

TC
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TAHİN ÜRETİMİ SIRASINDA FİZİKSEL, KİMYASAL VE ANTIOKSİDAN
ÖZELLİKLERDEKİ DEĞİŞİM

YILDIZ ÇAĞLA ÇAVUŞOĞLU

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SAMSUN
2017

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

Yıldız Çağla ÇAVUŞOĞLU tarafından hazırlanan “Tahin Üretimi Sırasında Fiziksel, Kimyasal ve Antioksidan Özelliklerdeki Değişim” adlı tez çalışması 29/05/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman Doç. Dr. İlkay KOCA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri

Başkan Doç. Dr. İlkay KOCA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Yrd. Doç. Dr. Atilla ŞİMŞEK
Ordu Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Yrd. Doç. Dr. Belkıs TEKGÜLER
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım. .../.../2017

Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK

Enstitü Müdürü

ETİK BEYANI

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

Mayıs 2017

Yıldız Çağla ÇAVUŞOĞLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TAHİN ÜRETİMİ SIRASINDA FİZİKSEL, KİMYASAL VE ANTIOKSİDAN ÖZELLİKLERDEKİ DEĞİŞİM

Yıldız Çağla Çavuşoğlu

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İlkay Koca

Tahin, susamdan (*Sesamum indicum* L.) elde edilen ve ülkemizde yaygın olarak tüketilen bir gıda maddesidir. Bu çalışma, susamdan tahine kadar olan tahin üretim aşamalarında meydana gelen fiziksel, kimyasal ve antioksidan özelliklerdeki değişimleri incelemek amacıyla yapılmıştır. Bu doğrultuda 5 aşama belirlenmiş ve çeşitli yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda ham susam ve tahinde sırasıyla L değeri 51.45-56.40, $+a$ değeri 1.71-(-0.27), $+b$ değeri 12.31-15.04; kuru madde % 95.71-99.65; yağ % 53.14-58.37 (kuru maddede); protein % 20.18-26.79 (kuru maddede); kül % 5.70-3.44 (kuru maddede); pH 6.23-6.56; sesamin 5130.77-8939.62 ppm; toplam fenolik madde 1371.88-169.22 mg/kg (kuru maddede), FRAP 9595.41-127.68 $\mu\text{mol/g}$ (kuru maddede); DPPH giderme etkisi % 38.01-3.53 olarak bulunmuştur. Çalışma sonucunda, hammaddenin antioksidan kapasitesinin son ürüne göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kepek (kabuk) kısmının ayrılması ile antioksidan özelliklerde kayda değer bir düşüş görülmektedir.

Mayıs 2017, 106 sayfa

Anahtar Kelimeler: Tahin, susam, sesamin, antioksidan.

ABSTRACT

Master's Thesis

CHANGES IN PHYSICAL, CHEMICAL AND ANTIOXIDANT PROPERTIES DURING TEHINA (SESAME PASTE) PRODUCTION

Yıldız Çağla Çavuşoğlu

Ondokuz Mayıs University
Graduate School of Sciences
Department of Food Engineering

Süpervisor: Assoc. Prof. Dr. İlkey Koca

Tehina (Sesame paste) is a food product which is obtained from sesame (*Sesamum indicum* L.) and widely consumed in our country. The aim of this study was to determine the changes in physical, chemical and antioxidant properties during the different production steps from sesame to tehina. Therefore, 5 steps were defined and analysed by various methods. As a result of the analysis, raw sesame seeds and tehina had the following values respectively. *L* value 51.45-56.40; *+a* value 1.71-(-0.27); *+b* value 12.31-15.04; dry matter 95.71-99.65%; fat 53.14-58.37% (in dry matter); protein 20.18-26.79% (in dry matter); ash 5.70-3.44% (in dry matter); pH 6.23-6.56; sesamin 5130.77-8939.62 ppm; total phenolic content 1371.88-169.22 mg/kg (in dry matter); FRAP 9595.41-127.68 µmol/g (in dry matter); DPPH radical scavenging activity 38.01-3.53%. Finally it was found that the antioxidant capacity of the raw sesame seeds were higher comparing the last product, tehina. With the removal of the sesame coat there was a remarkable decrease in the antioxidant features.

May 2017, 106 pages

Key Words: Tehina (sesame paste), sesame, sesamin, antioxidant.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Lisans, yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren ve her zaman teşvik eden değerli hocam Doç. Dr. İlky KOCA'ya ve bu günlere gelmemi sağlayan bütün hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarımnda yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Belkıs TEKGÜLER'e teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarımnda her zaman yanımda olan değerli arkadaşım Özge TUNA'ya ve yardımlarını esirgemeyen Bengü ERDOĞAN, Abdullah KURT, Osman GÜL'e teşekkür ederim.

Tezimi bitirebilmemde en büyük etkenlerden biri olan, çalışmamı devam ettirebilmem için bana her gerektiğinde kolaylık sağlayan ve her zaman eğitimimi ön planda tutmamı tembihleyen değerli müdürüm Muhammet Mustafa KURT'a teşekkürü borç bilirim.

Yine, değerli müdürüm Yasin SEFER'e ve tüm mesai arkadaşlarıma, benim için gösterdikleri özverilerden dolayı teşekkür ederim.

Son olarak hayattaki en büyük şansım biricik aileme; annem Ayşe ÇAVUŞOĞLU, babam Ekrem ÇAVUŞOĞLU ve kardeşim Ayça ÇAVUŞOĞLU'na, benim için hiçbir fedakarlıktan kaçınmadıkları, her zaman yanımda oldukları ve bana daima inandıkları için teşekkür ederim.

Bu Yüksek Lisans Tez Çalışması Ondokuz Mayıs Üniversitesi PYO.MUH.1904.13.011 nolu Proje ile desteklenmiştir.

Mayıs 2017, Samsun

Yıldız Çağla ÇAVUŞOĞLU

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

| | |
|---|-------------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR | iii |
| İÇİNDEKİLER DİZİNİ | iv |
| SİMGELER VE KISALTMALAR | vi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | vii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | viii |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ | 2 |
| 2.1. Susam | 2 |
| 2.1.1. Susamın fiziksel, kimyasal ve antioksidan özellikleri | 5 |
| 2.2. Tahin..... | 10 |
| 2.2.1. Tahin üretim aşamaları..... | 11 |
| 2.2.2. Tahinin fiziksel, kimyasal ve antioksidan özellikleri..... | 14 |
| 2.3. Gıdalarda Oksidasyon | 15 |
| 2.4. Antioksidan Kavramı ve Tahindeki Antioksidan Bileşikler | 18 |
| 2.4.1. Fenolik bileşikler..... | 20 |
| 2.4.2. Tokoferoller (E Vitamini) | 23 |
| 2.4.3. Lignanlar | 24 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM | 34 |
| 3.1. Materyal | 34 |
| 3.1.1. Tahin üretim aşamaları..... | 34 |
| 3.2. Yöntem | 35 |
| 3.2.1. Renk ölçümü | 35 |
| 3.2.2. Çeşitli fizikokimyasal özelliklerin belirlenmesi | 36 |
| Kuru madde analizi | 36 |
| pH tayini..... | 36 |
| Yağ tayini | 36 |
| Protein tayini | 36 |
| Kül tayini..... | 37 |
| Yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi | 37 |
| Mineral madde kompozisyonunun belirlenmesi | 37 |
| DSC analizi | 38 |
| Oksidatif stabilite analizi..... | 38 |
| 3.2.3. Doğal antioksidanlar ve antioksidan aktivitenin belirlenmesi | 38 |
| Toplam fenolik madde tayini | 38 |
| FRAP (demir indirgeme antioksidan gücü) analizi..... | 38 |
| DPPH serbest radikal giderme gücü | 39 |
| Lignan analizi..... | 39 |
| 3.2.4. İstatistiksel analiz | 42 |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA | 42 |
| 4.1. Renk Ölçümü Sonuçları | 42 |
| 4.2. Çeşitli Fizikokimyasal Analiz Sonuçları | 45 |
| 4.2.1. Kuru madde tayini sonuçları | 45 |
| 4.2.2. pH tayini sonuçları | 47 |
| 4.2.3. Yağ tayini sonuçları | 47 |
| 4.2.4. Protein tayini sonuçları | 48 |
| 4.2.5. Kül tayini sonuçları | 50 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2.6. Yağ asidi kompozisyonu | 51 |
| 4.2.7. Mineral madde kompozisyonu | 54 |
| 4.2.8. DSC analizi sonuçları..... | 57 |
| 4.2.9. Oksidatif stabilite analizi sonuçları..... | 58 |
| 4.3. Doğal Antioksidanlar ve Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi | 60 |
| 4.2.1. Toplam fenolik madde sonuçları..... | 60 |
| 4.2.2. FRAP (demir indirgeme antioksidan gücü) tayini sonuçları | 63 |
| 4.2.3. DPPH serbest radikal giderme gücü sonuçları..... | 63 |
| 4.2.4. Lignan sonuçları..... | 65 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 69 |
| KAYNAKLAR | 72 |
| EKLER..... | 82 |
| EK A: Sesamin içeriğine ait HPLC kromatogram sonuçları..... | 82 |
| EK B: Sesamol içeriğine ait HPLC kromatogram sonuçları | 88 |
| EK C: DSC eğrileri | 92 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 95 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

KISALTMALAR

| | |
|---------------------------------|---|
| AOAC | Resmi Analitik Kimyagerler Birliği |
| BHA | Bütillenmiş Hidroksianizol |
| BHT | Bütillenmiş Hidroksitoluen |
| DSC | Diferansiyel Taramalı Kalorimetre |
| DPPH | 2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil |
| FAO | Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü |
| FRAP | Demir İyonlarını İndirgeme Antioksidan Kapasitesi |
| GC | Gaz Kromatografisi |
| HPLC | Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi |
| NaCl | Tuz |
| Na ₂ CO ₃ | Sodyum Karbonat |
| PAL | Fenilalanin Amonyak Liyaz |
| PG | Propil Gallat |
| PS | Piperitol Sentaz |
| SS | Sesamin Sentaz |
| TPTZ | Tripyridyl Triazine 2,4,6-tripyridyl-S-triazine |
| TÜİK | Türkiye İstatistik Kurumu |
| WHO | Dünya Sağlık Örgütü |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Şekil 2.1. Susam kapsüllerinin genel görünüşü ve boyuna kesit resimleri | 7 |
| Şekil 2.2. Tahin üretim aşamaları | 11 |
| Şekil 2.3. Lipid otoksidasyonunun mekanizması | 18 |
| Şekil 2.4. Antioksidanların etki mekanizması | 19 |
| Şekil 2.5. Fenolik bileşiklerin sentezlenme yolu | 22 |
| Şekil 2.6. Tokoferoller ve tokotrienoller | 24 |
| Şekil 2.7. Lignanların genel yapısı | 25 |
| Şekil 2.8. Lignanların biyosentetik oluşum yolları | 27 |
| Şekil 2.9. Sesamolinin sesaminole transformasyonu | 30 |
| Şekil 3.1. Tahin üretim aşamaları | 35 |
| Şekil 3.2. 200 ppm sesamin standardı kromatogramı | 40 |
| Şekil 3.3. Sesamin standart eğrisi | 41 |
| Şekil 3.4. 50 ppm sesamol standardı kromatogramı | 41 |
| Şekil 3.5. Sesamol standart eğrisi | 42 |
| Şekil A.1. Sesamin standart eğrisi | 82 |
| Şekil A.2. 5 ppm sesamin standardı kromatogramı | 82 |
| Şekil A.3. 25 ppm sesamin standardı kromatogramı | 83 |
| Şekil A.4. 50 ppm sesamin standardı kromatogramı | 83 |
| Şekil A.5. 100 ppm sesamin standardı kromatogramı | 84 |
| Şekil A.6. 200 ppm sesamin standardı kromatogramı | 84 |
| Şekil A.7. I.aşamaya ait sesamin kromatogramı | 85 |
| Şekil A.8. II. aşamaya ait sesamin kromatogramı | 85 |
| Şekil A.9. III. aşamaya ait sesamin kromatogramı | 86 |
| Şekil A.10. IV. aşamaya ait sesamin kromatogramı | 86 |
| Şekil A.11. V. aşamaya ait sesamin kromatogramı | 87 |
| Şekil B.1. Sesamol standart eğrisi | 88 |
| Şekil B.2. 0.1 ppm sesamol standardı kromatogramı | 88 |
| Şekil B.3. 0.2 ppm sesamol standardı kromatogramı | 89 |
| Şekil B.4. 0.5 ppm sesamol standardı kromatogramı | 89 |
| Şekil B.5. 1 ppm sesamol standardı kromatogramı | 90 |
| Şekil B.6. 10 ppm sesamol standardı kromatogramı | 90 |
| Şekil B.7. 50 ppm sesamol standardı kromatogramı | 91 |
| Şekil C.1. I. aşama için DSC eğrisi | 92 |
| Şekil C.2. II. aşama için DSC eğrisi | 92 |
| Şekil C.3. III. aşama için DSC eğrisi | 93 |
| Şekil C.4. IV. aşama için DSC eğrisi | 93 |
| Şekil C.5. V. aşama için DSC eğrisi | 94 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Çizelge 2.1. Türkiye susam üretimi, ihracatı ve ithalatı | 3 |
| Çizelge 4.1. Tahin üretimi süresince renkteki değişim..... | 42 |
| Çizelge 4.2. Tahin üretimi süresince bazı bileşenlerdeki değişim..... | 45 |
| Çizelge 4.3. Örneklerin yağ asidi dağılımındaki değişim..... | 52 |
| Çizelge 4.4. Tahine işleme süresince mineral maddelerdeki değişim | 54 |
| Çizelge 4.5. Tahin üretimi süresince indüksiyon periyodundaki değişim..... | 58 |
| Çizelge 4.6. Tahin üretim aşamalarında çeşitli antioksidan özelliklerdeki değişim.. | 60 |
| Çizelge 4.7. Tahin üretimi sırasında sesamindeki değişim..... | 65 |



1. GİRİŞ

İnsan beslenmesinde önem taşıyan gıdalar, ülkelere göre farklılık göstermektedir. Bu farklılığa, iklim koşulları, ekonomik durum, gelenekler ile ulusların tarihsel gelişimi büyük ölçüde etki etmektedir. Zengin bir gıda çeşitliliğine sahip olan Türk beslenme kültürünün kökeni, Orta Asya'ya kadar uzanmaktadır. Ülkemiz genelinde kültürel geleneklerimize göre bölgesel olarak üretilip tüketilen ve endüstriyel ölçekte de üretilen farklı gıdalar vardır. Bunlardan biri olan tahin; halk arasında yaygın olarak şeker, bal veya pekmeze karıştırılarak tüketilmektedir (Özcan, 1993; Güven vd, 2007).

Doğrudan doğruya, kabuğu soyulmuş ve kavrulmuş susamın öğütülmesinden ibaret olan tahinde % 54 oranında yağ, % 28 oranında yüksek değerli protein (başlıca esansiyel amino asitlerden olan metionin) ve B vitaminlerinin bulunması, bu ürünü beslenme açısından değerli kılar (Özcan, 1993; Karakahya, 2006). Tahin, hammaddesi olan susamdan dolayı kalsiyum, magnezyum, demir, çinko, fosfor gibi mineral maddeler ve besinsel lif açısından zengindir. Ayrıca susam, sesamin ve sesamolin gibi bileşikler içerir. Sesamin ve sesamolin bitkilerde bulunan lignan grubu bileşikler olup polifenolik yapıda, güçlü antioksidanlardır. Susam, bitkilerde bulunan ve kimyasal yapı olarak kolesterolün yapısına benzeyen fitosterollerce de zengindir. Diyetle alınan fitosterollerin, kan kolesterol seviyesini düşürdüğü, bağışıklık sistemini güçlendirdiği ve kanser riskini azalttığı bilinmektedir (Güven vd, 2007).

Susamdan tahin eldesi, kabuk ayırma, kurutma, kavurma ve öğütme aşamalarından oluşmaktadır. Tuzlu su ile yoğunluk farkından yararlanılarak susamın kabukları ayrılmakta, ortaya susam içi çıkmaktadır. Susam içi yıkanarak tuzundan arındırılmakta, kavrulup elendikten sonra öğütülmektedir. Öğütülen kavrulmuş susam içleri, son ürün olan tahini oluşturmaktadır. Bu işlemler sırasında susamdan son ürün tahine kadar olan üretim aşamalarında fiziksel, kimyasal ve antioksidan özelliklerde değişimler meydana gelmektedir. Tez kapsamında bu değişimlerin, üretim aşamaları sonucunda ortaya çıkan ürünlerde; yani susam, susam içi, kavrulmuş susam içi, susam kabuğu (kepek), tahinde incelenmesi amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Susam

Tahin üretiminde hammadde olan susam (*Sesamum indicum* L.), dünyada yetiştirilen en eski kültür bitkilerinden biri olup Babil ve Asur'lardan beri bilinmektedir (Sağır vd, 2010). Susamın orijini ile ilgili net bir bilgi bulunmamakla birlikte, bu konuda farklı yaklaşımlar vardır. Bazı araştırmacılar, susam türlerinin üçte ikisinin Afrika'da yer alması ve ekonomik olarak susamın bu kıtada baskın olmasına dayanarak, susamın orijini olarak Afrika'yı göstermişlerdir. Aynı şekilde bazı araştırmacılar, susamın Afrika'dan orijin aldığını ve Batı Asya üzerinden Hindistan, Çin ve Japonya'ya yayıldığını, bu bölgelerin ikincil yayılma merkezleri olduğunu ifade etmişlerdir (Silme ve Çağırğan, 2009).

Arkeolojik deliller, morfolojik ve hücre genetiği çalışmaları susam bitkisinin kültüre alınan ilk yağ bitkisi olduğunu göstermektedir (Tan, 2011). M.Ö. 1000 yıllarında Firavun'un kızı tarafından Nil Vadisindeki kamışlar arasında bulunduğu rivayet edilmektedir (Soydınç, 2005). Bazı çalışmalarda, ilk kez Hindistan'ın İndus Vadisi'nde Harappa'da M.Ö. 2250'de kültüre alındığı, bununla birlikte M.Ö. 2000 yıllarında Mezopotamya ve Anadolu'da da tarımının yapıldığı bildirilmektedir (Tan, 2011). Susamın, kültürü yapılan tek yıllık yağ bitkileri arasında; soya, kolza, yerfıstığı ve ayçiçeğinden sonra en fazla ekimi yapılan bitki olduğu belirtilmektedir (Koca, 2007).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2017 verilerine göre, 2014 yılında dünyada 10.560.371,00 hektar alanda, 5.469.024,00 ton susam üretilmiştir. Susam üretiminin % 54.8'i Afrika, % 41.6'sı Asya, % 3.6'sı Amerika kıtasında ve % 0.1'i Avrupa'da gerçekleşmiştir. Dünya susam üretiminde lider ülke, 811.000,00 tonluk üretimle Hindistan'dır. Bu ülkeyi 721.000,00 tonluk üretimle Sudan ve 610.000,00 tonluk üretimle Çin takip etmektedir. Dünya susam üretiminde önde gelen diğer ülkeler Myanmar (519.400,00 ton), Tanzanya (460.000,00 ton) ve Nijerya (434.990,00 ton)'dır. Ülkemiz ise 17.716,00 ton'luk üretimle geri sıralarda bulunmaktadır (Anonim, 2017a).

2017 yılı TÜİK verilerine göre üretim miktarı bakımından; 2015 yılında Türkiye’de üretimi yapılan ayçiçeği (1.680.700,00 ton), çığit (1.213.600,00 ton), soya (161.000,00 ton), yerfıstığı (147.537,00 ton), kolza (120.000,00 ton), aspir (70.000,00 ton), haşhaş tohumu (30.730,00 ton), kenevir tohumu (1 ton) gibi yağlı tohumlar arasında 18.530,00 ton’luk üretimle haşhaş tohumundan sonra yer almaktadır (Anonim, 2017b).

2015 yılı itibariyle Türkiye’de, tahıllar ve diğer bitkisel ürünler arasında ekim alanı yaklaşık % 0.16 olan susam; ortalama 66 kg/da verime sahiptir. En fazla yetiştiği bölge 7.252,00 ton ile Türkiye susam üretiminin % 47’sini karşılayan Ege Bölgesi olup bu bölgeyi sırasıyla Akdeniz, Batı Marmara, Güneydoğu Anadolu, Ortadoğu Anadolu ve Doğu Marmara izlemektedir. Ege ve Akdeniz Bölgeleri birlikte, Türkiye susam üretiminin % 87’sini karşılamaktadır. Adana’da en yüksek üretim miktarına ulaşan susamın; Manisa, Muğla, Uşak, Antalya gibi illerde yıllık 1.000,00 tonun üzerinde üretimi yapılmaktadır (Anonim, 2017b).

Dünya susam ihracatı 2009-2013 arası dönemde ortalama 1.388.574,00 ton, ithalatı ise 1.369.846,6 ton olmuştur. Türkiye için bu değerler sırasıyla 2.896,8 ton ve 103.520,00 ton’dur. Çizelge 2.1’de Türkiye’nin yıllara göre susam üretim, ihracat ve ithalat miktarları gösterilmektedir (Anonim, 2017a). Değerlerden de anlaşılacağı üzere ülkemizde mevcut susam üretim miktarı, ülkemizin susam ihtiyacını karşılamamaktadır.

Çizelge 2.1. Türkiye susam üretimi, ihracatı ve ithalatı (Anonim, 2017a)

| Dönem | Üretim (Ton) | İhracat (Ton) | İthalat (Ton) |
|-------------|-----------------|------------------|------------------|
| 2009 | 21036.0 | 3232.0 | 91954.00 |
| 2010 | 23460.0 | 2997.0 | 102058.0 |
| 2011 | 18000.0 | 3478.0 | 101160.0 |
| 2012 | 16221.0 | 2342.0 | 115583.0 |
| 2013 | 15457.0 | 2435.0 | 106845.0 |
| 2014 | 17716.0 | * | * |

* Veri bulunmamaktadır.

Susam, gelişme süresinin kısalığı, birim fiyatının yüksekliği, üretim girdilerinin fazla olmaması ve her kültür bitkisi ile ekim nöbetine girmesi nedeni ile ana ürün tarımında olduğu kadar, ikinci ürün tarımında da yer alabilmektedir. Ülkemizde Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde hububattan sonra ikinci ürün olarak sulu ve kuru alanlarda yetiştirilmektedir (Bükün vd, 2005; Sağır vd, 2010; Tan, 2011).

Susam tohumu daha çok yağ üretiminde kullanılır; bununla birlikte yağ üretiminin yanında daha birçok alanda da faydalanılmaktadır. Susam tohumları baharat olarak, şekerlemecilik ve bisküvi, fırın ürünleri (örneğin çörek ve ekme), tahin, helva, antioksidan üretiminde kullanılmaktadır (Gölükcü, 2000).

Yüksek yağ kalitesi ile dünya bitkisel yağ üretiminde önemli bir yer tutan susamın ekonomik olmaması nedeniyle ülkemizde yemeklik yağ olarak kullanımı sınırlı kalmıştır. 1950 yılından bu tarafa ülkemizde susamdan yağ çıkarılmamaktadır. Ancak susam üretiminin yoğun olarak yapıldığı Asya ülkelerinde üretilen susam, geniş oranda bitkisel yağ (% 77.6) şeklinde, diğer kısmı ise pastacılıkta (% 20.1) ve tohumluk olarak (% 2.3) değerlendirilmektedir. Bunun yanında sanayide sabun, boya üretimi gibi birçok alanda da kullanılmaktadır. Türkiye’de ise tahin ve tahin helvası imalinde, unlu mamullerin üretiminde, yağı ise parfümeri, kozmetik ve sabun sanayinde kullanılmaktadır (Bükün vd, 2005; Koca, 2007).

Ülkemize özgü gevrek simitin lezzeti susamdan gelmektedir. Son zamanlarda çeşitli sert şekerlemelere de çeşni olarak susam katılmaktadır. Ülkemizde susam, en fazla tahin üretiminde kullanılmaktadır. Tahin kendisine katılan başta pekmez, bal ve şeker şurubu ile tatlandırılarak veya en yaygın hali ile tahin helvası olarak tüketilmektedir. Ayrıca tahin birçok salatada ve mezelerde kullanılmaktadır. Tahin ve helva, ülkemizin geleneksel gıdalarından olup enerji değerleri çok yüksek gıdalardır. B vitamini türevleri bakımından zengindir. Metionin niceliği ile tahin proteini, ete özdeş bir değer vermektedir. ABD’de bu yüzden tahine ‘sweetmeat’ (tatlı et) denilmektedir (Gölükcü, 2000).

Susam tohumunun kullanım amacına göre yağ içeriğinin de farklı olması arzulanmaktadır. Örneğin; simit, bisküvi ve tahin üretiminde kullanılacak susam tohumunda düşük yağ-yüksek protein; bitkisel yağ üretimi için kullanılacak susam tohumunda düşük protein-yüksek yağ içeriği istenmektedir (Koca, 2007).

Tohum verimi, susam tarımında en önemli hedeftir. Susam tohumunda verim, genotiplere, iklim ve toprak özellikleri gibi ekolojik faktörler ve yetiştiricinin uyguladığı bakım işlemlerine göre önemli derecede değişkenlik göstermektedir (Öz ve Karasu, 2010).

Türkiye'de uzun yılların doğal seleksiyonu sonucu yetiştirildiği bölge ekolojisine iyi adapte olmuş ve bu nedenle halen yerel olarak üretimlerine devam edilen çok sayıda susam varyete ve ekotipi bulunmaktadır. Her ne kadar bu varyete ve ekotiplerden kendi yetişme alanlarında her yıl stabil bir verim alınsa da, ortalama tohum verimleri çok düşük düzeylerde kalmaktadır. Susamda ekim zamanı geciktikçe tohum verimi ve yağ oranı düşmektedir (Baydar, 2005).

Yağlı bitkiler arasında ilk önce kültüre alındığı tahmin edilen susamın, günümüzdeki yağlı tohum ve bitkisel yağ üretimindeki payı oldukça düşük düzeydedir. Gelişme süresinin kısalığı (90–120 gün), toprak seçiciliğinin az ve bir dereceye kadar kuraklığa toleranslı oluşu, besin maddeleri ihtiyacının düşük oluşu ve birçok kültür bitkisiyle ekim nöbetine girebilme özelliği, pazarlama sorunu olmaması ise ikinci ürün tarımında susama oldukça önemli avantajlar sağlamaktadır. Bütün bu olumlu yanlarına rağmen, Türkiye'de ana ürün ve ikinci ürün tarımında önemli bir yere sahip olması gereken susam bitkisi tarımının ülkemizde istenen düzeye ulaştığını söylemek oldukça güçtür; hatta üretimi yıllara göre azalmaktadır. Susam üretiminde meydana gelen azalış ikinci ürün olarak mısır ve pamuğun tercih edilmesine bağlanmaktadır (Gölükcü, 2000; Koca, 2007)

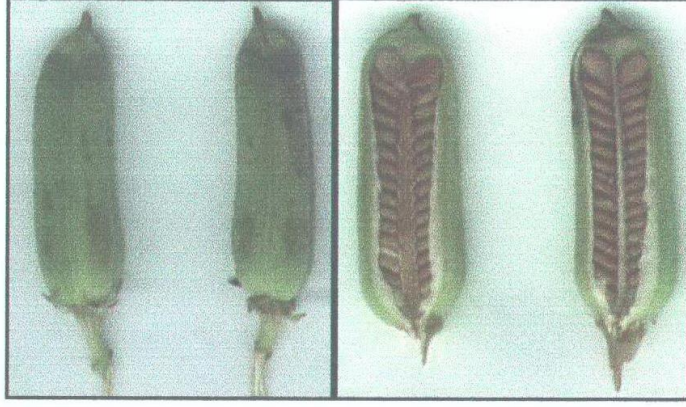
2.1.1. Susamın fiziksel, kimyasal ve antioksidan özellikleri

Ülkemizde küncü, şirik, şırlağan gibi isimlerle de bilinen susam *Personatae* takımı *Pedaliaceae* familyasına ait bir bitki olup yaklaşık 40 türü bulunmaktadır. Bunlardan 26 adedi yabancı tür, 13 adedi kısmen kültürü yapılan tür ve sadece bir adedi kültürü yapılan susam türü (*Sesamum indicum* L.) olup, bu türün $2n=2x=26$ ve $2n=52$ kromozoma sahip iki alt türünün dünyada kültürü yapılmaktadır. Alt türlerden birinin ($2n=52$) Hindistan, ABD, Japonya ve Venezuela'da yayılış gösterdiği, diğer alt türün ($2n=26$) ise tropikal ve ılıman bölgelerde yayılış gösterdiği bildirilmekte olup yaklaşık 3000 varyete ve ekotipi bulunmaktadır (Gölükcü, 2000; Özdemir, 2001; Tan, 2011).

Susam, genellikle dik formda büyüyen tek yıllık bir bitkidir. Kazık köklü olup, yaprakları yeşil veya koyu yeşil renkte, dar, uzun parçasız veya geniş ve parçalı şekilde olabilmektedir. Yaprak kenarları ise dilimli, dişli veya yırtmaçlı, tam (bütün, yırtmaçsız) olabilmektedir. Yaprak koltuklarından çıkan çiçek sayısına göre tek veya üç kapsüllü olabilmektedir (Tan, 2011). Bitki boyu çeşide bağlı olarak değişmekle beraber genellikle 30-150 cm arasındadır (Bükün vd, 2005). Susam kapsüllerinin genel görünüşü Şekil 2. 1’de yer almaktadır (Uğurluay, 2002).

Sıcağı seven bir yağ bitkisi olan susam; tropikal savana, kuru tropikal, step alanları, nemli subtropikal ve kuru subtropikal (Akdeniz Bölgesi vb.) bölgelerde, 40° kuzey ve 40° güney enlemleri arasında yetişebilen bir bitkidir (Gölükcü, 2000; Soydinç, 2005). Bu yönü ile susam daha çok Afrika, Orta ve Güney Amerika ile Arap ve Asya ülkelerinde yetiştirilmektedir (Koca, 2007).

Susam 90-120 günde gelişme devresini tamamlar; bu süre içinde aylık sıcaklık ortalamasının 20°C’den aşağı düşmemesi ve toprak sıcaklığının tohumların çimlenmesi esnasında 15°C - 20°C’den daha yüksek sıcaklıklarda olması gereklidir. Susam bitkisinde hasat zamanının geldiği; çiçeklenmenin bitmesi, yaprakların dökülmesi, kapsüllerin sararmasıyla ve kapsüller kırıldığında tohum rengine bakarak anlaşılır. Tohum rengi; beyaz tanelilerde koyu sarı, kahverengi tanelilerde ise açık kahverengi olmaktadır. Susam tarımında verim 60-80 kg/da’dır. Bu verim kaliteli tohumluk kullanımı, yeterli gübreleme ve sulama ile arttırılabilmektedir. Yağlı tohum olan susam hava sirkülasyonunun bulunduğu serin, kuru depolarda muhafaza edilmelidir (Soydinç, 2005; Bulama, 2008).



Şekil 2.1. Susam kapsüllerinin genel görünüşü ve boyuna kesit resimleri (Uğurluay, 2002)

Susam tohumları beyaz, krem, açık sarı, sarı, koyu sarı, kahverengi, koyu kahverengi veya siyah renkte olabilmektedir (Tan, 2011). Özcan (1993), Türkiye'nin çeşitli yerlerinden toplanan 76 susam örneğinin % 45'inin kahverengi, % 35'inin sarı, % 12'sinin beyaz, % 7'sinin koyu kahverengi ve % 1-2'sinin siyah renkte olduğunu bildirmiştir. Marmara Bölgesi susamlarının daha çok sarı (% 73), Ege Bölgesi susamlarının daha çok kahve (% 38) ve beyaz (% 35), Akdeniz Bölgesi susamlarının daha çok kahve (% 88) ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi susamlarının daha çok koyu kahve (% 48) ve kahve (% 37) renklerde olduğu saptanmıştır (Koca, 2007).

Koyu renkli kabuğun açık renkli üzerine dominant olduğu, susamda tohum rengiyle bileşimi arasında bir ilişki olduğu bilinmektedir. Örneğin; koyu renkli tohumlar açık renkli tohumlara göre daha yüksek protein, daha düşük yağ içermektedir (Koca, 2007).

Susamda kabuk oranı oldukça önemlidir; çünkü ekonomik olarak kullanım alanı kısıtlıdır. Ayrıca kabuk, içerdiği yüksek oranda okzalik asit ve fitik asitten dolayı metabolizmada olumsuzluklara neden olmaktadır. Okzalik asit ve fitat başta kalsiyum olmak üzere mineraller ile kompleks yaparak bu maddelerin biyolojik elverişliliğini azaltmaktadır. Tahine işlemede susam kabuğunun soyulmasının önemli nedenlerinden biri budur. Okzalik asit oranı kabuklu susamlarda % 2-3 dolaylarında olup hemen hemen tamamı kabukta bulunmaktadır. Kabukları soyulmuş susamda okzalik asit oranı % 0.25'e kadar düşmektedir. Susamın kabuk oranının % 9'lardan % 20'lere kadar değiştiği belirtilmektedir (Özdemir, 2001; Hassan, 2012).

Özdemir (2001) yaptığı çalışmada, kabuklu tohumda su miktarını % 6.87, kabuğu soyulmuş içlerde ise % 6.81 olarak ifade etmiştir. Yağlı tohumlarda fiyat belirlemede su içeriği bir kriter olarak kullanılabilir. Ayrıca tohumun depolama süresi içerdiği nem oranı ile ilişkilidir. Yüksek nem içeriği depolama süresini kısaltmaktadır.

Susam, yağ oranı ve enerji değeri yüksek bir üründür. Protein, kalsiyum, magnezyum, potasyum gibi mineraller açısından zengindir (Nagendra Prasad vd, 2012). Susam tohumu diğer birçok yağlı tohumdan daha fazla yağ içermektedir. Yağ içeriği çeşit ve çevre faktörlerine göre % 37 ile % 63 arasında değişmektedir. Yağ içeriği aynı zamanda tohumun renk, boyut, yetiştirme şartları ve iklime göre de farklılık göstermektedir. Beyaz ve açık renkli iri susamların, koyu renkli ve küçük boyutlulardan daha fazla yağ içerdiği bildirilmektedir. Ayrıca hasat zamanı da tohumun yağ içeriği miktarını etkilemektedir (Özdemir, 2001).

