir.

Karakahya (2006), 5 farklı formülasyondaki (mısır yağı + soya proteini, ayçiçekyağı + soya proteini, soya yağı + soya proteini, zeytinyağı + soya proteini, kontrol numunesi) 15

adet tahin helvası numunesini duyuşal (renk, görünüş, tat, koku, yapı ve gözle görülebilir yabancı madde), fiziksel ve kimyasal (yağ oranı, protein miktarı, rutubet oranı, kül miktarı, yağ asitliği, toplam şeker, yağ asitleri bileşimi) özellikleri bakımından incelemiş ve TSE standartlarına uygun olduğunu tespit etmiştir. Kimyasal analiz sonuçlarına göre ise tüm tahin helvası numunelerinin TSE 2590 tahin helvası standardına uygun olduğunu sadece kül miktarının tüm örneklerde standart da belirtilen miktarın üzerinde olduğunu ve uygun olmadığını belirtmiştir.

Çavuşoğlu (2017), yaptığı çalışmada susamdan itibaren tahin üretim aşamalarında meydana gelen fiziksel, kimyasal ve antioksidan özelliklerdeki değişimleri incelemiştir. 5 aşama belirlenerek çeşitli analiz yöntemleriyle yaptığı analizlerin sonucunda hammaddenin antioksidan kapasitesinin son ürüne göre daha yüksek olduğunu ve kepek (kabuk) kısmının ayrılması ile antioksidan özelliklerde kayda değer bir düşüş olmadığını tespit etmiştir. Antioksidan özelliklerde kayıpların engellenmesi için susamın en kısa sürede öğütülmesi, hava ile temasının minimuma indirilmesi ve işlem aşamaları sırasında sıcaklığın optimize edilmesi gerektiğini bildirmiştir.

Yetkin (2019), tahinde faz ayrımını azaltmak amacıyla yaptığı çalışmada tahin örneklerine değişik oranlarda susam lifi, şeker pancarı lifi ve lesitin ekleyerek kontrol numunesini sabit tutmuş ve depolamanın farklı zamanlarında katkı çeşidinin, katkı seviyesinin ve zamanın sıvı tahinden yağ fazının ayrılmasının engellenmesi üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırma sonucunda Varyans analiz sonuçlarına göre bütün parametrelerin üzerine katkı çeşitlerinin, katkı oranlarının ve depolama zamanının çok önemli etkilerinin olduğunu ve farklı seviyelerde kullanılan katkıların kontrol örneğine göre % 30 düzeylerinde yağ ayrımını engellediğini belirtmiştir.

Lokumcu (2000), tahinin reolojik davranışı ve bu davranış üzerine sıcaklık, kayma hızı ve depolama süresi gibi faktörlerin etkilerini araştırmıştır. Tahin numunelerine yapılan kimyasal analizler sonucunda tuz miktarı dışındaki tüm değerlerin Türk Standartlarında belirtilen değerlere uygun olduğunu belirtmiştir. Tahinin yağ asitleri analizi yapılmış ve bulguların literatürle uyum sağladığını, tahinin psödoplastik akış sergilediğini, oda sıcaklığında bekletilen tahin numunelerinde yapılan ölçümler sonucunda tahinin reolojik özelliklerinde önemli bir değişimin gözlenmediğine de değinmiştir.

Başdoğan (2016), tahinde yağ ayrışmasını engellemek amacıyla ısısal olmayan bir gıda işleme yöntemi olan ultrases tekniğinin kullanılmasını amaçlayan çalışmasında tahin örneklerine farklı dalga genliği seviyeleri ve akış hızlarında sürekli sistem ultrasonik

homojenizatör ile işlem uygulamıştır. Ultrasonik homojenizatörden geçirilmiş örnekleri hiç işlem görmemiş ve emülgatör olarak lesitin ilave edilmiş örnekler ile karşılaştırarak sistemin endüstride kullanılabilirliğinin değerlendirilmesini amaçlamıştır. Ürünlerin karşılaştırılması sırasında sedimentasyon, renk, peroksit sayısı, partikül büyüklüğü, peroksit sayısı, emülsiyon stabilitesi, duyu ve reolojik özelliklerini araştırmış, duyu özellikleri önemli seviyede etkilenmeyen % 100 genlikte 1-2 dakika ve % 75 genlikte 3 dakikalık ultrasonik homojenizasyon uygulamalarının endüstriyel olarak kullanılabilme potansiyelinin yüksek olduğunu tespit ettiğini belirtmiştir.

Kahraman vd (2010), tahin helvasının mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesini belirlemek amacıyla yaptıkları araştırmada Mart 2007 ile Şubat 2008 tarihleri arasında Marmara Bölgesi'nden topladıkları 120 farklı helva numunesinin Mikrobiyolojik (aerobik bakteri, Staphylococcus aureus, koliform bakteri, Escherichia coli, küfler / mayalar, Salmonella spp. Ve stafilokokal enterotoksinler) ve kimyasal (susam yağı, protein, nem, kül içeriği, tahin, asitlik, toplam şeker içeriği ve peroksit değerleri) özelliklerini incelemiştir. Analiz sonuçlarına göre genel olarak helva numunelerinin % 36,44'ünün Türk Gıda Kodeksi tarafından önerilen mikrobiyolojik ve kimyasal kalite kriterlerine uygun olmadığını ve örneklerde Salmonelle ve enterotoksinlere rastlanmadığını belirtmişlerdir.

Benlikurt (2019), yaptığı çalışmada Tokat ilinde satışı yapılan sade tahin helvalarının kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve Türk Gıda Kodeksi Tahin Helvası Tebliği'ne uygunluğunun araştırılmasını amaçlamıştır. 10 farklı firmaya toplam 20 numunede, rutubet, kül miktarı, yağ, peroksit sayısı, tahin miktarı, protein miktarı, toplam şeker miktarı (sakkaroz olarak) analizlerini yapmış ve bu helvaların Türk Gıda Kodeksi Tahin Helvası Tebliği'nde belirtilen kriterlere kısmen uyum sağladıklarını tespit etmiştir.

1.13. Çalışmanın Amacı

29385 no'lu resmi gazetede yayınlanan TGK Tahin Helvası Tebliği (2015/28)'nde belirtilen ürün özelliklerine göre susam yağı kütleye en az % 26, tahin miktarı en az kütleye % 52 olmalıdır. Yine 29/12/2011 tarihli ve 28157 no'lu resmi gazetede yayınlanan TGK Tahin Tebliği (2015/27)'nde ürün özelliklerine göre susam yağı kütleye en az % 50 olmalıdır. Hem tahinin, hem de tahin helvasının üretiminde kullanılan hammadde genel anlamda susamdır. Son yıllarda Susam üretimiyle ilgili bazı sorunlar nedeniyle susam yerine tahin helvalarında soya proteini, yarfıstığı, Ayçiçek yağı ve çeşitli hububat unlarının

kullanımı saptanmıştır. Bu tezin amacı piyasada satılan çeşitli tahin ve tahin helvası örneklerinde eş zamanlı olarak yağ asitleri kompozisyonunun incelenerek taşış olup olmadığını tespit etmek ve yağ asitleri kompozisyonu tayini için yeni bir metot geliştirmektir.

1.14. Çalışmanın Kapsamı

29385 no'lu resmi gazetede yayınlanan TKG Tahin Helvası Tebliği (2015/28)'nde tahin helvasının taşması gereken özellikler bildirilmektedir. Tahin helvası kendine has renk, tat ve kokuda olur, yabancı tat ve koku içermez. Tahin helvasında yabancı madde bulunamaz. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğinde belirtilen kurallara uygun olarak numune alınır, ulusal veya uluslararası kabul görmüş analiz metotları uygulanır. Bu tezin çalışma konusu tahin ve tahin helvalarının yağ asitleri kompozisyonunun incelenip numunelerde susam yağından başka yağların bulunup bulunmadığını tespit etmektir. Geliştirilen bu analiz metodu susam, tahin ve tahin helvası gibi gıdaları kapsamaktadır. Numunelerin yağ asitleri kompozisyonu eş zamanlı olarak tayin edilmiş ve numunelerde bulunan yağların standartlara uygun olup olmadığı saptanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Yapılan çalışmalar sırasında Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü araştırma laboratuvarında bulunan cihazlar ve çeşitli cam malzemeler kullanıldı. Materyal olarak piyasadan satın alınan toplam 31 adet tahin helva, tahin, susam ve yerfıstığı örnekleri ile çeşitli yağ örnekleri kullanıldı. Her bir numuneden 10'ar g alınıp analiz edildi. Ayrıca Tablo 2.2 de verildiği şekilde 6 adet farklı yağ ile 3 farklı oranda susam yağı karıştırılarak analizleri yapıldı.

Çalışmada kullanılan otuz bir adet örneğin Tablo 2.1'de verildiği şekilde kodlamaları yapılmıştır.

Tablo 2.1. Alınan örneklerin kodu ve cinsi

Numune Kodu	Numune Cinsi	Numune Kodu	Numune Cinsi
1 N1 (M.....)	Tahin helvası	17 N17 (E.....)	Tahin helvası
2 N2 (T.....)	Tahin helvası	18 N18 (T.....)	Tahin helvası
3 N3 (H.....)	Tahin helvası	19 N19 (A.....)	Tahin helvası
4 N4 (K.....)	Tahin helvası	20 N20 (Ş..... K.....)	Tahin helvası
5 N5 (E.....)	Tahin helvası	21 N21 (T..... B.... H.....)	Tahin helvası
6 N6 (E.....)	Tahin helvası	22 N22 (M.....)	Tahin helvası
7 N7 (K.....)	Tahin	23 N23 (Ş.....)	Tahin
8 N8 (M.....)	Tahin	24 N24 (M.....)	Tahin
9 N9 (T.....)	Tahin helvası	25 N25 (A.....)	Tahin
10 N10 (S.....l)	Tahin helvası	26 N26 (H..... S.....)	Tahin
11 N11 (F.....)	Tahin helvası	27 N27 (N.....)	Tahin helvası
12 N12 (Ş.....)	Tahin helvası	28 N28 (H.....)	Tahin helvası
13 N13 (Y.....)	Yerfıstığı	29 N29 (G.....)	Tahin helvası
14 N14 (S.....)	Susam	30 N30 (M.....)	Tahin helvası
15 N15 (Ç.....)	Tahin helvası	31 N31 (S.....)	Tahin helvası
16 N16 (H..)	Tahin helvası		

Tablo 2.2. Farklı yağ ve tahin yağına ait karışımların oranları

Kodu	Karışım	Oran (%)
YF-TA 10-90	Yerfıstığı-Tahin	10 – 90
YF-TA 25-75	Yerfıstığı-Tahin	25 – 75
YF-TA 50-50	Yerfıstığı-Tahin	50 – 50
AY-TA 10-90	Ayçiçek yağı-Tahin	10 – 90
AY-TA 25-75	Ayçiçek yağı-Tahin	25 – 75
AY-TA 50-50	Ayçiçek yağı-Tahin	50 – 50
Hİ-TA 10-90	Hindistancevizi yağı-Tahin	10 – 90
Hİ-TA 25-75	Hindistancevizi yağı-Tahin	25 – 75
Hİ-TA 50-50	Hindistancevizi yağı-Tahin	50 – 50
PAL-TA 10-90	Palm Yağı-Tahin	10 – 90
PAL-TA 25-75	Palm Yağı-Tahin	25 – 75
PAL-TA 50-50	Palm Yağı-Tahin	50 – 50
SO-TA 10-90	Soya Yağı- Tahin	10 – 90
SO-TA 25-75	Soya Yağı- Tahin	25- 75
SO-TA 50-50	Soya Yağı- Tahin	50 – 50
PA-TA 10-90	Pamuk Yağı- Tahin	10 – 90
PA-TA 25-75	Pamuk Yağı- Tahin	25 – 75
PA-TA 50-50	Pamuk Yağı- Tahin	50 – 50

Tağış ile ilgili model oluşturmak için üstte verilen % oranlarda ürünler karıştırılmış ve elde edilen yağ karışımlarının analizleri yapılmıştır.

Çalışma sırasında kullanılan cihazlar;

- Sokselet yağ tayin cihazı (Gerhard marka)
- Analitik terazi (Sartorius marka)
- Etüv (Dahian marka)
- GC-MS/FID (Agilent 7890 A marka)
- Homojenizatör
- Vorteks (Heidolph marka)
- Santrifüj (Weightlab WN-CM6000 marka)

Kullanılan kimyasallar;

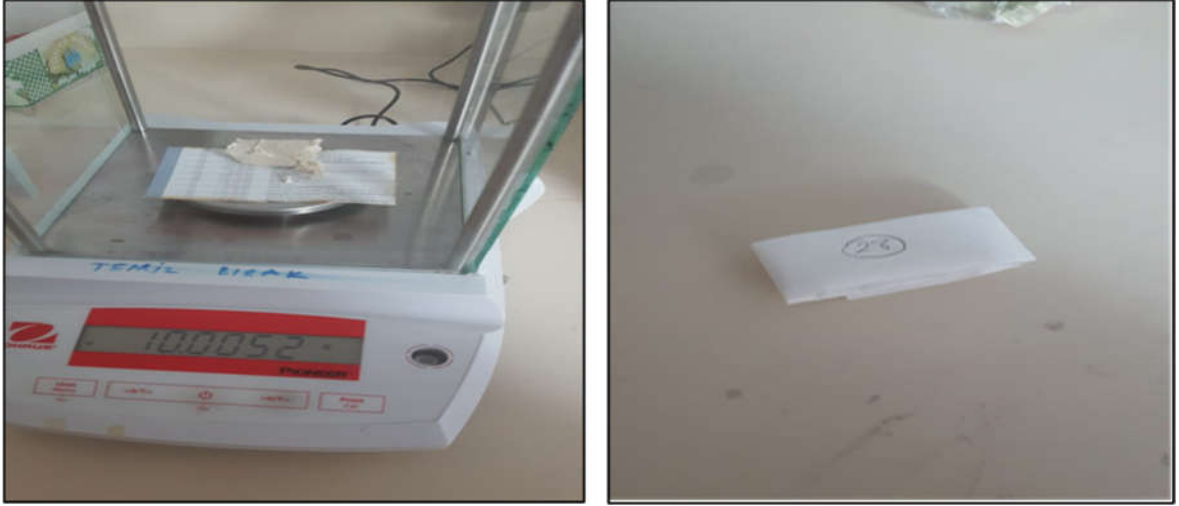
- n-hekzan
- Metanollü 2N KOH
- Supelco® 37 Component FAME Mix sertifikalı referans materyali

- Petrol eteri (C_2H_{2n+2})

Yapılan çalışmalarda kullanılan tüm kimyasallar ve çözücüler Sigma ve Merck firmalarından temin edilmiş olup HPLC gardient grade saflıktadır.

2.1.1. Numunelerden Yağların Ekstraksiyonu

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalarda piyasadan toplanan toplam 29 farklı firmaya ait tahin ile kakaolu ve sade tahin helvası, susam ve yerfıstığı kullanıldı. Öncelikle ekstraksiyonda kullanılacak balonlar 103 °C’de 2 saat süreyle sabit tartım ağırlığına gelmeleri amacıyla etüvde bekletildi. Daha sonra soğumaları için desikatöre alınıp sabit tartım ağırlığına getirildi ve daraları alındı. Helva numunelerinden, temiz bir homojenizatör yardımıyla homojenize edildikten sonra hassas terazide 10’ar g tartıldı.



Şekil 2.1. Yağ analizinde analitik terazide tartım işlemleri

Adi filtre kâğıdına sarılan numuneler Soxhelet kartuşuna yerleştirilip üzerleri hidrofıl pamukla kapatıldı ve ekstraktöre yerleştirildi. Balona ve gövdeye yaklaşık 1 sifon yapacak kadar çözücü olarak petrol eteri eklendi. Balon, ekstraktör ve geri soğutucu birbirine bağlanarak su banyosuna yerleştirildi. Çözücünün yavaş bir şekilde kaynaması için su banyosunun sıcaklığı yaklaşık 95 °C’ye ayarlandı. Numunelerin tamamen yağlarından ayrıştırılması amacıyla yaklaşık 6 saat kadar ekstraksiyon işlemine devam edildi.



Şekil 2.2. Helva numunelerinden yağ ekstraksiyon işlemi

Süre sonunda çözücü geri alındı. Balonda yağla birlikte kalan çözücüyü uzaklaştırmak amacıyla balon tekrar etüve alındı ve 103 °C’de yaklaşık 2 saat tutuldu. Desikatöre alınıp sabit tartım ağırlığına gelen numunelerin ham yağ miktarları hesaplandı. Her numune için bu işlemler sırasıyla tekrarlandı (TS EN ISO 12966-4, 2015).

2.1.2. Numunelerin Metil Esterlerinin Hazırlanması

20 mL’lik ağzı kapaklı tüpe 100 mg numune tartıldı ve üzerine 10 mL n-hekzan ilave edilerek karıştırdıktan sonra 100 µL metanollü 2 M KOH çözelti ilave edildi. 5 dak vorteksle karıştırıldı ve 5 dak santrifüj edildikten sonra berrak kısımdan 1.8 mL vialle aktarıldı. Supelco® 37 Component FAME Mix standardı piklerin yerlerini tespit etmek için kullanıldı (Erkmen, 2019).

2.1.3. Yağ Asitleri Metil Esterlerinin GC-MS/FID Analizi İçin Hazırlanması

Tüm numunelerden elde edilen yağlardan 20 mL hacmindeki vida kapaklı cam tüplere analitik terazide 100’er mg tartıldı. Üzerine 5 mL n-hekzan, 100 µL metanollü 2N lik KOH ilave edildi. Tüplere hazırlanmış olan ürünler 1 dak vorteks ile karıştırılıp 5 dak santrifüj edildi. Üsteki berrak kısımdan 1.8 mL viallere aktarılıp analiz için GC cihazına verildi (Erkmen, 2019).

2.1.3.1. GC-MS/FID Cihazı İçin Kromatografik Şartlar

Inlet şartları

Sıcaklık	: 250 °C
Basınç	: 21.231 psi
Toplam Akış	: 42.398 mL/dak
Enjeksiyon Hacmi	: 1 µL
Split Oranı	: 1:20

Kolon Şartları

RESTEK Rtx-2330 kolon (fusedsilica) 30 mm x 0,25 mm x 0,2 µm (Cat. No 10723, Seri no 1081624) veya başka uygun ayırım imkanı veren kapiller GC kolonu ya da muadili kullanıldı.

Akış Hızı	: 1.8761 mL/dak
Basınç	: 21.231 psi
Akış durumu	: Sabit basınç

Kolon Fırın Programı

Başlangıç sıcaklığı 50 °C bu sıcaklıkta 1 dak , dakikada 25 °C lik artışlarla 200 °C bu sıcaklıkta 1 dak, dakikada 3 °C lik artışla 230 °C ye çıkarılarak bu sıcaklıklarda 27 dak beklenilmiştir. Toplam program süresi 45 dakikadır.

Dedektör Şartları

FID sıcaklığı	: 280 °C
H ₂ akış hızı	: 40 mL/dakika
Hava akış hızı	: 450 mL/dakika
Make-up Helyum akış hızı	: 25 mL/dakika

MS Detektör Şartları

MS Quad	: 150 °C
MS Source	: 230 °C
Aux-2 Sıcaklığı	: 230 °C
Solvent Delay	: 4.25 dak

2.1.4. Yağ Asitleri Miktarlarının Hesaplanması

Yağ asitlerinin numune içindeki miktarları için önce GC-MS/FID cihazında gelen her pikin hangi yağ asidi olduğu MS dedektörü ile tanımlandı. Daha sonra FID dedektöründeki alanlar tespit edilerek % alan cinsinden miktarları hesaplandı.

2.1.5. Sonuçların Hesaplanması

Enjeksiyon sonucunda elde edilen kromatogramlardan alan normalizasyon yöntemi kullanılarak % alan olarak sonuçlar hesaplandı.

$$\text{Yağ asidi (\%)} = \frac{A_{YAME}}{A_{TYAME}} \times 100 \quad (2.1)$$

A : İntegrasyonu yapılan Pik alanı

$YAME$: Yağ asidi metil esteri

$TYAME$: Toplam yağ asidi metil esteri

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

İstatistiksel çok değişkenli nitel yöntemler, tek bir değişkenle çözülemeyen gıda sahtekârlığı ile ilgili sorunları çözmek için alternatif analitiksel stratejilerdir. En popüler tespit tekniklerinden biri, Temel Bileşenler Analizi'ne (PCA, Principle Component Analysis) dayanmaktadır. PCA, orijinal değişkenlerin doğrusal bir kombinasyonu olarak yeni değişkenler üretir. Bu yeni değişkenler, orijinal veri matrisinden maksimum bilgiyi koruyan ana bileşenler (PC'ler) olarak adlandırılır. İlk PC, en çok açıklanan varyansı (daha fazla veri bilgisi) koruyan, ikinci PC ise ilk PC'ler tarafından modellenmeyen bilgileri açıklayan PC'dir. Bir keşif tekniği olarak kullanıldığında, iki veya üç ilk PC'den gelen bilgiler ile veriler tam olarak açıklanır (Esbensen ve Geladi, 2009; Li Vigni vd., 2013).