Palmitik, stearik, oleik ve linoleik yağ asitleri susam yağının en önemli bileşenleridir. Susamda belirtilen bu yağ asitleri dışında miristik, palmitoleik ve araşidik asit bulunursa da, bunların oranı önemsenmeyecek düzeydedir. Oleik ve linoleik asit doymamış yağ asitlerinden olup her ikisinin birlikte susam yağındaki payı % 80'den fazladır. Bu nedenle susam yağı, 'yağların kraliçesi' olarak tanımlanmıştır. Oleik asit miktarı yüksek olan yağların stabilitesi de yüksek olmakta ve bu tip yağların oksitlenerek bozulması daha güç olmaktadır. Yağ asitleri içeriğini iklimik ve çevresel etmenler gibi birçok faktör etkilemektedir (Turgut ve Baydar, 1996).

Susamda toplam lipidlerin % 91'ini nötral lipidler % 2.4'ünü monogliko-lipidler, % 3.5'ini diglikolipidler ve % 3.0'ünü fosfolipidler oluşturmaktadır. Susamın yağ asidi kompozisyonu, yetiştirildiği bölge ve kavurma yöntemine göre değişim göstermekle birlikte nötral lipidlerin ortalama bileşimi genellikle şu şekildedir: doymuş yağ asitleri, palmitik asit (C16:0) % 7-12, stearik asit (C 18:0) % 3.5-6 ve araşidik asit (C 20:0) maksimum % 1; teklidoymamış yağ asitleri, oleik asit (C 18:1) % 35-50; çokludoymamış yağ asitleri ise linoleik asit (C 18:2) % 35-50 ve linolenik asit (C 18:3) maksimum % 1'dir (Güler, 2003).

Susamın en önemli diğer bileşeni ise protein olup tohumda ortalama % 17-32 aralığında bulunmaktadır (Baydar, 2005; Hahm ve Kuei, 2015). Özdemir (2001) yaptığı çalışmada, kabuklu susamlarda protein oranını % 18, kabuğu soyulmuş iç susamda ise % 20.25 olarak tespit etmiştir. Susam, baklagillere eşdeğer miktarda protein içermekte olup proteince zengin bir gıdadır. Proteinlerin % 60'ını yüksek molekül ağırlıklı α -globulin, % 25'ini ise daha düşük molekül ağırlıklı β -globulin oluşturmaktadır. β -globulin asidik aminoasitlerce özellikle de glutamik asitçe zengindir (Gölükcü, 2000; Baydar, 2005; Özdemir, 2001).

Susam tohumu proteinlerinin esansiyel amino asit bileşimi (g/16 g N); 11.9-13 arginin, 2.2-2.8 histidin, 3.3-4.7 izolösin, 6.5-8.0 lösin, 2.5-5.5 lizin, 2.5-4.0 metionin, 1.1-2.2 sistin, 4.2-6.4 fenilalanin, 3.7 tirozin, 3.1-4.0 treonin, 1.0-2.4 triptofan ve 3.9-5.1 valin olarak bildirilmiştir. Bazı kaynaklara göre de susam proteini sülfür içeren metionin ve triptofan gibi aminoasitler yönünden yeterli, lizin bakımından ise fakirdir (Gölükcü, 2000; Baydar, 2005).

Susam tohumunun % 11.26 oranında şeker içerdiği, vitamin bileşiminde ise iz miktarda A vitamini, kayda değer oranda ise B vitamini olduğu, 10 ppm tiamin, 2.5 ppm riboflavin, 50 ppm niasin, 6 ppm pantotenik asit ve 5 ppm askorbik asit içerebildiği bildirilmektedir (Gölükcü, 2000; Hahm ve Kuei, 2015).

Susamın mineral madde bileşimi üzerine yapılan bir çalışmada tohumun % 0.07–0.16 sodyum, % 0.47–0.60 potasyum, % 0.85–1.30 fosfor, 15.58–20.45 ppm bakır, 65.29–85.95 ppm demir, 16.61–22.66 ppm mangan ve 70.10–121.41 ppm arasında çinko içerdiği belirtilmiştir (Gölükcü, 2000).

Susam yağının en önemli karakteristiği oksidatif bozulmaya karşı direnç göstermesidir. Susam yağı, doymamış yağ asitleri içeriğinin yüksek olması; sesamol, sesaminol gibi sadece bu yağa özgü olan antioksidan özellikte lignan maddelerini ve ayrıca tokoferoller, bazı hidrokarbonları, bazı steroller (avenasteroller, sitrostadienol gibi) bulundurması nedeniyle uzun bir raf ömrüne sahiptir. Susam yağının antioksidan aktivitesinin yağda bulunan sesamol, γ -tokoferol ve bazı bilinmeyen Maillard reaksiyon ürünlerinin sinerjistik etkisi sonucu oluştuğu düşünülmektedir. Susam tohumları ve bundan elde edilen ham susam yağı, tahin ve tahin helvası gibi ürünler acılaşılmaya dayanıklı olup subtropikal iklimlerde bile uzun

sürelî raf ve depolama ömrüne sahiptir (Yamashita vd, 1992; Bozkurt, 2006; Meydani, 2008).

Susam tohumu ve ürünlerinin yüksek oksidatif stabilitesinden sorumlu olan lignan, tokoferol gibi bileşikler fenolik bileşiklerdir. Bu nedenle işleme süresince antioksidan özelliklerdeki değişimin anlaşılabilmesi için gıdalarda oksidasyon, antioksidan kavramı, fenolik bileşiklere ilerleyen bölümlerde daha ayrıntılı değinilmiştir.

2.2. Tahin

Türk Gıda Kodeksi Tahin Tebliği'ne göre tahin; tahin üretimine uygun susam (*Sesamum indicum* L.) tohumlarının tekniğine uygun olarak kabukları ayrıldıktan ve fırında kurutulup kavrulduktan sonra değirmende ezilmesi ile elde edilen üründür (Anonim, 2017c).

Tahin Tebliği'ne göre, tahinde susam yağının kütlece en az % 50, rutubetin en çok % 1.5, proteinin en az % 20, külün en çok % 3.2, acılığın (Kreis) negatif, asitliğin (oleik asit cinsinden) en çok % 2.4 olması ve yabancı madde bulunmaması (nişasta hariç) gerekmektedir (Anonim, 2017c).

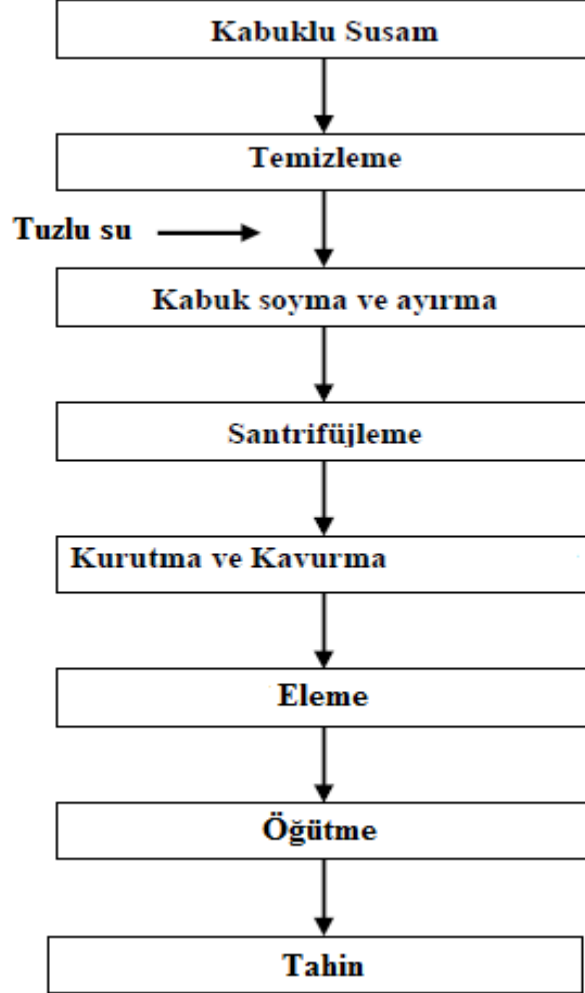
Tahinin, kabuksuz susam tohumlarının öğütülmesi ile elde edilen bir ürün olmasından dolayı besin değerinin susam tohumlarından daha fazla olduğu ve bileşiminde yüksek oranda yağ içermesi nedeniyle kıvamlı bir sıvı olduğu belirtilmektedir (Güven vd, 2007).

Doğrudan doğruya, kabuğu soyulmuş ve kavrulmuş susamın öğütülmüşünden ibaret olan tahin, Türkiye'de şeker, bal veya pekmezle karıştırılarak yaygın şekilde tüketilmekte; yöresel mutfaklarda da değişik kullanımlarına rastlanmaktadır (Özcan, 1993). Ancak en büyük kullanım alanı tahin helvası üretimidir (Batu ve Elyıldırım, 2009).

Tahinde % 54 yağ, % 28 yüksek değerli protein ve B vitaminleri bulunmaktadır. Bu nedenle tahin en az süt ve et kadar kıymetli bir gıda sayılmaktadır (Karakahya, 2006).

2.2.1. Tahin üretim aşamaları

Geleneksel olarak tahin üretimi başlıca üç aşamadan oluşmaktadır. Bunlar, kabuk soyma, kavurma ve öğütmedir (Şekil 2.2) (Özdemir vd, 2006).



Şekil 2.2. Tahin üretim aşamaları

Tahin üretiminde susamlar ilk olarak taş, toprak gibi organik-inorganik yabancı maddelerin temizlenmesi için elenmekte ve sonrasında kabukların susam tanesinden ayrılmasını kolaylaştırmak amacı ile büyük havuzlarda suda bekletilmektedir (4-8 saat arası, susamın çeşidine ve suyu absorpsiyonuna göre). Kaba pisliklerinden ayrılan susamlar belirli derişimlerde (% 15-18) tuz (NaCl) içeren çözeltilerde 5-6 saat bekletilerek (bazı işletmelerde iki aşamalı olarak bekletilmektedir) kabukların ayrılması sağlanmaktadır. Kabukları ayrılan susamlar daha sonra yıkanmakta, böylece tuz uzaklaştırılmaktadır. Fazla suyun uzaklaştırılması için susamlar santrifujlenmektedir. Santrifujleme işlemi sonucu suyu

uzaklaştırılan susamlar, döner kazanlarda 100-150°C'de 1-2 saat kavrulmaktadır (Kavurma sıcaklığı ve süresi işletmeden işletmeye değişiklik gösterebilmektedir. Bu aşamanın sonunda susamın nem içeriği % 1'den az olmalıdır). Kavrulan susamlar sergilerde havalandırılarak soğutulduktan sonra elenerek son temizleme işlemi de yapılmış olmaktadır. Soğumuş susamlar zımparalı değirmenden geçirilerek öğütülmekte ve tahin elde edilmektedir (Soydınç, 2005; Çiftçi, 2008; Batu ve Elyıldırım, 2009; Güneşer, 2009).

Susam tanelerinin kabuktan ayrılması yoğunluk farkı ile gerçekleşmektedir. Yoğunluk farklılığından dolayı kabuklar tuzlu suda altta, fazla miktardaki yağ nedeniyle yoğunluğu düşük olan susam taneleri üstte toplanmaktadır. Susamın kabukları çok ince olduğu için soyulması kolay olmakta ve kabukların soyulması ile kabuk renginin tahine geçmesi önlenmektedir. Kısaca, geleneksel yöntemlerde kabuk soymak için, taneler suda ıslatılarak kabuğu yumuşatılıp gevşetilmekte sonra kabuk tamamen ayrılmaktadır (Karakahya, 2006; Batu ve Elyıldırım, 2009).

Bazı işletmelerde tuzu uzaklaştırılan susam, sonra kireçli su (kalsiyum hidroksit) ile muamele edilmektedir. Yıkayıp tuzu uzaklaştırılan susam, belli miktardaki kireçli suda bekletilmekte ve sonrasında tekrar yıkayıp kireç uzaklaştırılmaktadır. Bu işlemin nedeni susamın daha iyi bir şekilde ve kavurma işlemi boyunca rengini değiştirmeden homojen bir şekilde kavulmasını sağlamaktır (Karakahya, 2006; Güneşer, 2009).

Susamın yetiştirildiği bölge tahinin duyuşal özelliklerine büyük oranda etki etmektedir. Susam tanelerinin kırılğanlığının artması ve sertliklerinin azalması sayesinde susamın kolay öğütülmesi ve tahinin kendine has kokusunu alması için yapılan kavurma aşaması da tahin üretiminde önemli bir aşama olup bu aşamada birçok fiziksel, kimyasal, yapısal ve duyuşal değişimler gerçekleşmektedir. Kavurma, tahinin renk, kompozisyon, tat ve kalite gibi özelliklerine etki etmektedir (Ünsal ve Nas, 1995; Özdemir vd, 2006; Akbulut ve Çoklar, 2008; Meydani, 2008; Cürat 2010).

Tahinin fındığa benzeyen ve hafif tatlımsı bir lezzeti vardır. Karakteristik aromasını 2-furilmetantiol, feniletantiol, furenol, 2-metoksifenol ve prozinler (özellikle önemli bir aroma bileşenidir) oluşturur. Belirgin aroma oluşumunun, kavurma sıcaklığına ve süresine bağlı olduğu, yüksek sıcaklıklarda meydana geldiği;

ancak bu durumda düşük kaliteli yağ elde edildiği bildirilmektedir (Özdemir, 2001; Meydani, 2008).

El-Adawy ve Mansour (2000), farklı sıcaklık ve kavurma süreleri uygulayarak tahinin duyusal, fizikokimyasal özellikleri ve besin değeri üzerine kavurma sıcaklıklarının etkisini incelemişlerdir. 100°C'de 3 saat buhar uygulaması, vakum fırınında 100°C'de 1 saat vakum uygulaması, sıcak bir yüzeyde 130°C'de 1 saat sıcak yüzey uygulaması ve 130°C'de 1 saat sıcak hava uygulaması ile kavru lan kabuğu soyulmuş susamlardan elde edilen tahinler arasında en iyi kalitede tahinin; 130°C'de 1 saat sıcak hava uygulaması sonucu elde edildiği tespit edilmiştir. Bu uygulama ile üretilen tahinlerde; Mg, K, Zn, Fe, niasin ve özellikle sülfür içeren amino asit miktarları diğerlerine oranla yüksek seviyelerde bulunmuştur.

Kömez (2002), yerli ve ithal susamın proses koşullarındaki parametreleri incelemiştir. Araştırmada, tahin üretimi için en iyi koşullar ithal susam için; 6 saat ıslatma süresi, % 16 tuz ve % 0.1 kireç konsantrasyonu, 130-150°C kavurma sıcaklığı olarak belirlenirken; yerli susamdan üretilen tahin için, 12 saat ıslatma süresi, % 14 tuz ve % 0.1 kireç konsantrasyonu, 130-150°C kavurma sıcaklığı olarak saptanmıştır.

Tahinin kalitesini etkileyen önemli aşamalardan biri de öğütmedir. İstenen incelikte öğütme yapılmadığı takdirde tahin içerisinde, susam partikülleri içeren homojen olmayan bir yapı oluşmakta, bu da tüketici tarafından kabul edilmeyen bir durum olmaktadır (Soydinç, 2005).

Tahin üretimi sırasında susam tanesinin % 15-18'i, en fazla % 20'si kabuk olarak ayrılmakta; geriye kalan kısım öğütülerek tahin haline getirilmektedir. Böylece 100 kg susamdan 82-85 kg ve en az 80 kg tahin elde edilebilmektedir (Meydani, 2008).

Tez kapsamında, tahini oluşturan hammadde susam ve üretim aşamaları sırasında ortaya çıkan ara ürünler incelenecektir. Bunlar hammaddeden itibaren sırasıyla susam, kabuğu soyulmuş iç susam, iç susamın kavrulması sonucu elde edilen kavrulmuş iç susam, kavrulmuş iç susamın elenmesi ile ortaya çıkan elek altı kabuk (kepek) ve tahindir.

2.2.2. Tahinin fiziksel, kimyasal ve antioksidan özellikleri

Tahinin yaklaşık kimyasal kompozisyonunu, yüksek oranda yağ (% 54-65) ve protein (% 17-27), % 6.4-21 arasında karbonhidrat, % 9.3 besinsel lif, düşük oranda ham selüloz (% 2.3) ve nem (<%1.0) ve önemli miktarda kül (% 3.0) oluşturmaktadır (Arslan vd, 2005; Meydani, 2008).

Özcan (1993), farklı işletmelerden sağlanmış 11 tahin örneğinin fiziksel, kimyasal özellikleri ile yağ asitleri bileşimini incelemiştir. Analiz edilen tahin örneklerinde, % 0.39-1.47 su, % 2.60-3.70 kül, % 17.88-24.27 ham protein, % 46.9-58.70 ham yağ, % 3.25-4.70 ham selüloz ve % 0.22-0.69 tuz belirlemiştir.

Tahin örneklerinin yağlarında fiziksel ve kimyasal özelliklerin değişimini inceleyen Özcan ve Akgül (1994), bu örneklerde; kırılma indisini 1.4707-1.4716, serbest yağ asitlerini % 0.21-0.95, peroksit sayısını 1.63-2.99, iyot sayısını 110.61-118.27, sabunlaşma sayısını 179.10-197.10, sabunlaşmayan maddeyi 1.03-1.76 olarak belirlemiştir.

Tahindeki yağ, yüksek oranda (% 82) doymamış yağ asitlerinden oluşur. Oleik (% 42.4) ve linoleik (% 39.7) asit doymamış yağ asitlerinin büyük çoğunluğunu meydana getirir, doymuş yağ asitlerinden ise palmitik asit (% 9.8) ve stearik asit (% 6.4) baskındır. Tahindeki toplam yağ asitlerinin % 98'ini oleik, linoleik, palmitik ve stearik asit oluşturmaktadır (Kömez, 2002). Özcan (1993) tahin yağının % 9.55-10.32 palmitik, % iz stearik, % 37.42-45.04 oleik, % 43.25-52.34 linoleik, % 0.34-1.93 linolenik ve % iz-0.82 araşidik asit içerdiğini belirlemiştir. Ayrıca, tahin yağının susam yağına göre daha düşük nispi yoğunluk, serbest yağ asitleri ve peroksit sayısına, daha yüksek kırılma indisi ve sabunlaşmayan maddeye sahip olduğunu bildirmiştir.

Susam proteininin fraksiyonlara ayrılması ve tanınması üzerine yapılan bir çalışmada, birkaç ekstraksiyonla toplam proteinin % 76.9'u ayrılmıştır. Bunun % 51.7'sinin globulin, % 11.1'inin glutelin, % 10.5'inin albumin ve % 3.6'sının prolamin olduğu belirlenmiştir (Özcan, 1993).

El-Adawy ve Mansour (2000), tahin proteinlerini FAO/WHO referans örnekleri ile karşılaştırmış ve örneklerde kükürt içeren amino asitlerin, aromatik amino asitlerin (özellikle triptofanın) daha yüksek olduğunu kaydetmişlerdir. Bu çalışmaya göre tahin lösini, treonin ve lisin amino asitlerini de içermektedir; lösini,

kükürt içeren amino asitler ve aromatik asitler birlikte, tahinin başlıca esansiyel amino asitlerini oluşturmaktadır.

Tahinin önemli bir B vitamini kaynağı olduğu, B grubu vitaminlerden niasin için iyi bir kaynak olduğu bilinmektedir. Bunun yanında diğer yağlı tohumlara kıyasla daha düşük oranlarda piridoksin ve pantotenik asit de içermektedir (El-Adawy ve Mansour, 2000).

Susam tohumlarıyla karşılaştırıldığında, tahinin kalsiyum miktarı daha düşüktür. Bunun nedeni, kalsiyumun % 80'ini içeren susam kabuğunun soyulmasıdır. Ayrıca genel olarak, tahinin fosfor (692 mg/100g) ve magnezyum (362 mg/kg) miktarı da susam tohumundan (872 mg/100g; 521 mg/ 100g) daha düşüktür. Bakır (1.96 mg/100g), mangan (1.46 mg/100g) ve çinko (7.82 mg/100g) gibi mikroelementler ise karşılaştırılabilir miktarlardadır. Tahinin selenyum (0.05 mg/100g) miktarı azdır (El-Adawy ve Mansour, 2000; Meydani, 2008).

Susam yağının, diğer bitkisel yağlara kıyasla, oksidasyona karşı daha yüksek stabiliteye ve kayda değer oranda antioksidan aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir. Yapısında bulunan sesamin, sesamolin gibi antioksidan özelliğe sahip bileşikler sayesinde tahin, oksidatif bozulmaya ve acılaşmaya karşı koyabilmekte ve böylece raf ömrü uzamaktadır. Sesamin'in % 90'ı kavurma aşamasından sonra bozulmadan kalabilmektedir (Altay ve Ak, 2005; Arslan vd, 2005).

2.3. Gıdalarda Oksidasyon

Gıdaları oluşturan temel unsurlar karbonhidrat, protein ve yağdır. Bu bakımdan gıdalarda oksidasyon olayı karbonhidrat oksidasyonu, protein oksidasyonu ve yağların oksidasyonu olmak üzere 3 ana başlıkta incelenebilir. Oksijen; gıdanın yağ, karbonhidrat ve proteinlerine etki ederek az veya çok hissedilebilen kalite düşmelerine neden olmaktadır. Gıda bileşenleri ile hava oksijeni arasında kendiliğinden meydana gelen bu olaya "otoksidasyon" denilmektedir (Çakmakçı ve Gökalp, 1992).

Karbonhidratların oksidasyonuna; Maillard reaksiyonu, peroksidaz ve katalaz gibi enzimlerin etkisiyle oksidasyon, karoten ve benzeri doğal pigmentlerin okside olması, yüksek ısı dolayısıyla oksidasyonun hızlanması sonucu bazı metal ve mikrobiyolojik artıkların meydana getirdiği tat ve renk değişiklikleri örnek

verilebilmektedir. Proteinler proteolitik enzimler tarafından parçalandıkları gibi, ısıtma ve hidrolitik reaksiyonlar gibi reaksiyonların etkisiyle denatüre olmaktadır. Özellikle proteinlere bağlı heme-pigmentler çok çabuk okside olarak renk değiştirmektedir. Bu tür renk değişimi, herhangi bir gıda katkı maddesi ile engellenmemektedir (Çakmakçı ve Gökalp, 1992).

Gıdaların bozulmasında lipid oksidasyonu önemlidir. Lipidler normal koşullarda radikal formda olmayıp ısı, metaller veya ışığın etkisiyle radikal formlar oluşturmaktadırlar (Choe ve Min, 2009). Gıdalarda bulunan lipidlerin oksidatif yıkımı sonucu; potansiyel olarak toksik ikincil maddelerin oluşumu ile besinsel kalite kaybı ile sonuçlanan, ransit koku, aroma meydana gelmektedir (Moure vd, 2001; Shi vd, 2011).

Yağlardaki bozulmalar 4 ana gruba ayrılabilir: Hidroliz, ransidite, tat değişimi (reversiyon), polimerizasyon. Bilinen antioksidanlar oksidatif ransidite ve oksipolimerizasyon olayları sonucu meydana gelen bozuklukları önleyebildikleri halde hidroliz ve reversiyon için etkili değildir (Çakmakçı ve Gökalp, 1992).

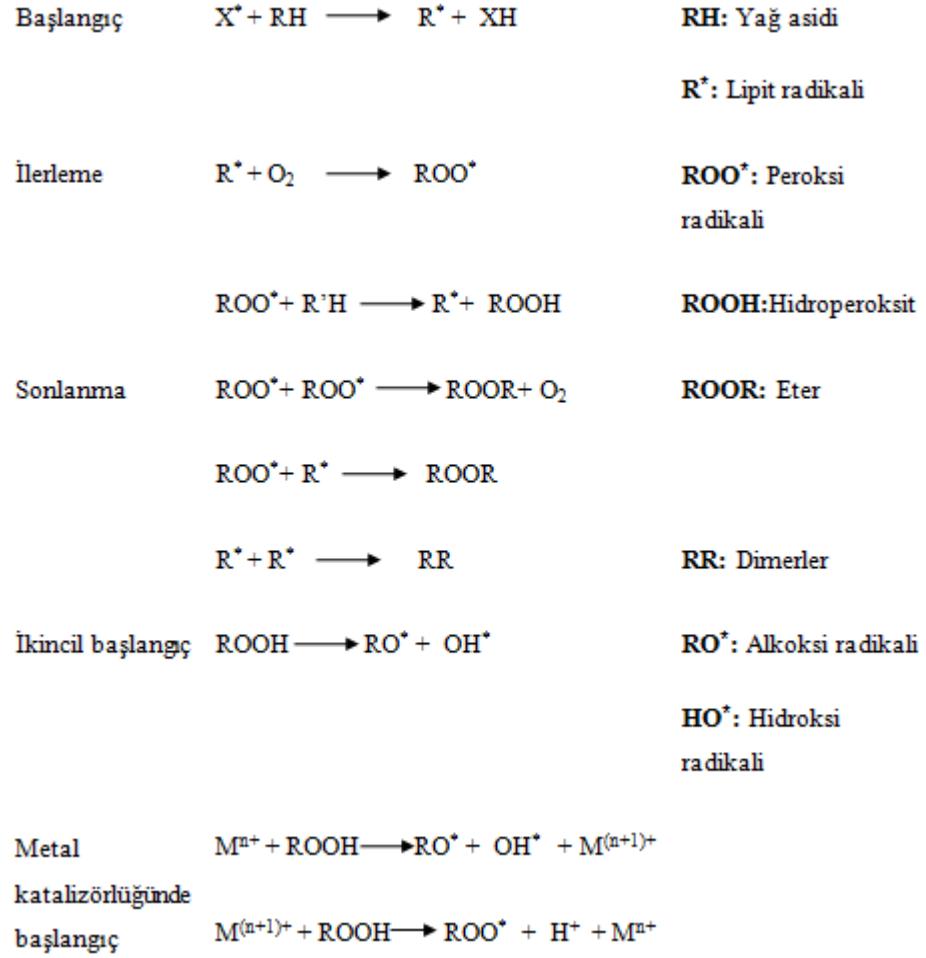
Yağlarda otoksidasyon, çifte bağlara komşu alfa metilen gruplarında serbest radikallerin oluşumunu gerçekleştiren zincirleme reaksiyon sonucu meydana gelmektedir (Nas vd, 2001).

Dış yörüngelerinde bir veya birden fazla eşlenmemiş elektron içeren molekül veya molekül parçacıkları serbest radikal olarak adlandırılmaktadır. Bu radikaller sahip olmadıkları elektronları en yakınlarındaki stabil moleküllerden kazanmaya çalışmaktadır (Kıvılopulo, 2009). Serbest radikaller hem endojen hem de ekzojen materyaller tarafından üretilebilmektedir. Potansiyel endojen kaynaklar arasında mitokondri, sitokrom P450 metabolizması, peroksizomlar ve iltihaplı hücreler yer almaktadır. Tüketilen gıda maddeleri, hava kirliliği, tütün ürünleri, aşırı fiziksel aktivite, iyonize radyasyon, güneş ve infrared ışınlar ekzojen kaynaklar arasında yer almaktadır. Bu faktörlerin yanı sıra oksidatif stres (vücudun antioksidan savunması ile hücrelerin lipid tabakasının peroksidasyonuna neden olan serbest radikal üretimi arasındaki dengesizlik), alkol tüketimi, soğuk, ilaç tedavisi, travma, enfeksiyon, toksin ve yetersiz beslenme gibi bazı faktörlerden de kaynaklanabilmektedir. Serbest radikaller reaktif oksijen ve nitrojen çeşitleri olarak iki büyük grupta toplanmaktadır (Ekici ve Sağdıç, 2008).

Serbest radikal teorisine göre, organizmada meydana gelen çeşitli oksidatif reaksiyonlar; nükleik asitler, proteinler ve lipidlerde hasara neden olan ve sonucunda yaşlanmaya, yaşlılıkla ilgili hastalıklara sebebiyet veren serbest radikal üretimine yol açmaktadır. Enzimatik olmayan serbest radikal oluşum reaksiyonlarının aşamaları şunlardır: Başlangıç (sıcaklık, ışık, radyasyon, metal iyonları veya metaloproteinler etkisiyle), İlerleme-Hızlanma, Dallanma (branching), Sonuçlanma (Shi vd, 2011).

Yağların oksidasyonunda; üretim, depolama ve pişirme aşamalarındaki çeşitli kimyasal mekanizmalar sorumludur. Triplet oksijen ve singlet oksijen olmak üzere iki çeşit oksijen yağlarla tepkimeye girebilmektedir (Choe ve Min, 2009).

Normal koşullarda radikal formda olmayan yağların oksidasyonunda reaksiyon yolu, oksijen ve katalizör varlığında başlamakta; sıcaklık, ışık, dış enerji kaynağı, yüksek enerjili radyasyon, metal iyonları ve metaloproteinler gibi etkenlerle hızlanmakta ve radikal formlar oluşmaktadır (Şekil 2.3). Başlangıç aşamasında üretilen lipid radikalleri triplet oksijen ile normal oksijen basıncında kolaylıkla reaksiyona girmekte ve daha sonra lipid peroksil radikal formuna dönüşebilmekte, oluşan lipid peroksil radikali de ileri aşamada hidroperoksit vermek üzere reaksiyona girebilmektedir. İlerleme-hızlanma aşamasında daha çok zincirin kendi kendine çoğalması sağlanmaktadır. Kendi kendine çoğalma zinciri, sonuçlanma reaksiyonları ile durdurulabilmektedir. Hidroperoksitlerden başta epidioksitler ve epoksiperoksitler meydana gelebilmektedir. Daha sonra, bu maddelerin parçalanma ürünleri olarak doymuş veya doymamış aldehitler, epoksi ve dihidroksi bileşikleri ve epihidrin aldehit oluşabilmektedir. Diğer yandan hiçbir bölünme olmaksızın da bir kısım hidroperoksitlerden ketonlar meydana gelmektedir (Choe ve Min, 2009; Nas vd, 2001).



Şekil 2.3. Lipid otoksidasyonunun mekanizması (Pokorny vd, 2001)

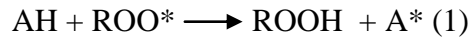
Oksidasyonun geciktirilmesi gıda üreticileri ve fabrikadan tüketiciye gıda zincirinin içinde olan bütün kişiler için önemlidir. Oksidasyon, gıdanın oksijen ile temasının engellenmesi, düşük sıcaklık uygulamaları, oksidasyonu katalizleyen enzimlerin inaktivasyonu, oksijen basıncının düşürülmesi ve uygun ambalajlama gibi değişik tekniklerle engellenebilmektedir. Gıdaları oksidasyona karşı korumanın etkili yolu ise antioksidan özellikteki maddelerinin kullanılmasıdır (Pokorny vd, 2001).

2.4. Antioksidan Kavramı ve Tahindeki Antioksidan Bileşikler

Antioksidanlar, gıdalarda veya vücutta düşük konsantrasyonlardaki varlıklarında bile okside olmaya yatkın substratların okside olmasını geciktirebilen veya engelleyebilen maddelerdir (Shahidi, 1997; Yıldız, 2007). Vücutta kalkan görevi yapan bu kimyasal bileşiklerin özelliği, kendi elektronlarını vererek

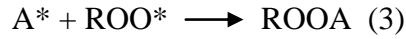
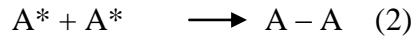
serbest radikalleri nötralize etmeleri ve bu sırada serbest radikal haline gelmemeleridir (Ardağ, 2008). Gıda üreticileri, antioksidanları gıdaların kalitesinin ve naturel değerinin korunmasında kullanmaktadır. Antioksidanlar aynı zamanda, vücudu reaktif oksijen türleri ve dejeneratif hastalıklardan koruyabileceğinden biyokimyacılar ve sağlık uzmanlarının da ilgisini çekmektedir (Shahidi, 1997).

Antioksidanların etki mekanizması Şekil 2.4'te görülmektedir. Antioksidanlar, lipid otoksidasyonu ilerleme aşamasında oluşan ROO* serbest radikale hidrojen atomu vererek zincir tepkimesini durdurmaktadır (1). Bitiş aşamasında serbest antioksidan radikalleri ya kendi aralarında tepkimeye girmekte ve antioksidan molekülünü yeniden oluşturmakta (2) ya da ilerleme aşamasında oluşmuş ROO* serbest radikali ile tepkimeye girmektedir (3). Buna göre; antioksidanlar, otoksidasyonun radikal zincir mekanizmasında stabil ara ürünlerin oluşumunu sağlayan yani zincir tepkimesini kırarak biçimde katılan maddelerdir (Saldamlı, 2005).



AH: Antioksidan

A* : Antioksidan Radikali



Şekil 2.4. Antioksidanların etki mekanizması (Saldamlı, 2005).

Antioksidanlar başlıca, primer ve sekonder olmak üzere iki şekilde etki edebilmektedir. İndüksiyon periyodu sırasında yıkıma uğrayan, fenolik bileşikler gibi primer antioksidanlar, radikaller ile reaksiyona girerek başlangıç aşamasını geciktirebilmekte veya inhibe edebilmekte, radikalleri daha stabil hale getirebilmektedir. Spesifik olarak; eğer bir madde, bir radikale (örneğin lipid radikali) hızlıca hidrojen atomu verebiliyorsa ve meydana gelen antioksidan radikali lipid radikalinden daha stabil ise madde primer antioksidan olarak hareket edebilmektedir. Sekonder antioksidanlar ise havanın oksijeni ile bağlanıp substratı uzaklaştırarak, geçiş metal iyonları ile kompleks oluşturarak (asetat, sitrat, tartarat ve fosfat), singlet oksijeni bağlayarak, prooksidan etkilere sahip proteinleri bağlayarak, ultraviyole radyasyonu absorbe ederek veya yağ ve hava yüzeyi arasında koruyucu bir tabaka oluşturarak, lipid hidroperoksitlerinin bozulmasını inhibe ederek, primer

antioksidanların yeniden oluşmasını sağlayarak oksidasyon hızını yavaşlatmaktadırlar (Adil, 2006; Gelmez, 2008; Shi vd, 2011).

Antioksidanlar kaynaklarına göre doğal ve yapay olmak üzere iki gruba ayrılır. Doğal antioksidanların başlıcaları tokoferoller, askorbik asit ve türevleri, aminoasitler, peptitler, bazı karotenoidler ve fenolik bileşiklerdir. Yapay antioksidanlardan en bilinenleri ise bütillenmiş hidroksianizol (BHA), bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) ve propil gallat (PG)'tir (Koca ve Karadeniz, 2005; Saldamlı, 2005; Dimitrios, 2006).

2.4.1. Fenolik bileşikler

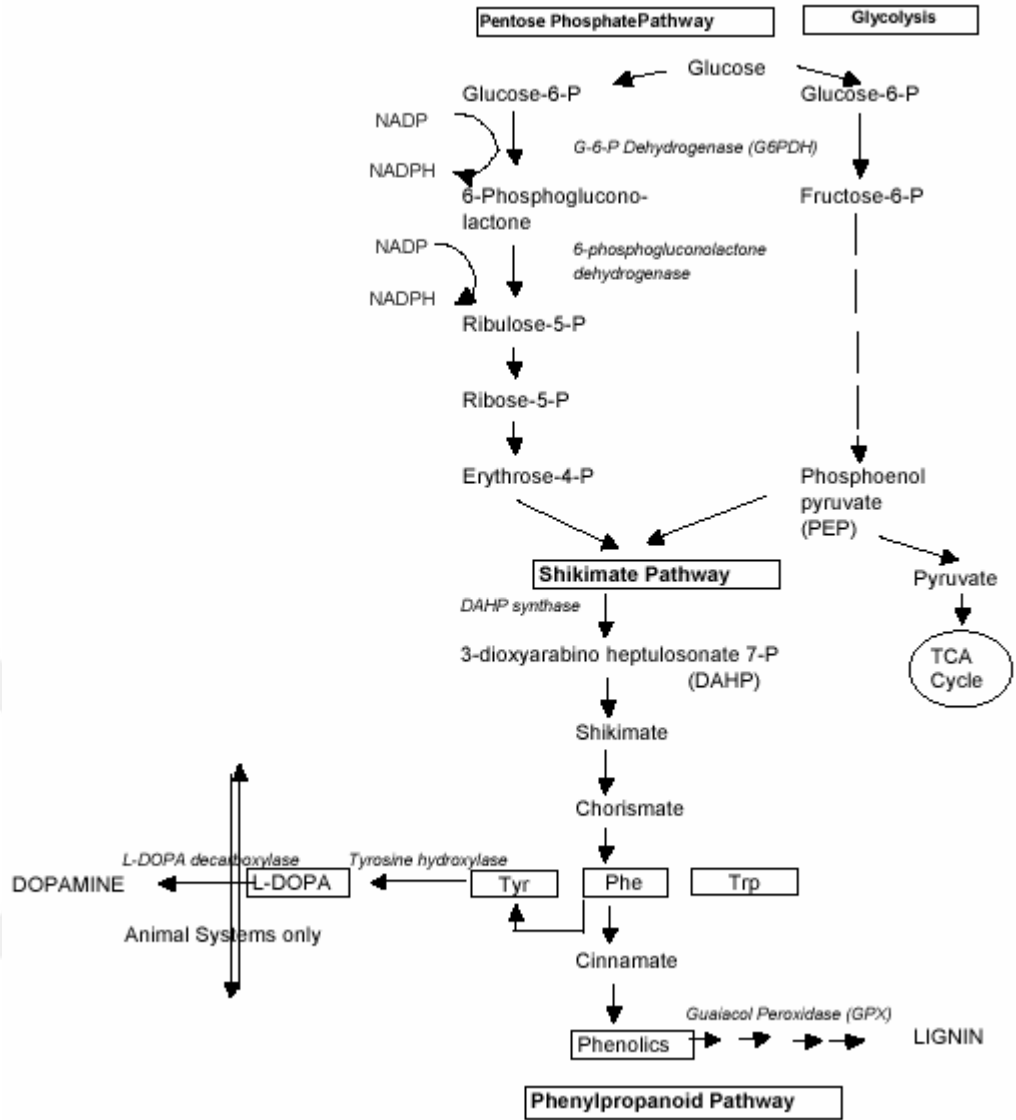
Bitkisel gıdaların bileşiminde bulunan fenolik bileşikler; bitkilerin normal gelişim süreleri boyunca veya yaralanma, enfeksiyon, reaktif oksijen türleri gibi etkiler sonucu ortaya çıkan stres durumlarına tepki sonucu sentezledikleri ikincil metabolitlerdir. Besinsel antioksidanların en stabil ve güçlü türleri olup serbest radikal bağlayıcı olarak ideal bir kimya yapısına sahiptirler. *In vitro* koşullarda, vitaminler ve karotenoidler gibi antioksidanlardan daha yüksek etkilere sahiptirler. Diğer bileşikler veya dokuları, serbest radikallerin neden olduğu hasardan korumaktadırlar. Antioksidan özellikleri yanında antitumöjenik, antiarteriyel, antiinflamatuar, antimikrobiyal, pıhtı oluşumunu önleyici, kalbi koruyucu özelliklere de sahiptirler (Rice-Evans vd, 1997; El vd, 1999; Adil, 2006).

Doğal olarak oluşan fenolik bileşiklerin çoğu, fenolik grupların birine veya daha fazlasına bağlı olarak mono- ve polisakkaritler ile konjuge halde bulunmaktadır ve ayrıca esterler, metil esterler gibi fonksiyonel türevleri olarak da oluşabilmektedirler (Aberoumand ve Deokule, 2008).

Fenolik bileşiklerin genel yapısı, hidroksil gruba (-OH) sahip bir aromatik halka ve fonksiyonel gruptan oluşmaktadır. En basit yapısı fenol (C₆H₅OH)'dür. Birden fazla fenol grubu, polifenollerini oluşturmaktadır. Fenolik bileşikler, sahip oldukları fenol halkalarının sayısına ve bu halkaları birbirine bağlayan yapısal elementlere bağlı olarak; tanenler, fenolik asitler, flavonoidler, lignanlar, ligninler, kumarinler ve stilbenler gibi sınıflara ayrılmaktadır (Adil, 2006; Gelmez, 2008; Choe ve Min, 2009; Kıvılcımpolo, 2009; Shahidi ve Ambigaipalan, 2015).

Fenolik bileşikler; bitkilerde pentoz fosfat, şikimat ve fenil propanoid yollarıyla sentezlenmektedir (Şekil 2.5). Oksidatif pentoz fosfat yolu, şikimat yolu için öncü madde olan eritroz-4-fosfatı sağlamaktadır. Şikimat yolu ile şeker fosfatları, fenil propanoid yolunun öncü maddesi olan fenilalanin gibi aromatik amino asitlere dönüştürülür (Adil, 2006; Aberoumand ve Deokule, 2008).

Fenilalanin amonyak-liyaz enzimi, *trans*-sinnamik asit ve serbest amonyum iyonu oluşturmak üzere L-fenilalanin'in deaminasyonunu katalizleyen, fenil propanoid metabolizmasında önemli bir enzimdir. Bu enzim; fenil propanoidlerin fenolik asitler ve flavonoidler olarak birikimi ile sonuçlanan, çok çeşitli biyotik (virus, bakteri, mantar gibi etkenlerle enfeksiyon) ve abiyotik (düşük ve yüksek sıcaklık, UV ışık, vs.) stresler ile indüklenir. Fenolik bileşiklerin biyosentezini katalizleyen enzimlere örnek olarak glukoz-6-fosfat dehidrogenaz, şikimat dehidrogenaz ve sinnamil alkol dehidrogenaz verilebilmektedir (Adil, 2006).



Şekil 2.5. Fenolik bileşiklerin sentezlenme yolu (Adil, 2006)

Bitkilerde bulunan fenolik bileşiklerin antioksidan aktiviteleri başlıca, yapılarındaki hidroksil gruplarının ve diğer substituentlerin sayısı ve pozisyonundan kaynaklanmaktadır. Bir serbest radikale, aromatik hidroksil gruptan hidrojen verdikten sonra, aromatik halkanın etrafındaki çiftlenmemiş elektronların delokalizasyonu ile peroksil radikalın stabilizasyonunu sağlamaktadırlar (Fardet vd, 2008; Kıvılcımpolo, 2009). Fenolik bileşikler antioksidan aktivitelerini; lipid peroksidasyonunu başlatan radikalleri inhibe etme, metal ve iyonlarını bağlama, lipid peroksil radikallerini tutma, serbest radikal üretiminden sorumlu enzimatik sistemleri inhibe etme ve hidrojen atomu veya elektron sağlayıcı özellikleri ile gösterebilmektedir (El vd, 1999; Aberoumand ve Deokule, 2008).

Fenolikler antioksidan olarak fonksiyon gösterdiklerinde, kimyasal olarak fenoksil radikallerine okside olmaktadır. Bu radikallerin bazı koşullarda prooksidan olduğu belirtilmektedir. Ancak normal koşullar altında fenoksil radikallerinin çoğunlukla zararlı prooksidan aktivite göstermediği; çünkü radikallerin, polimerizasyon reaksiyonları ve enzimatik-enzimatik olmayan redüksiyonları ile hızlıca radikal olmayan ürünlere dönüştükleri belirtilmektedir (Adil, 2006).

2.4.2. Tokoferoller (E Vitamini)

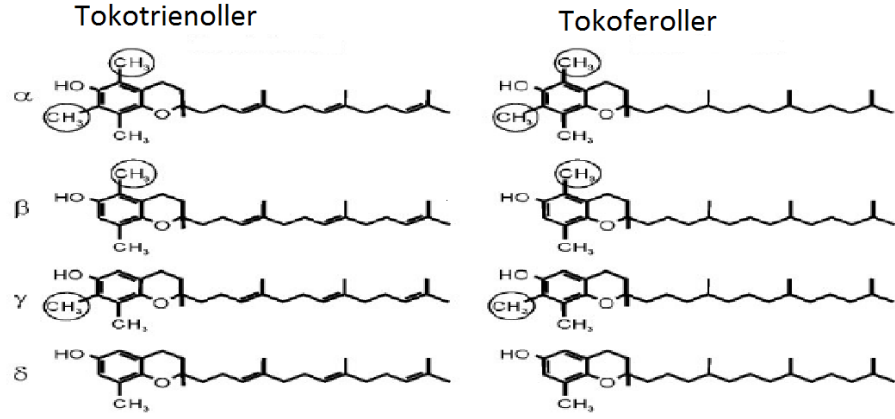
E vitamini, tokoferoller ve tokotrienoller olmak üzere iki gruptan oluşmakta ve doğada 4 formda (α -, β -, δ -, γ -) bulunmaktadır (Şekil 2.6). Tokoferol ve tokotrienollerin α - formu; aromatik halkalarında 3 metil grubuna, β - ve γ - formları iki metil grubuna ve δ - formu da bir metil grubuna sahiptir. E vitamini içeriği veya aktivitesi, genellikle α -tokoferol miktarı ile bağdaştırılmaktadır; çünkü α -tokoferol'ün, diğer tokoferol ve tokotrienollerin formları arasında en yüksek besinsel değere sahip olduğu düşünülmektedir. α -tokoferol, sulu çözeltilerde çözünmezken yağ, aseton, etanol, eter ve diğer organik çözücülerde çözünebilmektedir (Gelmez, 2008).

E vitamini tahıllarda genellikle, yağın çıkarıldığı ruşeym kısmında bulunmaktadır. Bu şekilde buğday ruşeymi 100 g üründe yaklaşık 25 mg E vitamini içerebilmektedir. Rafine edilen tahıllar, rafinasyon dolayısıyla önemli oranda E vitamini kaybetmektedir (Fardet vd, 2008).

Tokoferoller, monofenolik bileşikler olup, kromanollerin türevleridir. Yağda güçlü bir şekilde çözünebildiklerinden yemeklik yağlarda en önemli antioksidanlardandır. Soya, kanola, ayçiçeği, mısır yağı gibi bitkisel yağlarda, hayvan yağlarında olduğundan daha sık bulunmaktadır. Bitkisel yağların çoğu 500 ppm'den fazla tokoferol konsantrasyonuna sahiptir. Hurma yağı 100-150 ppm tokoferol, 620-650 ppm de tokotrienol konsantrasyonuna sahiptir. Rafinasyon prosesi, özellikle deodorizasyon aşaması, yağlardaki tokoferol içeriğini azaltmaktadır. Ham soya fasulyesinde 1670 ppm olan tokoferol miktarı, deodorizasyon süresince 1138 ppm'e kadar düşmektedir (Choe ve Min, 2009).

Yağca zengin bitkiler, E vitamininin temel doğal kaynaklarıdır. Tokotrienoller palm yağında ve pirinç kepeğinde yüksek miktarda, hindistan cevizi yağı, kakao yağı, soya fasulyesi, arpa, buğday, kırmızı et ve yumurtada ise kayda

değer oranda bulunmaktadır. Ayçiçeği, yer fıstığı, ceviz, susam ve zeytinyağı ise sadece tokoferol içermektedir (Yıldız, 2007).



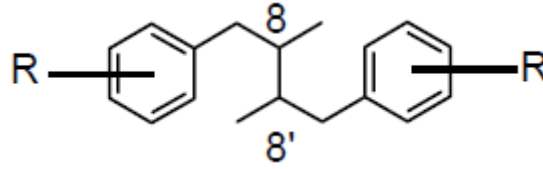
Şekil 2.6. Tokoferoller ve tokotrienoller (Gelmez, 2008)

Tokoferoller, lignanlar ile birlikte susam yağında bulunan en önemli antioksidan bileşiklerdir. Lignanlar ve tokoferoller birlikte sinerjik etki göstererek yağın stabilitesini artırmaktadır (Bozkurt, 2006).

Bozkurt (2006) tarafından yapılan çalışmada, susam tohumu yağ örneklerinde 426.1–1104.3 mg/kg toplam tokoferol, 412.8–1076.8 mg/kg gama tokoferol, 5.7–52.7 mg/kg delta ve 1.1–23.0 mg/kg alfa tokoferol belirlenmiştir. Analizi yapılan örneklerdeki toplam tokoferoller içinde % 89.4-98.9 oranında gama tokoferol bulunurken alfa tokoferol % 0.1- 3.2 oranında ve delta tokoferol % 0.5–7.4 oranında bulunmuştur.

2.4.3. Lignanlar

Günümüze kadar gelen süreçte yapılan çalışmalarda birçok doğal ürünün ortak özelliğinin C₆C₃ birimi olduğu belirlenmiştir (örneğin bir propilbenzen veya fenilpropanoid iskeleti) (Moazzami, 2006). Lignan terimi ilk kez 1936'da C₆C₃ birimleri, propil yan zincirlerinin merkezi karbonu ile bağlanmış olan fenilpropanoid dimerlerinin bir grubunu ifade etmek için ortaya atılmıştır (Dar ve Arumugam, 2013). Doğal reçinede yapılan bu derlemede β,β'-bağlantısına (8–8' bağı) sahip iki C₆C₃ ünitesinden meydana gelen bileşiklerin lignan olarak adlandırılması önerilmiştir (Moazzami, 2006). Şekil 2.7'de lignanların genel yapısı görülmektedir.



Şekil 2.7. Lignanların genel yapısı (Hemmati, 2007)

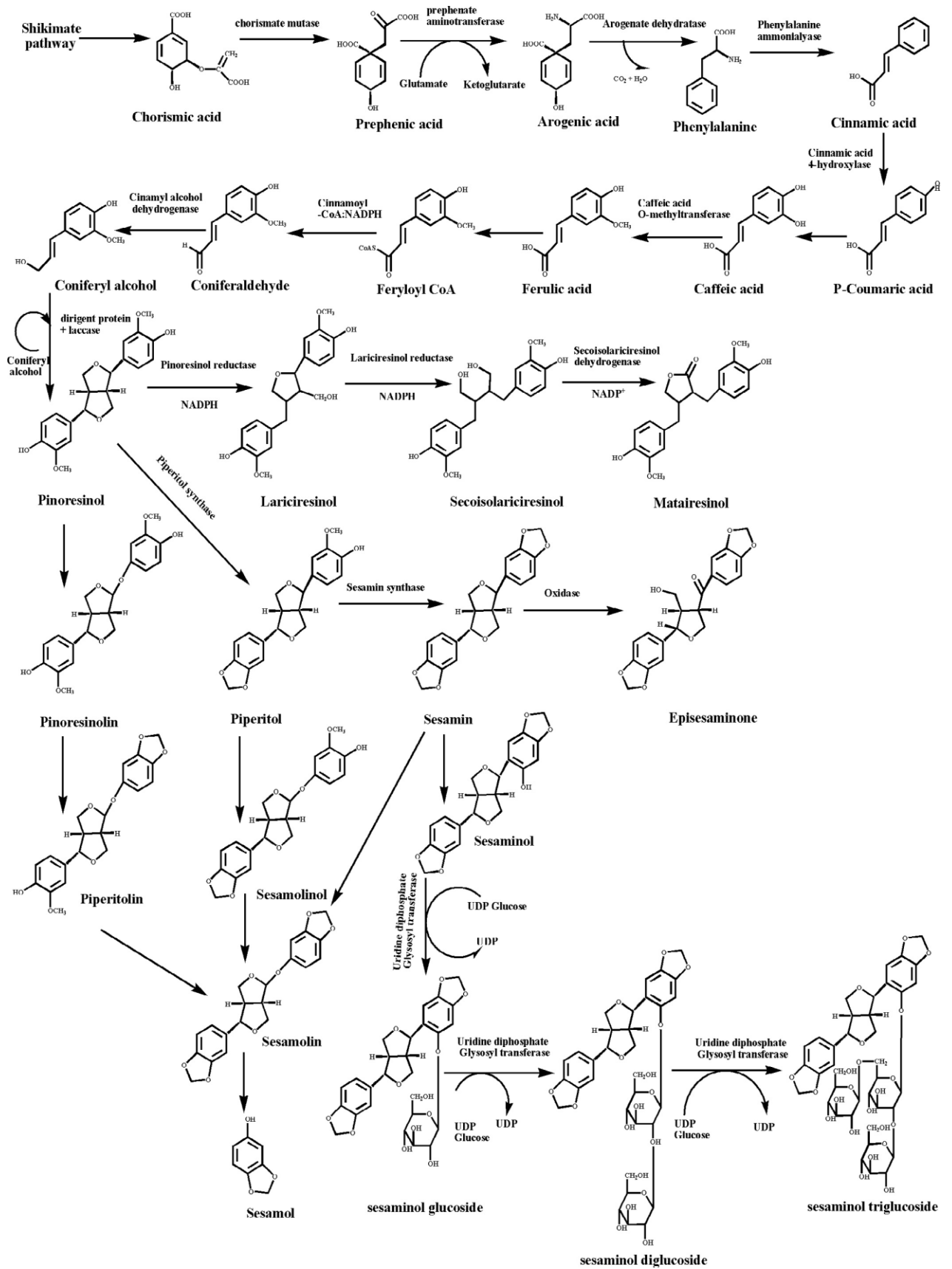
Lignanlar farklı şekillerde tanımlanabilmektedir. Lignanlar gıdalarda fazla bulunan ‘fenelpropionid sınıfı bileşikler’ içinde yer almaktadır. Doğal bir bileşik olan koniferil alkolün oksidatif dimerizasyonu ile oluşmaktadır. Bilinen lignanların pek çoğu aromatik halkada 3,4-dioksi fonksiyonel grubu ve dört tane asimetric C atomu taşımaktadır. Değişik bir tanımlamaya göre lignanlar iki sinnamik asit kalıntısının birleşmesi ile 2,3-dibenzilbütan çekirdeğinden oluşan fenolik bileşiklerdir. Dolayısıyla dibenzilbütan iskeleti içermekte ve bitkilerde, bitki hücre duvarının yapımında kullanılan lignin oluşumuna yardım etmektedirler (Öksüz vd, 1989; Özer, 2006; Borlu, 2009).

Lignanlar, genel olarak değerlendirildiğinde başlıca üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar lignanlar (8–8’ bağı ile bağlanmış iki C₆C₃ birimi içerenler), neolignanlar (8–8’ bağı ile bağlanmamış iki C₆C₃ birimi içerenler) ve hibrid lignanlardır (başka bir yapıya bağlanmış C₆C₃ birimi içerenler). Hibrid lignanlar; karbon iskeleti, oksijen içeriği-oksijenin iskelete dahil olup olmaması ve zincir şekli gibi yapısal karakteristiklere göre sekiz alt gruba ayrılmaktadır. Bunlar furofuran (pinoresinol, sesamin, vb.), furan (lariciresinol, vb.), dibenzilbütan (sekoisolariciresinol, dihidrokubebin, vb.), dibenzilbütirolakton (matairesinol, hinokini, vb.), ariltetralin (podofillotoksinin, vb.), arilnaftalin (taiwanin, justicidin A, vb.), dibenzosiklooktadien (steganacin, vb.) ve dibenzilbütirolaktol (cubebin, vb.)’dür (Kiyama, 2016).

Lignanlar özellikle tahıllar, sebzeler ve meyvelerde olmak üzere birçok bitki çeşidinde bulunmaktadır. Yeşil, siyah çay ve kahvede bulunduğu da bilinmektedir. Yağlı tohumlardan keten tohumu (*Linum usitatissimum L.*, Linaceae) lignan içeriği açısından (kuru maddede 0.8 mg/g sekoisolariciresinol) önemli bir örnektir (Özer, 2006). Susam tohumu ise furofuran lignanları bakımından zengin bir kaynaktır ve başta sesamin olmak üzere furofuran lignanlarının bir karışımını içermektedir (Moazzami, 2006; Moazzami vd, 2007).

Fenilalanin, tirozin, tanenler gibi çok sayıda bitki içeriği lignan metabolitlerinin prekürsörleri olarak rol almaktadır. Lignanların oluşumuna giden yol olan fenilpropanoid metabolizmasında; sinamat/monolignol iz yolu sırasında fenilalanin öncelikle fenilalanin amonyak liyaz (PAL) enzimi ile sinamik aside çevrilmiştir. Bir seri enzimatik hidroksilasyon sonucu metilasyon ve redüksiyon ile kumarik asit, kafeik asit, ferulik asit ve son olarak *E*-koniferil alkol oluşmaktadır. Oluşan *E*-koniferil alkolün iki akiral molekülünün, (+)-pinoresinol oluşturmak üzere stereoselektif bağlaşıma uğradığı bilinmektedir. Sonraki çalışmalarda; bimoleküler fenoksi radikal bağlaşımını kontrol etmede dirigent bir protein varlığının sorumlu olduğu keşfedilmiştir. Pinoresinolün metilendioksi köprüsü oluşturması iki farklı sitokrom P450 enzimi ile katalizlenmektedir. Bunlardan biri, pinoresinolden piperitol oluşmasını sağlayan piperitol sentaz (PS), diğeri ise sesamin oluşumunu sağlayan sesamin sentaz (SS)'dir (Şekil 2.8) (Kato vd, 1998; Moazzami, 2006; Dar ve Arumugam, 2013).

Pinoresinol oluşumunun furofuran lignanlarının ve türevlerinin oluşumunda katalizör madde olduğu belirlenmiştir. Dirigent bir protein ve *E*-koniferil alkol varlığında, bir stereoselektif bimoleküler bağlaşımın, (+)-pinoresinol oluşumuna yol açtığı ve prekürsor olarak görev yaptığı anlaşılan (+)-pinoresinolden ardı ardına metilendioksi grupları oluşarak sonrasında (+)-piperitol, (+)-sesamin ve (+)-sesamoline metabolize olabildiği belirlenmiştir. Bu sürecin tohumun olgunlaşması boyunca meydana geldiği gösterilmiştir (Kato vd, 1998).



Şekil 2.8. Lignanların biyosentetik oluşum yolları (Dar ve Arumugam, 2013)

Son yapılan çalışmalarda pinoresinolden sesamin'in sentezinin CYP81Q1 (*Sesamum indicum*'un mikrosomal fraksiyonunda bulunan sesamin biyosentetik geninin ifadesi) ile iki aşamada katalize edildiği gösterilmiştir. Bununla birlikte sesamolin oluşumu için furofuran ve benzen halkaları arasındaki oksijen geçirimi mekanizması ve sesaminol oluşumuna giden yol hala tam olarak açıklanamamıştır (Moazzami, 2006; Dar ve Arumugam, 2013).

Susam tohumunun % 0.63 oranında lignan içeriği ile önemli bir lignan kaynağı olduğu, keten tohumu ve susam tohumunun diğer bitkiler arasında en yüksek lignan içeriğine sahip bitkiler oldukları belirtilmektedir (Sarkis vd, 2014).

Susamlardan izole edilen 16 tür lignan bulunmaktadır. Bunların birçoğu yağda çözünen aglikonlardır. Bundan dolayı ekstraksiyon sırasında yağ içine ayrıştırılmaktadır. Geri kalan kısım glukolize halde olup yağsız kısımda bulunmaktadır. Susam yağının majör aglikon lignanları sesamin ve sesamolin; minör aglikon lignanları ise sesamol, sesaminol, sesamolinol, pinoresinol, matairesinol, lariciresinol ve episesamindir (Dar ve Arumugam, 2013). Wu (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, 14 çeşit susam yağında susam yağlarının ortalama lignan miktarları 11.5 mg/g olarak bulunmuştur. Bunun % 82'si sesamin ve % 15'i sesamolindir.

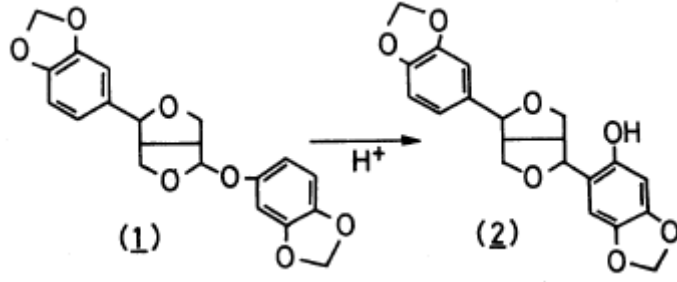
Lignan glukozidleri; sesaminol, sesamolinol ve pinoresinol'ün mono-, di- ve triglukozidlerini içermektedir. Sesaminol triglukozid, sesaminol diglukozid ve sesaminol monoglukozid, susamda en fazla bulunan lignan glukozidleridir (Dar ve Arumugam, 2013). Sarkis vd (2014) tarafından susam tohumu kekinde bulunan fenoliklerin optimizasyonu üzerine yapılan çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş, yağı alınmış susamda ana lignanların sesaminol triglukozid, sesamolinol diglukozid ve sesaminol diglukozid olduğu belirlenmiştir. Aynı çalışmada, lignan glukozidlerinin hidrofilik antioksidanlar olarak düşünülebileceği belirtilmiştir.

Moazzami (2006), susam tohumlarındaki toplam lignanların neredeyse % 32'sinin sesaminol ve sesamolinolün glukozide formunda olduğunu belirlemiştir. Bu çalışmaya göre susam tohumlarında ana lignan glukozidi, sesaminol triglukoziddir. Sesaminol susam tohumlarında başlıca triglukozid formda bulunmakta, bunun yanında diglukozid formda da bulunmaktadır.

Sesamolin ve sesamolinol, benzen ve furofuran halkaları arasında bir oksijen köprüsüne sahiptir. Bu özellik, *Sesamum*'dan başka bir cinsin lignan yapısında gözlenmemiştir. Bununla birlikte önemli bir furofuran lignan olan sesamin çok sayıda bitki türünden izole edilmiş ve bazı ağaç türlerinin gövde ve kök kabuklarında tespit edilmiş olmasına rağmen *Sesamum indicum*, sesamin için majör kaynaktır. Susam tohumunda bulunan lignanların çeşidi ve miktarı; türe, işlem basamaklarına, tohum rengine, kültürüne ve ürün yılına göre çeşitlilik göstermektedir. Susamın bir türü olan *Sesamum alatum* sesamin ve sesamolin içermezken, özgün bir furofuran lignan olan 2-episesalatin içermektedir. Aynı şekilde, *Sesamum angolense* ve *Sesamum angustifolium* yabancı türleri de sesangolin adlı lignanı içermektedir. *Sesamum indicum*'un perisperm kısmında saminol, episesaminone-9-O- β -D-sophoroside ve semamolaktol gibi lignanlar da tespit edilmiştir. Bir furanoketon olan episesaminone, sesamolinin oksidasyonu ile meydana gelmektedir. Son çalışmalarda susam tohumlarından sesamolinol-4-O- β -D glukozid ve disaminil eter olmak üzere iki yeni lignan izole edilmiştir (Moazzami, 2006; Dar ve Arumugam, 2013; Kim vd, 2014).

Sesamum indicum tohumunun ekstraktlarının ve susam yağının potansiyel antioksidan özelliklerine yapılarındaki sesamin, sesamolinol ve sesaminol gibi lignanlar etki etmektedir. Bunlardan ilk iki tanesi doğal yapılar olup sesaminol, sesamolinden kimyasal yolla (Şekil 2.9) meydana gelmektedir (Kato vd, 1998).

Nagata vd (1987) susam yağında bulunan sesaminol izomerleri üzerine yaptıkları çalışmada, kavrulmamış susam yağı üretimi rafinasyon prosesi sırasında yüksek konsantrasyonlarda sesaminol oluştuğunu belirlemişlerdir. Sesaminolün asidik toprak varlığında, susam yağının dekolorizasyonu sırasında sesamolinden oluştuğunu belirtmişlerdir. İzomerlerin antioksidatif aktiviteleri arasında farklılık olsa da rafinasyon sırasında gama-tokoferol oranının azalmasına rağmen susam yağının ransiditeye karşı stabilitesinin sesaminol ve izomerlerinin oluşumundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 2.9. Sesamolinin (1) Sesaminole (2) transformasyonu (Nagata vd, 1987)

Moazzami vd (2007), susam tohumlarında toplam lignan içeriğinin 405–1178 mg/100 g arasında olduğunu, böylece susam tohumlarının zengin lignan kaynağı olarak bilinen keten tohumuyla yarışabildiğini bildirmişlerdir. Susam tohumlarının gıda olarak keten tohumlarından daha geniş bir tüketim alanı olduğu için, tohumları ve özellikle yağlarının besinsel lignanların en önemli kaynağı olduğunu vurgulamışlardır.

Moazzami vd (2007), kabuğu soyulmuş ve soyulmamış susam tohumlarında lignan seviyelerini karşılaştırmış, kabuğu soyulmuş tohumlardaki lignan seviyeleri ile soyulmamış tohumlardaki lignan seviyelerini benzer bulmuşlardır. Bu sonuç ile susam lignanlarının ve lignan glukozidlerinin sadece kabukta lokalize olmadığını öne sürmüşlerdir. Kabuğu soyulmuş susam tohumlarının hamburger ekmeği, tahin, helva gibi gıda ürünlerinde kullanıldıklarından ticari olarak önem taşıdığını bildirmişlerdir.

Moazzami vd (2007), tahin üretimi sırasında kavrulan susam tohumlarının bu sıcaklıklarda kavrulmasının, sesamin ve sesaminol miktarlarını etkilemediğini gözlemlemişlerdir. Tahin örneklerinin lignan miktarlarının, susam tohumuyla benzerlik gösterdiğini bildirmişlerdir.

Dünya susam tohumu üretiminin yaklaşık % 70'i yağ çıkarmada kullanılmaktadır (Moazzami vd, 2007). Susam yağı, yüksek oranda doymamış olmasına rağmen kayda değer bir stabilite göstermektedir. Sesamol, sesaminol, sesamin ve sesaminol gibi endojen susam lignanlarının, susam yağının diğer yağlara oranla daha yüksek bir stabiliteye sahip olmasını sağladığı düşünülmektedir (Suja vd, 2005a; Hemalatha ve Ghafoorunissa, 2007).

Susam yağı genellikle, susamları kavurarak ve kavurmadan (salata yağı) olmak üzere iki yolla üretilmektedir. Salata yağı, ekspeller ile ekstrakte edilmekte ve alkali ile muamele, su ile yıkama, asit toprak ile renk açma, deodorizasyon

prosesleri ile rafine edilmektedir. Yapılan çalışmalar, üretim prosesleri boyunca, özellikle renk açma aşamasında, sesaminolün arttığını göstermektedir (Osawa, 1999). Renk açma sırasında, asidik renk açma toprağı ve ısı varlığında, sesamolin öncelikle sesamole ve protonolisiz ile oksonyum iyonuna ayrılmaktadır. Sonrasında sesaminolü meydana getirmek üzere yeni bir karbon-karbon bağı oluşmaktadır. Bu aşamada, susam yağı lignanlarının epimerizasyonu da gerçekleşebilmektedir. Böylece episesamin ve episesaminoller meydana gelmektedir (Moazzami vd, 2007). Bu süreçten yola çıkılarak; renk açma aşaması sırasında önemli kimyasal değişimlerin olduğu, sesaminolün sesamolinden intermoleküler transformasyon ile kimyasal olarak oluştuğu söylenebilmektedir. Ticari susam yağlarında yapılan araştırmalar, sesaminolün α -tokoferolden dört kat daha fazla olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla çok yüksek oranda ısı stabilitesine sahip olan sesaminolün, susam yağının ana antioksidan bileşeni olduğu kanısına varılabilmektedir (Osawa, 1999). Ancak sonrasında yapılan bazı çalışmalarda (Wu, 2007; Cürat, 2010) susam yağlarında sesaminin % 85'lere varan oranlarda bulunduğu, susam yağları için ana lignan bileşeni olduğu belirlenmiştir. Kim vd (2014) tarafından beyaz ve siyah susam tohumlarının bileşenleri üzerine yapılan çalışmada da sesaminin majör lignan bileşiğı olduğu tespit edilmiştir.

Kavrulmamış susam yağında bulunan ana lignanlar; sesamin (474 ppm), sesamolin (159 ppm) ve sesamol (<7 ppm)'dür. Susamların kavrulması ile sesamolin, sesamole hidrolize olduğundan sesamol miktarı artarak 36 ppm'i geçebilmektedir. Kavrulmuş susam yağından ekstrakte edilen sesamin, sesamolin ve rengi açılmış susam yağından elde edilen sesaminolün; α -tokoferole göre ısıya daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir (Choe ve Min, 2009).

Genellikle yağların depolama sırasında stabiliteelerini korumalarına kaynak olarak, yapılarında doğal olarak bulunan tokoferoller gösterilmektedir. Bununla birlikte daha yüksek sıcaklık uygulamaları sırasında yağlarda meydana gelen degradasyonu geciktirmek için daha etkili antioksidanlar gerekmektedir. Bu nedenle, sıvı yağların rafinasyonu sürecinde ve proses gören gıdaların imalatı sırasında, izin verilen miktarlarda sentetik antioksidanlar bu ürünlere eklenmektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, kızartma sürecinde yağın yapısının bozulmasının engellenmesinde sentetik antioksidanların yeterince etkili olmadıklarını ortaya koymuştur. Ayrıca sağlığa olası zararlı etkileri yönüyle de antioksidan veya radikal

bağlayıcı etkiye sahip yeni doğal bileşiklerin tanımlanması önem kazanmaktadır (Hemalatha ve Ghafoorunissa, 2007). Bu amaçla, Hemalatha ve Ghafoorunissa (2007) tarafından yapılan bir çalışmada susam lignanlarının; soya fasulyesi yağı, ayçiçeği yağı ve pirinç kepeği yağının termal ve depolama stabilitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. % 1.2 oranında lignan eklenerek kızartma sıcaklığında ısıtılan soya fasulyesi yağı ve ayçiçeği yağlarının radikal bağlayıcı özelliği artmıştır. Pirinç kepeği yağında ise bu değer değişmemiştir. Bu çalışma, lignan eklenen sıvı bitkisel yağların yüksek miktarlardaki radikal bağlayıcı aktivitelerinin, susam lignanları ve soya fasulyesi yağının gliserid olmayan bileşikleri (soya lignanları, isoflavanoidler) arasındaki muhtemel sinerjiye bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Endojen lignanlar ile birlikte γ -tokoferol, diğer yağlarla kıyaslandığında susam yağına önemli miktarda oksidatif stabilite sağlamaktadır.