Çok değişkenli nitel yöntemler, sadece bir değişkenle çözülemeyen gıda sahtekârlığı sorunlarını çözmek için iyi bir seçenektir. Çünkü gerekli cevap doğada karmaşıktır veya tek bir sinyal kesin bir belirteç görevi görmez. Gıda tağşişinin tespiti için bunlar tek seçenektir ve gıda hilesi için hile bilinmediğinde bu yöntemler kullanılabilir. Gıda maddelerinin tağşişinin doğrulanması ve değerlendirilmesi için veri birleştirmedeki ilerlemelerden ve birden fazla teknikten elde edilen sinerjik bilgilerden yararlanılmaktadır.

3.1. Piyasadan Alınan Örneklerle Ait Yağ Asidi Bulguları

Piyasadan alınan örneklerde toplamda 12 adet farklı yağ asidi çeşidi tespit edilmiştir. Örneklerle ait yağ asitlerinin miktarları ile alakalı sonuçlar Tablo 3.1'de ve istatistiksel özet de Tablo 3.2'de verilmiştir. Yağ asidi metil esterlerinin oranı tahine ait yağın özgünlüğünü açıklar. Temel yağ asitlerinden; Palmitik Asit (C16:0), Stearik Asit (C18:0), Oleik Asit (C18:1), Linoleik Asit (C18:2) Araşidik Asit (C20:0), Behenik Asit (C22:0) ve Lignoserik Asit (C24:0) sayısal olarak miktarca yüksek oranda bulunmuştur. İlk bakışta yağ asitleri metil esterlerinin oranları tüm örnekler için uygun gibi görünebilir. Ancak ayrıntılı bir PCA analizi sonucunda örneklerde taklit-tahşişin olup olmadığı daha net söylenebilir. Bununla ilgili olarak tüm örneklerdeki yağ asitleri tek tek değerlendirilmiş, kontrol amacıyla tağşiş yapılan örneklerin PCA analizleri yapılarak hangi örneklerde tağşiş yapıldığı tespit edilmiştir.

Tablo 3.1 Piyasadan alınan örneklerin yağ asidi sonuçları

Örnek	Miristik Asit (14:0)	Palmitik Asit (C16:0)	Palmitoleik Asit (C16:1)	Stearik Asit (C18:0)	Oleik Asit (C18:1)	Linoleik Asit (C18:2)	Linolenik Asit (C18:3)	Araşidik Asit (C20:0)	Eikosenoik Asit (C20:1)	Behenik Asit (C22:0)	Dokosanolik Asit (C22:1)	Lignoserik Asit (C24:0)
N1	0.01±0.00	8.85±0.06	0.06±0.05	5.29±0.05	39.99±0.01	44.57±0.09	0.37±0.01	0.53±0.01	0.16±0.02	0.09±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00
N2	0.01±0.00	9.06±0.03	0.09±0.06	5.49±0.04	40.39±0.04	43.71±0.02	0.26±0.09	0.43±0.10	0.18±0.02	0.11±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00
N3	0.06±0.01	10.84±0.07	0.12±0.01	6.82±0.02	37.47±0.05	43.35±0.03	0.38±0.01	0.57±0.01	0.16±0.01	0.11±0.01	0.03±0.00	0.01±0.00
N4	0.01±0.00	9.18±0.02	0.13±0.00	6.15±0.07	43.04±0.13	40.23±0.03	0.27±0.05	0.64±0.01	0.17±0.00	0.11±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00
N5	0.00±0.00	9.60±0.80	0.10±0.01	6.24±0.57	39.93±0.62	42.91±0.78	0.28±0.01	0.53±0.02	0.16±0.00	0.21±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00
N6	0.01±0.00	10.88±1.58	0.12±0.02	6.84±1.21	39.86±1.56	41.11±1.28	0.32±0.01	0.61±0.06	0.17±0.01	0.12±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00
N7	0.01±0.00	9.11±0.03	0.13±0.01	5.97±0.03	42.24±0.04	41.32±0.05	0.31±0.00	0.62±0.01	0.17±0.01	0.13±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00
N8	0.01±0.00	8.94±0.03	0.13±0.00	5.68±0.05	41.11±0.03	42.95±0.05	0.33±0.01	0.59±0.01	0.17±0.01	0.11±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
N9	0.40±0.02	21.06±1.70	0.24±0.03	6.28±0.26	29.73±0.38	39.44±1.35	0.93±0.07	0.57±0.04	0.36±0.04	0.77±0.10	0.01±0.00	0.20±0.10
N10	0.01±0.00	11.51±0.03	0.14±0.01	7.16±0.01	38.66±0.03	41.34±0.04	0.32±0.00	0.60±0.01	0.15±0.00	0.11±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
N11	0.01±0.00	12.17±0.08	0.14±0.01	7.41±0.05	37.72±0.06	41.39±0.08	0.34±0.00	0.57±0.01	0.15±0.00	0.10±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00
N12	0.01±0.00	10.75±0.03	0.14±0.01	6.69±0.01	39.39±0.02	41.85±0.01	0.34±0.01	0.58±0.01	0.15±0.01	0.11±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00
N13	0.02±0.01	8.72±0.02	0.10±0.01	3.45±0.02	59.91±0.32	22.01±0.18	0.31±0.10	1.23±0.61	0.96±0.01	2.34±0.04	0.05±0.02	0.84±0.02
N14	0.01±0.00	9.81±0.06	0.14±0.01	4.98±0.05	40.11±0.07	43.82±0.04	0.31±0.01	0.51±0.01	0.17±0.00	0.11±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
N15	0.01±0.00	11.52±0.04	0.14±0.01	7.34±0.02	39.25±0.03	40.53±0.04	0.36±0.00	0.59±0.00	0.16±0.00	0.11±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
N16	0.01±0.00	10.24±1.18	0.12±0.02	6.42±0.83	39.85±0.84	42.13±1.19	0.37±0.01	0.59±0.03	0.16±0.01	0.13±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00
N17	0.01±0.00	11.85±0.85	0.14±0.00	7.20±0.25	37.65±1.49	41.97±0.45	0.35±0.01	0.58±0.03	0.15±0.01	0.12±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00
N18	0.01±0.00	12.33±0.02	0.14±0.01	7.35±0.01	36.78±0.02	42.24±0.03	0.34±0.00	0.57±0.01	0.15±0.00	0.11±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
N19	0.01±0.00	10.81±0.04	0.14±0.01	7.32±0.03	39.39±0.04	39.88±0.04	0.64±0.01	0.64±0.00	0.43±0.00	0.14±0.00	0.63±0.01	0.01±0.00
N20	0.01±0.00	8.79±0.01	0.15±0.00	5.65±0.03	42.88±0.02	40.02±0.01	0.80±0.00	0.60±0.00	0.46±0.00	0.13±0.01	0.53±0.00	0.01±0.00
N21	0.01±0.00	10.92±0.01	0.14±0.01	6.40±0.03	36.74±0.02	42.93±0.05	0.72±0.00	0.58±0.01	0.58±0.12	0.15±0.00	0.91±0.01	0.01±0.00
N22	0.01±0.00	11.43±0.05	0.12±0.01	7.16±0.17	36.27±0.02	43.81±0.17	0.26±0.02	0.47±0.01	0.14±0.01	0.21±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00
N23	0.01±0.00	8.98±0.01	0.14±0.01	5.54±0.05	41.25±0.03	42.87±0.03	0.38±0.01	0.56±0.01	0.17±0.01	0.10±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00
N24	0.01±0.00	8.48±0.04	0.13±0.01	5.31±0.07	41.34±0.05	43.57±0.07	0.35±0.00	0.55±0.00	0.18±0.00	0.11±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00
N25	0.01±0.00	8.60±0.09	0.13±0.01	5.42±0.06	40.51±0.68	44.15±0.54	0.35±0.02	0.56±0.01	0.17±0.01	0.11±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
N26	0.01±0.00	9.58±0.02	0.16±0.01	6.14±0.03	42.43±0.03	40.48±0.02	0.28±0.00	0.65±0.00	0.17±0.00	0.13±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
N27	0.01±0.00	9.63±0.15	0.15±0.01	5.64±0.02	38.78±0.21	44.59±0.16	0.34±0.01	0.55±0.02	0.17±0.01	0.12±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00
N28	0.01±0.00	11.13±0.01	0.14±0.00	6.88±0.01	38.61±0.03	41.98±0.02	0.39±0.00	0.58±0.00	0.18±0.00	0.12±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
N29	0.05±0.00	10.80±0.04	0.14±0.00	5.97±0.02	36.23±0.02	45.32±0.09	0.43±0.03	0.58±0.01	0.21±0.02	0.15±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00
N30	0.10±0.00	12.68±0.02	0.13±0.00	7.64±0.01	38.77±0.03	39.46±0.02	0.30±0.01	0.57±0.00	0.18±0.00	0.13±0.01	0.04±0.00	0.01±0.00
N31	0.01±0.00	9.35±0.04	0.14±0.01	5.31±0.02	41.59±0.17	41.10±0.20	0.52±0.01	0.69±0.02	0.41±0.12	0.56±0.01	0.14±0.00	0.26±0.08

Tahin susamdan üretildiği için değerlendirmede Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı İle Anılan Yağlar Tebliğinde (Tebliğ No: 2012/29) yer alan susama ait yağ asidi kompozisyonu da kullanılmıştır. Tebliğde yer alan TED ifadesi ‘tespit edilemeyen düzey’i ifade etmekte olup her bir yağ asidinin miktarı % olarak verilmektedir. Yağ asitlerine ait kromatogram örneği Şekil 6.1’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Piyasadan alınan tahin helvası, tahin, susam ve yerfıstığı örneklerine ait yağ asitlerinin tanımlayıcı istatistiksel özeti (%)

Değişkenler	Deney Sayısı	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Miristik Asit (14:0)	93	0.01	0.42	0.03	0.07
Palmitik Asit (C16:0)	93	8.44	22.27	10.61	2.35
Palmitoleik Asit (C16:1)	93	0.03	0.27	0.13	0.03
Stearik Asit (C18:0)	93	3.43	7.65	6.26	0.95
Oleik Asit (C18:1)	93	29.29	60.28	39.88	4.55
Linoleik Asit (C18:2)	93	21.80	45.42	41.53	3.99
Linolenik Asit (C18:3)	93	0.03	1.01	0.38	0.17
Araşidik Asit (C20:0)	93	0.37	1.58	0.60	0.19
Eikosenoik Asit (C20:1)	93	0.13	0.97	0.23	0.17
Behenik Asit (C22:0)	93	0.08	2.36	0.22	0.41
Dokosanoik Asit (C22:1)	93	0.01	0.92	0.09	0.21
Lignoserik Asit (C24:0)	93	0.01	0.85	0.04	0.15

Yukarıda Tablo 3.2’de verilen yağ asitlerine ait kısa yazılımlar parantez içinde verilmiştir. Örneğin Linoleik asit (C18:2) şeklinde gösterilen yağ asidi 18 C (karbon) atomu ve 2 tane çift bağa sahip yağ asididir. Çift bağ içermeyen Lignoserik asit 24 karbonlu ve yine çift bağ bulunmayan Behenik asit ise 22 karbonludur.

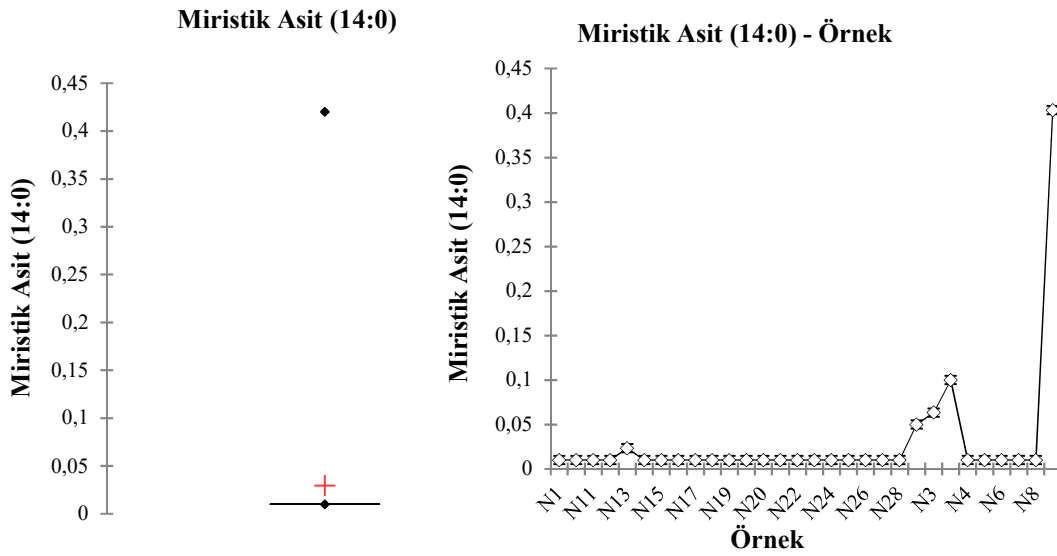
3.2. Yağ Asidi Kompozisyonlarının Örneklerdeki Oranlarının Değerlendirilmesi

3.2.1. Miristik Asit (14:0)

Miristik asidin susam yağındaki miktarı kodekste TED–0.10 aralığında verilmiştir. Tahin helvası numunelerinde miristik aside ait kutu ve bıyık grafiğine Şekil 3.1’e bakıldığında en düşük ve en yüksek değerler sırası ile % 0.01–0.42, ortalama değer %0.03 olarak bulunmuştur. N9 nolu numune kodeksteki değeri geçmiş ve miristik asit değeri

%0.40 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre N9 nolu numunede miristik asitce zengin bir yağ bulunma olasılığı mevcuttur.

Miristik asitce zengin olan örneğin palm yağları, pamuk yağı ve hindistan cevizi yağları tahin helvası üretiminde kullanılabileceğinden taşıdığı için ayırma varyansı olarak söz konusu asit işlev görür. Susam yağında en fazla %0.10 oranında bulunan miristik asit, tahin helvası ve tahin örneklerinde N9 nolu örnekte önemli ölçüde yüksek bulunmuştur (Şekil 3.1.).



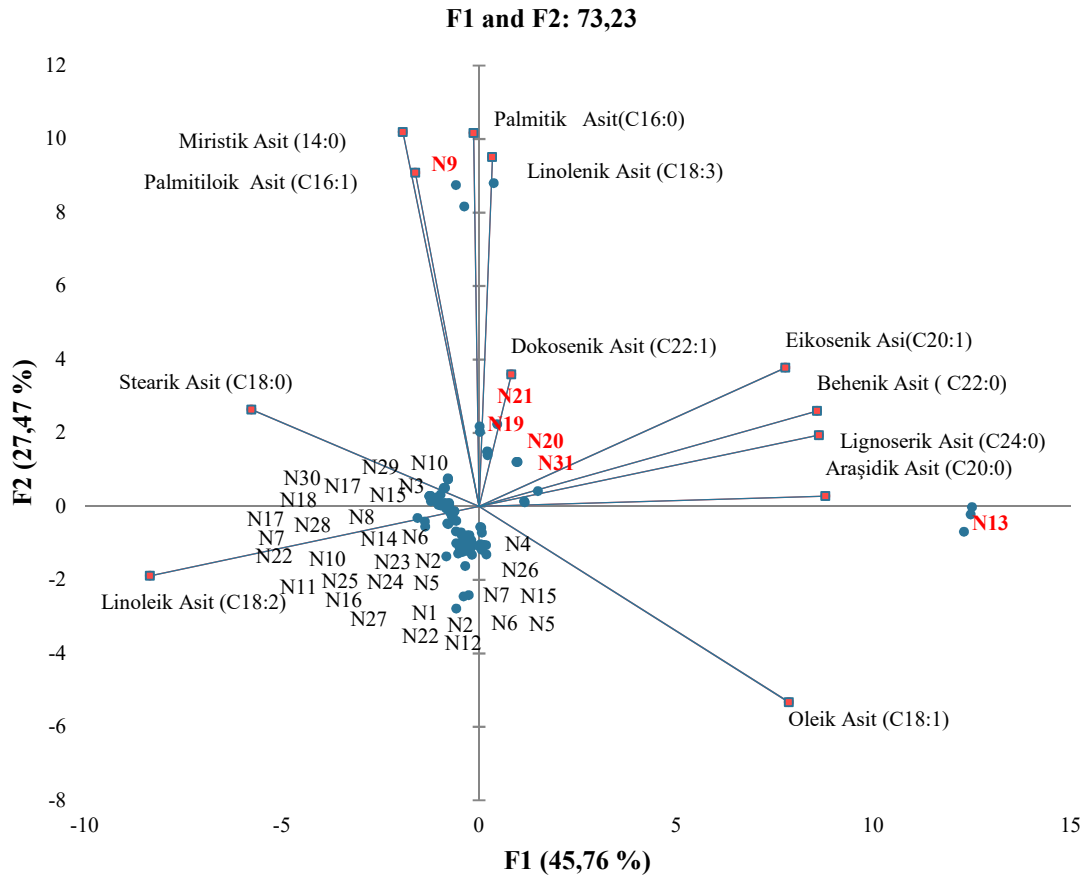
Şekil 3.1. Miristik asit kutu ve bıyık grafiği

Miristik asit; palmitik, palmitoleik, linoleik ve behenik asitler ile güçlü bir pozitif korelasyon göstermiştir (Tablo 3.3.). N9 kodlu numunenin içeriğine bakıldığında palmitik, palmitoleik ve linolenik asit miktarları diğer örneklerle göre daha yüksektir (Şekil 3.2). Oleik asit ile güçlü negatif korelasyon gösterirken diğer asitler ile korelasyonu zayıftır.

Uygulanan PCA modeli sonucunda elde edilen şekil 3.2'deki grafik incelendiğinde N9 nolu örneğin geriye kalan diğer örneklerin oluşturduğu kümeden daha uzakta konumlandığı görülmektedir. Bu durum söz konusu örneğin nispeten daha yüksek olan miristik, palmitik, palmitoleik ve linolenik asit içeriğinden kaynaklanmaktadır. Aynı örneğe ait yağ asitleri kompozisyonu sonuçları incelendiğinde, diğer majör yağ asitlerinden oleik asidin düşük olduğu görülmüştür. Şekil 3.3'de aglomeratif hiyerarşik kümeleme (AHC) analiz grafiğinde N9 kodlu örnek tek başına bir grubu temsil etmektedir. Bu sayede

oluşturulan PCA modeli ile sağlanan gruplandırma başarısı daha net bir şekilde gözlenmiştir.

Örneklerin Şekil 3.2'deki PCA grafiğinde N9, N13, N19, N20, N21 ve N31 kodlu örnekler diğer örneklerden daha uzak bir konumda kümelenme göstermiştir. N13 hariç (bu örnek yerfıstığı örneğidir) kırmızı renkle verilen bu örneklerin taşıdığı edilme şüphesi oldukça yüksektir. Bunun içinde taşıdığı modelleri kurularak tekrar PCA analizleri yapıldı.



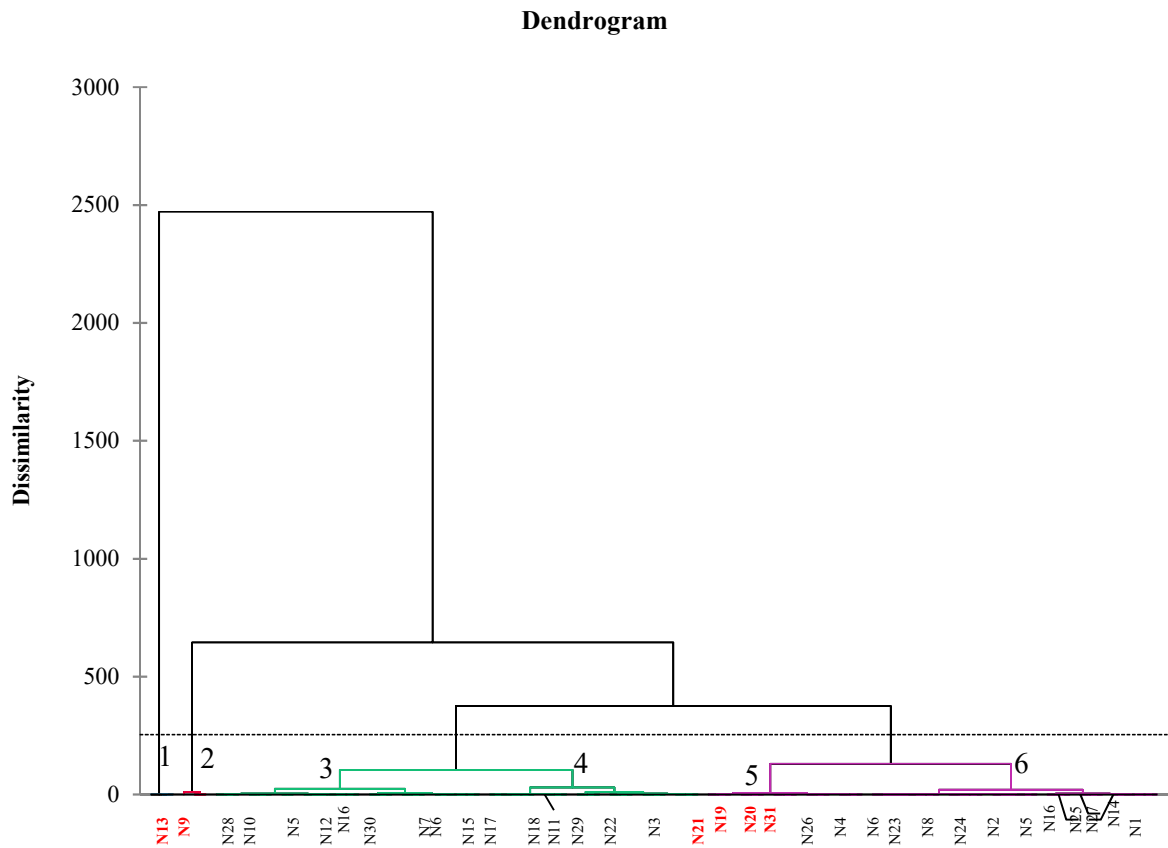
Şekil 3.2. Piyasadan alınan örneklerin temel bileşen analizi (PCA) grafiği

Kurulan palm yağı-tahin taşıdığı modeli PCA grafiği şekil 3.4'de N9 nolu örnek palm yağı-tahin yağ karışımlarının ortasına bir yere yerleşmiştir.