Bahmaei ve Peyman (2012), susam kek ekstraktının (susam yağı üretimi sırasında ortaya çıkan yan ürün) bitkisel yağlarda sentetik antioksidanlar yerine kullanılabilmesini göstermişlerdir. Susam kek ekstraktının 2000 mg/kg'ının koruyuculuk açısından, BHT'nin 75 mg/kg'ına karşılık geldiğini belirlemişlerdir.

Sonuç olarak, susam lignanları eklendikten sonra sıvı bitkisel yağların termal stabilitesinde gözlenen artış: a) Susam lignanlarının sıvı yağlarda ve gıda endüstrisinde doğal antioksidan olarak kullanılabilmesini, b) susam yağları ile diğer yağların karışımının, yağların antioksidan potansiyelini arttırabileceğini, c) bu yüzden bitkisel yağları susam yağı ile harmanlamanın, sentetik antioksidanlara göre daha etkili olabileceğini göstermektedir (Hemalatha ve Ghafoorunissa, 2007).

Sağlığa etkileri yönünden değerlendirildiğinde susam lignanlarının; E vitamini aktivitesini arttırmak, düşük yoğunluklu proteinleri oksidatif hasara karşı korumak, serum triaçilgliserolü düşürmek gibi çeşitli etkilere sahip olduğu düşünülmektedir (Dimitrios, 2006). Susam lignanlarının, kolesterolün sentezlenmesini ve absorpsiyonunu inhibe ederek, serum ve karaciğer kolesterol konsantrasyonunu düşürdüğü belirlenmiştir (Ogawa vd, 1995).

Sesaminin hiperlipidemia, hipertansiyon ve kanser oluşumunu önlemek gibi birçok farmakolojik etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Saeed vd, 2014). Sesamol de iltihap giderici, DNA hasarına karşı koruyucu, antikanserojen etkilere sahiptir. Kansere karşı etkisinin, DNA ile etkileşiminden olabileceği

tespit edilmiştir (Liu vd, 2013). Sesamolinin ise insan lenfoid lösemi hücrelerine karşı antikanserojen özellik gösterdiği ortaya koyulmuştur (Miyahara vd, 2001).

Kırk beş gün boyunca, yemeklik yağ olarak sadece susam yağı kullanan ve yaşları 35-60 arasında değişen yüksek tansiyon hastaları üzerinde yapılan bir çalışma sonucunda; susam yağının yemeklik yağ olarak kullanılmasının hastalarda kan basıncını düşürdüğü, lipid peroksidasyonunu azalttığı ve antioksidan değerlerini yükselttiği tespit edilmiştir. Bu etkinin susam yağının yapısındaki liganlardan, E vitamini ve doymamış yağ asitlerinden kaynaklandığı düşünülmüştür (Sankar vd, 2006). Yine benzer bir sonuç olarak Miyawaki vd (2009) tarafından fareler üzerinde yapılan çalışmada, sesaminin farelerde hipertansiyon oluşmasını baskıladığı belirlenmiştir. Zhao vd (2016) tarafından yapılan çalışmada ise sesaminin farelerde stresten kaynaklanan hafıza kayıplarını iyileştirdiği tespit edilmiştir.

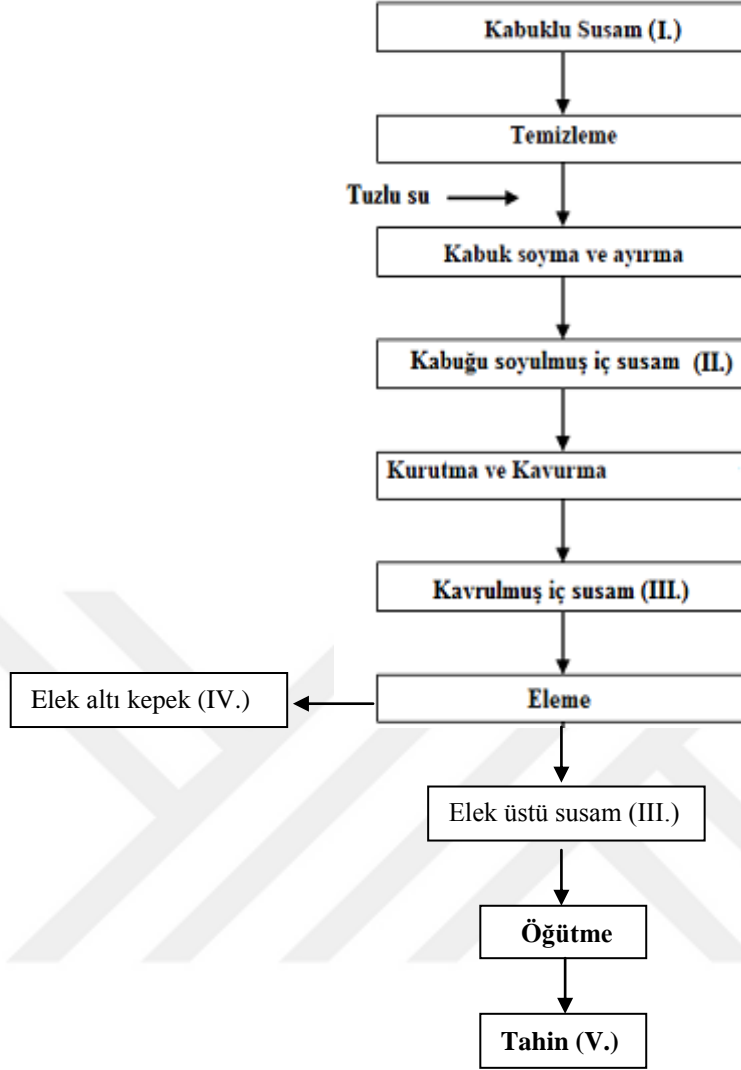
Lignanların, biyolojik sistemde fitoöstrojen olarak davrandığı da bilinmektedir. Fitoöstrojenler, bitkilerde bulunan östrojenik bileşiklerdir. İsoflavonlar, kumestanlar ve lignanlar olmak üzere başlıca 3 gruba ayrılan; doğal ve sentetik östrojenler ve antiöstrojenlere yapısal benzerlikler gösteren difenolik bileşiklerdir. Bitkisel lignanların memeli lignanlarına dönüşümü sindirim sisteminde gerçekleşmektedir. Sekoisoraciresinol ve matairesinol, memeli lignanlarının yani enterodiol ve enterolaktonun besinsel prekürsörleridir. Bu lignanlar insan bağırsak bakterileri tarafından, memeli lignanlarına dönüştürülmektedir. Fitoöstrojenlerin antioksidatif etkiler gösterdiği, kanser, kalp hastalıklarında, menopoz semptomlarını azaltmada çoğunlukla sağlığa olumlu etkileri olduğu; aynı zamanda çeşitli zararlı etkileri de olduğu çalışmalar sonucu ortaya çıkarılmıştır (Kurzer ve Xu, 1997; Kiyama, 2016).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Tahin üretim aşamaları

Araştırma materyalini oluşturan ürünler, Samsun'da faaliyet gösteren bir fabrikadan (Çağdaş Tahin ve Susam San. ve Tic. Ltd. Şti.) temin edilmiştir. Tahin üretimi aşamaları sırasında meydana gelen değişimleri incelemek için 5 farklı noktadan örnek alınmıştır. Bunlar hammaddeden itibaren sırasıyla susam (I), kabuğu soyulmuş iç susam (II), iç susamın kavrulması sonucu elde edilen kavrulmuş iç susam (III), kavrulmuş iç susamın elenmesi ile ortaya çıkan elek altı kabuk (kepek) (IV) ve tahindir (V) (Şekil 3.1). Örnekler bu noktalardan, 3 tekrarlı olarak ve belirli zaman aralıkları ile alınmıştır. Alınan örnekler ikiye ayrılmış ve polietilen poşetlere koyularak derin dondurucuda (Beko, Türkiye) -20°C 'de dondurulmuştur. Bir kısmı dondurulmuş halde depolanmış, diğer kısmı ise öğütüldükten sonra analizlerde kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Tahin üretim aşamaları

3.2. Yöntem

3.2.1. Renk ölçümü

Renk ölçümü Minolta CR 400 (Japan) renk ölçüm cihazıyla yapılarak; renk, L [0 (siyah)'dan 100 (beyaz)'e], a [-60 (yeşil)'tan +60 (kırmızı)'a], b [-60 (mavi)'tan +60 (sarı)'a] olarak ifade edilmiştir. Cihazın standardizasyonunda beyaz seramik (No: 19633162) kullanılmıştır.

3.2.2. Çeşitli fizikokimyasal özelliklerin belirlenmesi

Kuru madde analizi

Sabit tartım ağırlığına gelene kadar $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de etüvde bekletilen nikel kuru madde kapları desikatörde 30 dakika soğutulduktan sonra darası alınmış, içine yaklaşık 5 g örnek konularak 70°C 'de sabit ağırlığa gelene kadar vakumlu etüvde kurutulmuştur. Daha sonra desikatörde soğutulup hassas terazide ağırlığı ölçülmüştür. Oluşan ağırlık kaybından kuru madde miktarı hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

pH tayini

Dondurulmuş örnekler çözündürüldükten sonra 1:2 oranında saf su ile seyreltilerek buzdolabı sıcaklığında 1 gece bekletilerek pH ölçümüne hazırlanmıştır. Örneklerin pH'sı, 20°C 'de Eutech Cyberscan (Singapore) marka, dijital, 0.01 duyarlılıktaki pH metre ile ölçülmüştür (Cemeroğlu, 1992).

Yağ tayini

Öğütülmüş örneklerden 4-5 g arası Sokselet kartuşu içerisine tartılarak kartuşun ağzı, yağsız pamukla kapatılmış ve kartuşlar ekstraktöre yerleştirilmiştir. Darası alınmış olan cam balona sokselet başlığının en az iki katı hacminde dietil eter konularak balon, ekstraktör ve soğutucu birbirine bağlanmıştır. Ekstraksiyon işlemine 8-10 saat kadar devam edildikten sonra cam balonlardaki dietil eter hava akımında uzaklaştırılmış ve balonlar $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'lik etüvde 30 dakika bekletilerek desikatöre alınmıştır. Desikatörde soğutulan cam balonlar tartılarak kütlece yüzde olarak yağ miktarı hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

Protein tayini

Protein miktarının belirlenmesi için yakma tüplerine 0.1 mg hassasiyetle 0.5-1 g kuru örnekler tartılarak sırasıyla 2.2 g katalizör (bakır sülfat-potasyum sülfat karışımı) ve 10 ml % 98'lik H_2SO_4 ilave edilmiştir. Tüpler yakma ünitesine yerleştirilerek örnekler saydam ve renksiz hale gelinceye kadar yakılmıştır. Yakma ünitesinden alınan tüpler soğutulmuş ve 25 ml saf su ilave edilerek damıtma ünitesine yerleştirilmiştir. Daha sonra üzerine 65 ml derişik NaOH çözeltisi (% 30'luk) ilave edilerek balon distilasyon ünitesine bağlanmıştır. Kondanse olan amonyak buharları

25 ml % 3'lük H_3BO_3 çözeltisi içerisine toplanmıştır. Damıtma işleminden sonra 0.1 N HCl ile dönüm noktasına kadar titre edilmiştir. Titrasyonda indikatör olarak metil kırmızısı kullanılmıştır. Toplam protein miktarı; titrasyon sonunda belirlenen azot miktarının 6.25 faktörü ile çarpılması ile belirlenmiştir (AOAC, 2000).

Kül tayini

Darası alınmış krozelere 3-4 g arası örnek tartılmıştır. Sonrasında örnekler kül fırınında $525\pm 25^\circ C$ 'de siyah noktalar kalmayınca kadar yakılmıştır. Desikatörde soğutulan krozeler tartılarak % kül miktarı hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

Yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi

Örneklerden soğuk ekstraksiyon ile ekstrakte edilen yağların yağ asitleri kompozisyonu Ichihara vd (1996)'ne göre Gaz Kromatografisi (GC) ile analiz edilmiştir. 40 µl yağ, 2 ml hekzan ve 200 µl KOH vortekste karıştırılarak yağların esterleşmesi sağlanmış ve karışımın üst kısmından yaklaşık 1.5 ml alınarak viallere konulmuştur. Örneklerdeki yağ asitleri, standart 37 bileşenden oluşan FAME karışımın (Supelco 37 Components FAME Mixture, Cat. No. 18919-1AMP, Bellefonte PA, USA) gelme zamanlarına bağlı olarak karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır.

Mineral madde kompozisyonunun belirlenmesi

Örneklerin analize hazırlanmasında, Rangkadilok vd (2010) tarafından bildirilen teknik modifiye edilmiştir. Örnekler önce kül haline getirilmiştir. Küller % 30'luk nitrik asit çözeltisi ile yıkanarak balonjojelere alınmış, tamamen çözülmesi amacıyla ısı ile muamele edilmiştir. Sonrasında 50 ml'lik balonjojelere koyularak üzerleri nitrik asit çözeltisi ile tamamlanmıştır. Analize hazır hale gelen örneklerde Na, Mg, Al, P, K, Ca, Fe, Cu, Zn mineral maddeleri; Agilent 7500ce ICP-MS ile analiz edilmiştir.

DSC analizi

DSC (Diferansiyel Taramalı Kalorimetre) tekniği, maddelerde ısı ile ilişkili birçok olayda kullanılmakta ve teknikte, maddelerin entalpisindeki değişimlerden yola çıkılmaktadır (Suja vd, 2004).

Örnekler hassas terazide alüminyum hücelere tartılmış, dakikada 10°C artışla 90°C'den 360°C'ye kadar değişen sıcaklıklara, nitrojen atmosferinde maruz bırakılmıştır. Analiz Perkin Elmer DSC 4000 cihazında yapılmıştır (Ma vd, 2012).

Oksidatif stabilite analizi

Oksidatif stabilite analizi, Ransimat cihazıyla yapılmıştır. Analiz ncesi hazırlık aşamasında örnekler n-hekzan ile muamele edilmiş ve üzücü evaporatör ile uzaklaştırılarak yağları elde edilmiştir. Her aşamadan, 3-4 g arasında değişen miktarlarda yağ elde edilmiştir. Sonrasında rnekler, Ransimat 743 (Metrohm Ltd., Herison, İsviçre) ile 140°C'de analiz edilmiştir.

3.2.3. Doğal antioksidanlar ve antioksidan aktivitenin belirlenmesi

Toplam fenolik madde tayini

Toplam fenolik madde içeriği, alkali ortamda Folin-Ciocalteu zltisi ile reaksiyon sonucunda rengin spektrofotometrik olarak llmesi ile belirlenmiştir (Singleton ve Rossi, 1965). Örnekler % 80'lik metil alkol ile ekstrakte edilmiştir. Sonrasında rneğin zerine Folin-Ciocalteu ayracı eklenerek 5 dakika bekletildikten sonra oluşan karışıma doygun Na₂CO₃ (sodyum karbonat) zltisi eklenerek iyice karışması sağlanmış ve karanlık bir ortamda 2 saat bekletilmiştir. Bu süre sonunda 760 nm dalga boyunda tanığa karşı okunmuştur. Kimyasal saf gallik asit ile çizilmiş standart kalibrasyon eğrisi yardımıyla toplam fenolik madde miktarı mg/kg olarak hesaplanmıştır.

FRAP (demir indirgeme antioksidan gücü) analizi

Bu metot, Fe (III)-2,4,6-tripirydyl-s-triazine (TPTZ) kompleksinin antioksidanlar varlığında renkli Fe (II) şelatına indirgenmesi esasına dayanmakta ve sadece ferrik iyonları indirgeyebilen maddeleri ölçmektedir. FRAP zltisi, 40 mmol L⁻¹HCl içinde 10 mmol L⁻¹ 2,4,6-tripirydyl-s-triazine (TPTZ), 20 mmol L⁻¹ FeCl₃ zltisi

ve 300 mmol L⁻¹ sodyum asetat tamponundan (pH 3.6) oluşmaktadır. % 80'lik metil alkol ile uygun oranda seyreltilmiş 50 µL ekstrakt, 950 µL FRAP çözeltisi ile karıştırıldıktan sonra 5 dakika beklenmiş ve 593 nm'de absorbans değeri okunmuştur. FeSO₄ ile çizilen kurveden gidilerek demir cinsinden FRAP değerleri mmol g⁻¹ kuru madde olarak belirlenmiştir (Benzie ve Strain, 1996; Öztan, 2006).

DPPH serbest radikal giderme gücü

Ekstraktların antioksidan aktivitesi, hidrojen bağlama kabiliyeti ya da başka bir ifadeyle DPPH radikalini (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) giderme gücüne dayanılarak ölçülmüştür. DPPH, ticari olarak elde edilebilen stabil organik nitrojen radikalidir. Molekülde bir serbest elektronun yer değiştirmesi menekşe-mor renginin oluşmasına neden olmaktadır (Albayrak vd, 2010).

DPPH solüsyonu hidrojen atomu verebilen madde ile karıştırıldığı zaman koyu menekşe-mor rengin kaybı ile indirgenmiş form oluşmaktadır (Brand-Williams vd, 1995; Albayrak vd, 2010). Özetle DPPH analizi, ekstraktın DPPH radikaline hidrojen verme kabiliyetini ölçmekte ve bu durum sonucunda da DPPH çözeltisinin rengi açılmaktadır. Renk ne kadar çok açılmışsa antioksidan aktivite o kadar yüksek olmaktadır (Reshma vd, 2013).

Metil alkol ile ekstrakte edilen ekstraktlardan 50 µl alınarak üzerlerine 1 ml 100 µM DPPH çözeltisi eklenerek 30 dakika boyunca oda sıcaklığında bekletilmiş ve UV-Vis spektrofotometre ile 517 nm de absorbansı ölçülmüş daha sonra bu değerler DPPH kalibrasyon grafiğinden yararlanılarak DPPH konsantrasyonuna dönüştürülmüştür. Tanık okuması için metil alkol kullanılmıştır ve DPPH'nin % inhibisyonu hesaplanmıştır (Brand-Williams vd, 1995).

Lignan analizi

Yapılan çoğu çalışmada susam tohumu ve yağı için ana lignan kaynağının sesamin olduğu belirtilmektedir (Rangkadilok vd, 2010; Wang vd, 2012). Sesamol de susam ve ürünleri için sesamin gibi önemli bir lignandır. Bu nedenle örneklerdeki sesamin ve sesamol miktarları HPLC cihazı kullanılarak kromatografik yöntem ile belirlenmiştir.

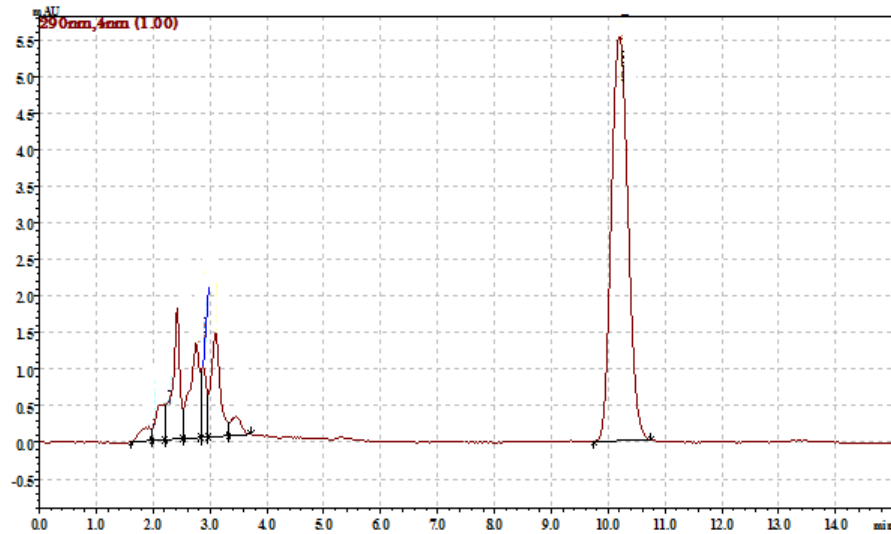
Bunun için hazırlık aşamasında örnekler n-hekzan ile muamele edilmiş ve çözücü evaporatör ile uzaklaştırılarak örneklerin yağı elde edilmiştir.

Elde edilen yağlar belirli oranlarda mobil faz ile seyreltilmiş ve 0.45 µm'lik teflon filtreden geçirilip HPLC cihazına verilmiştir. Analizde mobil faz olarak % 70'lik metanol/su çözeltisi kullanılmış, dalga boyu 290 nm, akış hızı 1 mL/dk, enjeksiyon hacmi 10 µL olarak belirlenmiştir (Suja vd, 2005b).

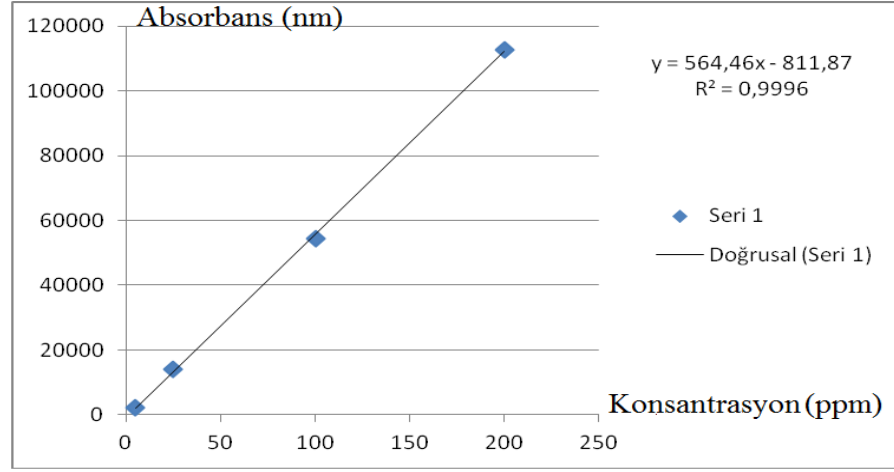
Sesamin ve sesamol analizinde kullanılan mobil faz, analizden önce ultrasonik banyoda (Bandelin Sonorex, Germany) gaz uzaklaştırma işlemine tabi tutulmuştur (Suja vd, 2005b). Analizde kullanılan HPLC (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) sistemi, LC-20AT pompa ünitesi, SIL-20A otomatik örnekleyici, SPD-M20A PDA dedektör, CBM-20A sistem kontrol ünitesi, CTO-10ASvp kolon fırınından oluşmaktadır. Kolon olarak ACEC18 (250 mm, 4.6 mm, 5µm) kullanılmıştır. Örnek ve mobil faz hazırlamada kullanılan su, ultra saf su (Millipore, Direct-QUV3) sisteminden elde edilmiştir.

Hazırlanan sesamin stok çözeltisinden 5 ppm ve 200 ppm arasında değişen konsantrasyonlarda sesamin standart çözeltileri hazırlanmış, sonra bu çözeltiler 0.45 µm'lik teflon filtreden geçirilip HPLC cihazına verilmiştir. Şekil 3.2'de 200 ppm sesamin standardına ait kromatogram görülmektedir.

Analiz sonucunda farklı konsantrasyonlara karşılık gelen alanlar belirlenmiş ve bu alanlar kullanılarak doğrusal kalibrasyon eğrisi çizilmiş, hesaplamalarda bu eğriye ait doğru denklemi kullanılmıştır (Şekil 3.3). Örneklerden elde edilen alanlar kalibrasyon eğrisi kullanılarak elde edilen formülde yerine konularak örneklerin sesamin içeriği hesaplanmıştır. Sesaminin 290 nm'de alıkonma zamanı ortalama 9.58'dir.

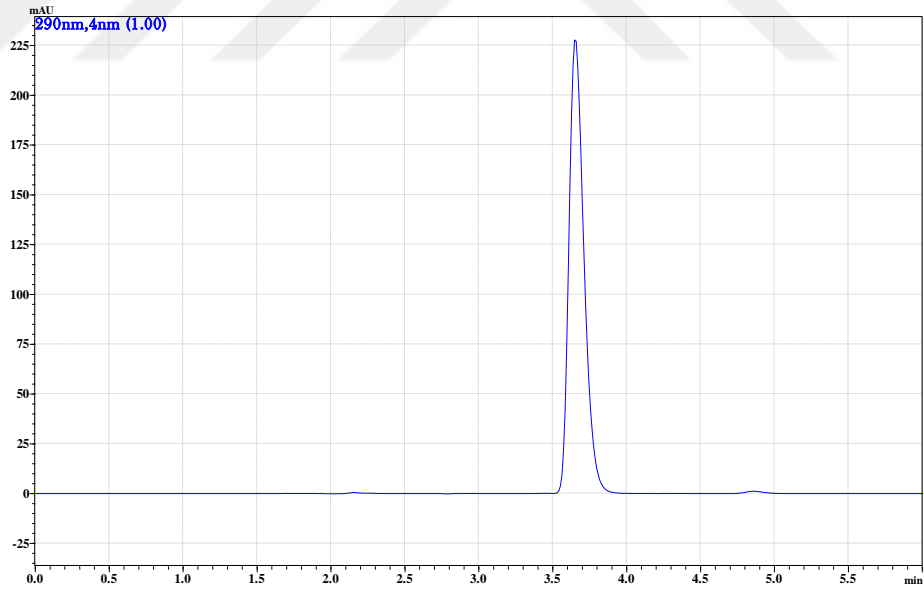


Şekil 3.2. 200 ppm sesamin standardı kromatogramı (λ= 290 nm)

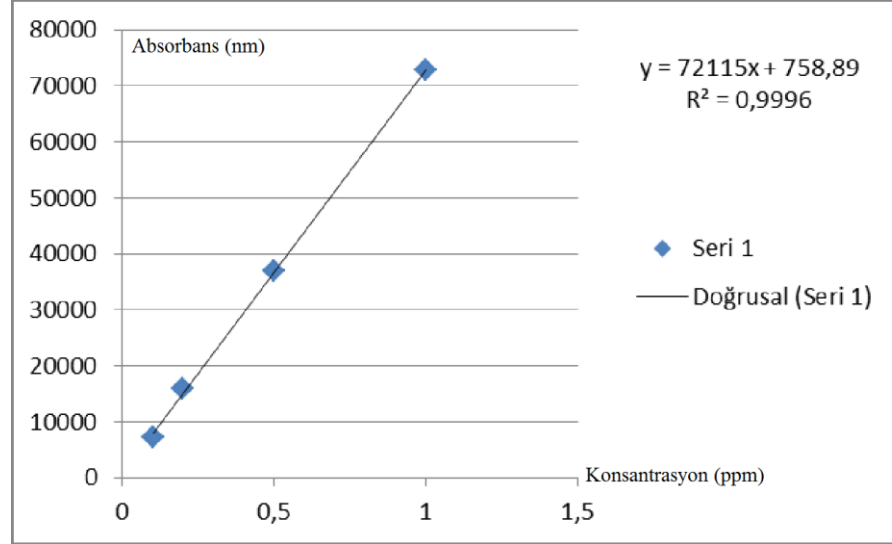


Şekil 3.3. Sesamin standart eğrisi ($\lambda=290$ nm)

Aynı işlemler sesamol için de yapılmış, 0.1 ppm ve 50 ppm arasında değişen konsantrasyonlarda sesamol standart çözeltileri hazırlanmıştır. Şekil 3.4'te 50 ppm sesamol standardına ait kromatogram görülmektedir. Ayrıca Şekil 3.5'te de sesamole ait standart eğrisi görülmektedir. Sesamolün 290 nm'de alıkonma zamanı ortalama 3.67'dir.



Şekil 3.4. 50 ppm sesamol standardı kromatogramı ($\lambda= 290$ nm)



Şekil 3.5. Sesamol standart eğrisi ($\lambda=290$ nm)

3.2.4. İstatistiksel analiz

Tahin üretim sürecine ait noktalardan alınan örneklerde fiziksel, kimyasal ve antioksidan özellikler arasında fark olup olmadığı SPSS 16.0 Bilgisayar Paket Programı kullanılarak tek yönlü ANOVA ve Duncan çoklu karşılaştırma testleri ile değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Renk Ölçümü Sonuçları

Tahin üretimi sırasında meydana gelen renk değişimleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Tahin üretimi süresince renkteki değişim

| Aşama | L^* | a^* | b^* |
|-------|-------------|-------------|-------------|
| I | 51.45±1.39d | 1.71±0.08a | 12.31±0.73d |
| II | 70.95±2.27a | -0.84±0.43d | 14.35±0.14c |
| III | 68.08±0.15b | -1.10±0.24d | 16.89±0.16a |
| IV | 41.41±0.22e | 0.86±0.04b | 7.29±0.21e |
| V | 56.40±0.38c | -0.27±0.12c | 15.04±0.09b |

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

Çizelge 4.1'den de görüldüğü gibi tahin üretimi sırasında; açıklık-koyuluğu ifade eden *L* değerleri ortalaması susamda (I. aşama) 51.45, kabuğu soyulmuş iç susamda (II. aşama) 70.95, iç susamın kavrulması sonucu elde edilen kavrulmuş iç susamda (III. aşama) 68.08, kavrulmuş iç susamın elenmesi ile ortaya çıkan elek altı kabukta (IV. aşama) 41.41 ve tahinde (V. aşama) 56.40 olarak belirlenmiştir. *L** değerindeki bu değişim istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$). *L* değerinin; hammaddenin işlenmesi ile birlikte son üründe, ilk ürüne göre arttığı belirlenmiştir. Aşamalar tek tek incelendiğinde; en yüksek değer II. aşamada olduğu, yani en açık rengin bu aşamada elde edildiği görülmektedir. En koyu renk ise susam içi kavrulduktan sonra elek altı susam kabuğundan elde edilmiştir. Susam işlenmeye başladıktan itibaren koyu renk kabuğun soyulması ile ortaya daha açık renkte olan susam içi çıkmıştır. İç susama uygulanan kavurma aşaması, sıcaklığın etkisiyle iç susamın renginin bir miktar koyulaşmasına neden olmuştur. Elenen kavrulmuş içten elde edilen elek altı en koyu renge sahiptir. Kavrulmuş susam içinin öğütülmesi ile ortaya çıkan son ürün tahinin ise kavrulmuş iç susama göre daha koyu, ilk ürün susama göre daha açık renkte olduğu belirlenmiştir.

Susamdan tahine kadar olan tüm sürecin ve bu çalışmada ele alındığı şekliyle işlem basamaklarının, literatürde çok fazla ele alınmadığı gözlenmiştir. Genellikle sadece susam, sadece tahin ya da sadece atık konusunda çalışmalar yapılmıştır. Dolayısıyla burada, her aşama sonuçları literatürle karşılaştırılamamıştır.

Kömez (2002) tarafından yerli ve ithal susamlardan tahin üretiminde uygun koşulların belirlenmesi üzerine yapılan çalışmada; ithal susamlardan elde edilen tahinin *L* değerinin 62.25-73.82, yerli susamlardan elde edilen tahinlerde ise 54.67-68.61 arasında değiştiği saptanmıştır. Bu çalışmada, analiz edilen tahin örneğinin *L* değerinin (56.40) belirtilen sınırlar içinde olduğu gözlenmiştir.

Kahyaoğlu ve Kaya (2006), kavurma sıcaklığının renk ve tekstürel özellikler üzerine etkisini incelemiştir. Üç farklı sıcaklıkta (120, 150 ve 180°C) 120 dakika kavurdıkları susamlardan elde edilen tahinlerde, süreye bağlı olarak önce aydınlık değerinin hafif arttığını sonra düştüğünü, kırmızılık ve sarılık değerinin benzer eğilim gösterdiğini, kavurmanın başlangıcından 90 dakikaya kadar olan süreçte fazla değişmediğini; fakat bu süreden sonra hızla arttığını belirlemiştir. Bu çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş, kavruktan susamın aydınlık değerinin ham susama göre arttığı tespit edilmiştir.

Elleuch vd (2007), tahin helvası üretimi sırasında tahin üretimi aşamalarında ortaya çıkan yan ürünler, hammadde (susam) ve bunlardan elde edilen yağ fraksiyonlarının fizikokimyasal karakteristiklerini incelemişlerdir. Ham susamdan ekstrakte edilen yağa göre, tahin üretiminde ilk aşamalarda susam suda bekletildikten sonra ortaya çıkan atıkların ve iç susam kavrulup elendikten sonra ortaya çıkan atıkların (kepek) yağlarının daha düşük L değerine sahip olduğu, yani daha yoğun (koyu) renkte olduğunu kaydetmişlerdir. Bu çalışmada; L değeri susamda 51.45, kepekte 41.41 olarak bulunmuştur. Diğer bir ifadeyle, bu çalışmada kullanılan susama göre kepek daha koyu renktedir. Bizim sonuçlarımız, Elleuch vd (2007)'nin bulgularına paraleldir. Karaman vd (2017), tahinin L değerini 45.11 bulmuştur. Bu değer, bizim tahin örneklerimizin sonuçlarından daha düşüktür.

Kırmızılık-yeşilliği ifade eden $+a$ değerleri; susamda 1.71, kabuğu soyulmuş iç susamda -0.84, iç susamın kavrulması sonucu elde edilen kavrulmuş iç susamda -1.10, kavrulmuş iç susamın elenmesi ile ortaya çıkan elek altı kısımda (kepek) +0.86 ve tahinde -0.27 olarak belirlenmiştir. a^* değerindeki bu değişimler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$). Sonuçlardan, yeşillığe en yakın aşamanın III. aşama olduğu, kırmızılığa en yakın aşamanın ise I. aşama olduğu görülmektedir. Susamdan kabuğu ayrıldığında ortaya çıkan susam içinin, susama göre daha yeşil olduğu; ısı etkisiyle yeşil rengin arttığı ve bu rengin tahinde bir miktar azaldığı tespit edilmiştir. Kepek ise susamdan sonra en kırmızı renge sahiptir.

Sarı-mavi rengi ifade eden $+b$ değerleri; susamda +12.31, kabuğu soyulmuş iç susamda +14.35, iç susamın kavrulması sonucu elde edilen kavrulmuş iç susamda +16.89, kavrulmuş iç susamın elenmesi ile ortaya çıkan elek altı kabukta +7.29 ve tahinde +15.04 olarak belirlenmiştir. b^* değerindeki bu değişimler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$). En sarı renk, iç susamın kavrulması sonucu elde edilen kavrulmuş iç susamda, en düşük sarı rengin ise kepekte olduğu belirlenmiştir. Kabuğun soyulması ile daha sarı olan susam içi ortaya çıkmış, kavurma aşamasında sarılık veya $+a^*$ ve $+b^*$ değerleri birlikte düşünüldüğünde kahverengilik artmış, öğütme ile bir miktar azalmıştır.

Elleuch vd (2007) tarafından da bildirildiği gibi; ham susamdan ekstrakte edilen yağa göre, tahin üretiminin ilk aşamalarında susam suda bekletildikten sonra ortaya çıkan atıkların ve iç susam kavrulup elendikten sonra ortaya çıkan atıkların yağlarının daha yüksek $+a^*$ ve $+b^*$ değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Yani bu aşamaların ham susama göre daha kırmızı-sarı olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bizim çalışmamız sonucunda $+a^*$ ve $+b^*$ değerleri ise kepekte, ham susama göre daha düşük çıkmıştır. Bu farkın susamın cinsinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kömez (2002), ithal tahinin a değerini 3.50-11.19 ve b değerini 23.44-32.04; yerli tahinin a değerini 3.57-9.42 ve b değerini 22.53-31.19 arasında bulmuştur. Bu çalışmada bulunan değerlerin (a^* : -0.27 ve b^* : +15.04) daha düşük olduğu saptanmıştır. Karaman vd (2017), tahinin a ve b değerlerini sırasıyla 3.12 ve 13.88 olarak bulmuştur. Bu çalışmada elde edilen sonuçlarla kıyaslandığında, tahinin a değerinin daha düşük olduğu ve b değerinin ise daha yüksek olduğu görülmüştür.

Susam, daha önce de bahsedildiği üzere çok çeşitli renklerde olabilmektedir. Analiz sonuçları arasındaki farkların, susamların cinsinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2. Çeşitli Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

Tahin üretimi sırasında kuru madde, pH, yağ, protein ve külde meydana gelen değişimler Çizelge 4.2’de verilmiştir. Yağ, protein ve kül miktarları kuru maddede hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2. Tahin üretimi süresince bazı bileşenlerdeki değişim

| Aşama | Kuru madde, % | Yağ, % | Protein, % | Kül, % | pH |
|-------|---------------|--------------|--------------|------------|-----------|
| I | 95.71±0.100b | 53.14±0.664b | 20.18±0.373d | 5.70±0.09a | 6.23±0.03 |
| II | 68.65±0.208d | 47.83±1.607c | 25.53±0.136b | 2.87±0.04d | 6.53±0.04 |
| III | 95.92±0.071b | 57.87±0.501a | 21.58±0.331c | 2.83±0.02d | 6.48±0.03 |
| IV | 94.31±0.227c | 46.43±0.686c | 14.11±0.426e | 5.40±0.03b | 6.34±0.03 |
| V | 99.65±0.210a | 58.37±0.339a | 26.79±0.273a | 3.44±0.08c | 6.56±0.27 |

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel fark yoktur ($p>0.05$).

4.2.1. Kuru madde tayini sonuçları

Tahin üretiminde hammadde olan susamdan başlanarak son ürün olan tahine kadar, belirlenen 5 üretim aşamasında kuru madde miktarı belirlenmiştir. Kuru madde miktarları ortalama olarak; susamda (I. aşama) % 95.71, kabuğu soyulmuş

iç susamda (II. aşama) % 68.65, iç susamın kavrulması sonucu elde edilen kavrulmuş iç susamda (III. aşama) % 95.92, kavrulmuş iç susamın elenmesi ile ortaya çıkan elek altı kabukta (kepek) (IV. aşama) % 94.31 ve tahinde (V. aşama) % 99.65 şeklinde belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Çizelgeden görüldüğü gibi kuru maddedeki değişim istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$).

Susam tuzlu suda bekletilip süzöldükten sonra ortaya çıkan kabuğu soyulmuş susam içi, tuzlu su ile muamele edildiğinden dolayı nem miktarı en yüksektir. Kavurma ve öğütme aşamalarının ardından elde edilen son ürün tahinde kuru madde miktarı en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Aşamalar dikkate alındığında hammaddeden itibaren su ile muamele sonucu II. aşamada azalan kuru madde miktarı, kavurma aşamasında sıcaklığın etkisi ile nemin giderilmesi sonucu son üründe maksimum seviyeye ulaşmıştır.

Tahin Tebliğine göre (Anonim, 2017c), tahinin nem miktarı en çok % 1.5 olmalıdır. Analizi yapılan örneğin tebliğ sınırları dahilinde olduğu görölmektedir. Özcan (1993) yaptığı çalışmada, tahin örneklerinin % 98.53-99.61 arasında kuru maddeye sahip olduğunu göstermiştir. Analizi yapılan tahin örneğinin bu değer aralıkları ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Aynı çalışmada susam tohumlarında kuru madde miktarı % 95.33-96.84 arasında bulunmuştur. Susam örneğinin kuru madde miktarı Özcan (1993) tarafından bildirilen değerler ile uyumludur.

Güven vd (2007), tahin helvalarının kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesine üretim aşamalarının etkisi üzerine yaptığı çalışmada, tahin helvası üretim hattı boyunca kullanılan hammadde ve yardımcı maddelerin bazı kimyasal özelliklerindeki değişimleri incelemiştir. Kuru madde miktarını; kabuklu susamda % 93.95, kavrulmuş kabuksuz susamda % 98.35 ve tahinde % 98.98 olarak bulmuştur. Görüldüğü gibi kuru madde susamdan tahine artış göstermiştir. Bizim çalışmamızda da, kuru madde miktarlarında susamdan tahine aynı aşamalarda düzenli olarak artış olduğu gözlenmiştir. Hassan (2012), susam tohumlarını kavurmanın etkisini incelediği çalışmada, kavrulmuş susam tohumlarının kuru madde içeriğini % 96.4-99.8 olarak belirlemiştir, bu bulgular bizim sonuçlarımızla uyumludur.

4.2.2. pH tayini sonuçları

pH değeri susamda 6.23, kabuğu soyulmuş iç susamda 6.53, iç susamın kavrulması sonucu elde edilen kavrulmuş iç susamda 6.48, kavrulmuş iç susamın elenmesi ile ortaya çıkan elek altı kabukta 6.34 ve tahinde 6.56 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2). Görüldüğü üzere pH'da kayda değer bir değişim gözlenmemiştir; ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemsizdir ($p>0.05$). pH değerlerinin nötre yakın olduğu belirlenmiştir. Susam ve ürünlerinde, pH üzerine çok fazla çalışma olmadığı gözlenmiştir. Yapılan bir çalışmada (Al-Nabulsi vd, 2014) tahinin pH'sı 6.76 olarak bulunmuştur. Tahin, bal ve üzüm pekmezi karışımları üzerine yapılan diğer bir çalışmada (Karaman vd, 2017) ise tahinin pH'sı 6.50 olarak saptanmıştır.

4.2.3. Yağ tayini sonuçları

Susam tohumu, birçok yağlı tohumdan daha fazla yağ içermektedir. Yağ içeriği, çeşit ve çevre faktörlerine göre % 37 ile % 63 arasında değişmektedir. Yağ içeriği aynı zamanda tohumun renk, boyut, yetiştirme şartları ve iklime göre de farklılık göstermektedir. Beyaz ve açık renkli iri susamların, koyu renkli ve küçük boyutlulardan daha fazla yağ içerdiği bildirilmektedir. Ayrıca hasat zamanı da tohumun yağ içeriği miktarını etkilemektedir (Özdemir, 2001).

Bu çalışmada, susamdan tahine kadar olan aşamada yağ miktarındaki değişim incelenmiştir. Yağ miktarı, susamda % 53.14, kabuğu soyulmuş iç susamda % 47.83, iç susamın kavrulması sonucu elde edilen kavrulmuş iç susamda % 57.87, kavrulmuş iç susamın elenmesi ile ortaya çıkan elek altı kabukta % 46.43 ve tahinde % 58.37 olarak belirlenmiştir. Yağ miktarındaki bu değişim istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

Özdemir (2001) tarafından, kabuklu ve kabuğu soyulmuş susam tohumlarında yapılan çalışmada, kabuklu susamlardan elde edilen yağ miktarının ortalama % 53.49, soyulmuş susamlardan elde edilen yağ miktarının ise % 56.83 olduğu belirlenmiştir. Nzikou vd (2009), susam tohumlarında yağ miktarını % 54 olarak bulmuştur. Güven vd (2007), kabuklu susamda yağ miktarını % 45.32, kavrulmuş kabuksuz susamın yağ miktarı % 58.88, tahinin yağ miktarını ise % 60.72 olarak saptamıştır. Elleuch vd (2007), susam tohumu ve tahin üretimi atıklarında yaptıkları

çalışmada, ham susamda yağ miktarını % 52.24, kepekte yağ miktarını % 32.84 olarak belirlemişlerdir. Makinde ve Akinoso (2013), kabuklu susamda yağ oranını % 45.6- 46.1 arasında, kabuğu ayrılmış susamda yağ oranını % 47.7-49.9 arasında ve kepekte yağ oranını % 7.62-9.25 bulmuşlardır. Sawaya vd (1985), tahinde yağ miktarını % 58.9 olarak tespit etmişlerdir.

Benitez vd (2016), susam tohumlarının yağ bileşimine, yağın tohumlardan ekstraksiyon yöntemlerinin etkisini inceledikleri çalışmada; ham susam tohumlarının yağ miktarını yaklaşık % 51.17, perkolasyon yöntemiyle yağı alınan susamların artıklarının (perkolasyon susam keki) yağ miktarını % 1.07 ve hidrolik pres ile yağı alınan susamların artıklarının (pres susam keki) yağ miktarını % 5.34 olarak bulmuşlardır. Yağı alınan ham susamların artıklarının (susam kekleri), yağ oranlarının oldukça düşük olduğu kaydedilmiştir.

Bu çalışmada, aşamalar tek başına değerlendirildiğinde, elde edilen sonuçların diğer çalışmalar ile benzer olduğu görülmektedir. Sadece kepekte, Makinde ve Akinoso (2013) ve Benitez vd (2016) diğer çalışmalara göre daha düşük bir değer kaydetmişlerdir. Bu farklılık, kabuğun ayrılması sırasında uygulanan işlemlerden kaynaklanabilir.

Aşamalar arasında değerlendirme yapıldığında I. aşamadan II. aşamaya geçişte diğer çalışmalarda artış gözlenmişken bu çalışmada düşüş gözlenmiştir. Bu aşamadaki susamın yüksek oranda tuz ile muamele edilmesi ekstraksiyon yeterliliğini düşürmüş olabilir. Yine aşamalar arasında değerlendirildiğinde, ham susamdan kavrulmuş susama ve kavrulmuş susamdan tahine geçiş aşamalarında yağ miktarının değişiminin diğer çalışmalar ile uyumlu olduğu görülmektedir. Literatürde verilenlere ve bu çalışma sonuçlarına bakıldığında, bu aşamalar arasında yağ oranında artış gözlenmiştir. En düşük yağ oranına sahip olan kabuğun ortamdan ayrılması ve sonrasında kavurma ile birlikte ısıl işlemin de etkisi sonucu artış meydana gelmiştir.

4.2.4. Protein tayini sonuçları

Protein miktarı (kuru maddede) susamda % 20.18, kabuğu soyulmuş iç susamda % 25.53, iç susamın kavrulması sonucu elde edilen kavrulmuş iç susamda % 21.58, kavrulmuş iç susamın elenmesi ile ortaya çıkan elek altı kabukta % 14.11 ve

tahinde % 26.79 olarak bulunmuştur. Protein miktarındaki bu değişim istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$).

Birçok çalışmada, susam tohumlarının ortalama % 18-25 arasında, tahinin % 28'lere varan oranlarda protein içeriğine sahip olduğu ifade edilmektedir (Kömez, 2002; Karakahya, 2006; Nzikou vd, 2009; Kim vd, 2014). Sawaya vd (1985), tahinin protein miktarını % 24.7 olarak bulmuştur. Tahin Tebliğine göre (Anonim, 2017c), tahinde protein oranı en az % 20 olmalıdır. Bu çalışma sonuçları, belirtilen değerlerle uyumludur.

Akbulut ve Çoklar (2008), kabuğu soyulmuş ve soyulmamış susamlardan yapılan tahinlerin bazı özelliklerini araştırmışlardır. Kabuğu soyulmamış susamlardan yapılan tahinde ham protein miktarını % 23.77 bulmuşlardır. Kabuğu soyulmuş susamlardan elde edilen tahinin ham protein miktarının, kabuğu soyulmamış susamlardan elde edilen tahine göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Bu sonuç doğrultusunda, düşük protein miktarına sahip kabuğun ortamdaki ayrılmasının, son ürün tahinin protein miktarında oransal olarak artışa yol açtığı kaydedilmiştir.

Hassan (2012), iki farklı susam tohumu varyetesi üzerinde çalışmıştır. Bu kabuklu susam tohumlarına, kavurmanın etkisini araştırmış; ham, kabuklu susamların protein oranının varyetelerde ortalama % 21.43-23.18 aralığında değiştiğini belirlemiştir. Sonrasında uygulanan kavurma işlemi ile kavrulmuş kabuklu susamların protein oranını sırasıyla ortalama % 19.46-22 olarak tespit etmiştir. Yani Hassan (2012) de bizim gibi, kavurma aşaması sonucu protein miktarında düşüş kaydetmiştir.

Makinde ve Akinoso (2013), bütün susam tohumu, kabuğu soyulmuş susam tohumu ve susam kabukları üzerinde yaptıkları çalışmada en yüksek protein miktarını kabuğu soyulmuş susam tohumlarında (% 25.3-26.8), en düşük protein miktarını ise kabuklarda (% 2.35-2.72) tespit etmişlerdir. Bütün haldeki susamda protein oranının % 21.9-23.6 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Bütün aşamalar arasında en düşük protein miktarına sahip kabuğun ortamdaki ayrılması ile diğer aşamalarda protein miktarının oransal olarak arttığı düşünülmektedir. Kabuğu soyulan susamın kavrulması ile elde edilen kavrulmuş susamın, kavrulmamış aşamaya göre daha düşük protein miktarına sahip olduğunu,

ıslıl işlem ile birlikte protein miktarının düştüğü belirlenmiştir. Bu düşüşün, ıslıl işlemin proteinler üzerindeki olumsuz etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kavrulmuş susam elendikten sonra elde edilen tahinde ise protein miktarının arttığı belirlenmiştir. Bu artışın daha önce bahsedildiği gibi oransal bir artış olduğu, susam kavrulduktan sonra yapılan eleme ile kalan kabukların da ortamdan uzaklaştırılması sonucu protein miktarının oransal olarak arttığı düşünülmektedir.

4.2.5. Kül tayini sonuçları

Kül miktarı, susamda % 5.70, kabuğu soyulmuş iç susamda % 2.87, iç susamın kavrulması sonucu elde edilen kavrulmuş iç susamda % 2.83, kavrulmuş iç susamın elenmesi ile ortaya çıkan elek altı kabukta (kepek) % 5.40 ve tahinde % 3.44 olarak bulunmuştur. Kül miktarındaki bu değişim istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$).

Çeşitli çalışmalarda kabuklu susamın kül içeriği % 3.7 (Nzikou vd, 2009), % 4.21 (Özdemir, 2001), kabuğundan ayrılmış susamın kül içeriği % 2.66 (Özdemir, 2001), tahinde kül içeriği % 3.00-4.05 arasında (Sawaya vd, 1985; Kömez, 2002) bulunmuştur. Hassan (2012), iki farklı susam tohumu varyetesinde yaptığı çalışmada; kabuklu Giza 32 varyetesindeki kül miktarını ortalama % 3.04 ve bu varyetenin kabuklu şekilde kavrulması ile elde edilen susamların ortalama kül miktarını % 3.15 olarak tespit etmiştir. Shandawil 3 varyetesi için bu değerleri sırasıyla ortalama % 4.04 ve % 4.21 olarak kaydetmiştir. Görüldüğü gibi, kabuğun ayrılmaması sonucu kül miktarında çok fazla değişiklik olmamıştır.

Benitez vd (2016), susam tohumlarının yağ bileşimine, yağın tohumlardan ekstraksiyon yöntemlerinin etkisini incelemiştir. Ham susam tohumlarının kül miktarını yaklaşık % 5.74, perkolasyon yöntemiyle yağı alınan susamların artıklarının (perkolasyon susam keki) kül miktarını % 11.09 ve hidrolik pres ile yağı alınan susamların artıklarının (pres susam keki) kül miktarını % 10.94 olarak bulmuşlardır. Ekstraksiyon yönteminin kül miktarını kayda değer oranda etkilemediği, ancak susam keklerinin kül miktarının ham susama göre oransal olarak daha yüksek olduğunu kaydetmişlerdir.

Bu çalışmadaki aşamalar değerlendirildiğinde, en yüksek kül oranının kabuklu susamda, en düşük kül oranının ise kabuğu soyulmuş-kavurulmuş iç susamda olduğu görülmektedir. Susamın kabuk (kepek) kısmı da yüksek oranda kül

içermektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde; üretim aşamalarına kabuğun ayrılmasının etkisi, ilk ürüne göre son üründe kül miktarının azalışı ile kendini göstermektedir.

Bazı işletmelerde tuzu uzaklaştırılan susam, sonrasında kireçli su (kalsiyum hidroksit) ile muamele edilmektedir. Yıkayıp tuzu uzaklaştırılan susam, belli miktardaki kireçli suda bekletilmekte ve sonrasında tekrar yıkayıp kireç uzaklaştırılmaktadır (Karakahya, 2006; Güneşer, 2009). Çalışmada, kavrulmuş susam içinin kül miktarının, susam öğütüldükten sonra tahin haline geldiğinde arttığı belirlenmiştir. Bunun nedeni, kavurma sırasında kireç kullanılması ve kirecin yeterince uzaklaştırılmaması olabilir.

Tahin Tebliği'ne göre (Anonim, 2017c), kül miktarının en çok % 3.2 olması gerekmektedir. Çalışmada bu oranın daha yüksek olduğu görülmektedir. Tahin üretiminde kabuk ayırma işleminin tam yapılmaması, kabuk ayırmada kullanılan tuzun uzaklaştırılması için yapılan yıkama işleminin yetersizliği gibi işlem basamakları sırasında oluşabilecek olumsuzlukların yanında, susamı yetiştirme döneminde fazla su kullanılması, susamın çeşidi gibi etkenler son ürün tahinde kül miktarının artışına neden olabilmektedir (Özcan, 1993; Soyduñ, 2005; Güneşer, 2009).

4.2.6. Yağ asidi kompozisyonu

Tahin üretimi aşamalarında yağ asidi dağılımındaki değişim Çizelge 4.3'te yer almaktadır.

Çizelge 4.3. Örneklerin yağ asidi dağılımındaki (% , ortalama± std sapma) değişim

| Yağ Asidi | Aşamalar | | | | |
|-------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| | I | II | III | IV | V |
| Palmitik | 8.373±0.079c | 8.491±0.073c | 8.477±0.373c | 10.251±0.051a | 9.149±0.083b |
| Palmitoleik | 0.056±0.014c | 0.084±0.018b | 0.067±0.002bc | 0.122±0.009a | 0.085±0.009b |
| Stearik | 5.226±0.068b | 5.177±0.136b | 5.405±0.351b | 6.451±0.043a | 6.576±0.060a |
| Oleik | 40.336±0.183bc | 40.456±0.237b | 40.155±0.060c | 40.429±0.129bc | 43.462±0.061a |
| Linoleik | 44.962±0.371a | 44.797±0.123a | 44.832±0.773a | 41.294±0.050b | 39.611±0.211c |
| Araşidik | 0.578±0.003b | 0.557±0.029b | 0.573±0.005b | 0.697±0.035a | 0.684±0.035a |
| Linolenik | 0.330±0.043b | 0.301±0.032bc | 0.347±0.011b | 0.525±0.025a | 0.257±0.037c |
| Behenik | 0.095±0.015 | 0.082±0.027 | 0.091±0.007 | 0.133±0.013 | 0.114±0.019 |
| Lignoserik | 0.046±0.021 | 0.052±0.028 | 0.051±0.009 | 0.093±0.006 | 0.060±0.032 |

*Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p>0.05).

Çizelge 4.3'ten de görüldüğü gibi, tahin üretimi süresince yağ asitlerindeki dağılım (behenik ve lignoserik asit hariç) istatistiksel olarak önemli derecede değişmiştir (p<0.05). Bu 5 aşamadaki dağılıma göz atacak olursak; palmitik asit I. aşamada % 8.373, II. aşamada % 8.491, III. aşamada % 8.477, IV. aşamada % 10.251 ve V. aşamada % 9.149 şeklinde bulunmuştur. Aynı sırayla palmitoleik asit % 0.056, % 0.084, % 0.067, % 0.122, % 0.085; stearik asit % 5.226, % 5.177, % 5.405, % 6.451, % 6.576; oleik asit % 40.336, % 40.456, % 40.155, % 40.429, % 43.462; linoleik asit % 44.962, % 44.797, % 44.832, % 41.294, % 39.611; araşidik asit % 0.578, % 0.557, % 0.573, % 0.697, % 0.684; linolenik asit % 0.330, % 0.301, % 0.347, % 0.525; % 0.257; behenik asit % 0.095, % 0.082, % 0.091, % 0.133, % 0.114; lignoserik asit % 0.046, % 0.052, % 0.051, % 0.093, % 0.060 olarak bulunmuştur.

Özcan (1993), susam ve tahin yağlarının yağ asitleri bileşimlerini incelemiştir. Susam yağının % 9.10-11.38 palmitik, % iz-0.15 stearik, % 31.61-57.19 oleik, % 30.79-57.33 linoleik, % 0.30-0.79 linolenik ve % iz-2.62 araşidik asit

içerdiğini bildirmiştir. Tahin yağının ise % 9.55 - 10.32 palmitik, % iz stearik, % 37.42-45.04 oleik, % 43.25-52.34 linoleik, % 0.34-1.93 linolenik ve % iz-0.82 araşidik asit içerdiğini rapor etmiştir.

Turgut ve Baydar (1996), Türkiye susam popülasyonlarında palmitik asit içeriğinin % 8.7-10.2 arasında, stearik asit içeriğinin % 4-5 arasında, oleik asit içeriğinin % 41.1-47.2 arasında ve linoleik asit içeriğinin % 38.2-43.4 arasında değişim gösterdiğini; bu yağ asitleri dışında toplam olarak en fazla % 1.0 oranında miristik, palmitoleik ve araşidik asit bulunduğunu saptamışlardır.

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, susamlarda kavurma işleminin bu oranları önemli miktarda değiştirmedığını, kavurma işleminin sonunda da benzer oranlar elde edildiğini bildirmiştir.

Hindistan yöresine özgü 54 farklı susam kültürünün yağ asidi ve lignan kompozisyonu üzerine yapılan bir çalışmada; palmitik asit % 11.48-21.87, stearik asit % 5.81-9.74, oleik asit % 38.33-50.3, linoleik asit % 18.47-42.59 ve linolenik asit % 0-1.06 arasında bulunmuştur (Bhunja vd, 2015).

Genel olarak, bu çalışmada saptanan yağ asidi kompozisyonunun benzer çalışma sonuçları ile uyumlu olduğu ve değerlerin çok fazla değişkenlik göstermediği görülmektedir. Aşamalar kendi içerisinde değerlendirildiğinde, her ne kadar istatistiksel açıdan anlamlı olsa da, tahin üretimi işlemlerinin yağ asidi kompozisyonuna kayda değer oranda etkisi olmadığı görülmüştür. Yemeklik yağların besinsel kalitelerinin daha düşük oranda doymuş yağ asitleri (palmitik asit, stearik asit vb.) ve daha yüksek oranda uzun zincirli doymamış yağ asitleri (oleik asit, linoleik asit vb.) içeriği ile bağdaştırıldığı düşünüldüğünde; susamın ve tahinin yüksek oranda oleik-linoleik asit ve düşük oranda palmitik-stearik asit içermesi nedeniyle önemli besin kaynakları oldukları söylenebilir.

4.2.7. Mineral madde kompozisyonu

Tahine işleme sırasında mineral maddelerdeki (kuru maddede) değişim sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Tahine işleme süresince mineral maddelerdeki değişim (mg/kg)

| Mineral madde | Aşamalar | | | | |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | I | II | III | IV | V |
| P | 8727.33±230.36c | 6793.67±357.88e | 8343.42±33.89d | 11607.80±4.51a | 10691.69±102.59b |
| K | 6193.71±250.94a | 2894.75±175.88d | 3491.95±329.59c | 4823.05±59.28b | 3807.40±9.70c |
| Ca | 8644.96±253.25a | 390.45±30.37d | 521.47±51.51d | 6630.24±313.91b | 2691.76±52.03c |
| Mg | 4088.26±100.61b | 2700.59±169.58d | 3153.22±84.90c | 4314.48±115.58a | 4030.70±24.46b |
| Na | 183.59±17.49d | 1241.57±98.53c | 1724.09±440.74b | 3269.30±108.74a | 3114.17±31.28a |
| Al | 850.44±3.44a | 21.09±9.62c | 13.91±0.44c | 221.67±31.15b | 15.67±0.24c |
| Fe | 586.73±64.05a | 49.47±2.33b | 66.56±5.12b | 621.38±131.71a | 128.33±10.92b |
| Cu | 21.46±0.79abc | 16.63±0.74c | 26.71±8.24ab | 20.67±1.30bc | 28.60±0.20a |
| Zn | 53.70±1.16b | 43.96±2.67c | 57.73±7.64b | 101.58±1.23a | 95.05±1.11a |

*Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$).

Tahine işleme süresince fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), alüminyum (Al), demir (Fe), bakır (Cu) ve çinko (Zn) miktarındaki değişimler belirlenmiştir. Her bir mineral maddenin, I., II., III., IV. ve V. aşamalarda miktarları sırasıyla şu şekildedir: P 8727.33, 6793.67, 8343.42, 11607.80 ve 10691.69 mg/kg; K 6193.72, 2894.75, 3491.95, 4823.05 ve 3807.40 mg/kg; Ca 8644.96, 390.45, 521.47, 6630.24 ve 2691.76 mg/kg; Mg 4088.26, 2700.59, 3153.22, 4314.48 ve 4030.71 mg/kg; Na 183.59, 1241.57, 1724.09, 3269.31 ve 3114.17 mg/kg; Al 850.44, 21.09, 13.9, 221.67 ve 15.67 mg/kg; Fe 586.73, 49.47, 66.56, 621.38 ve 128.33 mg/kg; Cu 21.46, 16.63, 26.71, 20.67 ve 28.60 mg/kg; Zn 53.70, 43.96, 57.73, 101.58 ve 95.05 mg/kg'dır. Tahin işleme süresince mineral maddelerdeki değişim istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

Nzikou vd (2009), susam tohumlarının önemli mineral madde kaynakları olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, susam tohumlarında 851.35 mg/100 g potasyum, 647.25 mg/100 g fosfor, 579.53 mg/100 g magnezyum,

415.38 mg/100 g kalsiyum, 122.50 mg/100 g sodyum saptamışlardır. Borchani vd (2010), ham susamın mineral madde kompozisyonunda % 0.17 ile potasyumun dominant olduğunu, potasyumu % 0.16 ile kalsiyum ve % 0.10 ile magnezyumun izlediğini belirtmişlerdir.

Özcan (1993), susam, susam yağı ve tahinin mineral madde içeriğini belirlemiştir. Susam örneklerinde sodyumu % 0.07-0.16, potasyumu % 0.47-0.60, fosforu % 0.85-1.30, bakırı 15.58-20.45 ppm, demiri 65.20-85.95 ppm, manganı 16.61-22.66 ppm ve çinkoyu 70.10-121.41 ppm arasında saptamıştır.

Bu çalışmada susamda en yüksek miktarda fosfor bulunmuş olup onu kalsiyum, potasyum ve magnezyum takip etmektedir. Özcan (1993) da dominant mineral olarak fosforu belirlemiştir. Nzikou vd (2009) ve Borchani vd (2010) susamda dominant mineral maddenin potasyum olduğunu saptamışlardır. Miktar olarak karşılaştırıldığında; Nzikou vd (2009)'nin bulgularıyla bizim fosfor, kalsiyum, magnezyum sonuçlarımızın birbirine yakın olduğu görülmüştür. Bizim Ca bulgularımızın ise neredeyse iki kat fazla olduğu ve sodyum miktarının ise neredeyse on kat az olduğu görülmektedir. Mineral madde miktarlarındaki farklılıklar, susam çeşidi, yetiştirme şartları ve toprağın cinsi gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanmış olabilir.

Özdemir (2001), susam tohumunun mineral madde içeriğini belirlemiştir. Kabuklu susamlarda 7802 mg/kg Ca, 5193 mg/kg P, 2909 mg/kg Mg, 3759 mg/kg K, 66 mg/kg Zn, 110 mg/kg Fe, 17 mg/kg Cu ve 20 mg/kg Mn bulunmuştur. Araştırmacının sonuçları dikkate alındığında susamda fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum dominant mineral maddelerdir.

Sawaya vd (1985)'nin tahinin kimyasal ve besinsel kompozisyonu üzerine yaptıkları çalışmada, tahinin mineral madde içeriği; P 692 mg/100 g, Mg 362 mg/100 g, K 354 mg/100 g, Na 251 mg/100 g, Ca 61 mg/100 g, Zn 7.82 mg/100 g, Fe 7.19 mg/100 g, Cu 1.96 mg/100 g, Mn 1.46 mg/100 g ve Se 0.05 mg/100g şeklinde bulunmuştur. Susam tohumları ile karşılaştırıldığında tahinin Ca miktarının çok düşük kaldığını belirtmişler, bunun nedenini ise tahin üretimi sırasında susam kabuğunun soyulmasına bağlamışlardır. Neden olarak da kabuğun, genellikle Ca'un % 80'inden fazlasını içermesini göstermişlerdir. Bizim çalışmamızda elde edilen veriler de bu bulguları destekler niteliktedir.

Tahin üretim aşamaları sırasında, yüksek oranda kalsiyum içeren kabuğun soyulması ile tahinde kalsiyum miktarının düştüğü görülmüştür.

Bu çalışmada Sawaya vd (1985) ile benzer şekilde tahinde P, Mg, K ve Na mineral maddelerinin diğer mineral maddelere göre daha yüksek olduğu kaydedilmiştir. Özcan ve Akgül (1994) tahinin mineral madde içeriğini; Na % 0.17-0.27, K % 0.24-0.53, P % 0.75-1.40, Cu 13.55-20.45 ppm, Fe 52.02-80.92 ppm ve Zn 61.95-100.65 ppm arasında belirlemiştir.

Sonuçlar toplu olarak incelendiğinde; susam tohumunda, kabuğu soyulmuş iç susamda, kavrulmuş iç susamda, kepek ve tahinde en yüksek oranda bulunan mineral fosfordur. Aşamalar arasında sırası değişmekle birlikte; fosforu potasyum, sodyum, magnezyum, kalsiyum izlemektedir. Mg, Al, Ca, Fe, K, P, Zn, Cu, soyulmuş susamlarda kabuklu olanlara oranla daha düşük bulunmuştur. Özdemir (2001) tarafından kabuklu ve kabuğu soyulmuş susamlarda yapılan çalışmada sırasıyla kabuklu susam tohumunun mineral madde içeriği 7802 mg/kg Ca, 5193 mg/kg P, 2909 mg/kg Mg, 3759 mg/kg K, 66 mg/kg Zn, 110 mg/kg Fe, 17 mg/kg Cu ve 20 mg/kg Mn olarak; soyulmuş tohumlarda mineral madde içeriği 906 mg/kg Ca, 5396 mg/kg P, 2473 mg/kg Mg, 3831 mg/kg K, 80 mg/kg Zn, 28 mg/kg Fe, 16 mg/kg Cu ve 14 mg/kg Mn olarak bulunmuştur. Bizim çalışmamıza benzer olarak Ca, Mg, Cu ve Fe miktarı; kabuğun soyulması ile azalmıştır. P, K ve Zn miktarları ise bizim çalışmamızdan farklı olarak soyulmuş susamda daha yüksektir.

Makinde ve Akinoso (2013), bütün susam, kabuğu soyulmuş susam ve kabukta mineral madde içeriğini sırasıyla Ca 497.74 mg/100 g, 452.39 mg/100 g, 637.83 mg/100 g; P 474.43 mg/100 g, 432.5 mg/100 g, 448.87 mg/100 g; K 467.25 mg/100 g, 328.5 mg/100 g, 452.92 mg/100 g; Mg 396.46 mg/100 g, 333.06 mg/100 g, 385.61 mg/100 g; Fe 5.88 mg/100 g, 5.53 mg/100 g, 5.81 mg/100 g; Se 0.05 mg/100 g, 0.042 mg/100 g, 0.04 mg/100 g; Zn 8.34 mg/100 g, 7.54 mg/100 g, 7.38 mg/100 g; Mn 6.06 mg/100 g, 1.94 mg/100 g, 5.19 mg/100 g olarak bulmuşlardır. Değerler incelendiğinde, kabuğun soyulması ile bütün mineral maddelerde azalış olduğu görülmektedir. Bu açıdan sonuçlar, bizim sonuçlarımızla uyumludur. Yine, oranlar ve sıralama değişmekle birlikte; bu çalışmada da Ca, P, K ve Mg mineral maddelerinin dominant olduğu görülmektedir.

Tahin işleme süresince mineral madde sonuçları incelendiğinde genel olarak kabuğun ayrılması ile oransal olarak azalan minerallerin (Mg, Fe, P, Zn) kabukta, diğerlerinin ise iç kısımda daha yüksek olduğu görülmektedir. Al, Ca, Cu, K minerallerinin miktarı azalmasına rağmen kabukta, kabuklu susama göre, daha düşük miktarlarda bulunmuştur.

Tahin üretimi aşamalarının mineral maddelerin içeriğine etkisi incelendiğinde; susamın tuz ile muamele edilmesinin Na mineraline etkisi, ikinci aşamadan itibaren göze çarpmaktadır. Birinci aşamada düşük olan Na, tahinde daha yüksektir. Kabuğun ayrılması için yüksek konsantrasyonlu tuz ile muamele edilen kabuklu susamların, kabuklarının soyulmasının ardından tahine işleme öncesinde yeterince tuzdan arındırılmaması ve yeterli bir şekilde yıkanmamasının bu artışa neden olduğu düşünülmektedir. Genel olarak tahin üretimi sırasında kabuk soyma mineral madde içeriğinde düşüşe neden olmaktadır.