Literatürde; yağlarla ilgili olarak triaçilgliseroller (TAG) ayrıldıktan sonra, TAG profillerine göre farklı yağlar arasındaki benzerlikler ve farklılıklar PCA ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Örnek varyasyon PCA ile görselleştirilir, veri kümesi desenleri şekilsel olarak kullanılan istatistiksel yöntemle birlikte analitik kimyasal bir yöntem ise

zeytinyağının saflığını belirlemek için PCA 'nın uygun olduğunu göstermiştir. (Gómez Caravaca vd., 2016; Lísia vd., 2009; Yang vd., 2013).

Tağışli örnekler ilk olarak taşışte kullanılan bitkisel yağ türüne göre gruplandırılmıştır (Şekil 3.2). Kurulan modeller ile PCA, katkısız susam yağı örnekleri ile her bir taşış grubu için ayrı ayrı yapılmış olup taşış örneklerinin saf susam yağından farklı olduğunu gösterdi. Literatürde yapılan bir çalışmada; saf zeytinyağı örneklerinden taşış edilen örneklerin ayrımcılığını daha net bir şekilde görselleştirmek için, PCA analizine ait CARS-PLS-LDA modeli kullanılmıştır (Yang vd., 2013).



Şekil 3.3. Örneklerin aglomeratif hiyerarşik kümeleme (AHC) analiz grafiği

Piyasadan alınan örneklere ait AHC grafiği (Şekil 3.3.) önce 2 adet ana gruba, sonra 3 ve 4 gruba ve daha sonra 6 gruba ayrılmıştır. Bu 6 grupta taşış şüphesi olan örnekler 2. ve 5. gruplar olarak görülmektedir. 13 nolu örnek yerfıstığı olup tek başına 1 nolu grubu oluşturmuştur. Bu nedenle de N9 nolu örnek için palm yağı karıştırıldığı kurulan taşış modelinden söylenebilir (Şekil 3.4).

Piyasadan alınan örneklere ait yağ asitlerinin korelasyon matrisi Tablo 3.3’ de verilmiştir. Bu tabloda, örneklerde bulunan yağ asitlerinin birbirleri ile yapmış olduğu korelasyonlar görülmektedir. Önemli bir tablo olup hile esnasında katılan ürünün yağ asitleri kompozisyonuna göre yağ asidinin birisi azalırken diğeri artmakta ya da birisi artarken diğeri de artmaktadır.

Tablo 3.3. Piyasadan alınan örneklere ait yağ asitlerinin korelasyon matrisi

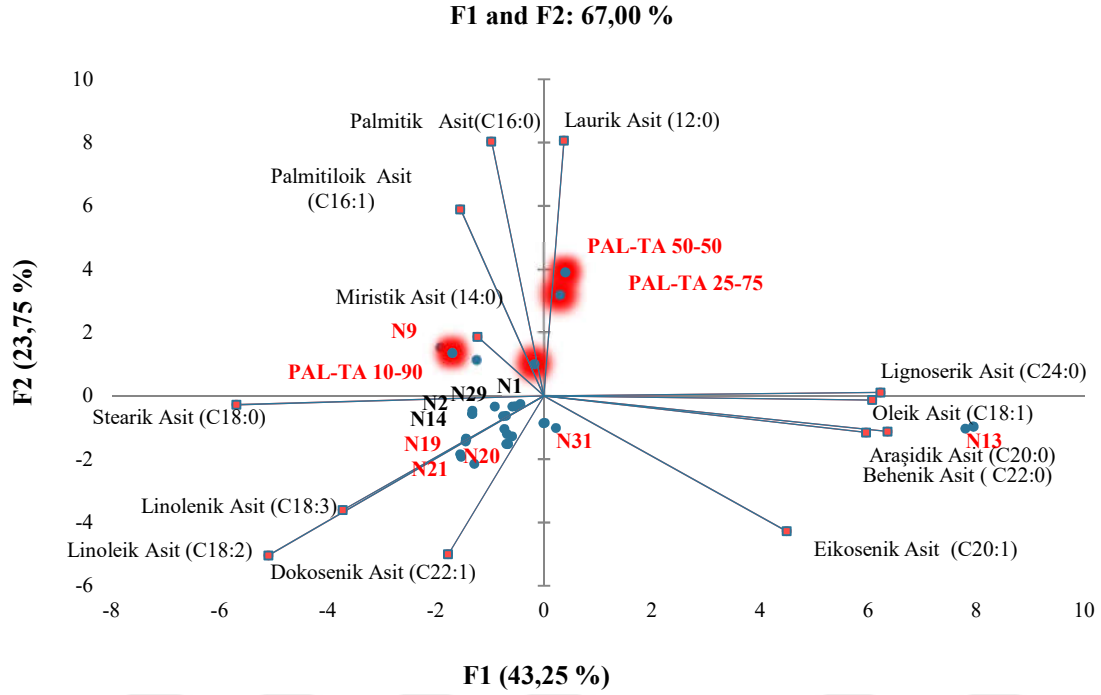
Değişkenler	Miristik Asit (14:0)	Palmitik Asit (C16:0)	Palmitoleik Asit (C16:1)	Stearik Asit (C18:0)	Oleik Asit (C18:1)	Linoleik Asit (C18:2)	Linolenik Asit (C18:3)	Araşidik Asit (C20:0)	Eikosenoik Asit (C20:1)	Behenik Asit (C22:0)	Dokosenik Asit (C22:1)	Lignoserik Asit (C24:0)
Miristik Asit (14:0)	1	0.854	0.601	0.064	-0.421	-0.120	0.564	-0.022	0.124	0.243	-0.080	0.197
Palmitik Asit (C16:0)		1	0.615	0.483	-0.615	-0.044	0.472	-0.137	-0.020	0.074	-0.041	0.033
Palmitoleik Asit (C16:1)			1	0.205	-0.428	0.041	0.565	-0.115	0.041	-0.018	0.110	-0.059
Stearik Asit (C18:0)				1	-0.644	0.319	-0.010	-0.471	-0.471	-0.535	0.052	-0.527
Oleik Asit (C18:1)					1	-0.747	-0.308	0.819	0.582	0.672	-0.039	0.706
Linoleik Asit (C18:2)						1	-0.047	-0.938	-0.770	-0.898	-0.041	-0.905
Linolenik Asit (C18:3)							1	-0.014	0.459	0.112	0.652	0.053
Araşidik Asit (C20:0)								1	0.788	0.919	0.031	0.929
Eikosenoik Asit (C20:1)									1	0.812	0.532	0.781
Behenik Asit (C22:0)										1	-0.024	0.976
Dokosenik Asit (C22:1)											1	-0.044
Lignoserik Asit (C24:0)												1

Not: Koyu değerler, anlamlılık düzeyi $\alpha = 0.05$ olan 0'dan farklıdır. Anlamlı korelasyonlar koyu olarak gösterilmiştir. Korelasyon katsayısı -1 ve 1 arasında değişir. 1 veya -1'e daha yakın iki değişken arasındaki bağlantı daha güçlüdür. Negatif değerler negatif korelasyonu gösterir ve pozitif değerler pozitif korelasyonu gösterir. Sıfıra yakın değerler korelasyonun yokluğunu yansıtır

3.2.2. Palmitik Asit (16:0)

Palmitik asidin susam yağındaki miktarı kodekste %7 0 aralığında verilmiştir. Tahin helvası numunelerinde palmitik aside ait kutu ve bıyık grafiğine Şekil 3.5’e bakıldığında, en düşük ve en yüksek değerler sırası ile %10.61–22.27, ortalama değer %10.61 olarak bulunmuştur. %22.27 palmitik asit değeri ile N9 nolu numune kodekste bildirilen değeri geçmiştir. Bu sonuca göre N9 nolu numunede palmitik asitce zengin bir yağ bulunma olasılığı söz konusudur.

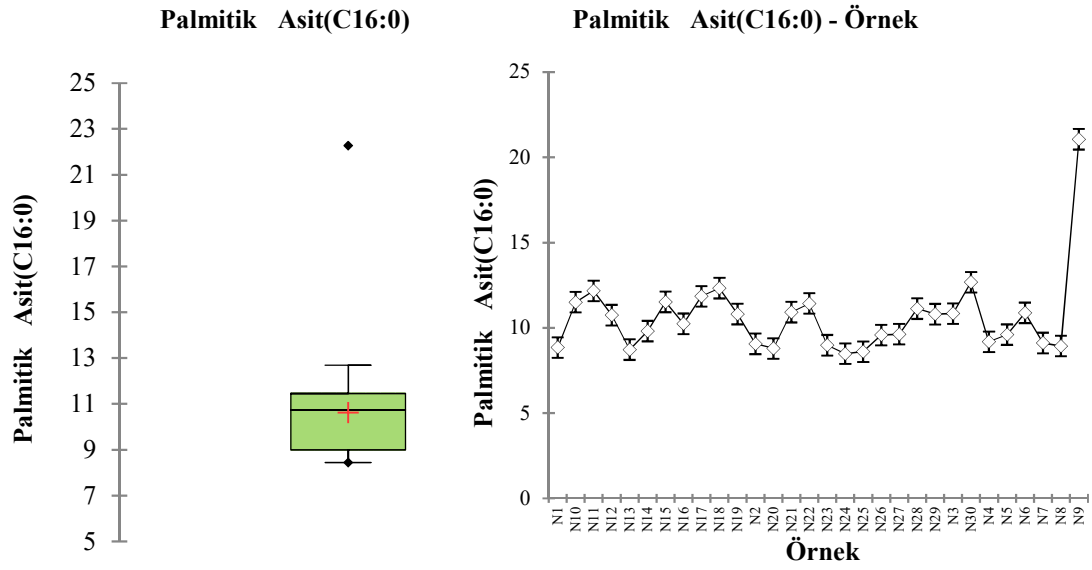
Şekil 3.2'deki yükleme grafiğine göre, palmitik asit, palmitoleik asit ve linolenik asit, N9'da taşıyış yapıldığının tespitinde önemli rol oynamaktadır. N9 nolu örnek hariç diğer örneklerin tümünde palmitik asit miktarları TKG 2012/29'a göre uygun çıkmıştır.



Şekil 3.4. Kurulan palm yağı-tahin taşıyış modeli temel bileşen analizi (PCA) grafiği

Palmitik asit tahin helvası üretiminde taşıyışın tespit edilmesi için ayırma varyansı olarak PCA analizinde önemli bir işlev görmektedir.

Literatürde taşıyış modelleri oluşturmak için seçilen değişkenler palmitik asit, stearik asit, oleik asit ve mısır yağı–zeytinyağı için oleik/linoleik asit ve MUFAs/PUFAs oranları kullanılmıştır. Stearik asit, oleik asit, 11-oktadesenoik asit, eikosanoik asit, dokosanoik asit ve linoleik asit ve ayçiçeği yağı–zeytinyağı için MUFAs (tekli doymamış yağ asitleri) / PUFAs (çoklu doymamış yağ asitleri) kullanılmıştır (Yang vd., 2013).



Şekil 3.5. Palmitik asit kutu ve bıyık grafiği

Palm yağı tağşiş modelinde; 3 adet (N1, N2 ve N29) örnek normal tahin helvası ve N14 tahin örneğinden elde edilen yağlara ait örnekler olup N9, N19, N20, N21 ve N31 gibi tağşiş bakımından şüpheli örneklerden ayrılmaktadırlar. N13 nolu örnek yerfıstığı örneğidir. N13, N19, N20, N21 ve N31 nolu örnekler kurulan palm yağı - tahin tağşiş modeline uymamaktadırlar. Kurulan palm yağı ve tahin tağşiş modeli temel bileşen analizi (PCA) grafiğinde (şekil 3.4.) N9 nolu örnek % 10, % 25 ve % 50 palm yağı karıştırılan tahinden elde edilen yağlar arasında bir yere yerleşmiştir. Bu nedenle de bu N9 nolu örneğe palm yağı içeren bir ürün katılması söz konusudur. Modelde N9 nolu örneğin palm yağı ile muhtemelen tağşiş edildiği tespit edilmiştir.

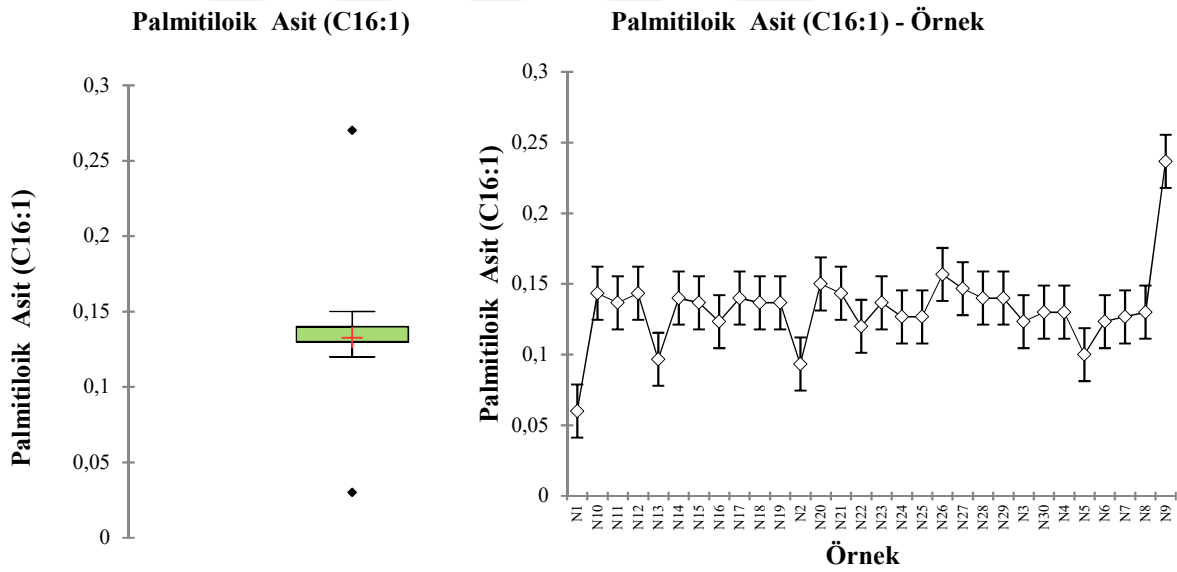
3.2.3. Palmitoleik Asit (16:1)

Palmitoleik asidin susam yağındaki miktarı kodekste TED-0.20 aralığında verilmiştir. Tahin helvası numunelerinde palmitoleik asite ait kutu ve bıyık grafiği şekil 3.5'e bakıldığında en düşük ve en yüksek değerler sırası ile % 0.03-0.27, ortalama değer % 0.13 olarak bulunmuştur. Kodeksteki maksimum değeri N9 nolu numune geçmiş ve palmitoleik asit değeri % 0.27 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre N9 nolu numunede palmitoleik asitce zengin bir yağ bulunma olasılığı mevcuttur.

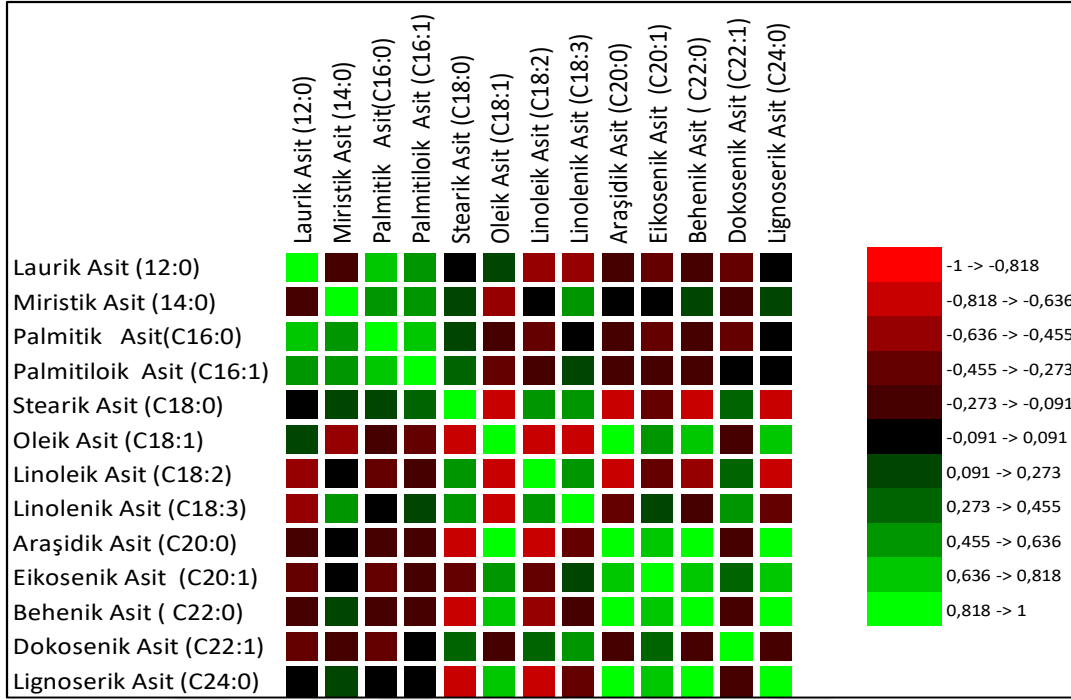
Palm olein (TED-0.60) ve pamuk yağı (TED-1.2) aralığındadır. Şekil 3.4'te görüldüğü üzere Palmitoleik asit, tağşişin tespit edilmesi için modele katkı yapmaktadır.

Şekil 3.6’da Palm yağı-tahin taşıyıcı modeli yağ asitleri korelasyon haritası verilmiştir. Haritaya göre bu modelde; palmitik asit; miristik ve palmitoleik asitler kendi aralarında güçlü bir pozitif korelasyon göstermiştir. Oleik asit stearik, linoleik ve linolenik asitlerle güçlü negatif korelasyon gösterirken behenik, araşidik, eiokoseneik ve lignoserik asit ile güçlü pozitif korelasyon göstermiştir. Kalan diğer asitler ile korelasyonu hem negatif hem de pozitif yönde oldukça zayıftır.

Bu biçimde kullanılan istatistiksel analiz teknikleri aynı zamanda veri seti için en önemli değişkenleri vurgulamayı sağlar. Böylece bazı belirli çeşitlere ait tek değişkenli zeytinyağlarını ayırt etmek için yağ asitlerinin yararlılığını ortaya koyar. Literatürde yapılan bir çalışmada, Calabria zeytinyağlarını karakterize etmek için yağ asitleri ve kemometrik teknikler gibi basit ve nispeten ucuz analitik parametrelerin kombinasyonu, yararlı bir araç olarak kullanılmıştır (Lanteri vd., 2002).



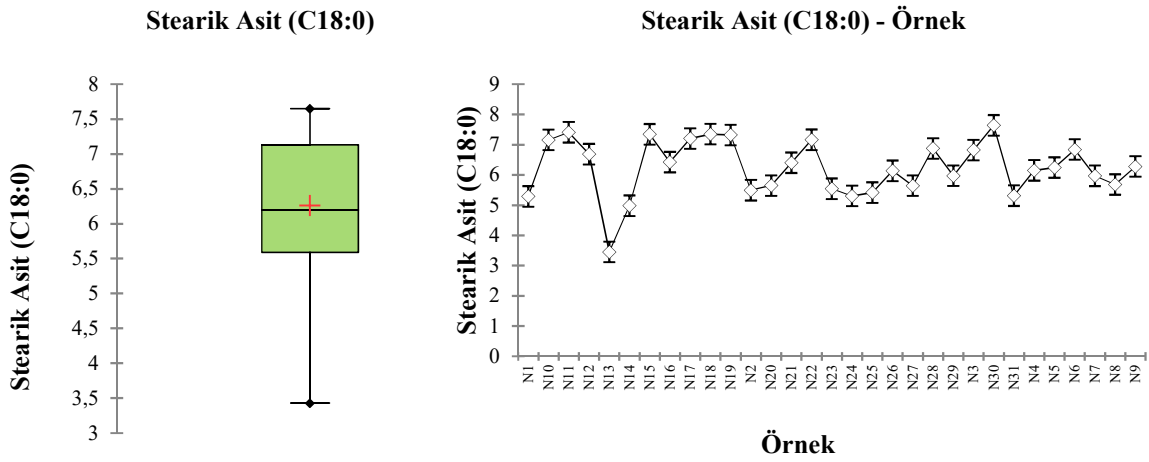
Şekil 3.6. Palmitoleik asit kutu ve bıyık grafiği



Şekil 3.7. Kurulan palm yağı-tahin tağşiş modeli yağ asitleri korelasyon haritası

3.2.4. Stearik Asit (C18:0)

Stearik asidin susam yağındaki miktarı kodekste %4.50 ile %6.70 aralığında verilmiştir. İncelenen numunelerde stearik aside ait kutu ve bıyık grafikleri Şekil 3.8’de verilmiştir. En düşük ve en yüksek stearik asit değerleri sırası ile %3.43–%7.65 (ortalama değer % 6.26) olarak bulunmuştur. N13 nolu numunede stearik asit değeri %3.43’tür.