4.2.8. DSC analizi sonuçları

DSC analizi diğer uzun vakit alan metotlara göre yağ stabilitesinin değerlendirilmesinde hızlı ve güvenilir sonuç veren bir tekniktir. Tahin eldesi sırasında farklı aşamaların DSC analiz sonuçları incelendiğinde; örneklerin bozunma sıcaklıkları sırasıyla I. aşama için 285.87°C, II. aşama için 266°C, III. aşama için 182°C, IV. aşama için 315°C ve V. aşama için 166°C'dir. Bu sonuçlara göre ham susam ve kepek yağının diğer aşamalara göre daha yüksek sıcaklıklarda bozunduğu görülmektedir. Çalışma kapsamında yapılan antioksidan özelliklerle ilgili analizlerde, belirtilen aşamaların antioksidan kapasitelerinin diğer aşamalara göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Antioksidan kapasitenin artması ile yağın bozunma sıcaklığının artabileceği düşünülmektedir.

Suja vd (2004), soya fasulyesi, ayçiçeği ve aspir yağlarında yaptıkları bir çalışmada; bu yağlara susam kekinin metanolik ekstraktının eklenmesinin yağların depolanması sırasında meydana gelen değişimlere etkilerini araştırmışlardır. Sonuçlar, farklı konsantrasyonlarda yağlara eklenen susam keki ekstraktlarının depolama boyunca peroksit değeri, dien değeri, *p*-anisidin değerini düşürücü etki gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayçiçeği yağının DSC profiline göre, yağda oksidasyonun başlama süresi 3.58 dakikadır. Yağa susam keki ekstraktı eklenmesi ile bu sürenin 100 ppm ekstraktta 6.93 dakikaya, 50 ppm ekstraktta ise 6.98 dakikaya

çıkıldığı belirlenmiştir. Yağa 200 ppm BHT eklenmesi ile sürenin 6.34 dakika olduğu, TBHQ eklenmesi ile en uzun süre olan 8.71 dakikaya ulaşıldığı görülmektedir. Bu sonuçlar susam keki ekstraktının yağı korumada, sentetik antioksidanlar olan BHT ve TBHQ kadar etkili olabileceğini göstermiştir.

4.2.9. Oksidatif stabilite analizi sonuçları

Oksidatif stabilite değişik tekniklerle ölçülebilmektedir. Bunlardan en kabul göreni, Ransimat yöntemidir. Bu yöntem, belirli sıcaklık ve hava akışında okside yağlardan oluşan uçucu degradasyon ürünlerinin artışına karşı belirli bir kırılma noktasının, diğer bir ifadeyle indüksiyon periyodunun, belirlenmesi esasına dayanan bir yöntemdir. İndüksiyon periyodu, parçalanma ürünlerinin damıtık suya transfer olması ve suyun iletkenliğinde yarattığı değişim ile ölçülmektedir. İndüksiyon periyodu ne kadar yüksek ise yağın oksidasyon stabilitesi o kadar yüksek olmaktadır (Kowalski vd, 2004; Elleuch vd, 2007).

Çizelge 4.5'te tahin üretim aşamalarında oksidatif stabiliteyi gösteren indüksiyon periyotları verilmiştir. Bu değerler 140°C sıcaklıkta elde edilmiştir.

Çizelge 4.5. Tahin üretimi süresince indüksiyon periyodundaki değişim

| Aşama | Süre (saat) |
|-------|-------------|
| I | 2.87±0.16c |
| II | 2.48±0.19c |
| III | 1.09±0.02d |
| IV | 4.69±0.62a |
| V | 4.13±0.11b |

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$).

Analiz edilen örneklerin indüksiyon periyotları sırayla I. aşama için 2.87 saat, II. aşama için 2.48 saat, III. aşama için 1.09 saat, IV. aşama için 4.69 saat ve V. aşama için 4.13 saattir. Sonuçlara göre IV. aşama olan kepek yağının oksidatif stabilitesi en yüksek, III. aşama olan kavrulmuş iç susam yağının ise en düşüktür. Tahin işleme süresince oksidatif stabilite değerindeki değişim istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

Normal şartlar altında yağlar içerdikleri antioksidan maddeler ve yağ asitlerinin çeşit ve miktarına bağlı olarak, oksidatif reaksiyonlara karşı belirli bir direnç göstermektedir. Genellikle indüksiyon periyodu olarak tanımlanan ve her yağ için farklı olan bu süreçte, oluşan oksidatif reaksiyonların büyük bir çoğunluğu, antioksidan maddelerin oksidasyonu şeklinde kendini göstermektedir. Böylece, yağın ana unsurlarından yağ asitleri okside olmadığından, bu evrede oluşan tat ve koku bozucu maddelerin miktarları, yağın tüketimini engellememektedir. Ancak yağların bu maddeler etkisinde korunması sınırsız olmayıp, yağın içerdiği antioksidanların tükenmesiyle ana bileşenlerden öncelikle doymamış yağ asitlerinin otoksidasyonu başlamaktadır (Kayahan, 2002).

Kowalski vd (2004) kolza, ayçiçeği ve soya yağlarının oksidatif stabilitesi üzerine, ransimat yöntemi ile 10'ar derece aralıklarla sekiz farklı sıcaklıkta çalışmıştır. Çalışma sonunda en yüksek indüksiyon periyoduna sahip yağın kolza yağı olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı zamanda, her 10°C sıcaklık artışının indüksiyon periyodunda yaklaşık yarı yarıya azalışa neden olduğunu, sıcaklık ve indüksiyon periyodu arasında logaritmik bir korelasyon olduğunu gözlemişlerdir.

Elleuch vd (2007) tarafından tahin üretimi aşamalarında ransimat yöntemi ile yapılan çalışmaya göre, ham susam tohumu yağı, tahin üretimi artıkları yağlarından daha yüksek oksidatif stabilite göstermiştir. 100°C'de yapılan bu çalışmaya göre, ham susam tohumu yağının indüksiyon periyodu 28.2 saat, kepek yağının indüksiyon periyodu ise 20.6 saattir. Kowalski vd (2004) tarafından yapılan çalışma göz önüne alınırsa, yani her 10°C sıcaklık artışının indüksiyon periyodunda yaklaşık yarı yarıya azalışa neden olduğu değerlendirilirse bu değerler 140°C için sırasıyla yaklaşık 1.76 saat ve 1.29 saat olarak düşünülebilir. Böylece bizim çalışma sıcaklığımız olan 140°C'de elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında; çalışma sonuçlarımızın (susam tohumu ve kepek yağlarında) Elleuch vd (2007) tarafından elde edilen sonuçlara göre daha yüksek olduğu söylenebilir.

Gharby vd (2017), susam tohumlarının oksidatif stabilitesini araştırmışlardır. Susam tohumu yağı ve karşılaştırma amacıyla argan yağı, zeytinyağı, çörekotu yağı ve kaktüs yağı da ransimat yöntemi uygulanarak 110°C sıcaklıkta analiz edilmiştir. Belirtilen yağların indüksiyon periyotları susam tohumu yağından itibaren sırasıyla 28.5, 31, 27, 17 ve 7 saat olarak bulunmuştur. Susam tohumu yağı, argan ve zeytinyağının birbirine yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Koczon vd (2016), farklı içerikteki bisküvilerin depolanmaları sırasında meydana gelen çeşitli kimyasal değişimleri incelemiştir. Materyal olarak yulaf gevrekli, yulaf gevreği/buğday gevreği/kurutulmuş meyveli, yulaf gevreği/ayçiçeği tohumlu, yulaf gevreği/susam tohumu/ayçiçeği tohumlu ve buğday gevrekli olmak üzere beş çeşit bisküvi kullanmışlardır. 100°C’de yapılan ransimat analizi sonuçlarına göre hem başlangıçta hem de depolama sonrasında, yulaf gevreği/susam tohumu/ayçiçeği tohumlu bisküvinin saat olarak en yüksek oksidatif stabiliteye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonucun, bisküvinin yapısındaki susam tohumundan kaynaklanabileceğini rapor etmişlerdir.

4.3. Doğal Antioksidanlar ve Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi

Tahin üretimi aşamalarında doğal antioksidanlar ve antioksidan aktivitenin belirlenmesi amacıyla yapılan analizlerden toplam fenolik madde tayini, FRAP tayini, DPPH tayini sonucu elde edilen veriler Çizelge 4.6’da sunulmuştur.

Çizelge 4.6. Tahin üretim aşamalarında çeşitli antioksidan özelliklerdeki değişim

| Aşama | Toplam Fenolik Madde, mg/kg, km | FRAP, µmol/g, km | DPPH, % |
|-------|---------------------------------|------------------|-------------|
| I | 1371.88±186.63a | 9595.41±54.92a | 38.01±3.98a |
| II | 1250.47±15.09a | 983.88±262.14c | 9.32±2.22c |
| III | 588.57±33.91b | 430.28±157.47d | 5.85±0.08cd |
| IV | 1335.89±76.52a | 5512.78±110.63b | 22.25±0.96b |
| V | 169.22±18.05c | 127.68±33.16e | 3.53±0.27d |

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p>0.05).

** 1 mg/ml ekstraktın indirgediği miktar

4.2.1. Toplam fenolik madde sonuçları

Susamın toplam fenolik madde miktarı 1371.88 mg/kg, kabuğu soyulmuş iç susamın fenolik madde miktarı 1250.47 mg/kg, iç susamın kavrulması sonucu elde edilen kavrulmuş iç susamda fenolik madde miktarı 588.57 mg/kg, kavrulmuş iç susamın elenmesi ile ortaya çıkan elek altı kabukta (kepek) fenolik madde miktarı

1335.89 mg/kg ve tahinin fenolik madde miktarı 169.22 mg/kg olarak bulunmuştur. Toplam fenolik maddedeki değişim istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.6'dan da görüldüğü gibi, en yüksek fenolik madde miktarı ham susamda saptanmıştır. Susamın işlenmesi ile birlikte son ürünün fenolik madde miktarında önemli ölçüde düşüş meydana gelmiştir. Aşamalar arasında değerlendirme yapılacak olursa, kabuğun soyulması ile birlikte fenolik madde miktarının bir miktar azaldığı ve bu azalışın ısıl işlem uygulaması ile devam ettiği söylenebilir. Kepek kısmının fenolik madde miktarının ise ilk ürüne yakın olduğu gözlenmiştir.

Susam tohumlarının suyla ve etanol ile elde edilen ekstraktlarının antioksidan aktivitesi üzerine yapılan bir çalışmada; etanol ekstraktının fenolik içeriğinin % 2.733, su ekstraktının fenolik içeriğinin % 1.137 olduğu belirlenmiştir (Visavadiya vd, 2009). Susam tohumlarında fenolik madde analizinde alkol ile ekstraksiyonun daha yüksek sonuçlar verdiği kaydedilmiştir. Bu nedenle bizim çalışmamızda da örneklerin ekstraksiyonunda su yerine alkol kullanılmıştır.

Elleuch vd (2007) susam tohumu ve tahin üretimi artıklarında yaptıkları çalışmada; toplam fenolik maddeyi (kuru maddede) ham susamda 87.33 mg/100 g, kepekte 260.6 mg/100 g, ham susam yağında ise 23.06 mg gallik asit/kg ve kepek yağında 71.45 mg gallik asit/kg olarak belirlemişlerdir.

Suja vd (2005a), susam kekinin metanolik ekstraktında toplam fenolik içeriği 1709 ppm, saflaştırılmış metanolik ekstraktında ise 5438 ppm olarak bulmuşlardır. Susam tohumu kekinde bulunan fenoliklerin ekstraksiyonunun optimizasyonunda, susam kekinin toplam fenolik içeriği 129.7–355.3 mg gallik asit/100 g arasında bulunmuştur (Sarkis vd, 2014).

Beyaz ve siyah susam tohumları (bütün halde) ve bunların kabuklarının antioksidan aktiviteleri üzerine yapılan bir çalışmada; siyah susamın toplam fenolik madde içeriği 29.9 mg/g ham etanol ekstraktı, kabuğun toplam fenolik madde içeriği 146.6 mg/g ham etanol ekstraktı olarak bulunmuştur. En düşük değer 10.6 mg/g ham etanol ekstraktı ile beyaz susam tohumlarından elde edilmiştir (Shahidi vd, 2006).

Susam keki ekstraktının toplam fenolik madde içeriği kuru maddede 1.94 mg/g olarak bulunmuştur. Bu değer, patates kabuğundan ve muzdan düşük; fakat havuçtan ve buğday kepeğinden yüksektir. Aynı çalışmada 200 ppm susam

keki ekstraktının, sentetik antioksidanlar BHA ve BHT ile karşılaştırılabilir oranda stabilizasyon yeteneğine sahip olduğu; diğer bir sentetik antioksidan olan TBHQ'dan ise daha az efektif olduğu belirlenmiştir (Mohdaly vd, 2011).

Susamı kavurma koşullarının, yağı alınmış susam artıklarının antioksidan etkileri üzerine yapılan bir çalışmada; toplam fenolik içeriğinin en düşük 5.6 μM 'dan (kavrulmamış susamdan elde edilen) en yüksek 87.4 μM 'a (200°C, 60 dakika kavurma) değiştiği belirlenmiştir. Bu çalışmada, susamın kavrulmasının fenolik bileşikleri serbest bıraktığı sonucuna varılmıştır. Aynı araştırmacılar pirinç kabuğunda yaptıkları başka bir çalışmada ise sıcaklığın, kovalent bağ ile bağlı fenolik bileşikleri pirinç kabuğundan ayıramadığını; dolayısıyla bitkilerden antioksidan bileşikleri ayırmada etkili işlem basamaklarının, bitkilerin türüne göre farklılık gösterebileceğini belirtmişlerdir (Jeong vd, 2004).

Bu çalışmada ham susam tohumu için elde edilen sonuçlar, Elleuch vd (2007) tarafından elde edilen değere göre bir miktar daha yüksektir. Bizim çalışmamızda, kepek kısmının toplam fenolik madde içeriğinin ham susam ile kıyaslandığında oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin birçok araştırmacı (Shahidi vd, 2006; Elleuch vd, 2007) tarafından da ifade edildiği gibi; tohumların kabuk kısımlarının iç katmanlarına göre (endosperm, kotiledon vb.) daha yüksek fenolik madde içermesidir. Bu çalışmada, kepek kısmında bulunan toplam fenolik madde içeriği Elleuch vd (2007)'nin bulgularının neredeyse yarısı kadardır. Aynı zamanda kepek kısmının ham susama göre daha düşük fenolik madde içeriğine sahip olduğu da kaydedilmiştir. Bizim sonuçlarımıza göre kepek kısmı önemli bir fenolik madde kaynağıdır.

Tahin üretimi aşamaları incelendiğinde hem kabukların ayrılmasının hem de sıcaklık uygulamasının fenolik madde içeriğinde azalışa neden olduğu görülmektedir. Kabuk kısmı önemli bir fenolik madde kaynağı olduğundan susamdan ayrılması fenolik madde miktarında düşüşe yol açmaktadır. Sıcaklık konusunda ise Jeong vd (2004), sıcaklık uygulamasının genel olarak toplam fenolik içeriğinde artış sağladığını belirtmekte; fakat aynı zamanda bitkiler arasında farklı sonuçlar doğurabileceğini bildirmektedir.

Literatürde yer alan susam keki ekstraktı, susamdan yağ elde edilmesi sırasında arda kalan kabuk kısımları olduğundan kepek kısmı ile benzer özelliklere sahiptir. Bu doğrultuda değerlendirilirse, susam keki ekstraktında çalışma yapan Suja vd (2005a) ve Mohdaly vd (2011)'nin sonuçları, bu çalışmada elde edilenden biraz daha yüksek olup Sarkis vd (2014) tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Literatürdeki farklılıklar ekstraksiyon tekniklerinden, yetiştirme alanlarının çevresel ve ekolojik karakterlerinden kaynaklanabilir.

4.2.2. FRAP (demir indirgeme antioksidan gücü) tayini sonuçları

FRAP analizi fenoliklerin Fe^{+3} 'ü, Fe^{+2} 'ye indirgemesine dayanmaktadır. TPTZ varlığında gerçekleşen tepkime sonucu renkli bir bileşik olan Fe^{+2} meydana gelmekte ve böylece toplam antioksidan veya indirgenler hakkında bilgi vermektedir (Visavadiya vd, 2009).

Tahin üretim aşamalarında FRAP değeri susamda 9595.41 $\mu\text{mol/g}$, kabuğu soyulmuş iç susamda 983.88 $\mu\text{mol/g}$, iç susamın kavrulması sonucu elde edilen kavrulmuş iç susamda 430.28 $\mu\text{mol/g}$, kavrulmuş iç susamın elenmesi ile ortaya çıkan elek altı kabukta 5512.78 $\mu\text{mol/g}$ ve tahinde 127.68 $\mu\text{mol/g}$ olarak bulunmuştur. FRAP değerlerindeki değişim istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

Tahine işleme aşamaları arasında değerlendirme yapıldığında, toplam fenolik madde sonuçlarındaki değişimler ile benzer olarak, en yüksek antioksidan gücünün ham susamda olduğu ve en düşük antioksidan gücünün tahinde olduğu görülmektedir. Kabuğun soyulması ile antioksidan güçte önemli bir düşüş meydana geldiği gözlenmiştir. Bu düşüşün, fenolik madde içeriğinin azalmasına bağlı olduğu düşünülebilir.

4.2.3. DPPH serbest radikal giderme gücü sonuçları

Tahin üretim aşamalarında DPPH serbest radikal giderme gücü susamda % 38.01, kabuğu soyulmuş iç susamda % 9.32, iç susamın kavrulması sonucu elde edilen kavrulmuş iç susamda % 5.85, kavrulmuş iç susamın elenmesi ile ortaya çıkan elek altı kabukta % 22.25 ve tahinde % 3.53 olarak bulunmuştur. DPPH serbest radikal giderme gücündeki değişim istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

Susam kabuğunun etanol ile ekstraktının antioksidan aktivitesi üzerine yapılan bir çalışmada, linoleik asidin peroksidasyonunda 1.0 mg ekstraktın antioksidan aktivitesinin % 91.4 olduğu ve 1.0 mg tokoferolün antioksidan aktivitesiyle yakın değerlerde olduğu (% 90.5); fakat 1.0 mg BHA'nın aktivitesinden düşük olduğu (% 98.6) kaydedilmiştir. 10.0 mg ekstraktın, DPPH radikallerini % 94.9 oranında indirgediği belirtilmiştir (Chang vd, 2002).

Susamın etanol ile ekstraktında yapılan çalışmada, susam ekstraktının kayda değer bir DPPH radikal bağlayıcı olduğu belirlenmiştir. EC₅₀ değeri 87 µg/ml olarak bulunmuştur (Visavadiya vd, 2009). Bir başka çalışmada, siyah susam kabuğu, siyah susam tohumları, beyaz susam kabuğu ve beyaz susam tohumlarının ekstraktının (40 µg/mL) DPPH serbest radikalini giderme gücü sırasıyla % 94.9, % 25.1, % 14.4 ve % 2.5 olarak kaydedilmiştir (Shahidi vd, 2006). Bizim çalışmadan farklı olarak kabukta, susama göre daha yüksektir.

Jeong vd (2004), susamlardan yağ ekstraksiyonu öncesinde susamları kavurma koşullarının, ekstraksiyon sonunda artık olarak elde edilen yağsız susam keklerinin DPPH serbest radikalini giderme gücü üzerine etkisini incelemişlerdir. Susamları çeşitli sıcaklıklarda ve sürelerde kavurmuş ve sonrasında bu susamların yağını ekstrakte etmişlerdir. Artık olarak da geriye yağsız susam keki kalmıştır. Bu yağsız susam kekinin DPPH serbest radikalini giderme gücünün, susamları kavurma sıcaklığı 150°C ve 200°C'de iken kayda değer oranda yükseldiği belirlenmiştir. Yağ ekstraksiyonu öncesinde susamları 150°C'de 60 dakika kavurma ve kavrulmamış susamdan yağ çıkarımı sonrasında elde edilen yağsız susam artıkları karşılaştırıldığında, kavrulmuş susamdan elde edilen yağsız susam artıklarında DPPH serbest radikalini giderme gücü % 34.01'den % 80.59'a; 200°C'de (60 dakika kavurma) ise % 34.01'den % 82.14'e yükselmiştir.

Bu çalışmada, FRAP analiz sonuçları ile benzer olarak, en yüksek serbest radikal indirgeme gücünün ham susamda elde edildiği ve en düşük serbest radikal indirgeme gücünün tahinde olduğu görülmektedir. Kabuğun soyulması ile serbest radikal indirgeme gücünde önemli bir düşüş meydana geldiği gözlenmiştir. FRAP sonuçlarına benzer olarak bu düşüşün, fenolik madde içeriğinin azalmasına bağlı olduğu sanılmaktadır.

4.2.4. Lignan sonuçları

Lignan analizi kapsamında, örneklerdeki sesamin ve sesamol miktarları analiz edilmiştir. Ürün işleme süresince sesamin sonuçlarında meydana gelen değişimler Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Tahin üretimi sırasında sesamindeki değişim

| Aşama | Sesamin, ppm |
|-------|------------------|
| I | 5130.77±855.33b |
| II | 7415.41±1408.42a |
| III | 8449.92±35.51a |
| IV | 4818.63±496.36b |
| V | 8939.62±847.00a |

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$).

Tahin üretim aşamalarında sesamin içeriği susamda 5130.77 ppm, kabuğu soyulmuş iç susamda 7415.41 ppm, iç susamın kavrulması sonucu elde edilen kavrulmuş iç susamda 8449.92 ppm, kavrulmuş iç susamın elenmesi ile ortaya çıkan elek altı kabukta 4818.63 ppm ve tahinde 8939.62 ppm olarak bulunmuştur. Tahin işleme süresince sesamin miktarındaki değişim istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$). Sesamol ise örneklerde tespit edilememiştir. Sesamolün oluşumu ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda, ortalama 200°C üzeri sıcaklıklarda oluştuğu tespit edilmiştir (Yen, 1990; Kumar vd, 2009; Lee vd, 2010). Dolayısıyla, bu çalışmadaki örneklerde sesamolün oluşması için yeterli sıcaklığa ulaşılamadığı veya tespit edilemeyecek kadar düşük oranlarda oluştuğu düşünülmektedir.

Suja vd (2004), susam kekinin metanolik ekstraktında (saflaştırılmış ekstrakt) 22677 ppm sesamol, 105893 ppm sesamin, 12504 ppm sesamolin, 6506 ppm sesaminol diglukozid ve 6792 ppm sesaminol triglukozid belirlemişlerdir. Suja vd (2005a) ise, susam kekinin metanolik ekstraktında (saflaştırılmamış, ham ekstrakt) sesamol miktarını 2359 ppm, sesamin miktarını 4431 ppm, sesamolin miktarını 939 ppm olarak saptamışlardır. Aynı çalışmada susam

tohumunda sesamol miktarı ortalama 3410.67 ppm, sesamin miktarı ortalama 3213.33 ppm, sesamolin miktarı ortalama 2852.67 ppm olarak; susam yağında sesamol iz miktarda, sesamin miktarı ortalama 3208.33 ppm, sesamolin miktarı ortalama 1687.67 ppm olarak bulunmuştur.

Sarkis vd (2014), susam kekinde sesamin miktarını 3.2'den 25.7 mg sesamin/100 g'a değişen oranlarda bulmuşlardır. Sesaminol triglukozid oranları ise 208.1–537.5 mg sesaminol triglukozid/100 g arasında değişmiştir.

Moazzami (2006), susam lignanları üzerine yaptığı çalışmada, susam tohumlarında sesamini 167–804 mg/100 g (1670–8040 ppm), sesamolini 48–279 mg/100 g (480–2790 ppm), sesaminolü 32–298 mg/100 g (320–2980 ppm), sesamolinolü 0–58 mg/100 g (0–580 ppm) arasında bulmuştur. Aynı çalışmada kabuğu soyulan susam tohumlarında da lignan içeriği araştırılmış, sonuçların benzer olduğu görülmüştür. Buradan yola çıkarak susam lignanlarının sadece kabukta lokalize olmadığını bildirmiştir. Kabuğu soyulmuş susamda sesamin 179–308 mg/100 g (1790–3080 ppm), sesamolin 95–127 mg/100 g (950–1270 ppm), sesaminol 86–301 mg/100 g (860–3010 ppm), sesamolinol 12–31 mg/100 g (120–310 ppm) olarak belirlenmiştir.

Moazzami vd (2007) susam ve çeşitli ürünlerinde yaptıkları çalışmada, rafine edilmiş susam yağında sesamin miktarının 118–401 mg/100 g (1180–4010 ppm), episesaminin 12–206 mg/100 g (120–2060 ppm) ve sesaminol epimerlerinin 5–35 mg/100 g (50–350 ppm) arasında değiştiğini ve sesamolinin tespit edilemediğini bildirmişlerdir. Tahin örneklerinde sesamin 209–300 mg/100 g (2090–3000 ppm), sesamolin 88–110 mg/100 g (880–1100 ppm), sesaminol 206–361 mg/100 g (2060–3610 ppm), sesamolinol 21–35 mg/100 g (210–350 ppm) arasında tespit edilmiştir.

Bozkurt (2006), susam tohumu yağ örneklerinde yaptığı çalışmada, lignan dağılımını sesamin % 57.50–85.78, sesamolin % 14.04–42.71, sesamol % 0.01–0.19, episesamin ise % 0–0.61 olarak bulmuştur.

Wu vd (2013), kavrulmuş susam tohumunun preslenmesiyle elde edilen ve rafinasyonla elde edilen susam yağlarının 7 ay boyunca depolama sırasında oksidatif stabilitesini incelemiştir. Sonuçları ayçiçeği, mısır ve fıstık yağları ile

karşılaştırmışlardır. Preslenmiş susam yağında toplam lignan miktarı 11030 ppm, sesamin 7340 ppm ve sesamolin 3690 ppm bulunurken rafine edilmiş susam yağlarında bu değerler sırasıyla 7900 ppm, 4780 ppm ve 2100 ppm olarak saptanmıştır. Araştırmacılar, diğer yağlara kıyasla kavrulmuş susam tohumunun preslenmesiyle elde edilen susam yağının çok daha yüksek depolanma kabiliyeti gösterdiğini, bu durumun preslenmiş susam yağının daha fazla lignan (sesamin-sesamolin) içermesinden kaynaklanabileceğini rapor etmişlerdir.

180°C'den 260°C'ye değişen sıcaklıklarda kavruan susam tohumlarından elde edilen ve kavrulmamış susam tohumlarından elde edilen susam yağlarının çeşitli özelliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, 180°C'den 220°C'ye kadar kavurmada asit değeri, iyot değeri, refraktif indeks gibi belli başlı özelliklerde kayda değer değişimler gözlenmemiştir. Bu sıcaklıkların üzerinde ise yağ asitlerinin miktarında düşüş olduğu gözlenmiştir. Sesamolin miktarında da, sıcaklık artışı ile düşüş meydana geldiği belirlenmiştir. Bununla birlikte 200-220°C'ler arasında kavruan susamlardan elde edilen yağlarda, en yüksek sesamol ve γ -tokoferol miktarına ulaşılmış olup en iyi aromaya 200°C kavurma sıcaklığı ile ulaşılmıştır. Çalışmada sonuçlar incelendiğinde zamanla sesamolin miktarında meydana gelen azalışa karşılık sesamol miktarında artış olduğu, sıcaklığın yükselmesi ile birlikte sesamol miktarının da düştüğü gözlenmiştir (Yen, 1990).

Çeşitli sıcaklıklarda ve sürelerde kavruan susam tohumlarından elde edilen yağların oksidatif stabilitesi üzerine yapılan bir çalışmada, susam tohumlarının daha uzun süre ve daha yüksek sıcaklıklarda kavrulması ile susam yağında sesamol içeriğinin arttığı gözlemlenmiştir. Buna paralel olarak, susam yağının oksidatif stabilitesi de sıcaklık ve süre artışıyla en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Susam yağının sıcaklığı 230°C'den 247°C'ye çıktıkça sesamolin miktarının azaldığı ve sesamol miktarının sürekli olarak arttığı görülmüştür. 180°C'den 213°C'ye kadar ise sesamol miktarında artış gözlenmemiştir. Susam yağının yüksek oksidatif stabilitesinin; ilk andaki antioksidan içeriğinden çok, termal oksidasyon süresince sesamolinin degradasyonu sonucu sürekli olarak sesamolün oluşumu ile bağlantılı olabileceği bildirilmiştir (Lee vd, 2010).

Yapılan çalışmalar susam ve ürünlerinin çoğunda sesamin'in ana lignan olduğunu göstermektedir. Bu nedenle çalışmada, lignan olarak sesamin üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada, elde edilen değerlerin genel olarak diğer çalışmalarda

bulunan değer aralıklarında olduğu görölmüştür. Literatürde, tahin üretiminin tüm aşamalarının lignan içeriği üzerine yapılan bir çalışmaya rastlanmadığından aşamalar bağımsız değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada bulunan ham susamın sesamin miktarının diğer çalışma sonuçları ile benzer olduğu, tahinde sesamin miktarının ise Suja vd (2005a) ve Moazzami vd (2007) tarafından tespit edilen miktarlardan fazla olduğu belirlenmiştir. Wu vd (2013)'nin kavrulmuş susam tohumunun preslenmesi ile elde ettikleri yağda tespit edilen miktar ise bu yağın, ürün olarak tahinle benzer özellik gösterebileceği düşünülürse bizim çalışmamızda elde ettiğimiz sonuca yakın olduğu görölmektedir. Kabuğu soyulmuş susamda sesamin miktarı ise, Moazzami (2006)'nin tespit ettiğinden daha yüksek bulunmuştur. Bu farklılıkların tahin üretim aşamaları sırasında susama uygulanan sıcaklık vb. uygulamalardaki farklılıklardan, susamın cinsinden kaynaklandığı düşünölmektedir. Kepek (susam keki ile benzer özellik gösterir) kısımlarındaki sonuçlar ise diğer çalışmalar ile uyumludur.

Üretim aşamaları sırasında; ilk ürün susamdan son ürün tahine sesamin miktarının arttığı gözlenmiştir. Yine, susamdan iç susama ve iç susamdan kavrulmuş iç susama sesamin miktarının arttığı gözlenmiştir. Bu artışların, düşük sesamin miktarına sahip kabuğun, tahin üretimi işlem basamakları sırasında ayrılması ile oransal olarak meydana geldiği düşünölmektedir.

Tahin üretimi aşamalarında antioksidan özellikleri belirlemek amacıyla yapılan analizlerin geneline bakıldığında, analiz sonuçlarının birbiriyle uyumlu olduğu görölmektedir. Aşamalar arasında meydana gelen artış-azalışlar toplam fenolik madde, FRAP ve DPPH analizlerinde benzerlik göstermektedir. Bu analizler sırasında, susamdan son ürün tahine geldiğinde antioksidan aktivitenin düştüğü belirlenmiştir. Bu düşüşe, aşamalar arasında susamdan sonra en yüksek antioksidan aktiviteyi gösteren kepek kısmının ayrılmasının neden olduğu söylenebilir.

Lignan içeriği (burada sadece sesamin) ise tamamen ayrı olarak incelenebilecek kapsamlı bir konudur. Oluşumları ve miktarları çok çeşitli faktörlere göre değişebilmektedir. Kim vd (2014) tarafından yapılan çalışmada, susam tohumlarının antioksidan etkileri ile tohumların lignan içeriklerinin iyi derecede bağlantılı olamayabileceği tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tahin ülkemizde çoğunlukla pekmez, bal gibi gıdalarla karıştırılarak tüketilen bir gıda maddesidir. Doğrudan doğruya kabuğu soyulmuş ve kavrulmuş susamın öğütülmesinden ibaret olan tahin; yüksek değerli protein, yağ, vitamin, mineral madde ve kendine özgü antioksidan maddeler açısından kıymetli bir gıdadır.

Tahin üretimi işlem aşamaları ana hatları ile kabuk ayırma, kurutma, kavurma ve öğütmeden ibarettir. Tuzlu su ile yoğunluk farkından yararlanılarak susamın kabukları ayrılmakta; ortaya çıkan susam içi kavrulup elendikten sonra öğütülerek son ürün olan tahini oluşturmaktadır. Bu çalışmada, tahin üretimi sırasında ortaya çıkan 5 ana yarı-ürün, ürün, atık belirlenmiş ve bu maddelerin çeşitli fizikokimyasal özelliklerindeki ve doğal antioksidan bileşikler ile antioksidan aktivitelerindeki değişimler incelenmiştir.

Son ürün olan tahinde yağ ve protein değerleri kuru maddede sırasıyla % 58.37 ve % 26.79 olup en yüksek oranlarına ulaşmaktadır. Tahin üretimi arttığı olan kabukta ise % 46.43 olup diğer aşamalara göre daha düşük bulunmuştur. Düşük oranda yağ ve protein içeren kabuğun susamdan ayrılması ile bu değerlerin tahinde oransal olarak arttığı gözlenmiştir.

Kül miktarı ham susamda diğer aşamalara göre en yüksek seviyededir. Susamı (% 5.70 kuru maddede) kabuk (% 5.40 kuru maddede) kısmı izlemektedir. Genel olarak bakıldığında hammaddeden, yüksek miktarda kül içeren kabuğun ayrılması ile son ürün olan tahinde kül miktarının azaldığı belirlenmiştir.

L^* değeri susamda 51.45, kabukta 41.41 ve tahinde 56.40 olarak bulunmuştur. Aşamalar sırasında susamın daha koyu olan kabuğunun ayrılması ve sıcaklık uygulaması L^* değerindeki değişimlere neden olmuştur. L^* değerinde ilk üründen son ürüne meydana gelen artış, koyu susam kabuğunun ayrılması sonucudur. $+a^*$ değeri susamda 1.71, kepekte 0.86 ve tahinde -0.27'dir. Susam içi, susama göre daha yeşil olup ısı etkisiyle yeşil renk artmış, tahinde ise bir miktar azalmıştır. $+b^*$ değeri susamda 12.31, kepekte 7.29 ve tahinde 15.04'tür. Kabuğun soyulması ile daha sarı olan susam içi ortaya çıkmış, kavurma aşamasında sarılık daha da artmıştır.

Sonuçlardan; susam tohumunda, kabuğu soyulmuş iç susamda, kavrulmuş iç susamda, kabuk ve tahinde en yüksek oranda bulunan mineralin fosfor olduğu anlaşılmaktadır. Fosforu potasyum, sodyum, magnezyum, kalsiyum izlemektedir. Mg, Al, Ca, Fe, K, P soyulmuş susamlarda kabuklu olanlara oranla biraz daha düşük bulunmuştur. Bundan yola çıkılarak kabuğun ayrılması ile oransal olarak azalan minerallerin kabukta, diğerlerinin ise içte daha yüksek bulunduğu sonucuna varılabilir. Kabuktan elde edilen sonuçlar bu yorumu destekler niteliktedir. Özellikle sodyumda meydana gelen artışın, üretim aşamaları sırasında yapılan tuzlu su uygulamasından sonra susamların yeterince yıkanmaması; dolayısı ile tuzun tamamen uzaklaştırılmaması nedeniyle olduğu düşünülmüştür.

Toplam fenolik madde içeriğine bakıldığında; tahin üretim aşamaları boyunca hammaddeye oranla toplam fenolik içerikte kabuğu soyulmuş iç susamda yaklaşık % 8.78, kavrulmuş iç susamda % 57.10, kabukta % 2.62, tahinde ise % 87.67'lik bir azalış görülmüştür. Kabuk kısmının önemli bir fenolik madde kaynağı olduğu, ayrılması ile fenolik madde içeriğinde kayda değer bir düşüş meydana geldiği görülmüştür.

Antioksidan aktivite değerleri incelendiğinde; kabuğun ayrılması ile fenolik madde içeriğindeki kaybın, antioksidan aktiviteye doğrudan etkisi olduğu ve üretim basamaklarındaki antioksidan aktivite değişimlerinin fenolik madde içeriğindeki değişimler ile pozitif bir ilişkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır. FRAP ve DPPH sonuçlarına göre hammaddeden son ürüne sırasıyla % 98.67'lik ve % 90.71'lik bir azalış olduğu belirlenmiştir.

Susam için önemli lignanlar olan sesamin ve sesamol miktarı HPLC cihazı ile analiz edilmiştir. Susamın sesamin içeriği 5130.77 ppm, kabuğu soyulmuş iç susamın sesamin içeriği 7415.41 ppm, iç susamın kavrulması sonucu elde edilen kavrulmuş iç susamda sesamin içeriği 8449.92 ppm, kavrulmuş iç susamın elenmesi ile ortaya çıkan elek altı kabukta (kepek) sesamin içeriği 4818.63 ppm ve tahinin sesamin içeriği 8939.62 ppm olarak bulunmuştur. Sesamol ise tespit edilememiştir. Sesamol'un oluşması için yeterli sıcaklığa ulaşamadığı veya tespit edilemeyecek kadar düşük oranda oluştuğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak, yapılan analizler tahin üretim aşamalarından kabuk ayırmanın son üründe birçok özelliği etkilediğini göstermektedir. Kabuk ayırma işleminin tam yapılmaması, kabuk ayırmada kullanılan tuzun uzaklaştırılması için yapılan yıkama işleminin yetersizliği gibi faktörler kritik bir nokta olan kül içeriğini artırmakta ve ürüne olumsuz etki etmektedir. Ayrıca kabuğun ayrılmasının diğer faktörlerle birleştiiğinde antioksidan özelliklere büyük etkisi olduğu, kabuğun başlı başına önemli bir antioksidan kaynağı olduğu sonuçlardan ortaya çıkmakta, atıktan ziyade doğal antioksidan kaynağı olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmaktadır. Antioksidan özelliklerde tahine kadar meydana gelen kayıpların önüne geçebilmek için susamın en kısa sürede öğütülmesi, hava ile temasının minimuma indirilmesi ve işlem aşamaları sırasında sıcaklığın optimize edilmesi gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- Aberoumand, A. and Deokule, S. S. 2008. Comparison of phenolic compounds of some edible plants of Iran and India. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7: 4, 582-585. doi: 10.3923/pjn.2008.582.585
- Adil, H. İ. (2006). Pressurized liquid extraction of phenolic compounds from fruit pomaces. Doktora Tezi (basılmamış), Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 122, Ankara.
- Akbulut, M. and Çoklar, 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. doi: 10.1111/j.1745-4530.2007.00162.x
- Albayrak, S., Sağdıç, O. ve Aksoy, A. 2010. Bitkisel ürünlerin ve gıdaların antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26: 4, 401-409.
- Al-Nabulsi, A. A., Olaimat, A. N., Osaili, T. M., Shaker, R. R., Zein Elabedeen, N., Jaradat, Z. W., Abushelaibi, A. and Richard, A. H. 2014. Use of acetic and citric acids to control Salmonella Typhimurium in tahini (sesame paste). *Food Microbiology*, 42, 102-108. doi: 10.1016/j.fm.2014.02.020
- Altay, F. L. and Ak, M. M. 2005. Effects of temperature, shear rate and constituents on rheological properties of tahin (sesame paste). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 1, 105-111. doi: 10.1002/jsfa.1945
- Anonymous (2017a). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim tarihi: 14.04.2017)
- Anonim (2017b). Türkiye İstatistik Kurumu Temel İstatistikler. <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> (Erişim tarihi: 14.04.2017)
- Anonim (2017c). Türk Gıda Kodeksi Tahin Tebliği. <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=9.5.20835&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=tahin> (Erişim tarihi: 06.04.2017)
- AOAC, 2000. Official methods of analysis of the association of official analysis chemists (17th ed). AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Ardağ, A. (2008). Antioksidan kapasite tayin yöntemlerinin analitik açıdan karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Analitik Anabilim Dalı, 70, Aydın.
- Arslan, E., Yener, M. E. and Esin, A. 2005. Rheological characterization of tahin/pekmez (sesame paste/concentrated grape juice) blends. *Journal of Food Engineering*, 69: 2, 167-172. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.08.010>
- Bahmaei, M. and Peyman, H. 2012. Antioxidant activity of sesame lignan compounds on soybean oil. *Italian Journal of Food Science*, 24: 1, 55-60. WOS:000309404500008
- 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.
- Benitez-Benitez, R., Ortega-Bonilla, R. A. and Martin-Franco, J. 2016. Comparison of two sesame oil extraction methods: percolation and pressed. *Biotecnologia en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14: 1, 10-18. doi: 10.18684/BSAA(14)10-18
- Benzie, I. F. F. and Strain, J. J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70–76. doi: 10.1006/abio.1996.0292
- Bhunja, R. K., Chakraborty, A., Kaur, R., Gayatri, T., Bhat, K. V., Basu, A., Maiti, M. K. and Sen, S. K. 2015. Analysis and lignan composition of Indian germplasm of sesame to evaluate their nutritional merits. *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, 92, 65-76. doi: 10.1007/s11746-014-2566-3
- Borchani, C., Besbes, S., Blecker, C. and Attia, H. 2010. Chemical characteristics and oxidative stability of sesame seed, sesame paste, and olive oils. *Journal of Agricultural Science Technology*, 12, 585-596. http://jast.modares.ac.ir/article_4667_926.html
- Borlu, M. H. (2009). Lavaş ekmeğine farklı seviyelerde keten (*Linum usitatissimum*) tohumu unu katkılanmasının hamur ve ekmeğin özellikleri üzerine etkisi, omega 3, omega 6, yağ asitleri ve lignan açısından değişimin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 63, Denizli.
- Bozkurt, G. (2006). Susam yağının antioksidan özellikteki başlıca bileşenlerinin nitelik ve nicelikleri üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 77, İzmir.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, ME. and Berset, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebenm Wiss Technology-Food Science and Technology*, 28, 25-30. doi: [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Bulama, Ş. (2008). Farklı tuz konsantrasyonlarının *Sesamum indicum* L. (Susam) bitkisi üzerinde verime etkisi. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 99, Muğla.
- Bükün, B., Boydak, E., Yücel, E. ve Deme, M. 2005. Sulanan susamda (*Sesamum indicum* L.) bulunan yabancı otlar ile bunların oluşturdukları yağ ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9: 1, 31-35.
- Cemeroğlu, B., 1992. Meyve ve sebze işleme endüstrisinde temel analiz metotları. Biltav Yayınları, 381s, Ankara.
- Chang, L. W., Yen, W. J., Huang, S. C. and Duh, P. D. 2002. Antioxidant activity of sesame coat. *Food Chemistry*, 78, 347–354. doi: [http://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00119-X](http://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00119-X)
- Choe, E. and Min, D. B. 2009. Mechanisms of antioxidants in the oxidation of foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8: 4, 345-358. doi: 10.1111/j.1541-4337.2009.00085.x

- Cürat, D. (2010). Kilis ve yöresinde yetiştirilen yerel susam (*Sesamum indicum* L.) populasyonlarının biyolojik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 47, Kilis.
- Çakmakçı, S. ve Gökalp, H. Y. 1992. Gıdalarda kısaca oksidasyon; antioksidantlar ve gıda sanayiinde kullanımları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23: 2, 174-192.
- Çiftçi, D. (2008). Colloidal stability and some rheological properties of tahin and pekmez-tahin blend. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 91, Gaziantep.
- Dar, A. A. and Arumugam, N. 2013. Lignans of sesame: Purification methods, biological activities and biosynthesis - A review. *Bioorganic Chemistry*, 50, 1-10. doi: 10.1016/j.bioorg.2013.06.009
- Dimitrios, B. 2006. Sources of natural phenolic antioxidants. *Trends in Food Science and Technology*, 17: 9, 505-512. doi: <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.04.004>
- Ekici, L. ve Sağdıç, O. 2008. Serbest radikaller ve antioksidan gıdalarla inhibisyonu. *Gıda*, 33: 5, 251-260.
- El, S. N., Karakaya, S. ve Taş, A. A. (1999). *Bazı gıdalardaki fenolik bileşiklerin antioksidan etkilerinin in vitro koşullarda saptanması* (Proje No: TOTAG – 1698). Tübitak Tarım Orman ve Gıda Teknolojileri Araştırma Grubu, İzmir. http://uvt.ulakbim.gov.tr/uvt/index.php?cwid=9&vtadi=TPRJ&ano=42579_dfcedfd1686033936f7f730e887f2c5
- El-Adawy, T. A. and Mansour, E. H. 2000. Nutritional and physicochemical evaluations of tahina (sesame butter) prepared from heat-treated sesame seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 14, 2005-2011. doi: 10.1002/1097-0010(200011)80:14<2005::AID-JSFA740>3.0.CO;2-J
- Elleuch, M., Besbes, S., Roiseux, O., Blecker, C. and Attia, H. 2007. Quality characteristics of sesame seeds and by-products. *Food Chemistry*, 103: 2, 641-650. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.008>
- Fardet, A., Rock, E. and Rémésy, C. 2008. Is the in vitro antioxidant potential of whole-grain cereals and cereal products well reflected in vivo?. *Journal of Cereal Science*, 48: 2, 258-276. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.01.002>
- Gelmez, N. (2008). Ultrasound assisted and supercritical carbon dioxide extraction of antioxidants from roasted wheat germ. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, 137, Ankara.
- Gharby, S., Harhar, H., Bouzoubaa, Z., Asdadi, A., El Yadini, A. and Charrouf, Z. 2017. Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16: 2, 105-111. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.03.004>
- Gölkücü, M. (2000). Susam kavrulmasında mikrodalga uygulamaları ve işlemin susam ve tahinin kalitesi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 90, Antalya.

- Güler, Z. (2003). Tahin ve tahin helvalarında kimyasal niteliklerin belirlenmesi ve standartlara uygunluğunun değerlendirilmesi. 3. Gıda Mühendisliği Kongresi, 2-4 Ekim, 3. Gıda Mühendisliği Kongresi Kitabı, 559-571, Ankara.
- Güneşer, O. (2009). Farklı gıda katkı maddeleri kullanımının tahin helvası emulsiyon stabilitesi ve kalitesine olan etkilerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 79, Çanakkale.
- Güven, S., Demirel, N. N., Kırca, A., Güneşer, O. ve Kaptan, M. (2007). *Tahin helvalarının kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesine üretim aşamalarının etkisi* (Proje No: 104 O 290). Tübitak Tarım, Ormancılık ve Veterinerlik Araştırma Grubu, Çanakkale.
http://uvf.ulakbim.gov.tr/uvf/index.php?cwid=9&vtadi=TPRJ&ano=90711_29d22795756305110dd1e50e8b16227a
- Hahm, T. and Kuei, C. 2015. Present and potential industrial applications of sesame: A mini review. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 3137-3144. doi: 10.1111/jfpp.12381
- Hassan, M. A. M. 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. doi: 10.5829/idosi.wjdfs.2012.7.2.1112
- Hemalatha, S. and Ghafoorunissa. 2007. Sesame lignans enhance the thermal stability of edible vegetable oils. *Food Chemistry*, 105: 3, 1076-1085. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.023>
- Hemmati, S. (2007). Biosynthesis of lignans in plant species of the section *Linum*: pinoresinol-lariciresinol reductase and justicidin B 7-hydroxylase. Doctoral Dissertation (unpublished), Heinrich-Heine University, Düsseldorf, Germany.
- Ichihara, K., Shibahara, A., Yamamoto, K. and Nakayama, T. 1996. An improved method for rapid analysis of the fatty acids of glycerolipids. *American Oil Chemists' Society*, 31: 5, 535-539. doi: 10.1007/BF02522648
- Jeong, S. M., Kim, S. Y., Kim, D. R., Nam, K. C., Ahn, D. U. and Lee, S. C. 2004. Effect of seed roasting conditions on the antioxidant activity of defatted sesame meal extracts. *Food Chemistry and Toxicology*, 69: 5, 337-381. doi: 10.1111/j.1365-2621.2004.tb10701.x
- Kahyaoğlu, T. and Kaya, S. 2006. Modeling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. *Journal of Food Engineering*, 75: 2, 167-177. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.011>
- Karakahya, E. (2006). Tahin helvası üretiminde farklı bitkisel yağ ve soya proteini kullanımının kalite özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 53, Tekirdağ.
- Karaman, S., Yılmaz, M. T., Öztürk, G., Yüksel, F., Toker, Ö. S. and Doğan, M. 2017. Characterization of grape molasses/sesame paste/honey blends: multiple response optimization of some physicochemical, bioactive, viscoelastic and

- sensory properties. *Journal of Food Process Engineering*, 40: n/a, e12406. doi:10.1111/jfpe.12406
- Kato, M. J., Chu, A., Davin, L. B. and Lewis, N. G. 1998. Biosynthesis of antioxidant lignans in *Sesamum indicum* seeds. *Phytochemistry*, 47: 4, 583–591. doi: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(97\)00727-9](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(97)00727-9)
- Kayahan, M. 2002. Yağ Tüketimi ve Sağlık. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 12, 39-47.
- Kim, J. H., Seo, W. D., Lee, S. K., Lee, Y. B., Park, C. H., Ryu, H. W. and Lee, J. H. 2014. Comparative assessment of compositional components, antioxidant effects, and lignan extractions from Korean white and black sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds for different crop years. *Journal of Functional Foods*, 7: 1, 495-505. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jff.2014.01.006>
- Kivilompolo, M. 2009. Development of sample pretreatment and liquid chromatographic techniques for antioxidative compounds. Academic Dissertation (unpublished), Helsinki University, Yliopistopaino, Helsinki, Finland.
- Kiyama, R. 2016. Biological effects induced by estrogenic activity of lignans. *Trends in Food Science & Technology*, 54, 186-196. doi: <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.06.007>
- Koca, N. ve Karadeniz, F. 2005. Gıdalardaki doğal antioksidan bileşikler. *Gıda Dergisi*, 30: 4, 229-236.
- Koca, H. (2007). Tuz stresinin farklı susam çeşitlerinin fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisi. Doktora Tezi (basılmamış), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 148, İzmir.
- Koczon, P., Lipinska, E., Czerniawska-Piatkowska, E., Mikula, M., Bartyzel, B. J. 2016. The change of fatty acids composition of Polish biscuits during storage. *Food Chemistry*, 202, 341-348. doi:10.1016/j.foodchem.2016.02.019
- Kowalski, B., Ratusz, K., Kowalska, D. and Bekas, W. 2004. Determination of the oxidative stability of vegetable oils by differential scanning calorimetry and rancimat measurement. *European Journal of Lipid Science and Thecnology*, 106, 165-169. doi: 10.1002/ejlt.200300915
- Kömez, E. (2002). Tahin üretimi için uygun koşulların belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 41, Ankara.
- Kumar, C. M., Appu Pao, A. G. and Singh, S. S. 2009. Effect of infrared heating on the formation of sesamol and quality of defatted flours from *Sesamum indicum* L. *Journal of Food Science*, 74, H105–H111. doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01132.x
- Kurzer, M. S., Xu, X. 1997. Dietary phytoestrogens. *Annual Reviews Nutrition*, 17, 353-381. doi: 10.1146/annurev.nutr.17.1.353
- Lee, S. W., Jeung, M. K., Park, M. H., Lee, S. Y. and Lee, J. 2010. Effects of roasting conditions of sesame seeds on the oxidative stability of pressed oil during thermal oxidation. *Food Chemistry*, 118: 3, 681-685. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.040>

- Liu, Z., Xiang, Q., Du, L., Song, G., Wang, Y. and Liu, X. 2013. The interaction of sesamol with DNA and cytotoxicity, apoptosis, and localization in HepG2 cells. *Food Chemistry*, 141, 289-296. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.02.105
- Makinde, F. M. and Akinoso, R. 2013. Nutrient composition and effect of processing treatments on anti nutritional factors of Nigerian sesame (*Sesamum indicum* Linn) cultivars. *International Food Research Journal*, 20: 5, 2293-2300. ISBN: 2348072673097
- Ma, Y., Yang, L., Chen, C., Liu, Y. and Wang, X. 2012. Characterization and antioxidant activity of the complex of sesamol and hydroxypropyl- β -cyclodextrin, *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 6: 16, 1204-1210. doi: 10.5897/AJPP12.178
- Meydani, E. (2008). Samsunda üretilen sade tahin helvalarının özellikleri. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 74, Samsun.
- Miyahara, Y., Hibasami, H., Katsuzaki, H., Imai, K. and Komiya, T. 2001. Sesamol from sesame seed inhibits proliferation by inducing apoptosis in human lymphoid leukemia Molt 4B cells. *International Journal of Molecular Medicine*, 7: 4, 369-371. doi: 10.3892/ijmm.7.4.369
- Miyawaki, T., Aono, H., Toyoda-ono, Y., Maeda, H., Kiso, Y. and Moriyama, K. 2009. Antihypertensive effect of sesamin in humans. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 55 :1, 87-91. doi: http://doi.org/10.3177/jnsv.55.87
- Moazzami, A. A. (2006). Sesame seed lignans: Diversity, human metabolism and bioactivities. Doctoral Dissertation (unpublished), Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- Moazzami, A. A., Haese, S. L. and Kamal-Eldin, A. 2007. Lignan contents in sesame seeds and products. *European Journal of Lipid Science Technology*, 109: 10, 1022-1027. doi: 10.1002/ejlt.200700057
- Mohdaly, A. A. A., Smetanska, I., Ramadan, MF., Sarhan, M. A. and Mahmoud, A. 2011. Antioxidant potential of sesame (*Sesamum indicum*) cake extract in stabilization of sunflower and soybean oils. *Industrial Crops and Products*, 34: 1, 952-959. doi: http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.02.018
- Moure, A., Cruz, J. M., Franco, D., Manuel Domínguez, J., Sineiro, J., Domínguez, H. and Núñez, M. J. 2001. Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry*, 72, 145-171. PII: S0308-8146(00)00223-5
- Nagata, M., Osawa, T., Namiki, M., Fukuda, Y. and Ozaki, T. 1987. Stereochemical structure of antioxidative bisepoxylignans, sesaminol and its isomers, transformed from sesamol, *Agricultural and Biological Chemistry*, 51: 5, 1285-1289. doi: http://dx.doi.org/10.1080/00021369.1987.10868187
- Nagendra Prasad, M. N., Sanjay, K. R., Prasad, D. S., Vijay, N., Kothari, R. and Nanjunda Swamy, S. 2012. A review on nutritional and nutraceutical properties of sesame. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 2, 127. doi:10.4172/2155-9600.1000127
- Nas, S., Gökalp, H. Y. ve Ünsal, M. 2001. *Bitkisel yağ teknolojisi* (3. Baskı). Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, 322, Denizli.

- Nzikou, J. M., Matos, L., Bouanga-Kalou, G., Ndangui, C., Pambou-Tobi, N. P. G., Kimbonguila, A., Silou, Th., Linder, M. and Desobry, S. 2009. Chemical composition on the seeds and oil of sesame (*Sesamum indicum* L.) grown in congo-brazzaville. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 1: 1, 6-11. <http://maxwellsci.com/print/ajfst/6-11.pdf>
- Ogawa, H., Sasagawa, S., Murakami, T. and Yoshizumi, H. 1995. Sesame lignans modulate cholesterol metabolism in the stroke-prone spontaneously hypertensive rat. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology. Supplement*, 22: 1, S310-2. PMID: 9072406
- Osawa, T. 1999. Protective role of dietary polyphenols in oxidative stress. *Mechanism of Ageing and Development*, 111: 2-3, 133-139. PMID: 10656532
- Öksüz, S., Ulubelen, A. ve Tuzlacı, E. (1989). *Türkiye’de yetişen Achillea schischkinii, A. Gypsicola, A. teretifolia ve A. magnifica türlerinde terpenoid ve flavonoid bileşiklerin araştırılması ve yapı tayinleri* (Proje No: TBAG – 750). Tübitak Temel Bilimler Araştırma Grubu, İstanbul. http://uvt.ulakbim.gov.tr/uvt/index.php?cwid=9&vtadi=TPRJ&ano=41161_019bdcdeb80904bd534ae39f2acc1a59
- Öz, M. ve Karasu, A. 2010. Bazı susam (*Sesamum indicum* l.) çeşit ve hatlarının Bursa koşullarında performanslarının belirlenmesi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14: 2, 21-27.
- Özcan, M. (1993). Susam, susam yağı ve tahinde fiziksel-kimyasal analizler ve yağ asitleri bileşiminin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Teknolojisi ve Bilimi Anabilim Dalı, 51, Konya.
- Özcan, M. ve Akgül, A. 1994. Tahinde fiziksel-kimyasal analizler ve yağ asitleri bileşiminin belirlenmesi. *Gıda*, 19: 6, 411-416.
- Özdemir, F. (2001). *Tahin üretim amaçlı susam kavrulmasında mikrodalga uygulamaları* (Proje No: TARP-2365). Tübitak Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi, Antalya. http://uvt.ulakbim.gov.tr/uvt/index.php?cwid=9&vtadi=TPRJ&ano=4165_39ff6249003d903e088aa604a6313a57
- Özdemir, F., Gölükcü, M. and Erbaş, M. 2006. Influence of different microwave seed roasting processes on the changes in quality and fatty acid composition of tehina (*Sesame butter*) oil. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19: 2, 207-216.
- Özer, Ö. (2006). Menopoz ve fitoöstrojenler, Tezsiz Yüksek Lisans Dönem Projesi (basılmamış), Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmakognozi Anabilim Dalı, 120, Ankara.
- Öztan, T. (2006). Mor havuç konsantresi, şalgam suyu, nar suyu ve nar ekşisi ürünlerinde antioksidan aktivitesi tayini ve fenolik madde profilinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 108, İstanbul.
- Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon, M. H. 2001. *Antioxidants in Food: Practical Applications*: Taylor & Francis.

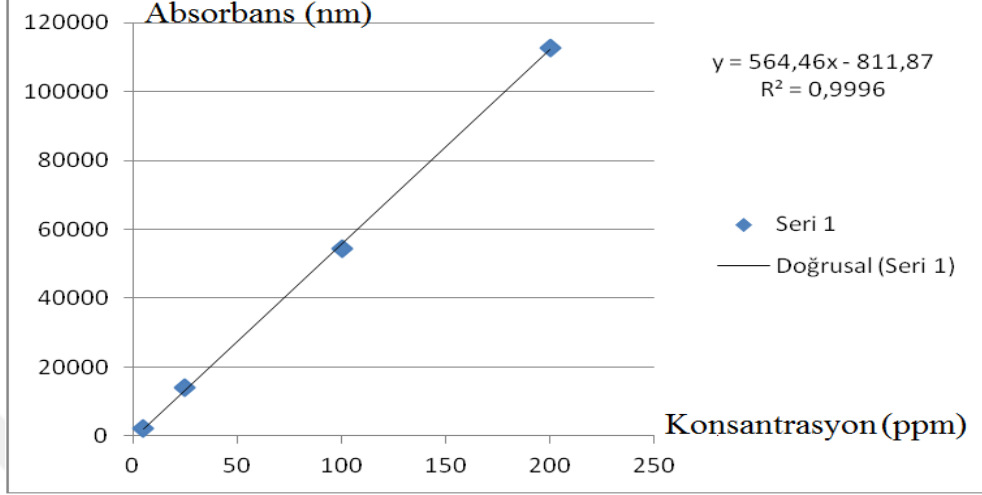
- Rangkadilok, N., Pholphana, N., Mahidol, C., Wongyai, W., Saengsooksree, K., Nookabkaew, S. and Satayavivad, J. 2010. Variation of sesamin, sesamol and tocopherols in sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds and oil products in Thailand. *Food Chemistry*, 122: 3, 724-730. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.044>
- Reshma, M. V., Namitha, L. K., Sundaresan, A. and Kiran, C. R. 2013. Total phenol content, antioxidant activities and α -glucosidase inhibition of sesame cake extracts. *Journal of Food Biochemistry*, 37, 723-731. doi: 10.1111/j.1745-4514.2012.00671.x
- Rice-Evans, C., Miller, N. and Paganga, G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 2: 4, 152-159. doi: [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(97\)01018-2](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(97)01018-2)
- Saeed, M., Khalid, H., Sugimoto, Y. and Efferth, T. 2014. The lignan, (-)-sesamin reveals cytotoxicity toward cancer cells: pharmacogenomic determination of genes associated with sensitivity or resistance. *Phytomedicine : International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology*, 2: 5, 689-96. doi: 10.1016/j.phymed.2014.01.006
- Sağır, P., Sağır, A. ve Söğüt, T. 2010. Farklı ekim ve sulamanın Susamda kök boğazı çürüklüğü hastalığı (*Macrophomina phaseolina*), verim ve verim unsurlarına etkisi. *Bitki Koruma Bülteni*, 50: 4, 157-170.
- Saldamlı, İ. (Editör) (2005). *Gıda Kimyası*. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 549-552, Ankara.
- Sankar, D., Rao, M. R., Sambandam, G. and Pugalandi, K. V. 2006. Effect of sesame oil on diuretics or β -blockers in the modulation of blood pressure, anthropometry, lipid profile, and redox status. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 79: 1, 19-26. PMC1942178
- Sarkis, J. R., Michel, I., Tessaro, I. C. and Marczak, L. D. F. 2014. Optimization of phenolics extraction from sesame seed cake. *Separation and Purification Technology*, 122, 506-514. doi: <http://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.11.036>
- Sawaya, W. N., Ayaz, M., Khalil, J. K. and Al-Shalhat, A. F. 1985. Chemical composition and nutritional quality of tehneh. *Food Chemistry*, 18, 35-45. doi: [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(85\)90101-3](https://doi.org/10.1016/0308-8146(85)90101-3)
- Shahidi, F. (Editor) (1997). *Natural antioxidants chemistry, health effects, and applications*. AOCS Press, 432, Champaign.
- Shahidi, F., Liyana-Pathirana, C. M. and Wall, D. S. 2006. Antioxidant activity of white and black sesame seeds and their hull fractions. *Food Chemistry*, 99: 3, 478-483. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.009>
- Shahidi, F. and Ambigaipalan, P. 2015. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820-897. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
- Shi, L., Zhang, Z., Xing, L., Yang, D. and Guo, Y. 2011. Antioxidants extraction by supercritical CO₂. *Journal of Medicina Plants Research*, 5: 3, 300-308.

- Silme, R. S. ve Çağırğan, M. İ. (2009). Seçilmiş mutant ve dünya susam materyalinin verim ve verim komponentleri bakımından değerlendirilmesi. X. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi, 6-9 Ekim, cilt.1, 333-339, Muğla.
- Singleton, V. L. and Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- Soydinç, H. (2005). Farklı oranlarda kuru meyve ilavesinin ve depolama süresinin tahin helvasının bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 89, Şanlıurfa.
- Suja, K. P., Jayalekshmy, A. and Arumughan, C. 2005a. Antioxidant activity of sesame cake extract. *Food Chemistry*, 91, 213-219. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.09.001>
- Suja, K. P., Jayalekshmy, A. and Arumughan, C. 2005b. In vitro studies on antioxidant activity of lignans isolated from sesame cake extract. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 10, 1779–1783. doi: 10.1002/jsfa.2170
- Suja, K. P., Abraham, J. T., Thamizh, S. N., Jayalekshmy, A. and Arumughan, C. 2004. Antioxidant efficacy of sesame cake extract in vegetable oil protection. *Food Chemistry*, 84: 3, 393-400. doi: [http://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00248-6](http://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00248-6)
- Tan, A. Ş. 2011. Bazı susam çeşitlerinin Menemen koşullarında performansları. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 21: 2, 11-28.
- Turgut, İ. ve Baydar, H. (1996). *Türkiye susam (Sesamum indicum L.) popülasyonlarında bazı özelliklerin varyasyonu ve seleksiyon ile hat geliştirme olanakları* (Proje No: TOGTAG – 1371). Tübitak Tarım ve Hayvancılık Araştırma Grubu, Antalya. http://uvt.ulakbim.gov.tr/uvt/index.php?cwid=9&vtadi=TPRJ&ano=83710_125f4c5b9eca81af92d2e4c3e1cf11b1
- Uğurluay, S. (2002). Susam (Sesamum Indicum L.) bitkisinin hasat mekanizasyonu olanaklarının belirlenmesi üzerinde bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, 51, Adana.
- Ünsal, M. ve Nas, S. 1995. Tahin helvasının ve yağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Gıda*, 20: 1, 43-47.
- Visavadiya, N. P., Badrish, S., Dalwadi, N. 2009. Free radical scavenging and antiatherogenic activities of Sesamum indicum seed extracts in chemical and biological model systems. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 2507-2515. doi: 10.1016/j.fct.2009.07.009
- Wang, L., Zhang, Y., Li, P., Wang, X., Zhang, W., Wei, W., Zhang, X. 2012. HPLC analysis of seed sesamin and sesamol variation in a sesame germplasm collection in China. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89: 6, 1011-1020. doi: 10.1007/s11746-011-2005-7
- Wu, S., Wang, L., Shu, F., Cao, W., Chen, F. and Wang, X. 2013. Effect of refining on the lignan content and oxidative stability of oil pressed from roasted sesame

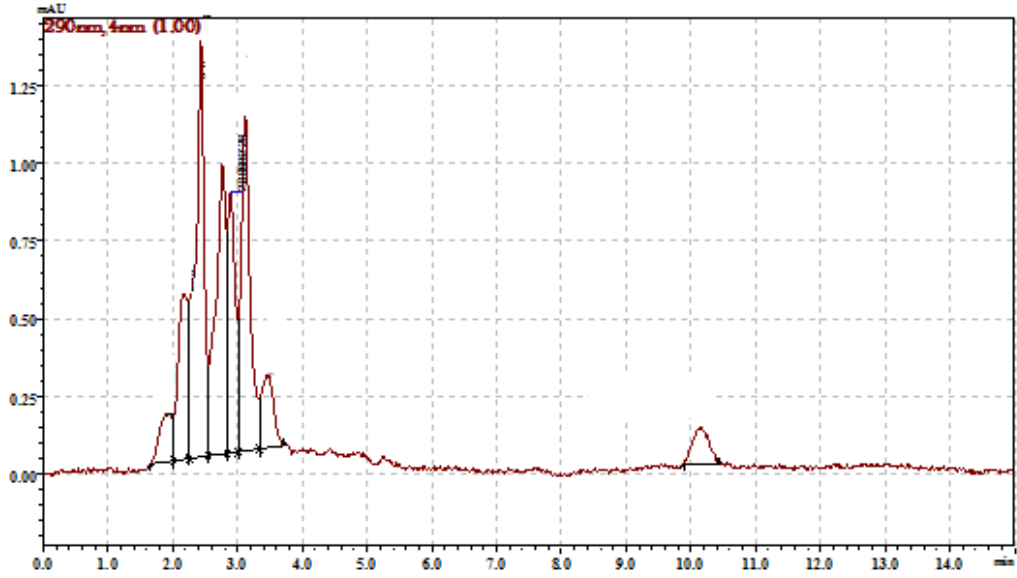
- seed. *International Journal of Food Science & Technology*, 48: 6, 1187-1192. doi: <http://doi.wiley.com/10.1111/ijfs.12074>
- Wu, W. H. 2007. The contents of lignans in commercial sesame oils of Taiwan and their changes during heating. *Food Chemistry*, 104: 1, 341-344. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.055>
- Yamashita, K., Nohara, Y., Katayama, K. and Namiki, M. 1992. Sesame seed lignans and γ -tocopherol act synergistically to produce Vitamin E activity in rats. *The Journal of Nutrition*, 122, 2440-2446. PMID: 1453229
- Yen, G. C. 1990. Influence of seed roasting process on the changes in composition and quality of sesame (*Sesamum indicum*) oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 50, 563-570. doi: 10.1002/jsfa.2740500413
- Yıldız, L. (2007). Bazı bitki örneklerinde antioksidan kapasitenin spektrofotometrik ve kromatografik tayini. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, 130, İstanbul.
- Zhao, T. T., Shin, K. S., Park, H. J., Kim, K. S., Lee, K. E., Cho, Y. J. and Lee, M. K. 2016. Effect of (-)- sesamin on chronic stress-induced memory deficits in mice. *Neuroscience Letters*, 643, 114-118. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2016.09.055>