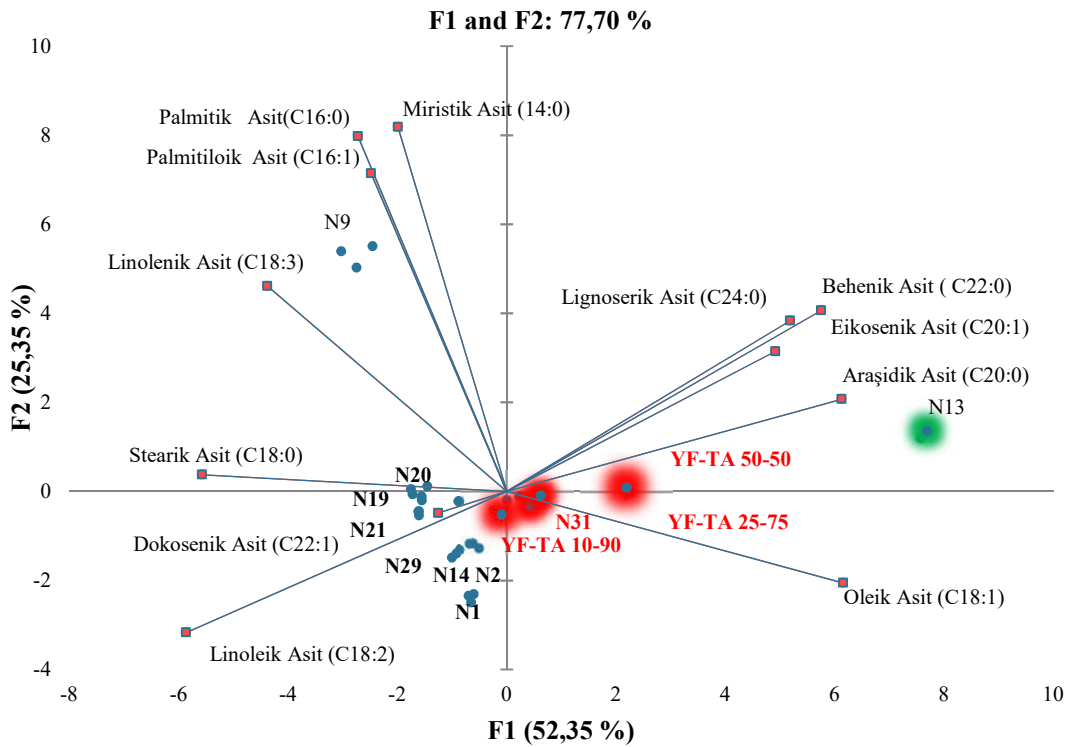


Şekil 3.8. Stearik asit kutu ve bıyık grafiği

Bu sonuca göre N13 nolu numune de susam yağına göre stearik asitce zengin olmayan bir yerfıstığı yağıdır. Nitekim diğer yağlara ait yağ asitleri kompozisyonları incelendiğinde ve diğer yağ asitleri de göz önüne alındığında N13 nolu örnekte %59.00 civarında oleik asit içeriği tespit edilmiştir. Bu da bu numunedeki oleik asit bakımından zengin olan yerfıstığı yağının varlığının göstergesidir.

Şekil 3.9’da kurulan yerfıstığı yağı-tahin taşı PCA grafiği incelendiğinde, N31 nolu örnek için şu yorumlamalar yapılabilir: Şekil 3.7’deki PCA analizi kurulan modelin toplamda %77.70’ini açıklamaktadır. Buna göre N31 nolu örneğin Eikosenoik, behenik, lignoserik, araşidik ve oleik asit bakımından değerleri kısmen yüksektir. Kurulmuş olan modelde de N31 nolu örnek, yerfıstığı-tahin yağlarına ait karışımlarla aynı grup içinde yer almıştır (Şekil 3.9).

Eikosenoik, behenik, lignoserik ve araşidik asit miktarları taşıın tespit edilmesinde varyans kaynağı olarak bu modelde kullanılmıştır. Ayrıca modele stearik asit ve oleik asit de katkı yapmaktadır.

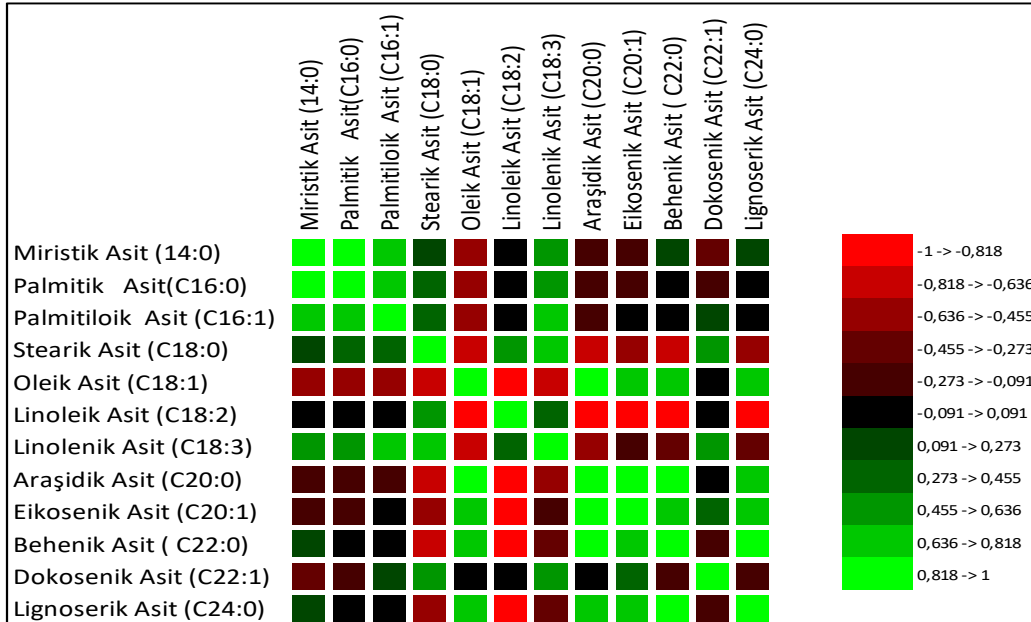


Şekil 3.9. Kurulan yerfıstığı yağı-tahin taşı modeli PCA grafiği

Şekil 3.10’da yağ asitlerinin korelasyon haritasına bakıldığında, stearik asit ile oleik asit arasında güçlü bir negatif korelasyon görülmektedir. Susam yağının stearik asit kompozisyonu yerfıstığına göre daha yüksektir. Yerfıstığı yağının da oleik asit kompozisyonu susam yağına göre daha yüksektir. Teorik olarak düşünüldüğünde de susam yağı içinde yerfıstığı yağı miktarı arttıkça stearik asit miktarı düşecek ve oleik asit miktarı artacaktır. Oluşturulan bu model Şekil 3.10’da görülen korelasyonları açık biçimde desteklemektedir.

Modelde; yerfıstığının tağışının tespit edilmesine katkı yapan Eikosenoik, behenik, lignoserik ve araşidik asitler oleik asit ile güçlü pozitif korelasyon göstermektedir. Stearik asit ile araşidik asit ve behenik asit güçlü negatif korelasyon gösterirken Eikosenoik asit ve lignoserik asit zayıf negatif korelasyon göstermiştir.

Çalışılan 31 adet örnek için Şekil 3.2’de yapılan PCA ve Şekil 3.3’de AHC analizinde ayrı grup içerisinde bulunan N31 nolu örnekte yerfıstığı kullanılmış olabileceği açık bir şekilde tespit edilmiştir. Ayrıca 4 farklı kontrol örneği (14 nolu örnek susam), 5 adet tağış edildiği şüphelenilen örnek ve 3 adet yerfıstığı-tahin karışımlarının olduğu örneklerle (%10–90, %25–75, % 50–50) oluşturulan modelde tahin helvası örneğine yerfıstığının katıldığı net bir şekilde tespit edilmiştir.



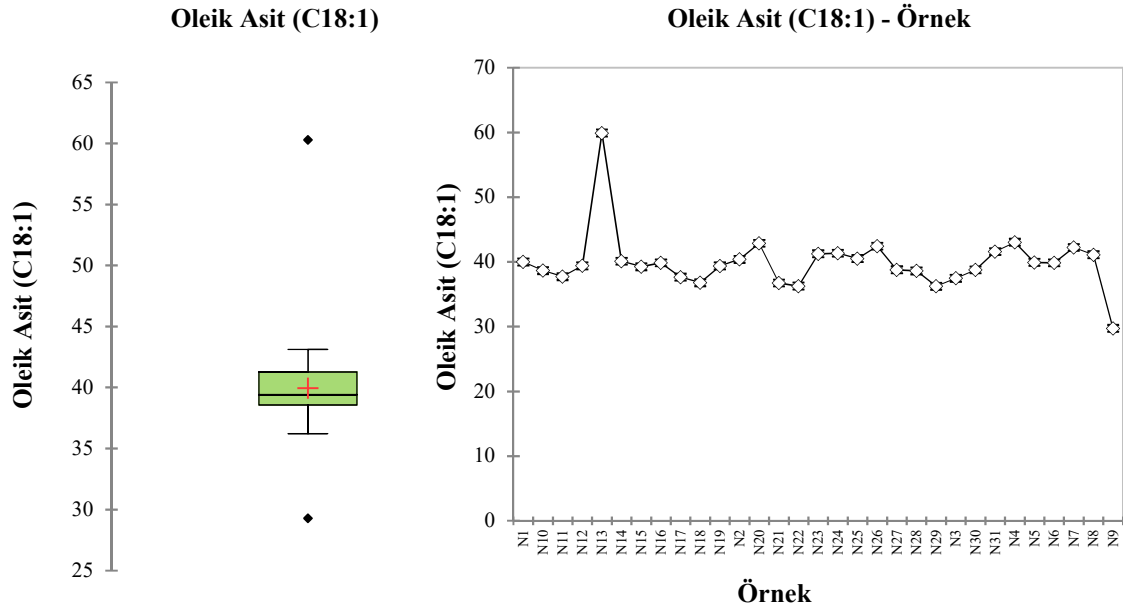
Şekil 3.10. Kurulan yerfıstığı-tahin tağış modeli yağ asitleri korelasyon haritası

Piyasada tahin helvasında en çok taklit ve tağşiş yapılabilecek olan ürün yerfıstığı olarak düşünülebilir. Çünkü yerfıstığının maliyeti susama göre çok daha düşüktür. İşleme açısından da bakıldığında yerfıstığı susamın tahine işlenme prosesinde görsel anlamda çok kolay hile kaldırabilecek durumdadır.

Yerfıstığı-tahin tağşiş modelinde stearik, oleik, behenik, araşidik ve lignoserik asitler yerfıstığı ile yapılan hilelerin tespit edilmesinde önemli katkı yapmaktadır. Bu durum susam yağında stearik asit miktarının fazla, yerfıstığı yağında oleik, Eikosenoik, behenik, lignoserik asit miktarının fazla olmasından dolayıdır. Bu farklı durum modelin tağşişin tespit edilmesini sağlamaktadır.

3.2.5. Oleik Asit (C18:1)

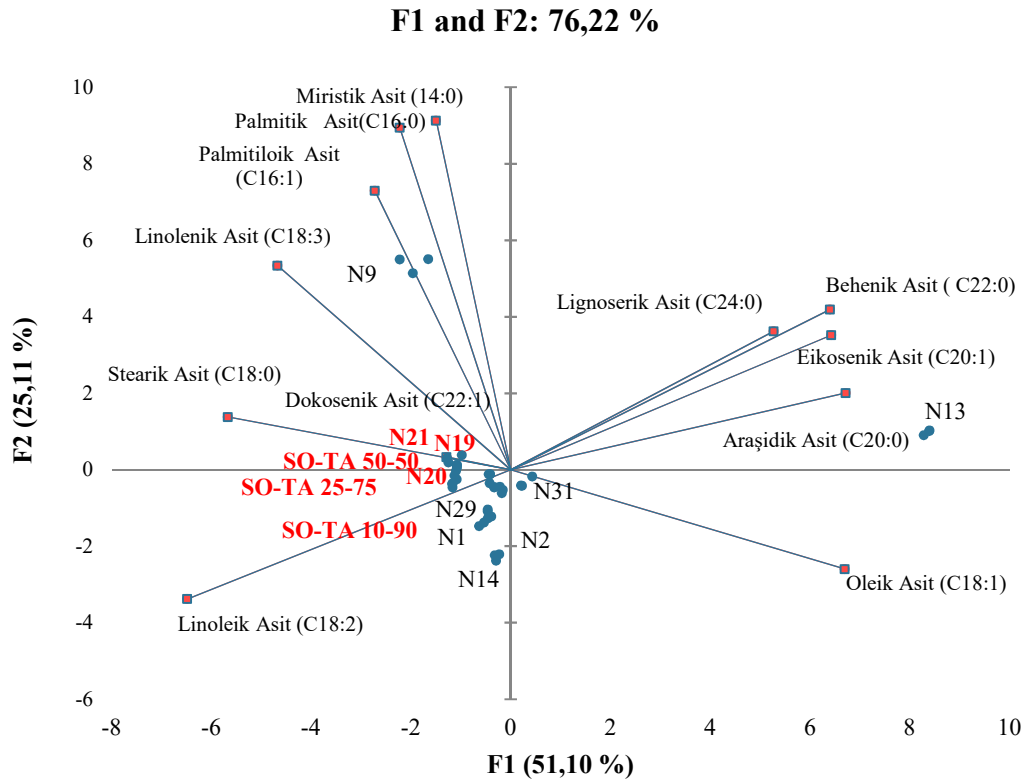
Oleik asit (9c-18:1 veya 18:1 (n-9)), bitki ve hayvan dokularında en bol bulunan monoenoik yağ asididir. Susam yağı %34.4 ile %45.5 civarında oleik asit içerir. Numunelerin oleik asit içeriğine ait kutu ve bıyık grafiğine Şekil 3.11’de bakıldığında en düşük ve en yüksek değerler sırası ile %29.91–%60.28 ve ortalama değer %39.93 olarak bulunmuştur. N13 nolu numunede oleik asit değeri %59.91 olarak en yüksek bulunmuştur. N9 nolu numunede ise en düşük olarak %29.73 olarak bulunmuştur.



Şekil 3.11. Oleik asit bıyık ve kutu grafiği

Oleik asit genel olarak tüm örneklerde en fazla bulunan yağ asididir ve ortalama %40.00 civarında bulunmuştur. Tağşiş modelinin hazırlanmasında kullanılan yağ çeşitlerinde oleik asit miktarları; ayçiçek yağında %14.00–71.00, hindistan cevizi yağında %5.00–10.00, palm yağında %39.80–46.00, pamuk yağında %14.70–21.70, soya yağında %17.00–30.00, susam yağında %34.40–45.50 ve yerfıstığı yağında %35.90–69.00 civarındadır. Modelde; ayçiçeği, hindistan cevizi, pamuk, soya ve yerfıstığı katılma durumunda ayırt edici bir konumdadır.

Palm olein ve susam yağlarında genel olarak oleik asit miktarları birbirine yakındır. Ancak palm olein yağında linoleik ait miktarı düşük olduğundan burada yapılan tağşişin tespitinde palmitik ve stearik asit gibi diğer yağ asitleri ayırma varyansı olarak işlev görmektedir.

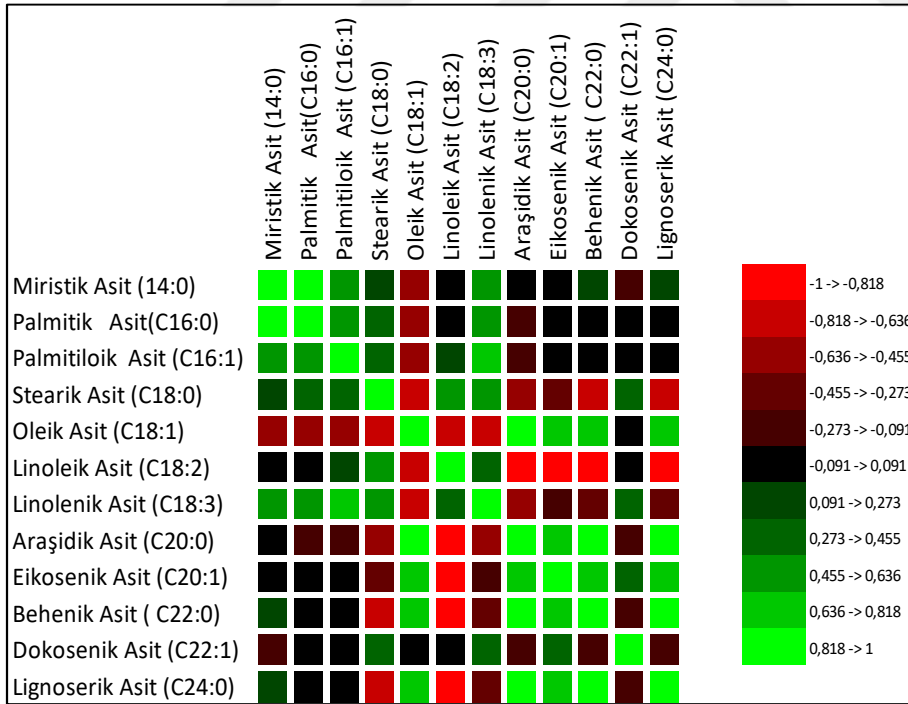


Şekil 3.12. Kurulan soya yağı-tahin tağşiş modeli PCA grafiği

Şekil 3.2’de PCA analizinde 19, 20 ve 21 nolu örnekler diğer numunelerden farklı biçimde konumlanmıştır. Kurulan soya yağı-tahin tağşiş modeli PCA’sı Şekil 3.12’de verilmiştir. Grafikte söz konusu örnekler diğer örneklerden farklı olarak soya yağı-tahin

karışımları ile beraber kümelenmiştir. Susamdan üretildiği tespit edilen N1, N2 ve N29 kodlu örnekler ile tahin örneği olan N14 kodlu örnek PCA analizinde ayrı bir gruplandırma oluşturmuştur. N13 kodlu yerfıstığı örneği ayrı bir grup, N9 ve N31 kodlu tağşiş edildiği düşünülen örneklerin de her biri ayrı ayrı grup oluşturmuştur.

Şekil 3.11’de N21 ve N22 nolu örneklerde oleik asit miktarı kısmen düşük olarak tespit edilmiştir. Kurulan soya-tahin tağşiş modeli yağ asitleri korelasyon haritası (Şekil 3.13) baktığımızda Oleik asit; Miristik, Palmitik, Palmitoleik, Stearik, Linoleik ve Linolenik asitlerle güçlü negatif korelasyon göstermektedir. Araşidik, Eikosenoik, Behenik asit ve Lignoserik asitle güçlü pozitif korelasyon göstermektedir. N19, N20 ve N21 nolu örneklerin soya-tahin yağı karışımının tağşiş modeline uyması yanında Erusik asit 0.53 ile 0.92 aralığında olmasından dolayı tağşiş durumu netleşmektedir. Normalde susam yağında erusik asit miktarı kodekste TED-0.30 olarak bildirilmektedir. Söz konusu bu örneklerde Erusik asidin yüksek çıkması, erusik asitce zengin yağ içeren katkı maddelerinin bu örneklere ilave edildiği net bir şekilde söylenebilir.



Şekil 3.13. Kurulan soya-tahin tağşiş modeli yağ asitleri korelasyon haritası

PCA (Şekil 3.12) kurulan modelin % 76.22'sini açıklamaktadır. N19, N20 ve N21 nolu örneklerin erusik asit bakımından zengin olduğu PCA Şekil 3.12' deki yükleme grafiğinden de anlaşılmaktadır.

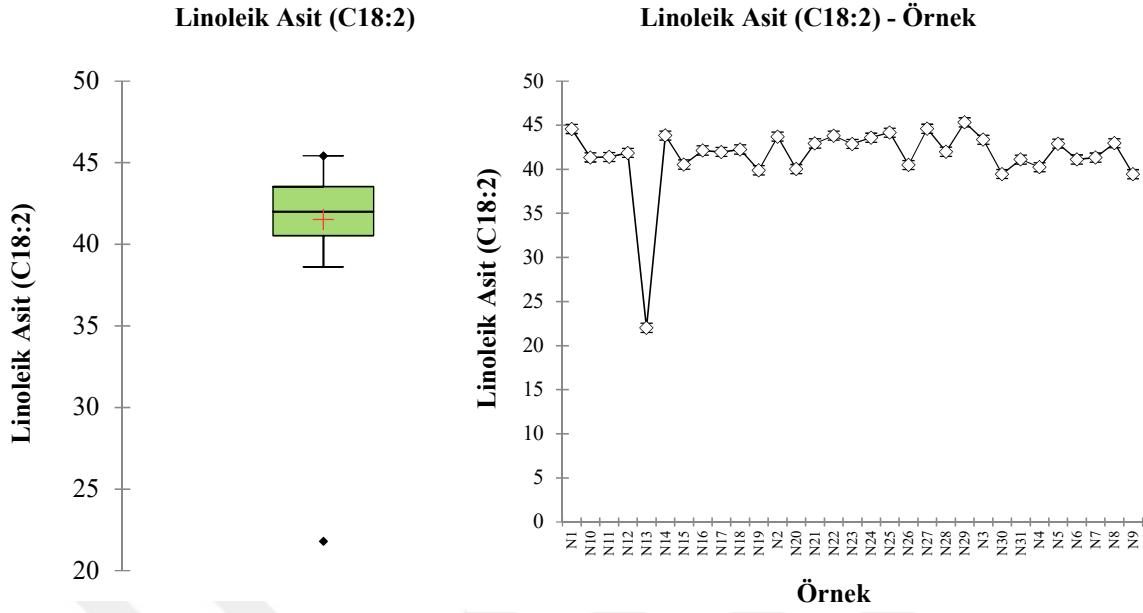
Kurulan bu modelle N19, N20 ve N21 nolu örneklerin tağşiş edildiği tespit edilmiş oldu.

3.2.5. Linoleik Asit (C18:2)

Linoleik asit (18:2 (n-6) veya 18:2 (*cis*-9,12)), bitki ve hayvan dokularında en bol bulunan dienoik yağ asididir. Susam yağında %36.9 ile %47.9 civarında en yüksek bulunan yağ asidir. Numunelerin linoleik asit içeriğine ait kutu ve bıyık grafiğine Şekil 3.14'te bakıldığında en düşük ve en yüksek değerler sırası ile %21.80 ve %45.42 (ortalama değer %41.51) olarak bulunmuştur. N13 nolu numunede oleik asit değeri %21.80 olarak en düşük oranda bulunmuştur. N1 nolu numunede ise en düşük olarak %45.42 olarak bulunmuştur. Linoleik asit; oleik asit gibi genel olarak tüm örneklerde en fazla bulunan yağ asitidir.

Örneklerin PCA grafiğinde de (Şekil 3.2.) Linoleik asidin, analizleri yapılan tüm örneklerde yüksek olduğu görülmektedir. Tağşiş tespiti için kurulan tüm modellerin ve ürünlerin korelasyon haritalarında linoleik asit oleik asit ile güçlü negatif korelasyon yapmaktadır.

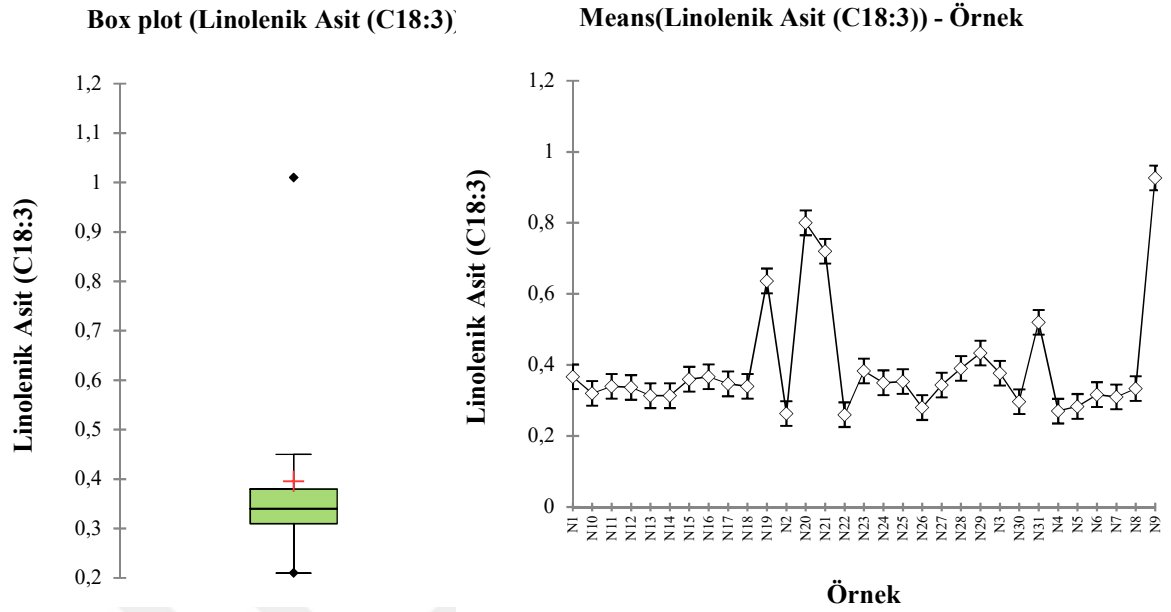
Ayrıca Behenik, Araşidik, Eikosenoik ve Lignoserik asitler ile de korelasyonu güçlü derecede negatiftir. Linolenik ve stearik asitle zayıf pozitif korelasyon göstermektedir. Linoleik asit; tahin helvasındaki tağşiş modelinde bazı katılan palm, pamuk ve soya gibi ürünlerin tespit edilmesinde önemli yağ asidi parametresidir.



Şekil 3.14. Linoleik asit bıyık ve kutu grafiği

3.2.6. Linolenik Asit (C18:3)

α -linolenik asit (ALA, C18:3n-3), bitkilerde bulunan esansiyel bir ω -3 çoklu doymamış yağ asididir. Yağ asidinin 9. 12. ve 15. karbonlarında birer çift bağ mevcuttur. Susam yağında %0.20 ile %1.00 civarında bulunan yağ asidir. Numunelerin Linoleik aside ait kutu ve bıyık grafiğine Şekil 3.15'te bakıldığında en düşük ve en yüksek değerler sırası ile %0.21 ve %1.01 ve ortalama değer %0.39 olarak bulunmuştur. N1 nolu numunede oleik asit değeri %0.21 olarak en düşük oranda ve N9 nolu örnekte %1.01 olarak en yüksek oranda bulunmuştur.

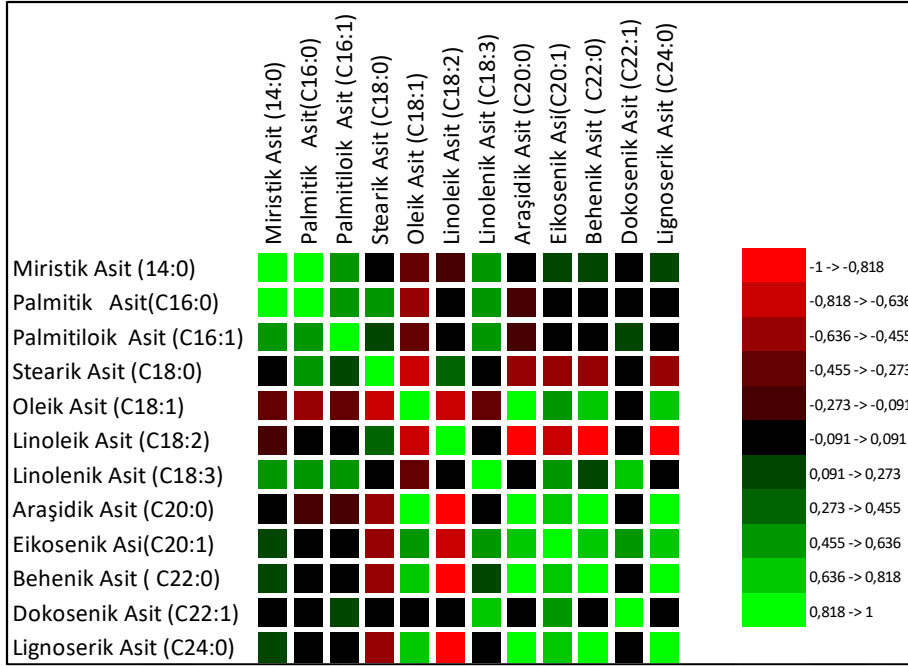


Şekil 3.15. Linolenik asit bıyık ve kutu grafiği

Piyasadan alınan örneklerle ait korelasyon haritalarında linolenik asit palmitik, miristik, palmitoleik ve dokasenik asit ile güçlü pozitif korelasyon göstermiştir. Oleik asit ile güçlü negatif ve stearik, linoleik ve Eikosenoik asit ile zayıf pozitif korelasyon göstermiştir. Linolenik asidin piyasadan alınan örneklerdeki yağ asitleri ile yapmış olduğu korelasyon Şekil 3.16'da gösterilmiştir.

Susam yağında bulunan linolenik asit miktarı (%0.20–1.00); tahin helvasının taşımasının tespit edilmesinde önemli bir katkı yapmaktadır. Diğer taşış modellerinin korelasyon haritalarına bakıldığında, linolenik asidin diğer asitlerle göstermiş olduğu korelasyonların çok farklı olduğu görülmektedir.

Şekil 3.15'de kutu grafiğinde taşış edildiği düşünülen N19, N20, N21 ve N31 nolu örneklerde linolenik asit miktarları diğer örneklerden farklılık göstermiştir.



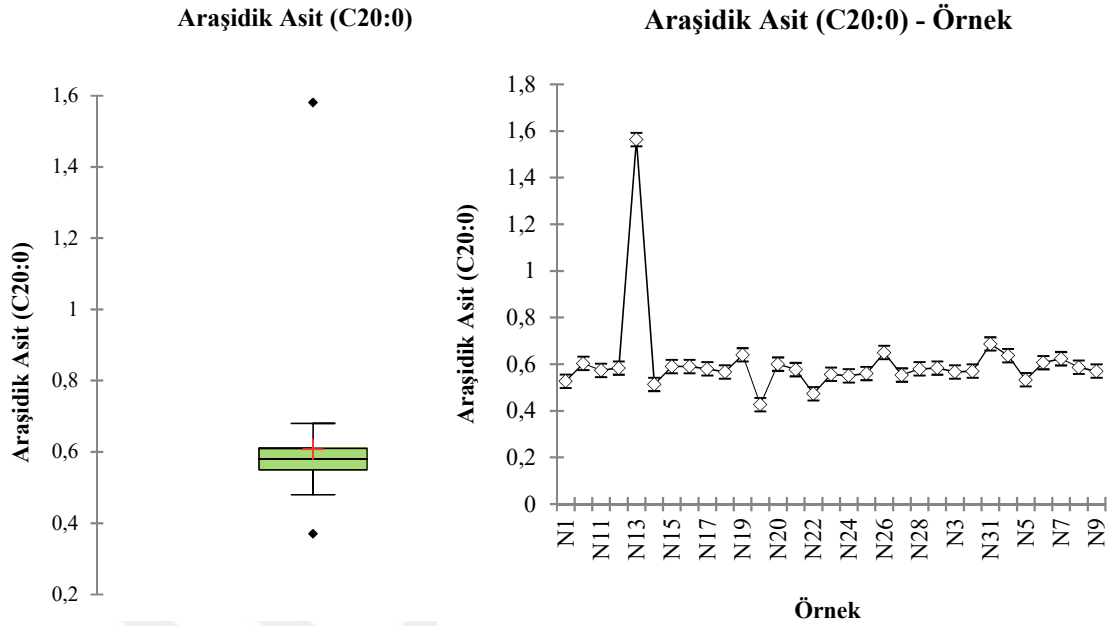
Şekil 3.16. Piyasadan alınan örneklere ait yağ asitleri korelasyon haritası

3.2.7. Araşidik Asit (C20:0)

İkosenoik asit olarak da bilinen araşidik asit, 20 karbonlu bir zincire sahip doymuş bir yağ asididir. Susam yağında %0.30 ile %0.70 arasında bulunan bir yağ asididir. Numunelerin araşidik aside ait kutu ve bıyık grafiğine Şekil 3.17’de bakıldığında en düşük ve en yüksek değerler sırası ile % 0.37 ve %1.58, ortalama değer % 0.61 olarak bulunmuştur. N2 nolu numunede araşidik asit değeri %0.43 olarak en düşük oranda ve N13 nolu örnekte %1.56 olarak en yüksek oranda bulunmuştur.

N13 nolu örnek yer fıstığına ait yağ olduğu için Şekil 3.17’de spesifik olarak yüksek çıkmıştır. Çünkü yer fıstığında %1.00–2.00 aralığındadır. Tahin helvasına yer fıstığı katıldığında yağ aitleri kompozisyonunda araşidik asit miktarı artmaktadır. Kurulmuş olan yerfıstığı-tahin tağşiş modelinde araşidik asit, N31 ve tahin-yerfıstığı karışımlarında ayırt edici bir konumda yönelme göstermiştir. Susama göre daha fazla bulunan Behenik, Lignoserik ve Eikosenoik asit ile aynı konumda yer alması bunu kanıtlamaktadır.

Şekil 3.16’daki korelasyon haritasında da aynı biçimde Araşidik asit, Behenik Lignoserik, Eikosenoik ve Oleik asit ile güçlü pozitif korelasyon göstermiştir. Stearik asit linolenik asit ile güçlü negatif korelasyon yapmıştır. Linoleik ve Dokosanoik asit ile ise belirgin bir korelasyon göstermemiştir. Yerfıstığı-tahin tağşiş modelinde hilenin tespitinde araşidik asidin önemli derecede katkı yaptığı görülmektedir



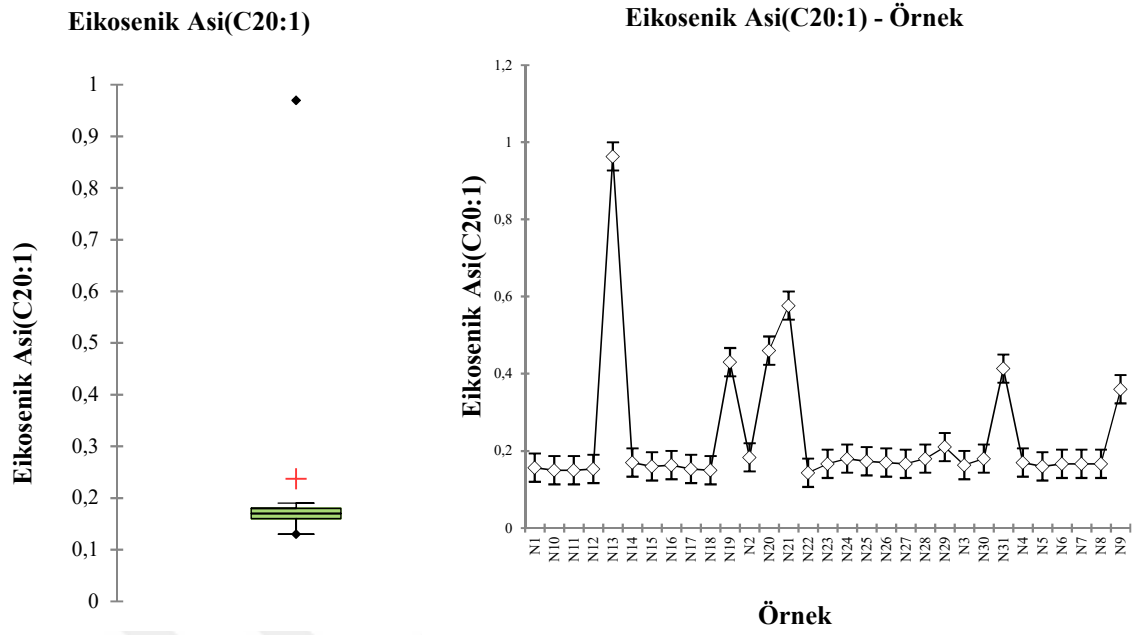
Şekil 3.17. Araşidik asit bıyık ve kutu grafiği

3.2.8. Eikosenoik Asit (C20:1)

Eikosenoik asit; 11 konumunda cis-çift bağa sahip bir yağ asididir (20:1). Bir bitki metaboliti ve bir insan metaboliti olarak rolü vardır. Susam yağında TED-%0.30 aralığında bulunan bir yağ asidir. Numunelerin eikosenoik aside ait kutu ve bıyık grafiğine Şekil 3.18’de bakıldığında en düşük ve en yüksek değerler sırası ile %0.30 ve %0.97 (ortalama değer %0.24) olarak bulunmuştur. N2 nolu numunede eikosenoik asit değeri %0.43 olarak en düşük oranda ve N13 nolu örnekte %1.56 olarak en yüksek oranda bulunmuştur.

Şekil 3.18’e bakıldığında N9, N13, N19, N20, N21 ve N31 nolu örneklerin söz konusu asit yönünden diğer örneklerden farklı olduğu açık biçimde görülmektedir.

Eikosenoik asit kurulan tağşiş modelinde önemli biçimde ayırt edici bir katkıya sahiptir. Eikosenoik asit; oleik, behenik, araşidik, lignoserik, dekosenik ve linolenik asitler ile güçlü pozitif korelasyon, linoleik ve stearik asit ile güçlü negatif korelasyon göstermektedir. Miristik, palmitik ve palmitoleik asit ile zayıf korelasyon göstermektedir (Şekil 3.16).



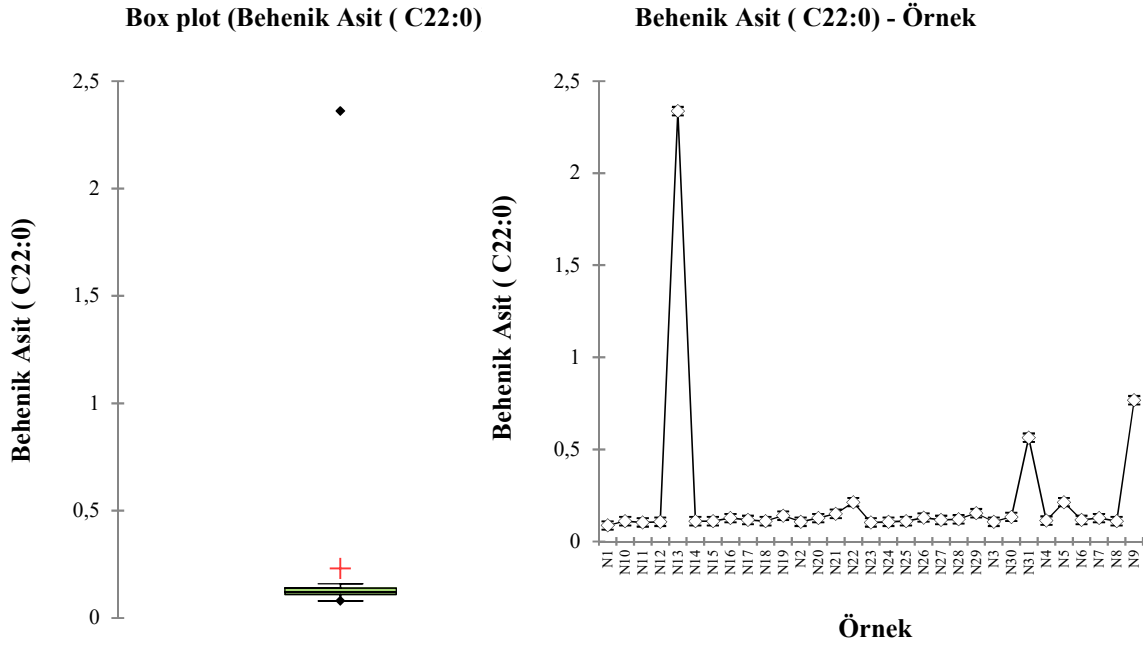
Şekil 3.18. Eikosenoik asit bıyık ve kutu grafiği

3.2.9. Behenik Asit (C22:0)

Behenik asit (diğer adı dokosanoik asit), $C_{21}H_{43}COOH$ formülüne sahip doymuş yağ asidi olan bir karboksilik asittir (C22:0). Susam yağında TED-%1.10 arasında bulunan yağ asididir. Numunelerin behenik asit içeriğine ait kutu ve bıyık grafiğine Şekil 3.19’da bakıldığında en düşük ve en yüksek değerlerin sırası ile %0.08– %2.36 (ortalama değer % 0.23) olduğu görülmektedir. N13, N31 ve N9 nolu numunelerde behenik asit değerleri sırasıyla %2.36, %0.56 ve %0.77 olarak diğer örneklere göre daha yüksek bulunmuştur.

Şekil 3.18’e bakıldığında N9, N13 ve N31 nolu örneklerin söz konusu asit yönünden diğer örneklerden farklı olduğu açık biçimde görülmektedir. N13 nolu örnek yerfıstığı örneği olup yerfıstığı yağında behenik asit miktarı %1.50–4.50 aralığında olduğundan farklı çıkması olağan bir durumdur.

N31 nolu örnekte de diğer örneklere göre düşük olarak % 0.56 oranında çıkmıştır. Yerfıstığı-tahin tağış modelinde N31 nolu numunede tağış olduğu tespit edilmişti. Tahin helvasına yerfıstığı ilave edildiğinde behenik asit miktarının artması tağış göstergesi olarak düşünülebilir. Dolayısıyla yerfıstığı tağış modelinde hilenin tespitinde behenik asit modele katkı yapmaktadır. Kurulan yerfıstığı yağı-tahin tağış modeli PCA grafiğinde (Şekil 3.9) behenik asit pozitif yönde %12 civarında modele katkı yapmaktadır.



Şekil 3.19. Behenik asit bıyık ve kutu grafiği

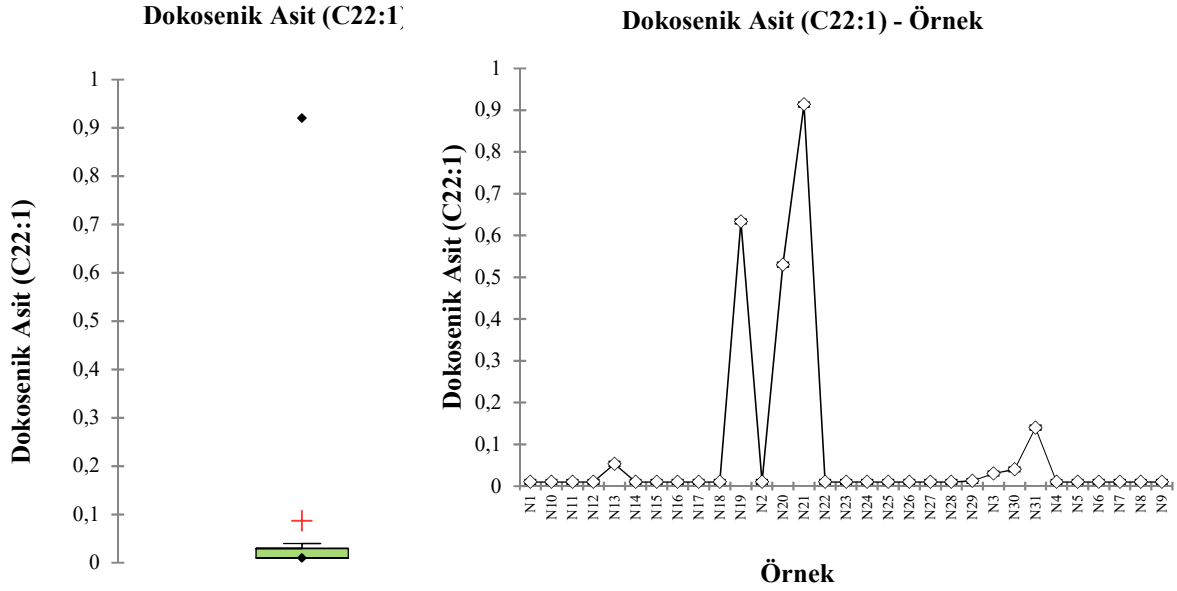
Behenik asit kurulan taşıyıcı modelinde önemli biçimde ayırt edici bir katkıya sahiptir. Buda behenik asidin yerfıstığı yağında %1.50–4.50 civarında bulunmasından kaynaklanmaktadır. Behenik asit; oleik, eikosenoik, araşidik ve lignoserik asitler ile güçlü pozitif korelasyon, linoleik ve stearik asit ile güçlü negatif korelasyon göstermektedir. Miristik, palmitik, linolenik ve palmitoleik asit ile zayıf korelasyon göstermiştir (Şekil 3.16).

3.2.10. Erusik Asit (Dokosanoik Asit (C22:1))

Erusik asit, 22:1 ω 9 ile gösterilen tekli doymamış bir omega-9 yağ asididir. $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$ kimyasal formülüne sahiptir. Brassicaceae familyasındaki duvar çiçeği tohumu ve diğer bitkilerde yaygındır, yüksek erusik asit kolza tohumu yağında %20 ile %54 arasında ve hardal yağında %42 oranında bildirilmiştir. Erusik asit ayrıca cis-13-dokosanoik asit olarak da bilinir ve trans izomeri brassidik asit olarak bilinir.

Susam yağında TED (Tespit edilemeyen düzey) olarak bulunan yağ asididir. Numunelerin Erusik aside ait kutu ve bıyık grafiğine Şekil 3.20’de bakıldığında en düşük ve en yüksek değerler sırası ile %0.01 ve %0.92 (ortalama değer %0.08) olarak

bulunmuştur. N13, N19, N20, N21 ve N31 nolu numunelerde erusik asit değeri sırasıyla % 0.05, 0.63, 0.53, 0.91 ve 0.14 olarak bulunmuştur.



Şekil 3.20. Erusik asit bıyık ve kutu grafiği

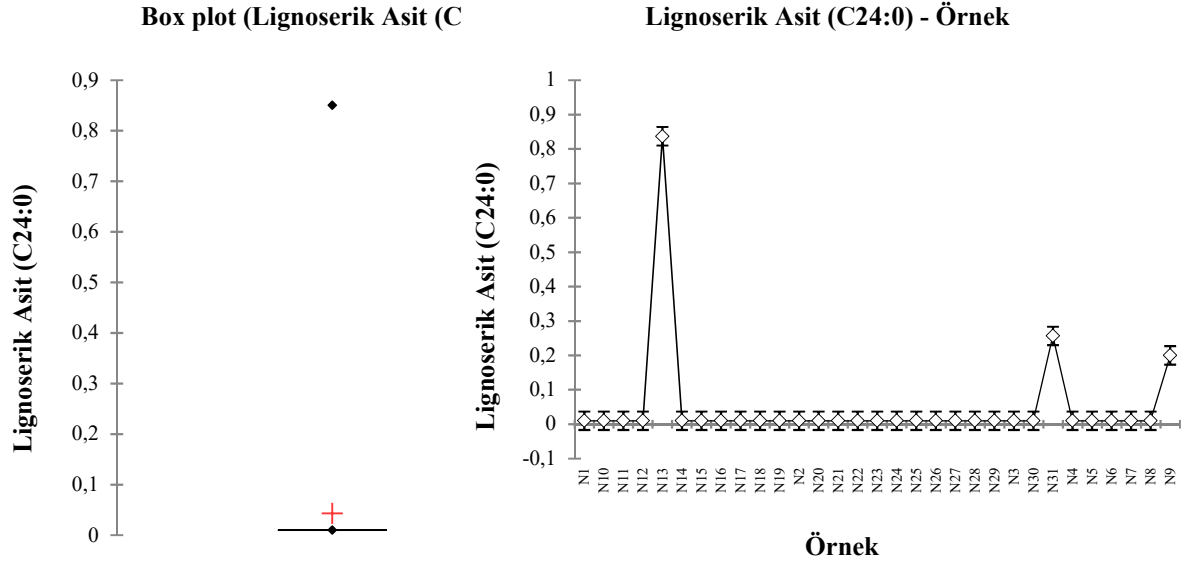
Erusik asidin susam yağında bulunmamasından dolayı susam yağının içerisinde erusik asit bulunan bir ürün ile tağşiş edilmesi durumunda tağşişin kolayca tespiti söz konusudur. Örneğin yerfıstığında erusik asit %0.30 civarındadır. Kurulan yerfıstığı-tahin modelinde erusik asit N13, N31 ve yerfıstığı-tahin karışımlarında tespit edilmiştir.

N19, N20 ve N21 nolu örneklerin soya-tahin tağşiş modeline uymalarının yanında içeriklerinde erusik asidin belirlenmesinden dolayı da tağşiş edildikleri düşünülmüştür. Erusik asidin korelasyonu diğer asitlerle oldukça zayıftır.

3.2.11. Lignoserik Asit (C24:0)

Lignoserik asit veya tetrakosanoik asit, $C_{23}H_{47}COOH$ formülüne sahip doymuş bir yağ asididir (C24:0). Odun katranında, çeşitli serebrosidlerde ve çoğu doğal yağda az miktarda bulunur. Yer fıstığı yağının yağ asitleri az miktarda lignoserik asit içerir (%0.50–%2.50). Bu yağ asidi aynı zamanda lignin üretiminin bir yan ürünüdür. Susam yağında TED–%0.30 olarak bulunan bir yağ asididir. Numunelerin lignoserik aside ait kutu ve bıyık grafiğine Şekil 3.21’de bakıldığında en düşük ve en yüksek değerler sırası ile %0.01

ve %0.85 (ortalama değer %0.08) olarak bulunmuştur. N13, N9 ve N31 nolu numunelerde lignoserik asit değeri sırasıyla %0.84, %0.26 ve %0.21 olarak bulunmuştur.

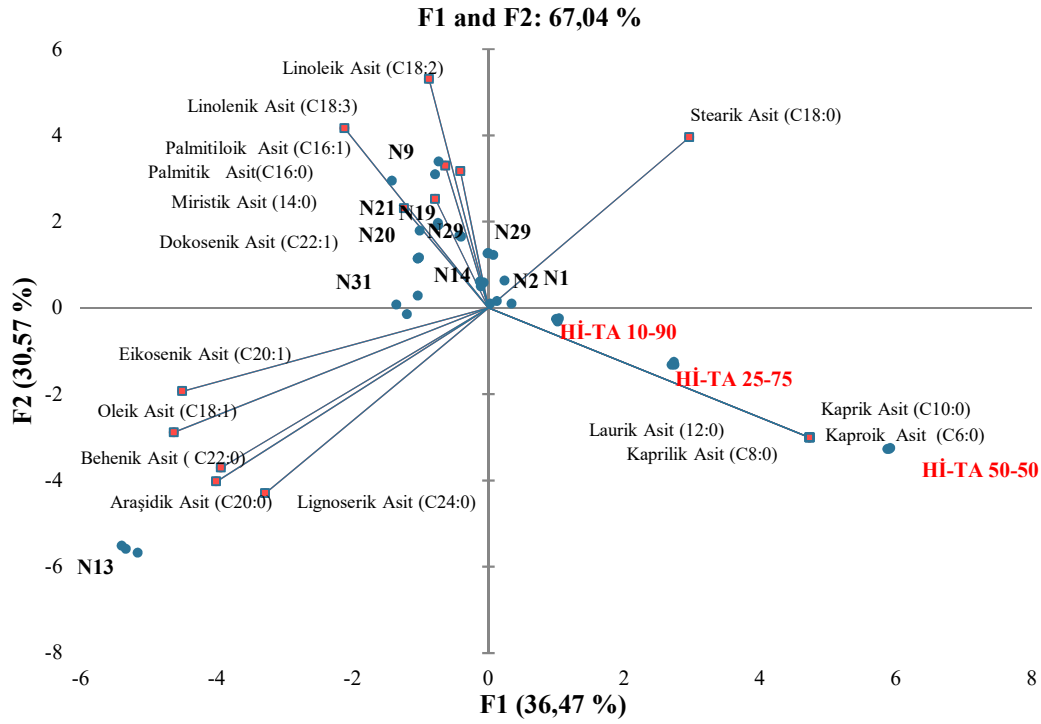


Şekil 3.21. Lignoserik asit bıyık ve kutu grafiği

Kurulan yerfıstığı-tahin modelinde N13, N31 ve yerfıstığı-tahin karışımlarında lignoserik asit yüksek çıkmıştır. Bu da lignoserik asidin yerfıstığı yağında %0.50 – 2.50 civarında bulunmasından kaynaklanmaktadır. Lignoserik asit kurulan tağış modelinde önemli biçimde ayırt edici bir katkıya sahiptir. Lignoserik asit; oleik, eikosenoik, araşidik ve behenik asitler ile güçlü pozitif korelasyon, linoleik ve stearik asit ile güçlü negatif korelasyon göstermektedir. Miristik, palmitik, linolenik ve palmitoleik asit ile zayıf korelasyon göstermiştir (Şekil 3.16.).

3.2.12. Hindistan Cevizi Yağı, Ayçiçek ve Pamuk Yağları Tağış Modeli

Diğer üç adet model üstteki açıklamalarda verilmiştir. Hindistan cevizi-tahin tağış modelinde PCA modeli verilerin %67.04'ünü açıklamıştır. Piyasadan alınan örneklerin PCA grafiğinde (Şekil 3.2.) N9, N13, N19, N20, N21 ve N31 nolu örnekler ayrı bir kümelenme göstermiş olduğundan tağış yapıldığı tespit edilmiştir (N13 hariç). Söz konusu bu örneklerin hindistan cevizi-tahin tağış modeline uyup uymadığı değerlendirildiğinde bu modele uymadığı Şekil 3.22'den anlaşılmaktadır. Söz konusu bu modelde hindistan cevizi yağından gelen kaprik, kaprilik, kaproik ve laurik asitler de sisteme girmektedir.

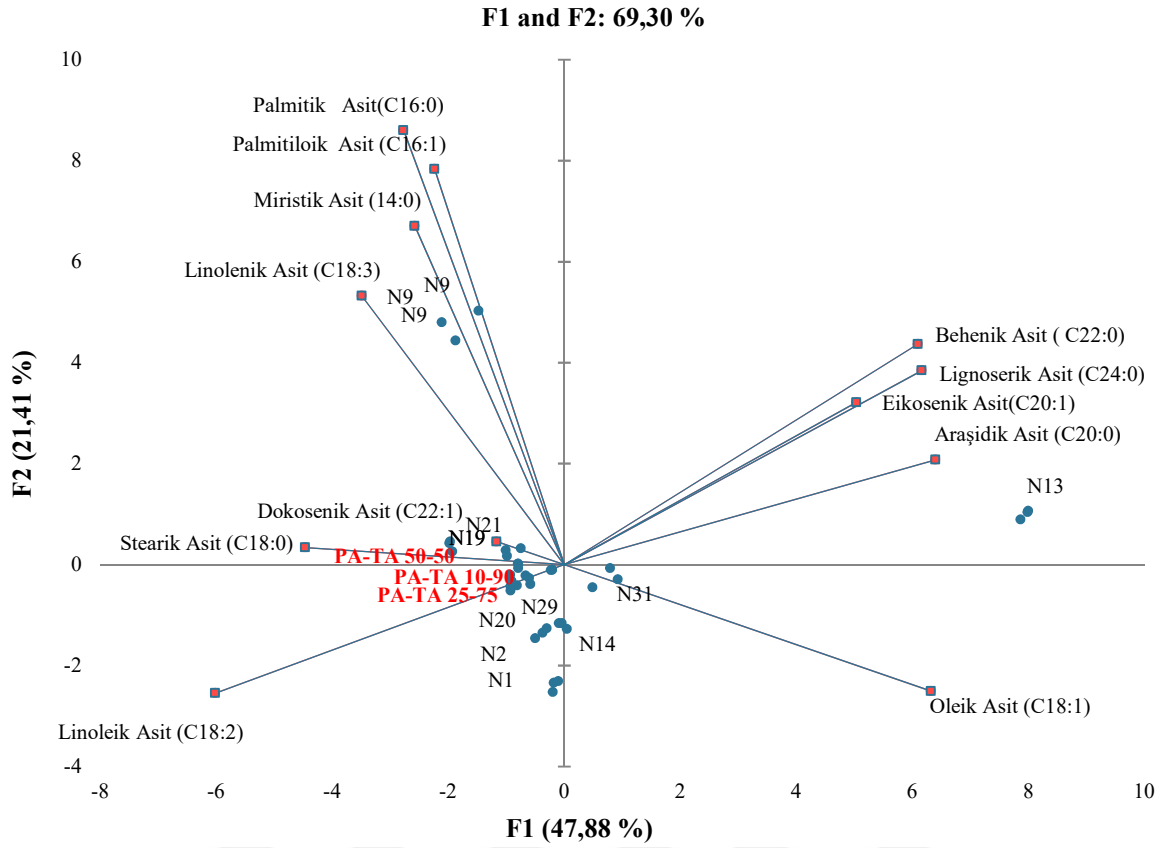


Şekil 3.22. Kurulan Hindistan cevizi yağı-tahin tağşiş modeli temel bileşen analizi (PCA) grafiği

Tağşiş şüphesi olan örneklerde bu asitlerden tespit edilmemiştir. Tahin helvasına hindistan cevizi ürünü katıldığında kaprik, kaprilik, kaproik ve laurik asitler tağşişin tespit edilmesinde önemli derecede katkı yapacaklardır.

Pamuk yağı-tahin modeli PCA analizi verilerin %69.30 açıklamıştır (Şekil 3.23). Bu modelde N19, N20, N21 nolu tağşiş edildiği tespit edilen örnekler PCA grafiğindeki kümelenmede pamuk yağı-tahin modeline yakın konumlanmışlardır. Ancak pamuk yağında erusik asit miktarının TED-%0.10 olmasından dolayı ve söz konusu örneklerde erusik asit miktarlarının %0.10 sınırından fazla olduğundan kurulan bu modele uymamaktadır.

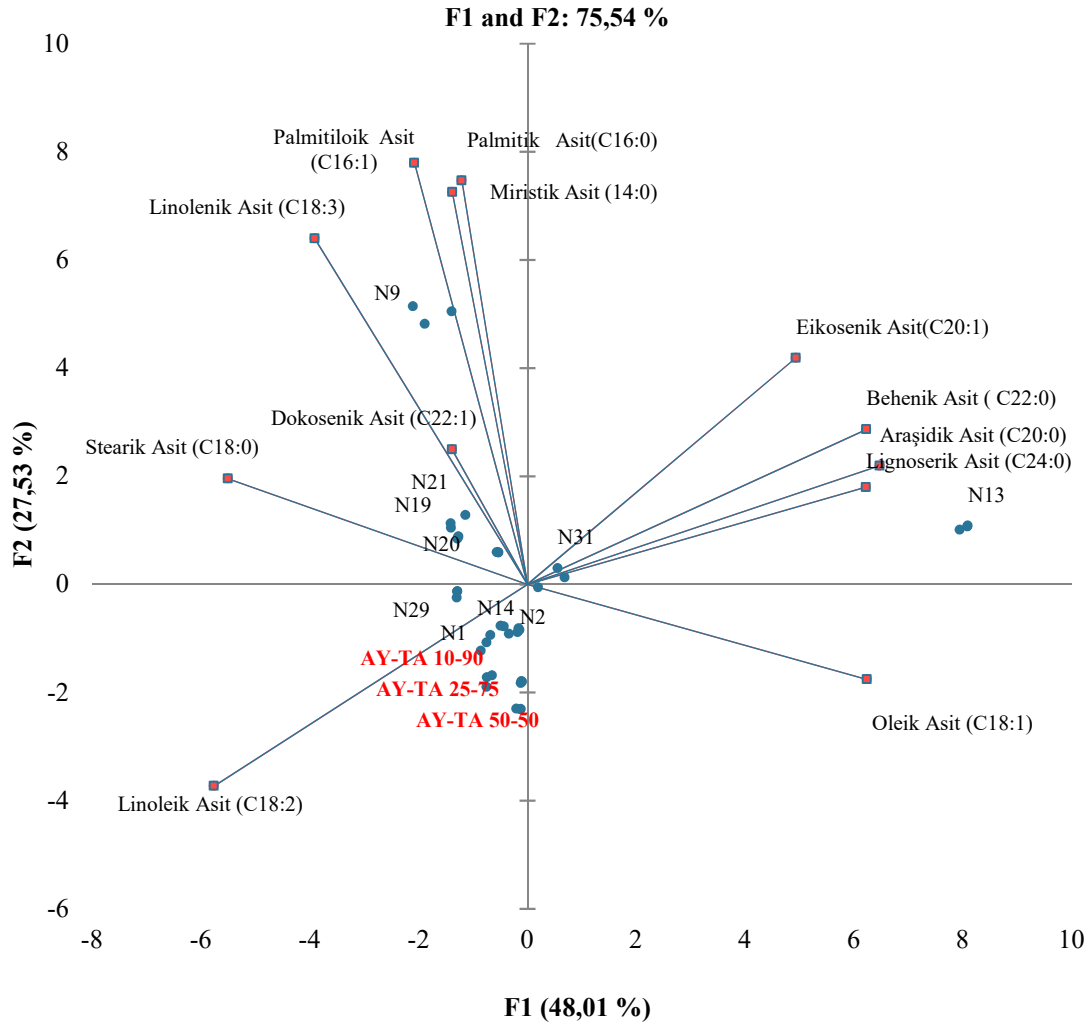
Pamuk yağında palmitik asidin yüksek olması, stearik asit miktarının düşük olması modelin çalışmasına önemli miktarda katkı yapmaktadır. Ayrıca pamuk yağında TED-%0.20 kadar laurik asit ve %0.60-%1.00 arasında miristik asit bulunmaktadır. Bu durum da modelin iyi sonuç vermesinde önemli katkı yapacaktır.



Şekil 3.23. Kurulan pamuk yağı-tahin tağışış modeli temel bileşen analizi (PCA) grafiği

Ayrıca pamuk yağında tahine göre bakıldığında oleik asit miktarı düşük, linoleik asit miktarı yüksektir. Bunun yanında palmitoleik asit de TED-%1.20 civarında bulunmaktadır. Tahinde palmitoleik asit miktarı TED-%0.20'dir.

Ayçiçek yağı-tahin modeli PCA analizi verilerin %75.54'nü açıklamıştır (Şekil 3.24). Bu modelde N19, N20 ve N21 nolu tağışış edildiği tespit edilen örnekler PCA grafiğindeki kümelenmede pamuk yağı-tahin modeline yakın konumlanmıştır. Ancak ayçiçek yağında erusik asit miktarının TED-%0.30 olmasından ve söz konusu örneklerde erusik asit miktarlarının %0.30 sınırından fazla olmasından dolayı kurulan bu modele uymamaktadır.



Şekil 3.24. Kurulan ayçiçek yağı-tahin taşıyış modeli temel bileşen analizi (PCA) grafiği

Ayçiçek yağında palmitik ve stearik asit miktarının düşük olması modelin çalışmasına önemli miktarda katkı yapmaktadır. Ayrıca ayçiçek yağında tahine göre oleik ve linoleik asit miktarları yüksek ve aralıkları da geniştir. Bunun yanında linolenik asit kodekste belirtildiği gibi TED-%0.50 civarında olmalıdır. Tahinde linolenik asit miktarı %0.20–1.00 arasındadır.

Bu çalışmada, piyasadan temin edilen 31 adet örnekten 6'sı tahin, 1'i susam, 1'i yerfıstığı ve 23'ü de tahin helvası idi. 29 adet örnekten 5'inde taşıyış yapıldığı ile ilgili kuvvetli bulgulara, bu tez kapsamında analiz edilen yağ asidi kombinasyonları ve istatistiksel olarak verilere uygulanan PCA, AHC, ANOVA ve korelasyon testleri üzerinden taşıyış modelleri oluşturularak ulaşılmıştır. Taşıyış modellemesinde kullanılan 6 adet yağ çeşidi ve bunlara ait tahin yağı karışımlarının YAME'leri Tablo 3.4.'de verilmiştir.

Tablo 3.4. Tağış modeli için kullanılan yağlara ait yağ asitleri sonuçları

Model	Kaproik Asit (C6:0)	Kaprilik Asit (C8:0)	Kaprik Asit (C10:0)	Laurik Asit (12:0)	Mirisik Asit (14:0)	Palmitik Asit (C16:0)	Palmitoleik Asit (C16:1)	Stearik Asit (C18:0)	Oleik Asit (C18:1)	Linoleik Asit (C18:2)	Linolenik Asit (C18:3)	Araşidik Asit (C20:0)	Eikosenik Asit (C20:1)	Behenik Asit (22:0)	Dokosenik Asit (C22:1)	Lignoserik Asit (C24:0)	Nervonik Asit (C24:1)
YF-TA 10-90	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	9.35±0.04	0.14±0.01	5.31±0.02	41.59±0.17	41.10±0.20	0.52±0.01	0.69±0.02	0.41±0.12	0.56±0.01	0.14±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
YF-TA 25-75	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	9.19±0.02	0.15±0.01	4.99±0.01	44.20±0.01	38.36±0.03	0.53±0.02	0.82±0.02	0.52±0.01	0.61±0.01	0.23±0.02	0.01±0.00	0.01±0.00
YF-TA 50-50	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	9.12±0.04	0.12±0.01	4.59±0.04	48.37±0.05	33.76±0.04	0.44±0.01	1.04±0.02	0.70±0.01	1.09±0.03	0.39±0.03	0.01±0.00	0.01±0.00
AY-TA 10-90	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	9.93±0.05	0.01±0.00	6.34±0.04	42.26±0.04	39.27±0.05	0.44±0.02	0.58±0.01	0.46±0.01	0.14±0.01	0.03±0.00	0.05±0.00	0.01±0.00
AY-TA 25-75	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	8.61±0.07	0.01±0.00	5.68±0.03	40.30±0.20	44.18±0.05	0.23±0.01	0.59±0.01	0.17±0.01	0.32±0.01	0.02±0.00	0.17±0.01	0.01±0.00
AY-TA 50-50	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	7.47±0.08	0.01±0.00	4.85±0.05	36.73±0.06	49.46±0.03	0.16±0.01	0.48±0.02	0.16±0.01	0.54±0.02	0.02±0.00	0.21±0.01	0.01±0.00
Hİ-TA 10-90	0.66±0.03	0.53±0.03	4.16±0.11	1.54±0.03	0.01±0.00	9.56±0.03	0.15±0.01	6.38±0.01	39.57±0.12	36.16±0.04	0.29±0.01	0.67±0.01	0.16±0.02	0.15±0.01	0.01±0.00	0.09±0.00	0.01±0.00
Hİ-TA 25-75	1.56±0.04	1.24±0.03	9.82±0.04	3.76±0.03	0.01±0.00	9.50±0.09	0.13±0.01	6.28±0.03	35.09±0.05	31.46±0.03	0.23±0.01	0.58±0.01	0.16±0.01	0.13±0.01	0.01±0.00	0.08±0.00	0.01±0.00
Hİ-TA 50-50	3.40±0.05	2.63±0.03	20.60±0.15	7.83±0.04	0.01±0.00	9.55±0.10	0.10±0.00	5.95±0.05	26.35±0.04	22.65±0.04	0.21±0.01	0.46±0.01	0.13±0.01	0.11±0.01	0.01±0.00	0.07±0.00	0.01±0.00
PAL-TA 10-90	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.12±0.01	0.01±0.00	12.73±0.08	0.17±0.01	6.22±0.03	43.75±0.06	36.14±0.10	0.23±0.01	0.68±0.01	0.16±0.01	0.14±0.01	0.01±0.00	0.09±0.00	0.01±0.00
PAL-TA 25-75	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.31±0.02	0.01±0.00	18.57±0.17	0.24±0.02	5.76±0.03	43.49±0.05	30.61±0.03	0.01±0.00	0.65±0.03	0.17±0.01	0.14±0.01	0.01±0.00	0.09±0.00	0.01±0.00
PAL-TA 50-50	0.01±0.00	0.01±0.00	0.12±0.00	0.46±0.02	0.01±0.00	23.63±0.13	0.18±0.01	5.34±0.03	43.71±0.05	25.55±0.04	0.23±0.01	0.58±0.02	0.15±0.01	0.12±0.01	0.01±0.00	0.09±0.00	0.01±0.00
SO-TA 10-90	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	9.46±0.17	0.16±0.01	6.36±0.04	42.19±0.17	40.67±0.06	0.36±0.01	0.72±0.01	0.18±0.01	0.18±0.01	0.01±0.00	0.12±0.02	0.01±0.00
SO-TA 25-75	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	9.29±0.06	0.16±0.01	6.17±0.02	40.81±0.22	41.91±0.07	0.45±0.01	0.72±0.02	0.17±0.02	0.23±0.01	0.01±0.00	0.12±0.01	0.01±0.00
SO-TA 50-50	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	8.51±0.05	0.17±0.01	5.67±0.03	35.64±0.03	45.92±0.06	0.76±0.01	0.62±0.02	0.18±0.01	0.32±0.01	0.01±0.00	0.14±0.01	0.01±0.00
PA-TA 10-90	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.14±0.01	9.38±0.06	0.17±0.01	6.19±0.02	40.34±0.10	42.66±0.05	0.34±0.01	0.76±0.02	0.01±0.00	0.18±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
PA-TA 25-75	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.26±0.00	11.17±0.06	0.12±0.01	5.66±0.03	37.25±0.04	44.65±0.04	0.27±0.01	0.66±0.02	0.01±0.00	0.2±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
PA-TA 50-50	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.35±0.02	14.22±0.12	0.12±0.01	4.34±0.06	28.49±0.16	53.93±0.05	0.28±0.01	0.54±0.02	0.01±0.00	0.23±0.01	0.31±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yüksek fiyatları ve büyük talepleri nedeniyle tahin helvası yapımında kullanılan tahin, dolayısıyla susam yerine söz konusu helva üretiminde başka ürünler (örneğin yerfıstığı gibi) kullanılabilir. Daha ucuz bitkisel yağlarla yapılan tağışışlerin tespitini mevcutta kullanılan yöntemler ile tespit etmek zorluk oluşturmaktadır.

Sawaya vd (1985), Tahinin yağ asidi profilinin palmitik asit ($9.8 \pm 0.15\%$), palmitoleik asit ($0.1 \pm 0.01\%$), heptadekanoik asit ($0.1 \pm 0.014\%$), stearik asit ($6.4 \pm 0.34\%$), oleik asit ($42.4 \pm 1.0\%$), linoleik asit ($39.7 \pm 0.53\%$), linolenik asit ($0.4 \pm 0.42\%$), araşidik asit ($0.5 \pm 0.01\%$) ve behenik asitten ($0.2 \pm 0.03\%$) oluştuğunu belirlemişlerdir. Yaptıkları çalışmayı literatürle karşılaştırıp sonuçların çok farklı olmadığını, farklı susam çeşitleri ile susam yağlarının yağ asidi bileşimlerinin arasında küçük farklılıklar olabileceğini belirtmişlerdir.

Ünsal ve Nas (1995), Tahin helvasının ve yağının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, susam yağının yağ asidi kompozisyonunu palmitik asit (%7-9), stearik asit (%4-5), araşidik asit (%0.4-1), oleik asit (%37-49), linoleik asit (%35-47) şeklinde belirlemişlerdir. Sonuçların TSE ile uyumluluğunu karşılaştırmış ve taklit-tağışışı saptamaya çalışmışlardır. Tahin helvasında kullanılan yağın, kakaodan gelen bir miktar kakao yağı hariç tutulursa susam yağı orjinli olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Özcan (1993), Susam, susam yağı ve tahinde fiziksel ve kimyasal özellikler ve yağ asitleri profilinin belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada susam ve tahin yağlarının yağ asitleri bileşimini gaz kromatografisi ile tespit etmiştir. Susam yağının %9.10-11.38 palmitik asit, % TED-0.15 stearik asit, %31.61-57.19 oleik asit, %30.79-57.33 linoleik asit, %0.30-0.79 linolenik asit ve % TED-2.62 araşidik asit içerdiğini tespit etmiştir. Tahin yağının ise %9.55-10.32 palmitik asit, % TED stearik asit, %37.42-45.04 oleik asit, %43.25-52.34 linoleik asit, %0.34-1.93 linolenik asit ve %TED-0.82 araşidik asit içerdiğini belirtmiştir. Her iki tip örneğin yağlarında stearik asit miktarı düşük, linoleik asit miktarı yüksek bulunmuştur. Stearik asit dışında yağ asitleri bileşimi literatür değerleriyle uyumlu bulunmuştur. Bu sonuçlara göre bitkisel yağların yağ asitleri bileşiminin tohum genotipi, ekim zamanı, yetiştirme şartları ve hasat mevsimi gibi etmenlere bağlı değişiklik gösterdiği söylenebilir.

Hassan (2012), kavrulmamış susam tohumlarının ortalama %8.47 palmitik asit, %0.04 heptadekanoik asit, %5.53 stearik asit, %0.61 araşidik asit, %0.11 behenik asit, %0.12 palmitoleik asit, % 0.03 heptadekanoik asit, %41.63 oleik asit, %42.77 linoleik asit, %0.42 linolenik asit, %0.23 gadoleik asit içerdiğini tespit etmiştir. Ayrıca susamların kavrulmasının yağ asidi içeriğini önemli ölçüde değiştirmediğini, kavurma işlemi sonunda da benzer yağ asidi profilinin gözlemlendiğini belirtmiştir.

Matthäus ve Özcan (2018), yaptıkları çalışmada farklı ülkelere ait susam tohumu ve yağlarının yağ içerikleri, yağ asidi bileşimleri ve tokoferol içeriklerini belirlemişlerdir. Hindistan ve Nijerya'dan aldıkları susam örneklerinde başlıca doymuş yağ asitlerini palmitik asit (%6,06-9,03), stearik asit (%5,29-6,42), araşidik asit (%0,19-0,71) ve başlıca doymamış yağ asitlerini linoleik asit (%38.11-47.11) ve oleik asit (%36.83-44.49) şeklinde tespit etmişlerdir. Susam tohumunun kimyasal bileşimi tohumun çeşidine, kökenine, rengine ve boyutuna göre değiştiğinden dolayı yağ numunelerindeki ana yağ asitlerinin miktarlarında önemli bir fark olduğunu belirtmişlerdir.

Yapılan bu çalışmada piyasadan alınan örneklerde toplamda 12 adet farklı yağ asidi çeşidi tespit edildi. Temel yağ asitlerinin ortalama değerleri; Miristik asit (%0.03), Palmitik asit (%10.61), Palmitoleik asit (%0.13), Stearik asit (%6.26), Oleik asit (%39.88), Linoleik asit (%41.53), Linolenik asit (%0.38), Araşidik asit (%0.60), Eikosenoik asit (%0.23), Behenik asit (%0.22) Dokosanoik asit (%0.09), Lignoserik asit (%0.04) olarak bulunmuştur.

Susam yağının yenilebilir bitkisel yağlar ile tağşişinin (soya yağı, pamuk yağı, ayçiçek yağı, hindistan cevizi yağı, yerfıstığı yağı ve palm yağı) tespit edilmesi için, altı tip bitkisel yağın yağ asidi bileşimi GC-FID/MS cihazıyla analiz edildi. Susam yağı ve diğer bitkisel yağlar arasında yapılan PCA analizinde yağ asidi içeriklerinin istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar oluşturduğu görüldü.

Tağşiş bazlı yağ asidi kompozisyonu 23 adet tahin helvası, 6 adet tahin, 1 adet susam ve 1 adet yer fıstığı örnekleri ile çalışılmıştır. Ayrıca 6 adet farklı yağ örneği ile 36 adet farklı oranda yağ-tahin yağı karışımı ile karşılaştırma yapıldı. Yağ asidi bileşimine ve bunların saf susam yağları ve karışımlarından elde edilen oranlarına dayanan veri dağılım modellerini incelemek için PCA analizi kullanıldı.

Çalışılan 31 adet örnekten 5 adetinde tağşiş yapılmış olduğu PCA analizi ile ortaya konuldu. Tağşiş yapıldığından şüphelenilen 5 adet örneğin ayrıca 6 adet farklı yağ örneği ile susam yağına %10, %25 ve %50 oranlarında karıştırmak suretiyle oluşturulan

modellerin PCA analizleri yapılarak hangi yağlar olabileceği konusunda yorumlamalar yapıldı.

Susam yağında en fazla % 0.10 oranında bulunan miristik asit, tahin helvası ve tahin örneklerinden N9 nolu örnekte önemli ölçüde yüksek bulundu. N9 nolu örnek için palm yağı karıştırıldığı kurulan tağşiş modeli ve yapılan AHC analizi ile tespit edildi. PCA grafiğinde N9, N19, N20, N21 ve N31 kodlu örnekler diğer örneklerden daha uzak bir konumda kümelenme gösterdiğinden tağşiş modelleri kuruldu ve tağşişte kullanılan bitkisel yağ türüne göre gruplandırıldı. Kurulan yer fıstığı-tahin tağşiş modeli ile yapılan PCA ve AHC analizlerinde N31 nolu örnekte yer fıstığı kullanılmış olduğu açık bir şekilde tespit edildi. N19, N20 ve N21 nolu örneklerin soya-tahin yağı karışımı tağşiş modeline uymasının yanında Erusik asit miktarının da 0.53 ile 0.92 aralığında olmasından dolayı tağşiş edildiği tespit edildi.

Bu çalışmada, GC-FID/MS tespiti kullanılarak tahin helvasında tağşişin tespiti için bir PCA yaklaşımının yararlılığı ve doğruluğu gösterilmiştir. Tahin helvasında yapılacak olan hilelerin tespitinde yağ asitleri kompozisyonu analizine PCA, AHC, ANOVA, korelasyon test istatistiksel analizler uygulanarak tağşişler ortaya çıkartılabilir.

5. KAYNAKLAR

- Abrak, S., 2017. Yarı Kurak İklim Koşullarında İkinci Ürün Susamda (*Sesamum Indicum* L.) Farklı Ekim Zamanı ve Bitki Sıklıklarının Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 143s.
- Abu-Jdayil, B., Al-Malah, K. ve Asoud, H., 2002. Rheological Characterization of Milled Sesame (Tehineh), Food Hydrocolloids, 16, 1, 55-61.
- Abu-Jdayil, B., 2004. Flow Properties of Sweetened Sesame Paste (Halawa Tehineh), European Food Research And Technology, 219, 3, 265-272.
- Akbulut, M. ve Coklar, H., 2008. Physicochemical and Rheological Properties of Sesame Pastes (Tahin) Processed From Hulled and Unhulled Roasted Sesame Seeds and Their Blends at Various Levels, Journal of Food Process Engineering, 31, 4, 488-502.
- Akbulut, M., 2008 . Comparative Studies of Mineral Contents of Hulled Sesame Paste (Tahin), Unhulled Sesame Paste (Bozkır Tahin) and Their Blends, Asian Journal of Chemistry, 20, 3, 1801.
- Akdoğan, A., 2011. Bazı Pestisitlerin Kromatografik Ayrılmaları ve Tayinleri. Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 183s.
- Al-Mahasneh, M., Rababah, T. ve Alu'Datt, M., 2017. Effect of Palm Oil (PO) and Distilled Mono-Glycerid (DMG) on Oil Separation and Rheological Properties of Sesame Paste, Journal of Food Processing And Preservation, 41, 3, E12896.
- Aprotosoiaie, A. C., Luca, S. V. ve Miron, A., 2016. Flavor Chemistry of Cocoa and Cocoa Products An Overview, Comprehensive Reviews In Food Science and Food Safety, 15, 1, 73-91.
- Aydın, F. ve Başaran, B., 2018. Microbiological Risks Related With Raw Materials in Halva Production and Detection of Microbiological Critical Control Points, Akademik Gıda, 16, 1, 42-50.
- Ayhan, İ., Çam, S. A., Uysal, F. ve Arslan, S. O., 2020. Yağ Asidi Kompozisyon Değişikliklerinin Kalp Damar Hastalıkları Açısından Önemi, Turkish Journal of Clinics and Laboratory, 11, 4, 323-333.
- Bartle, K. D. ve Myers, P., 2002. History of Gas Chromatography, Trac Trends in Analytical Chemistry, 21, 9-10, 547-557.
- Başaran B., 2014. Iso 22000 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi Uygulanan Bir İşletmede Helva Üretimindeki Hammadde Kaynaklı Mikrobiyolojik Risklerin İzlenmesi, Değerlendirilmesi Ve Mikrobiyolojik Kritik Kontrol Noktalarının Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 106s.

- Başdoğan, H., 2016. Tahinlerdeki Faz Ayrımı ve Reolojik Özellikler Üzerine Ultrases İşleminin Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 55s.
- Başhan, U., 2019. Farklı Pişirme Tekniklerinin Uskumru Balığının (Scomber scombrus, Linnaeus, 1758) Yağ Asidi İçeriğine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Biruni Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 95s.
- Batu, A. ve Elyıldırım F., 2009. Geleneksel Helva Üretim Teknolojisi, Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 4, 3, 32-43.
- Baydar, H., 2005. Susamda (Sesamum indicum L.) Verim, Yağ, Oleik Ve Linoleik Tipi Hatların Tarımsal Ve Teknolojik Özellikleri, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18, 2, 267-272.
- Bayraktar, L., 2003. Broyler Rasyonlarına Balık Yağı, E ve C Vitaminleri İlavesinin Etteki Yağ Asidi Kompozisyonuna ve Besi Performansına Etkisi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 99s.
- Benatti, P., Peluso, G., Nicolai, R. ve Calvani, M., 2004. Polyunsaturated Fatty Acids: Biochemical, Nutritional And Epigenetic Properties, Journal of The American College of Nutrition, 23, 4, 281-302.
- Benlikurt, S. A., 2019. Ticari Olarak Üretilen Sade Tahin Helvalarının Bazı Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 57s.
- Birer, S., 1985. Tahin Helvasının Yapılışı ve Beslenmemizdeki Yeri, Gıda, 10, 3, 133-135.
- Calder, P. C., 2015. Functional Roles of Fatty Acids and Their Effects on Human Health, Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 39, 18-32.
- Caligiani, A. ve Lolli, V., 2018. Cyclic Fatty Acids in Food: An Under Investigated Class of Fatty Acids, Biochemistry and Health Benefits Of Fatty Acids, 2018.
- Catargiu, A. D., Raican, D. D. ve Poiana, M. A., 2017. Innovative Approaches to Improve The Quality Attributes of Halva: A Review, Journal of Agroalimentary Processes and Technologies, 23, 4, 188-193.
- Christophe, B. C., 2012. PCA: The Basic Building Block of Chemometrics. Analytical Chemistry, 2-10.
- Colonna, S., Folco, G. ve Marangoni, F., 2013. I Grassi. In I Cibi Della Salute, Springer, Milano, 39-56.
- Çağlar, A., Tomar, O., Vatansever, H. ve Ekmekçi, E., 2017. Antepfıstığı (Pistacia Vera L.) ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri, Akademik Gıda, 15, 4, 436-447.
- Çakmakçı, S. ve Kahyaoğlu, D. T., 2012. Yağ Asitlerinin Sağlık ve Beslenme Üzerine Etkileri, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 5, 2, 133-137.

- Çalışkan, E., 2019. Optimized Production of Omega-3 and Omega-6 Fatty Acids From *Chlorococcum Novae-Angliae*. Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 100s.
- Çavuşoğlu, Ç. Y., 2017. Tahin Üretimi Sırasında Fiziksel, Kimyasal Ve Antioksidan Özelliklerdeki Değişim. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 106s.
- Çıraklı, O., 2011. Ülkemizde Üretilen Bazı Margarınların Yağ Asidi Bileşiminin ve Trans Yağ Asidi İçeriklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 77s.
- Çiftçi, D., Kahyaoğlu, T., Kapucu, S. ve Kaya S., 2008. Colloidal Stability and Rheological Properties of Sesame Paste, Journal of Food Engineering, 87, 3, 428-435.
- Demirci, M., 2015. İstanbul Piyasasında Satışa Sunulan Tavuk Etlerinin Yağ Asidi Kompozisyonunun Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 83s.
- Divakaran, M., Babu, K. N. ve Peter, K. V., 2006. Conservation of Vanilla Species, in Vitro, Scientia Horticulturae, 110, 2, 175-180.
- Elleuch, M., Besbes, S., Roiseux, O., Blecker, C. ve Attia, H., 2007. Quality Characteristics of Sesame Seeds and By-Products. Food Chemistry, 103, 2, 641-650.
- Elyıldırım, F., 2009. Cevizli Yaz Helvasında Değişik Depolama Sıcaklıklarında Meydana Gelen Kimyasal, Fiziksel, Mikrobiyolojik ve Duyusal Değişiklikler Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon, 114s.
- Ereifej, K. I., Rababah, T. M. ve Al-Rababah, M. A., 2005. Quality Attributes of Halva by Utilization of Proteins, Non-Hydrogenated Palm Oil, Emulsifiers, Gum Arabic, Sucrose, and Calcium Chloride. International Journal of Food Properties, 8, 3, 415-422.
- Erkmen D., 2019. Gıdalarda Erusik Asidin Eş Zamanlı Gc-MS/Fid Tayini İçin Metot Geliştirme ve Validasyon Çalışmalarının Yapılması, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane, 224s.
- Esbensen, K. H., ve Geladi, P. 2009. Comprehensive chemometrics: Chemical and biochemical data analysis. In S. Brown, R. Tauler, & B. Walczak (Eds.), Principal component analysis, Concept, geometrical interpretation, mathematical background, algorithms, history, practice, 2, 211-227.
- Eser, B. ve Dinçel, A. S., 2018. Kromatografiye Giriş, Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi Kullanımında Basit İpuçları, Sağlık Hizmetleri ve Eğitimi Dergisi, 2, 2, 51-57.
- Geçgel, M. ve Taşan Ü., 2007. Bitkisel Karışım Sıvı Yağların Yağ Asidi Bileşimlerinin İncelenmesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4, 1, 1-6.

- Ghaneian, M. T., Matoob, M., Ehrampoosh, M. H., Hajimohammadi, B., Fallahzadeh, H. ve Dehvari, M., 2014. Evaluation of Environmental Health Indicators of Halva and Tahini Production Centers in Ardakan, Yazd. Journal Of Community Health Research, 2, 4, 267-275.
- Gıda Güvenliği Ve Kalitesinin Denetimi Ve Kontrolüne Dair Yönetmelik (2008, 26 Eylül). Resmi Gazete (Sayı: 27009).
- Gómez-Caravaca, A. M., Maggio, R. M. ve Cerretani, L. 2016. Chemometric applications to assess quality and critical parameters of virgin and extra-virgin olive oil. A review, Analytica Chimica Acta, 913, 1–21.
- Gökmen, H. ve Köksal, G., 2001. Bebek Beslenmesinde Yağ Asitlerinin Önemi, Beslenme ve Diyet Dergisi, 30, 1, 35-44.
- Görgüç, A. ve Yılmaz, F.M., 2019. Seçilen Temel Bileşen Analizleri Kullanılarak Susam Kepeğinden Protein Ve Antioksidan Bileşiklerin Geri Kazanım Potansiyelinin Araştırılması, Türk Tarım-Gıda Bilimi Ve Teknolojisi Dergisi, 7, 4, 624-630.
- Gümüş P. Z., 2015. Differentiation of Olive Oil Produced In Different Areas In Turkey Based on Major Parameters Using Clusters/Pca (Principal Component Analysis) Methods. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Uygulamalı Ve Doğal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 216s.
- Gündoğdu, K., 2000. Tokat İlinde Selekte Edilen Badem Tiplerinin (Prunus Amygdalus L.) Yağ Asitleri Tayini. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 33s.
- Güneşer, O., 2009. Farklı Gıda Katkı Maddeleri Kullanımının Tahin Helvası Emülsiyon Stabilitesi Ve Kalitesine Olan Etkilerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, 79s.
- Hassan, M. A., 2012. Studies On Egyptian Sesame Seeds (Sesamum Indicum L.) And Its Products 1-Physicochemical Analysis And Phenolic Acids Of Roasted Egyptian Sesame Seeds (Sesamum Indicum L.). World Journal Of Dairy & Food Sciences, 7(2), 195-201.
- İnan, M., 2006. Çukurova Koşullarında Farklı Kökenli Çöven (Gypsophila Sp.) Türlerinde Kök Verimleri Ve Saponin İçeriklerinin Araştırılması. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 103s.
- Kahraman, T., Issa, G., Ozmen, G. ve Buyukunal, S., 2010. Microbiological and Chemical Quality of Tahini Halva, British Food Journal, 112, 6, 608-616.
- Karaca, E. ve Aytaç, S., 2007. Yağ Bitkilerinde Yağ Asitleri Kompozisyonu Üzerine Etki Eden Faktörler, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 22, 1, 123-131.
- Karakahya, E., 2006. Tahin Helvası Üretiminde Farklı Bitkisel Yağ Ve Soya Proteini Kullanımının Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 53s.

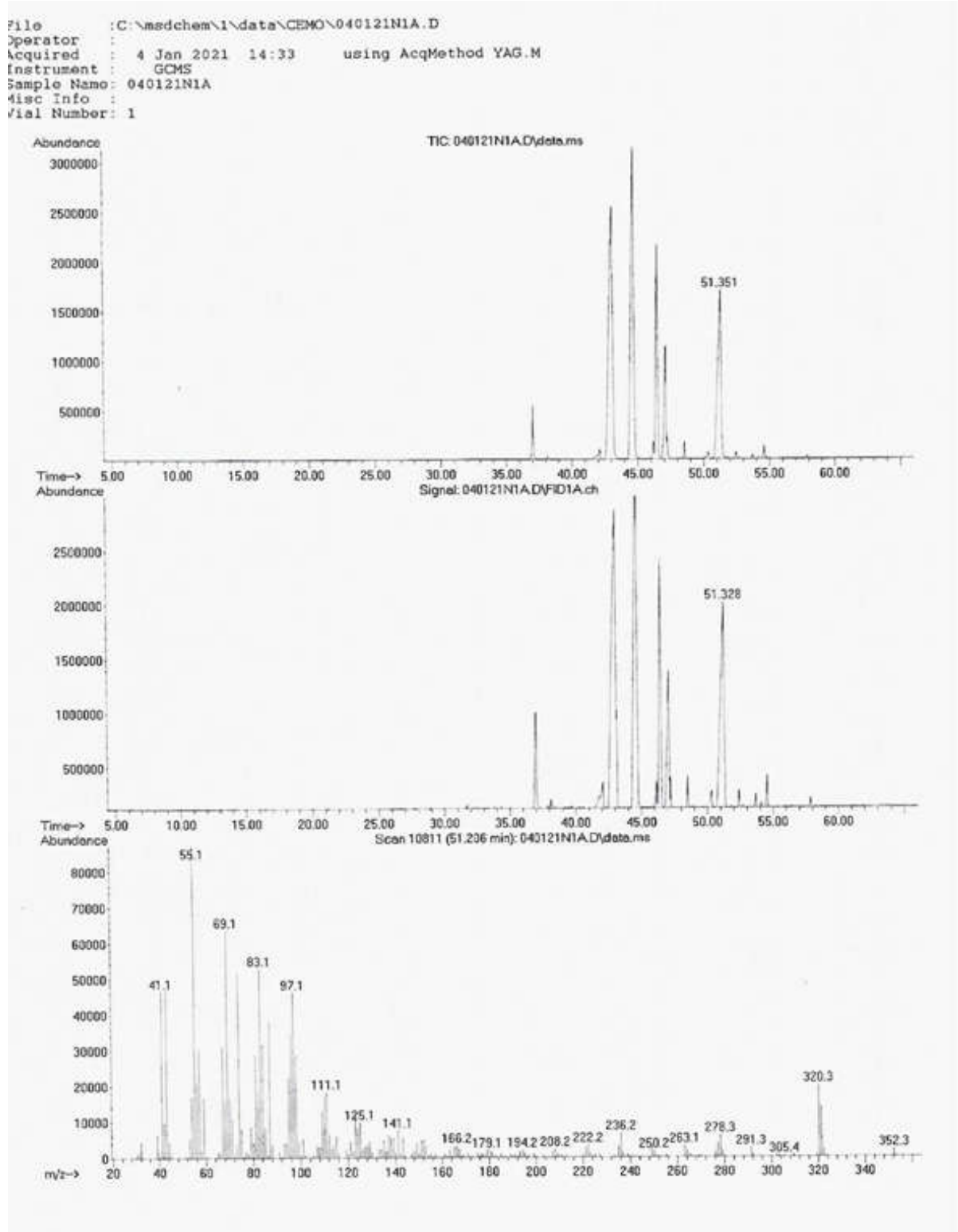
- Kaya Y. S. ve Yayla F., 2020. Resmi Verilere Göre Türkiye’de Taklit ve Tağşiş Yapılan Yiyecek ve İçecekler, Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 8, 4, 3108-3128
- Kaya, Y., Duyar, H. A. ve Erdem, M. E., 2004. Balık Yağ Asitlerinin İnsan Sağlığı İçin Önemi, E.Ü Su Ürünleri Dergisi, 21, 3-4.
- Kocatepe, D. ve Tırıl, A., 2015. Sağlıklı Beslenme ve Geleneksel Gıdalar (Healthy Nutrition And Traditional Foods), Journal Of Tourism And Gastronomy Studies, 55:63.
- Kurt, İ., 2014. Lathyrus laxiflorus subsp. laxiflous Uçucu Yağ Bileşenlerinin SPME-GC-MS-FID Yöntemiyle Aydınlatılması Ve Antimikrobiyal Aktiviteleri. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 38s.
- Lanteria, S., Armaninoa, C., Perrib, E., ve Palopolib A. 2002. Analytical, Nutritional and Clinical Methods Section Study of oils from Calabrian olive cultivars by chemometric methods, Food Chemistry, 76, 501–507
- Lehotay, S. J. ve Hajšlová, J., 2002. Application of Gas Chromatography in Food Analysis, Trac Trends in Analytical Chemistry, 21, 9-10, 686-697.
- Li Vigni, M., Durante, C., ve Cocchi, M. 2013. Data handling in science and Technology: Chemometrics in food chemistry. In F. Marini (Ed.), Exploratory data analysis, 28, 55-126).
- Lisa, M. ve Holčapek, M. 2008. Triacylglycerols profiling in plant oils important in food industry, dietetics and cosmetics using high-performance liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry, Journal of Chromatography A, 1198–1199(1–2), 115–130.
- Lokumcu, F., 2000. Tahinin Reolojik Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 69s.
- Lund, J. ve Rustan, A. C., 2005. Fatty Acids: Structures And Properties.
- Lunn, J. ve Theobald, H. E., 2006. The Health Effects of Dietary Unsaturated Fatty Acids, Nutrition Bulletin, 31, 3, 178-224.
- Matthäus, B. ve Özcan, M. M., 2018. Fatty Acid Composition And Tocopherol Contents Of Some Sesame Seed Oils. Iranian Journal Of Chemistry And Chemical Engineering (IJCCE), 37(5), 151-155.
- Meydani, E., 2008. Samsun’da Üretilen Sade Tahin Helvalarının Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 74s.
- Öğütçü, M., Arifoglu, N., Dincer, E. ve Yilmaz, E., 2017. Factors Affecting Tahini Quality, Journal Of International Scientific Publications: Agriculture Food, 5, 1000023, 366-373.

- Öğütçü, M., Arifoğlu, N. ve Yılmaz, E., 2017. Restriction Of Oil Migration In Tahini Halva Via Organogelation, European Journal Of Lipid Science and Technology, 119, 9, 1600189.
- Özcan M., 1993. Susam, Susam Yağı ve Tahinde Fiziksel-Kimyasal Analizler ve Yağ Asitlerinin Bileşiminin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 42s.
- Pazır, F., Özdicicler, O. ve Dirim, N. 2013. Tahin Helvası Üretiminde Çöven Ekstraktı Tozunun Kullanılması, Gıda, 38, 2, 95-101.
- Ramachandra Rao, S. ve Ravishankar, G. A., 2000. Vanilla Flavour: Production By Conventional And Biotechnological Routes, Journal Of The Science Of Food And Agriculture, 80, 3, 289-304.
- Roche, H. M., 1999. Unsaturated Fatty Acids. Proceedings of The Nutrition Society, 58, 2, 397-401.
- Sanja, O. Ž., Naira, M., Spaho, N., Jasmina, T., Akagić, A. ve Džafić, A., 2015. Effects of Production And Ingredients on Tahini Halvah Quality, J. Food Sci. Eng., 5, 122-129.
- Sardesai, V. M., 1992. The Essential Fatty Acids, Nutrition in Clinical Practice, 7, 4, 179-186.
- Sawaya, W. N., Ayaz, M., Khalil, J. K. ve Al-Shalhat, A., F. 1985. Chemical Composition And Nutritional Quality Of Tehneh (Sesame Butter). Food Chemistry, 18(1), 35-45.
- Schwingshackl, L. ve Hoffmann, G., 2012. Monounsaturated Fatty Acids And Risk Of Cardiovascular Disease: Synopsis Of The Evidence Available From Systematic Reviews And Meta-Analyses, Nutrients, 4, 12, 1989-2007.
- Scott, R. P., 2003. Principles and practice of chromatography, Chrom-ed book series, 1. Abdelmoteleb Z., 2021, Chromatography.
- Seven, Ü., 2006. Gıda Örneklerinde Aromatik Aminlerin Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi (GC-MS) ile Tayinlerinde Katı Faz Ekstraksiyonu Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 147s.
- Sezek, F., Kaya, E. ve Doğan, S., 2008. Üniversite Öğrencilerinin Genel Beslenme Alışkanlıkları, Katkılı Besinler Hakkındaki Bilgi, Görüş Ve Tutumları, Çankaya University Journal Of Arts And Sciences, 1, 10, 117-134.
- Sırıken, F., Sırıken, B. ve Demirci B., 2021. Bir Derleme: Gıda Sahtekârlığı, Gazi Sağlık Bilimleri Dergisi, 6, 1, 48-60.
- Soydinç, H., 2005. Farklı Oranlarda Kuru Meyve İlavesinin ve Depolama Süresinin Tahin Helvasının Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 89s.

- Soydinç, H., Başığit, B. ve Hayoğlu, İ., 2016. Effect Of Fruit Addition on The Quality Characteristics Of Tahini Halva, Harran Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi, 20, 4, 266-275.
- Sumar, S. ve Ismail, H., 1995. Adulteration Of Foods–Past And Present, *Nutrition & Food Science*, 4, 11-15.
- Şahin, G., 2014. Türkiye'de Üretimi Azalan Önemli Bir Yağ Bitkisi Susam. *Itobiad: Journal Of The Human & Social Science Researches*, 3, 2.
- Şahin, M., 2016. GC/FID Cihazı ile Kantitatif MDMA Analizi Metot Validasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 58s.
- Şekerci, A., 2014. İstanbul İlinde Satışa Sunulan Tahin Helvalarında Aflatoksin Varlığının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 53s.
- Tarhan, Ö., 2008. Türkiye’de Sıklıkla Tüketilen Yemeklerin Yağların Ve Yağlı Tohumların Yağ Asidi Bileşimlerinin Gaz Kromatografisi İle Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 58s.
- Temiz T. H., 2019. Kemometrik Yaklaşımlarla Gıda Tağşişlerinin Belirlenmesinde Spektroskopik Yöntemlerin Kullanılması. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 259s.
- Tenekeci O., 2016. Gıda Endüstrisinde Uygulanan Taklit/Tağşişler ve Hileler: Kavrulmuş İç Yerfistiği Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, 95s.
- Teonata, N., Wijaya, V., Vitaloka, V., Attamimi, M. ve Kartikawati, M., 2021. An Introduction To Different Types Of Gas Chromatography. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 15, 1, 8-17.
- TGK, Tebliğ No: 2015/27, 2015, Türk Gıda Kodeksi Tahin Tebliği, Gıda, Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığından, Resmi Gazete 28157.
- TGK, Tebliğ No: 2015/28, 2015, Türk Gıda Kodeksi Tahin Helvası Tebliği, Gıda, Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığından, Resmi Gazete 29385.
- Tokuyama, S. ve Nakamoto, K., 2011. Unsaturated Fatty Acids And Pain. *Biological And Pharmaceutical Bulletin*, 34, 8, 1174-1178.
- Tomruk, D., Devseren, E., İltar, I., Akyıl, S., Koç, M. ve Ertekin, F. K., 2018. Rheological and Sensorial Properties Of Sesame Paste Blends Prepared With Different Sugar Sources, Gıda/The Journal Of Food, 43, 1.
- TS EN ISO 12966-4, 2015. Hayvansal Ve Bitkisel Katı Ve Sıvı Yağlar- Yağ Asitleri Metil Esterlerinin Gaz Kromatografisi -Bölüm 4: Kapiler Gaz Kromatografisi İle Tayin Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ünsal, M. ve Nas S., 1995. Tahin Helvasının Ve Yağının Bazı Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri. *Gıda* , 20 (1).

- Vannice, G. ve Rasmussen, H., 2014. Position Of The Academy Of Nutrition And Dietetics: Dietary Fatty Acids For Healthy Adults, Journal Of The Academy Of Nutrition And Dietetics, 114, 1, 136-153.
- Var, I., Gök, F. ve Kabak, B., 2004. Tahin Helvalarının Mikrobiyolojik Kalitesi, Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 23-24.
- Var, I., Kabak, B. ve Gök, F., 2007. Survey of Aflatoxin B1 in Helva, A Traditional Turkish Food, By TLC, Food Control, 18, 1, 59-62.
- Venelinov, T. ve Quevauviller, P., 2003. Are Certified Reference Materials Really Expensive, Trac Trends in Analytical Chemistry, 22, 1, 15-18.
- Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu. (2010, 11, Haziran). Resmi Gazete (Sayı: 5996)
- Warude, D., Joshi, K. ve Harsulkar, A., 2006. Polyunsaturated Fatty Acids: Biotechnology, Critical Reviews in Biotechnology, 26, 2, 83-93.
- Yang, Y., Ferro, M. D., Cavaco, I. ve Liang, Y. 2013. Detection and identification of extra virgin olive oil adulteration by GC-MS combined with chemometrics, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61, 3693-3702
- Yaşar, T., 2003. Morina Karaciğer Yağından Enzimatik Hidroliz İle Dha'nın Zenginleştirilmesinde Enzim Miktarı Ve Süresinin Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 130s.
- Yeltekin, A. Ç., 2012. Alabalıklarda (Oncorhynchus Mykiss) Yağ Asiti Ve Önemi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17, 2, 118-123.
- Yeşilören, G. ve Ekşi A., 2014. Gıda Gerçekliği ve Kontrol Yöntemleri, Gıda, 39, 5, 315-322.
- Yetkin E., 2019. Tahinde Faz Ayrımı Üzerine Bazı Liflerin Ve Lesitin Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 76s.
- Yılmaz, G. ve Akman, S., 2019. Osmanlıdan Günümüze Helvalar Ve Helva-i Gazi'nin Gastronomik Değeri, Gastroia: Journal of Gastronomy and Travel Research, 3, 3, 462-469.
- Yiğit, A., Şahan, Y., İrkin, R. ve Korukluoğlu, M., 2006. Bursa'da Satışa Sunulan Tahin Helvalarının Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri, Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- Yol, E., 2011. Dünya Susam Koleksiyonunun Agro-Morfolojik Ve Kalite Özellikleri Bakımından Karakterizasyonu Ve Genetik Çeşitliliğin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 89s.
- Zoumpoulakis, P., Sinanoglou, V. J., Batrinou, A., Strati, I. F., Miniadis-Meimaroglou, S. ve Sflomos, K., 2012. A Combined Methodology To Detect Γ -Irradiated White Sesame Seeds And Evaluate The Effects On Fat Content, Physicochemical Properties And Protein Allergenicity, Food Chemistry, 131, 2, 713-721.

6. EKLER



Şekil 6.1. Yağ asitlerine ait MS, FID ve MS spektrumu.

ÖZGEÇMİŞ

Merve OLĞUN, 2005 Yılında Afyonkarahisar Oruçoğlu İlköğretim Okulu'nda ilköğretimini, Afyonkarahisar Anafartalar Anadolu Lisesi'nde lise lise eğitimini tamamladı. 2009 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi Gıda Teknolojisi bölümünden 2011 yılında mezun oldu. Daha sonra ise 2015 yılında Gümüşhane Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nü kazanarak 2018 yılında mezun oldu. 2018 yılında Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı. Yüksek Lisans eğitimine halen devam etmektedir.