EKLER

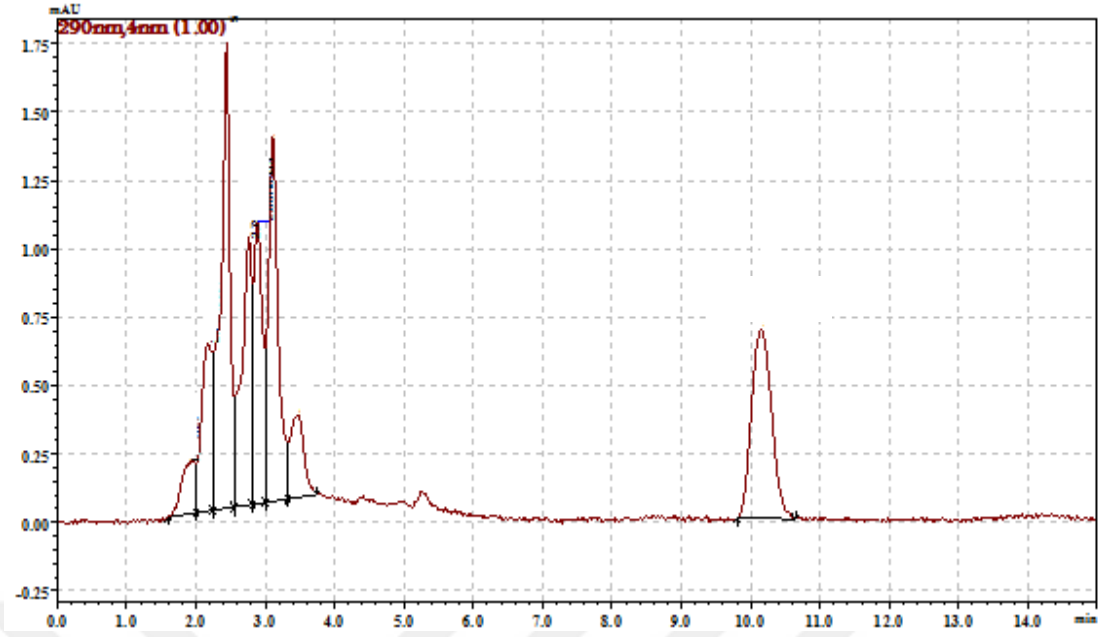
EK A: Sesamin içeriğine ait HPLC kromatogram sonuçları



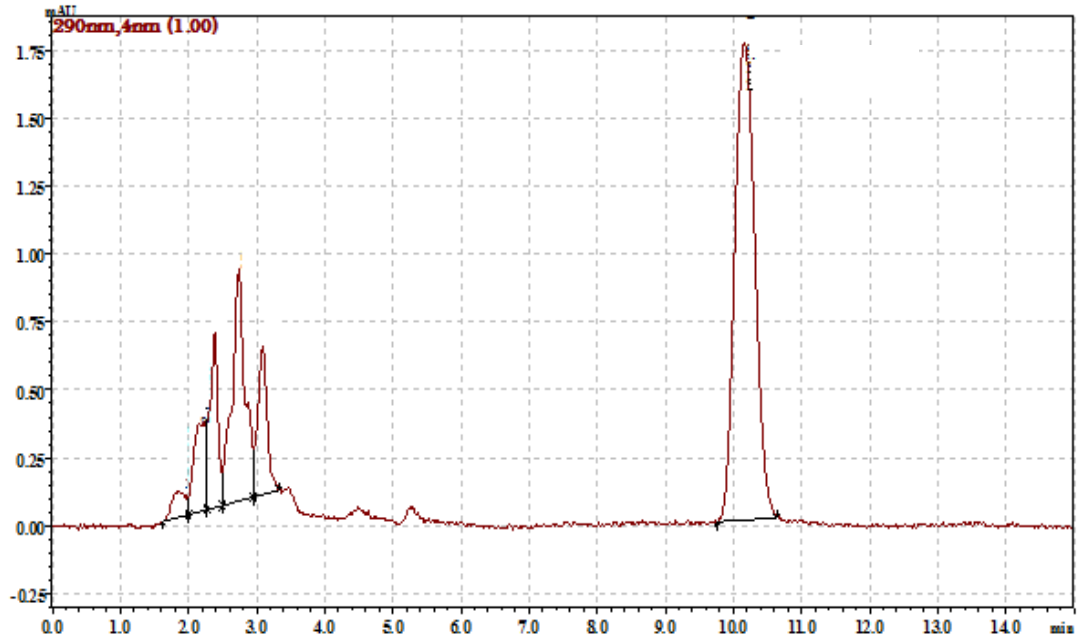
Şekil A.1. Sesamin standart eğrisi ($\lambda=290$ nm)



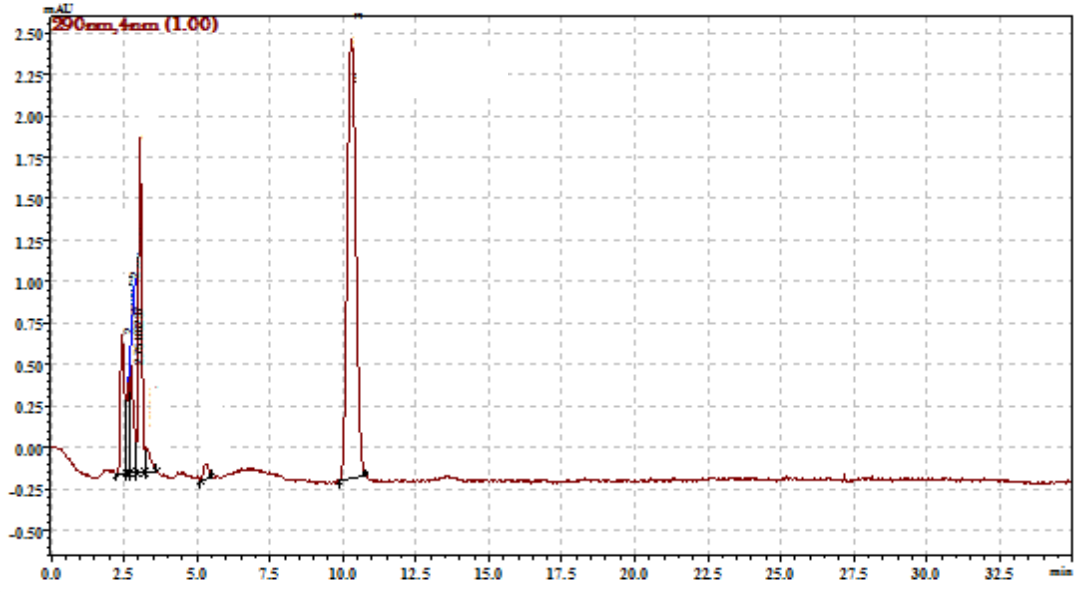
Şekil A.2. 5 ppm sesamin standardı kromatogramı



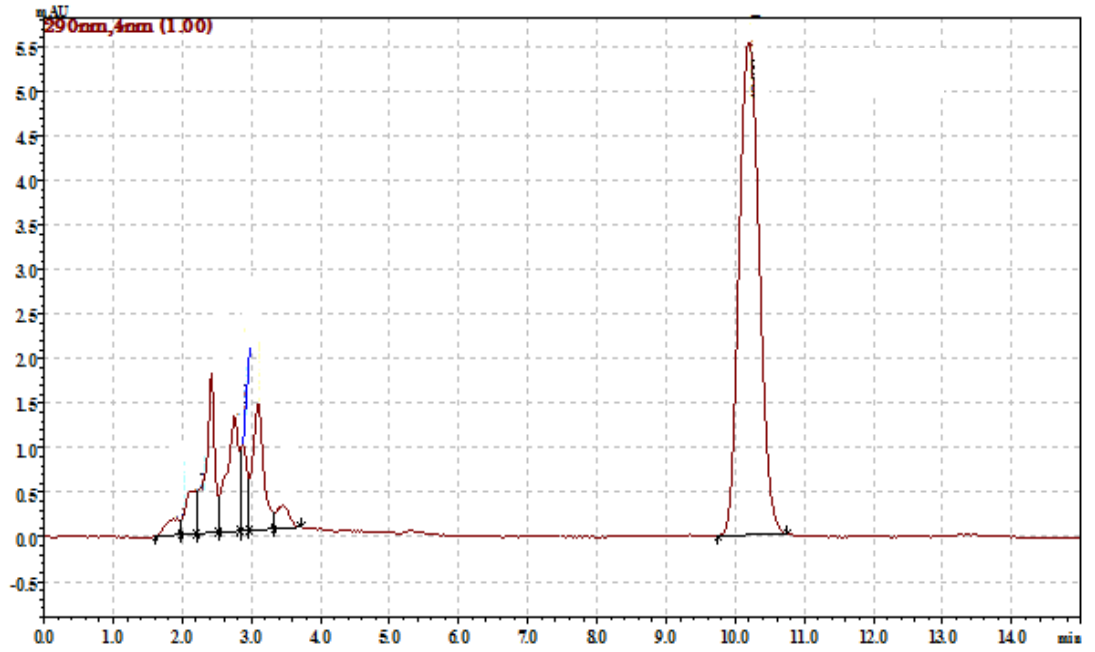
Şekil A.3. 25 ppm sesamin standardı kromatogramı



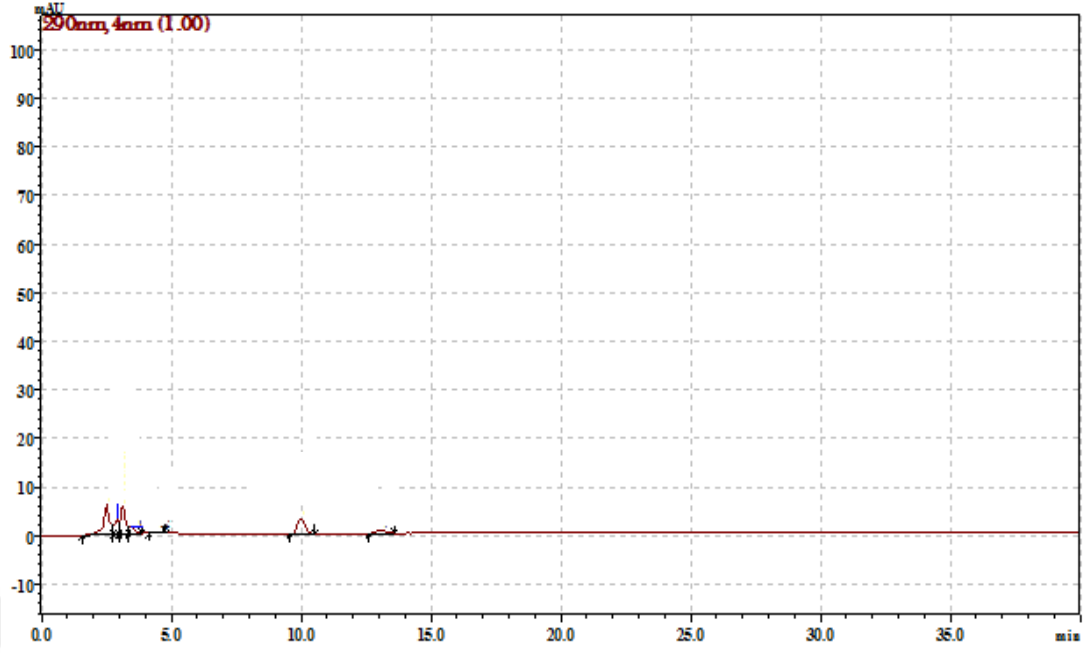
Şekil A.4. 50 ppm sesamin standardı kromatogramı



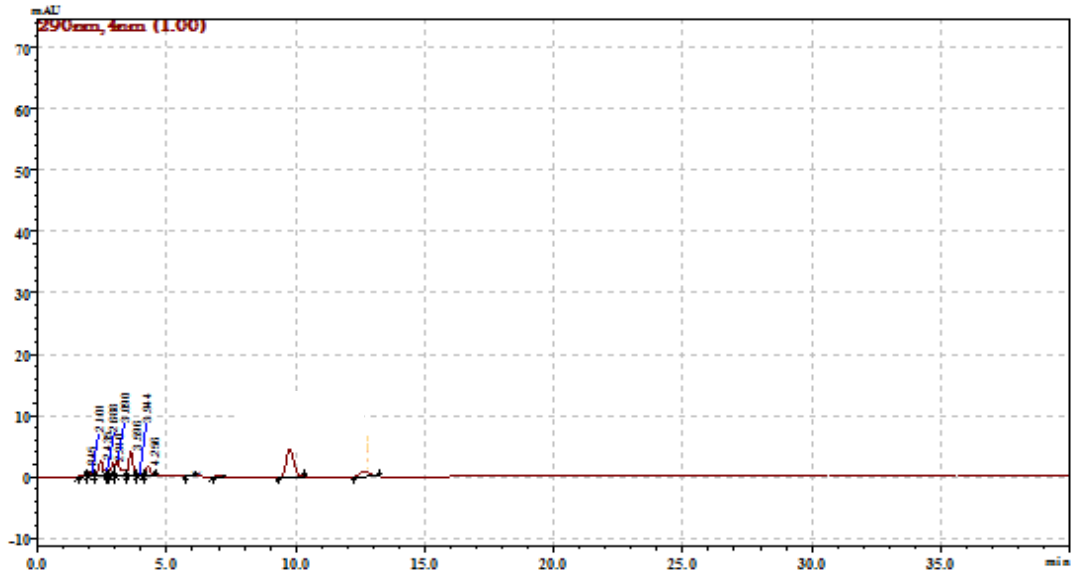
Şekil A.5. 100 ppm sesamin standardı kromatogramı



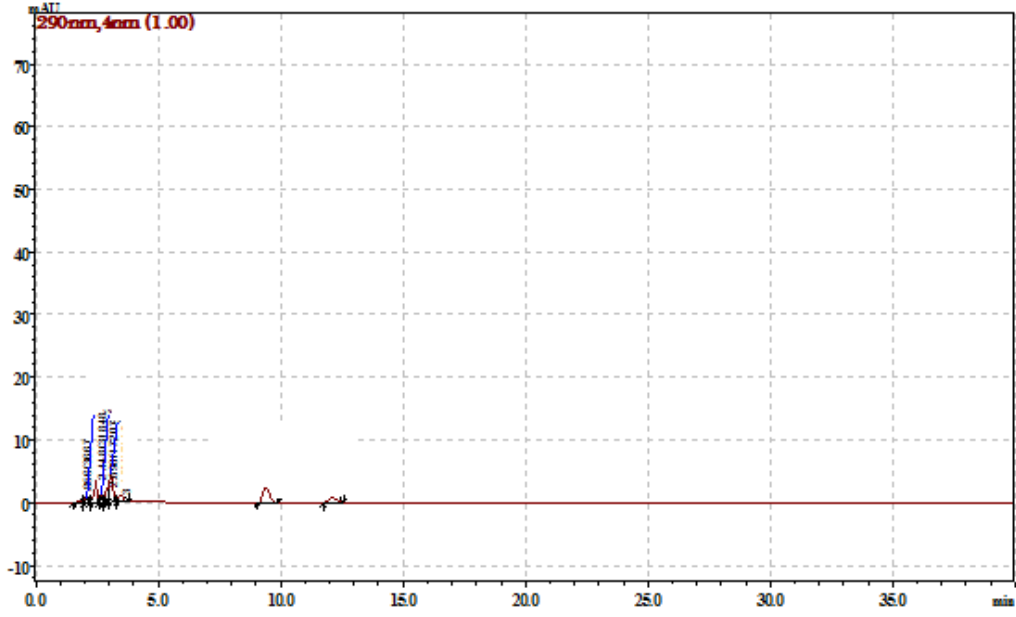
Şekil A.6. 200 ppm sesamin standardı kromatogramı



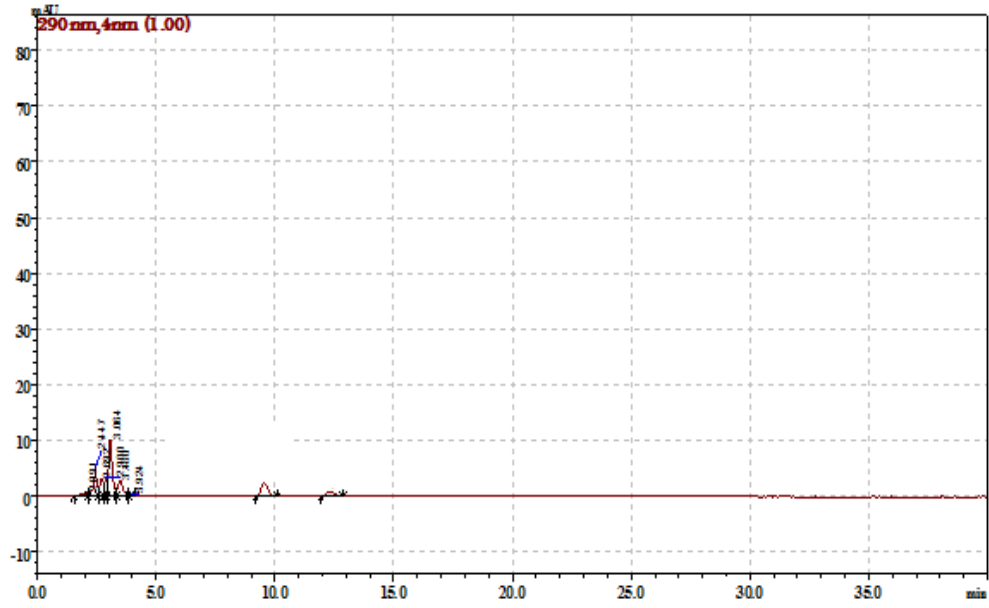
Şekil A.7. I. aşamaya ait sesamin kromatogramı



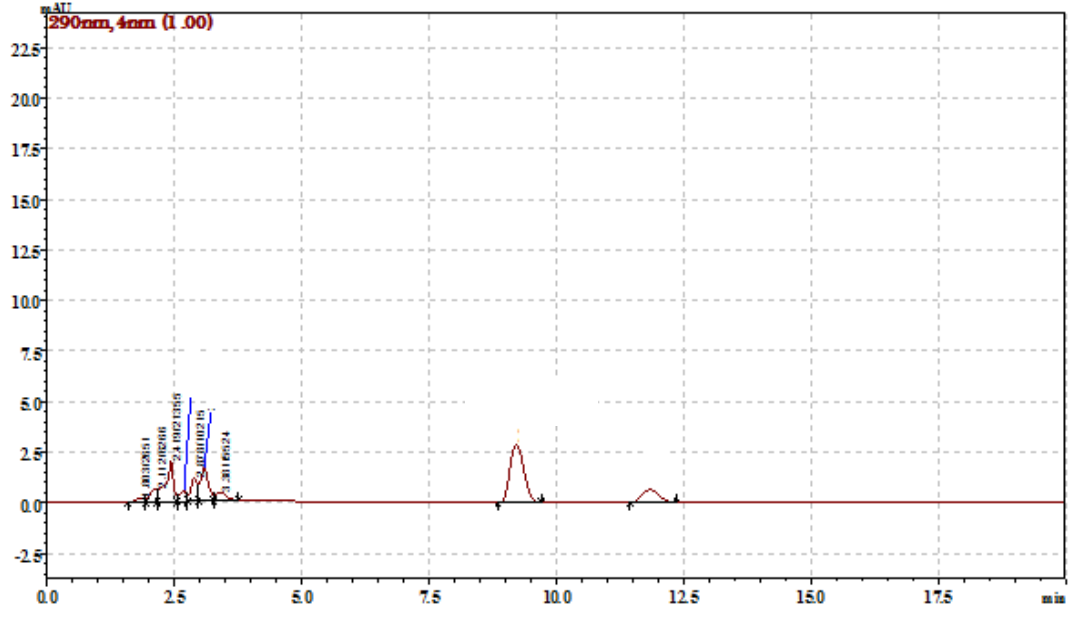
Şekil A.8. II. aşamaya ait sesamin kromatogramı



Şekil A.9. III. aşamaya ait sesamin kromatogramı

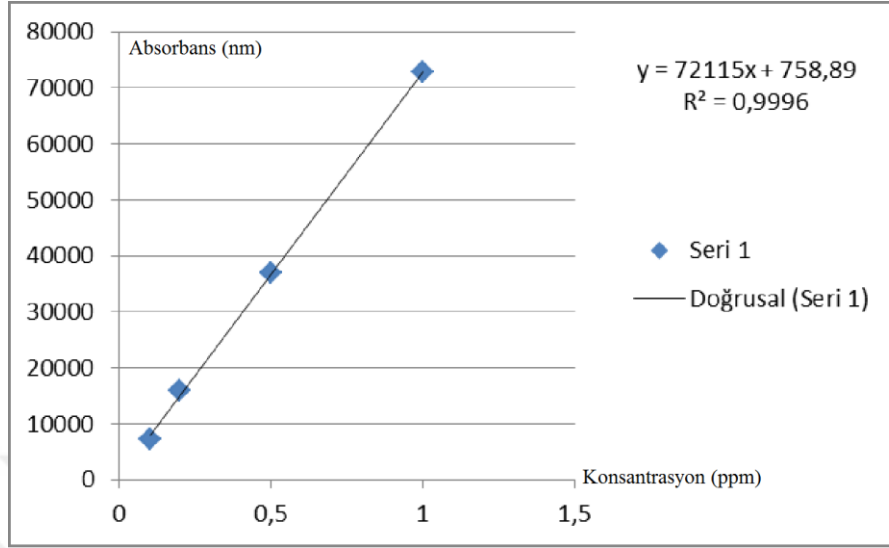


Şekil A.10. IV. aşamaya ait sesamin kromatogramı

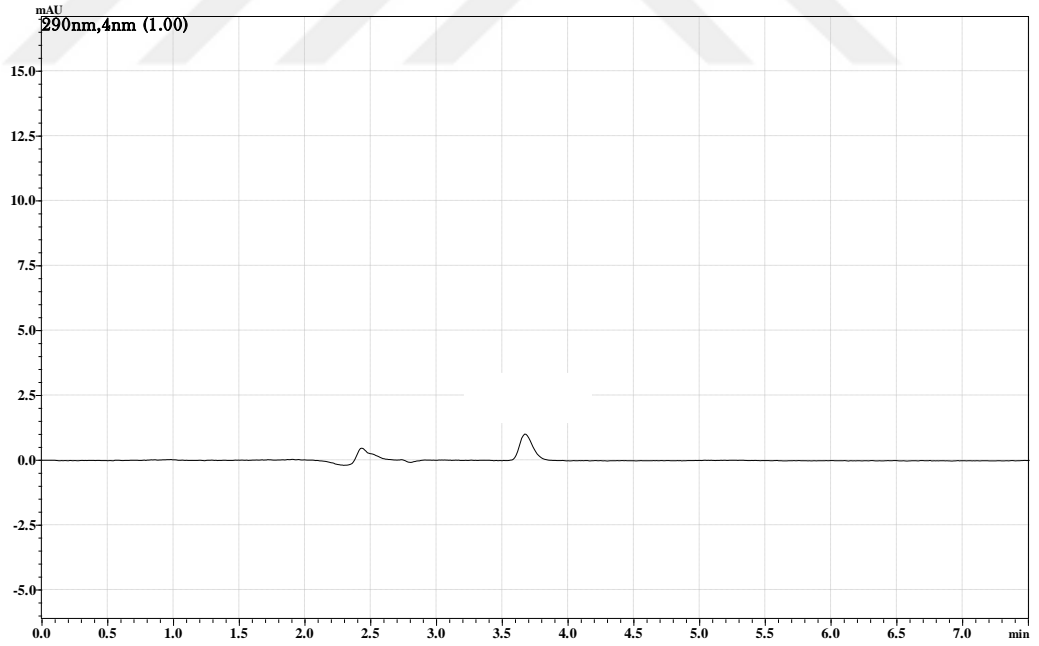


Şekil A.11. V. aşamaya ait sesamin kromatogramı

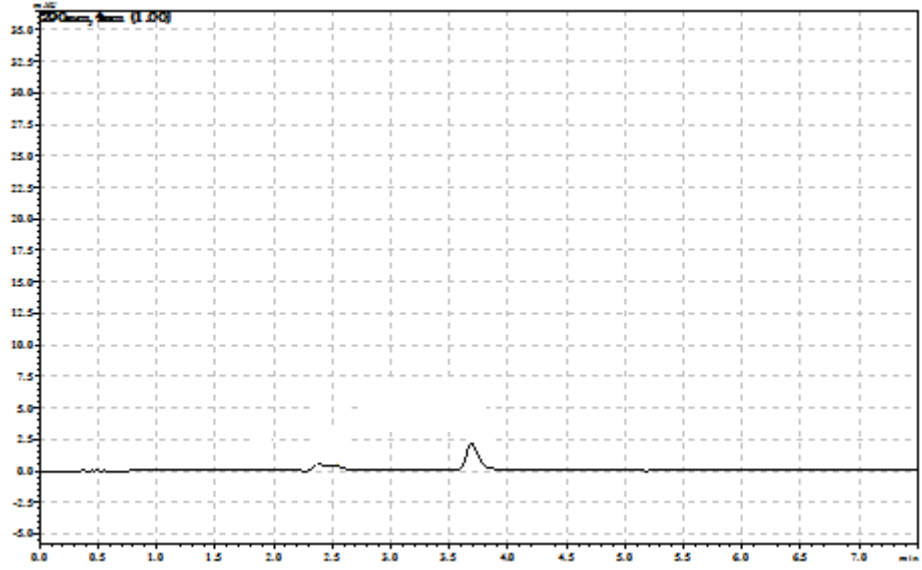
EK B: Sesamol içeriğine ait HPLC kromatogram sonuçları



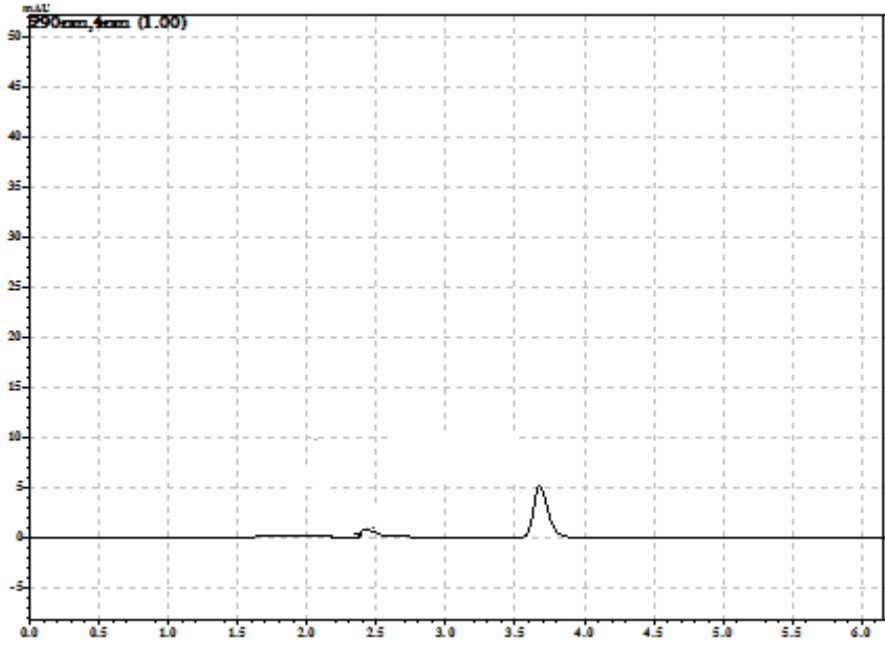
Şekil B.1. Sesamol standart eğrisi ($\lambda=290$ nm)



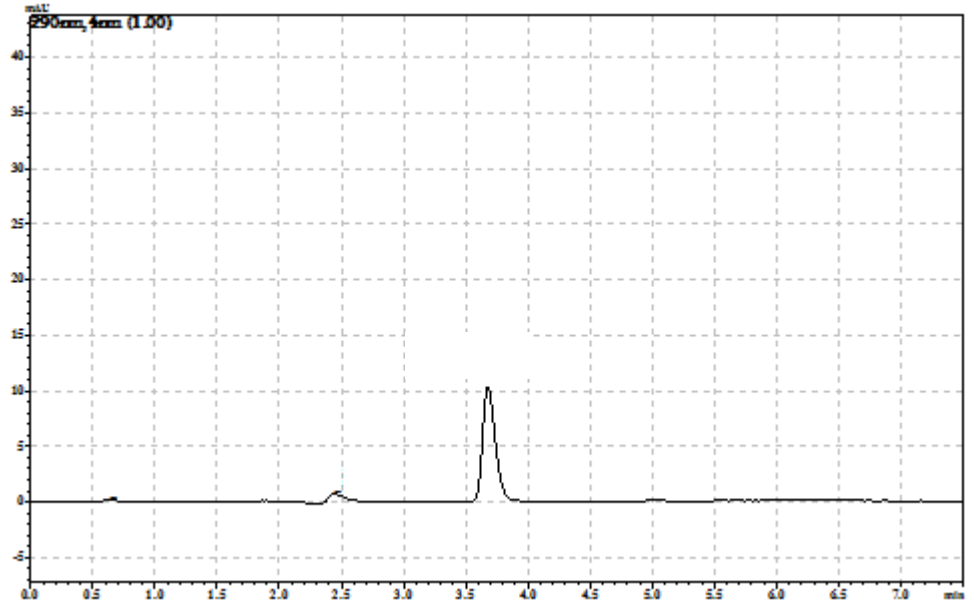
Şekil B.2. 0.1 ppm sesamol standardı kromatogramı



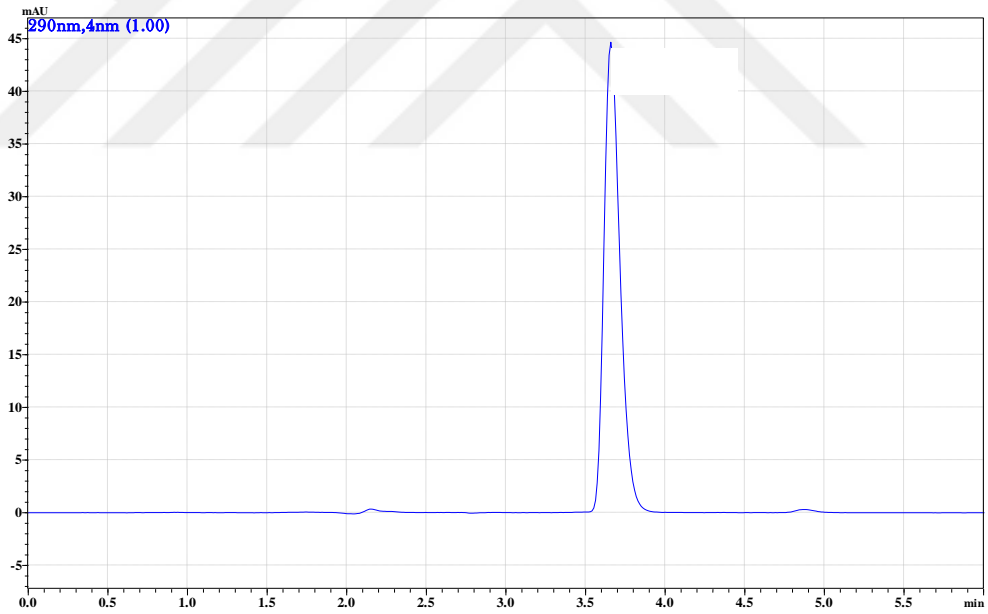
Şekil B.3. 0.2 ppm sesamol standardı kromatogramı



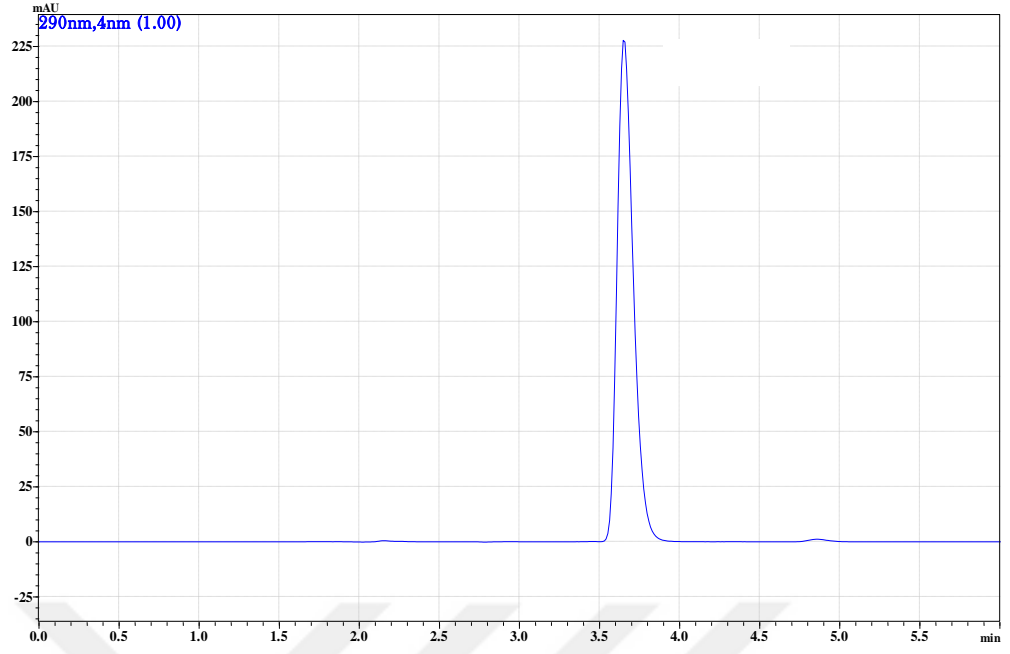
Şekil B.4. 0.5 ppm sesamol standardı kromatogramı



Şekil B.5. 1 ppm sesamol standardı kromatogramı

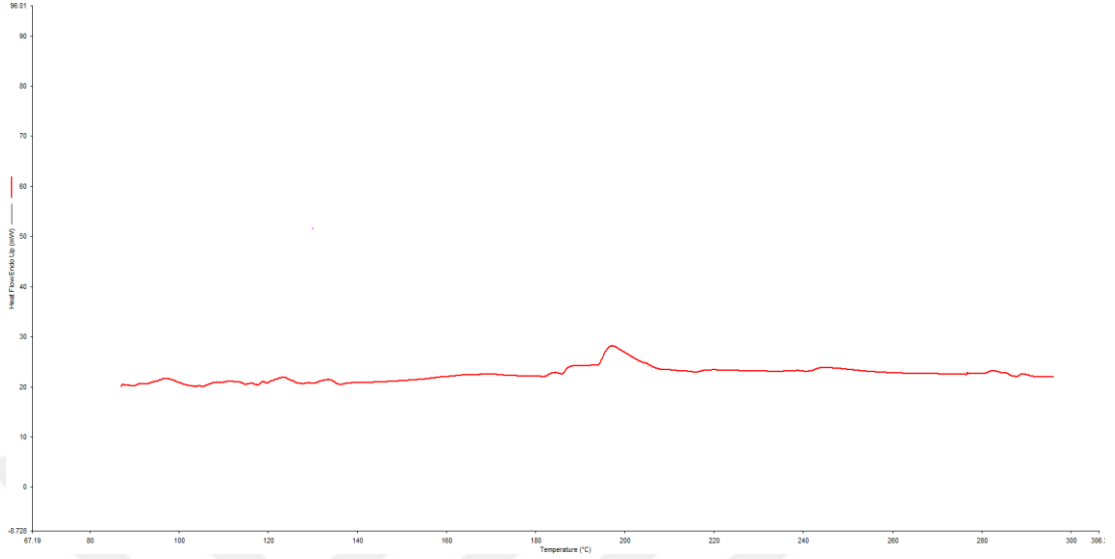


Şekil B.6. 10 ppm sesamol standardı kromatogramı

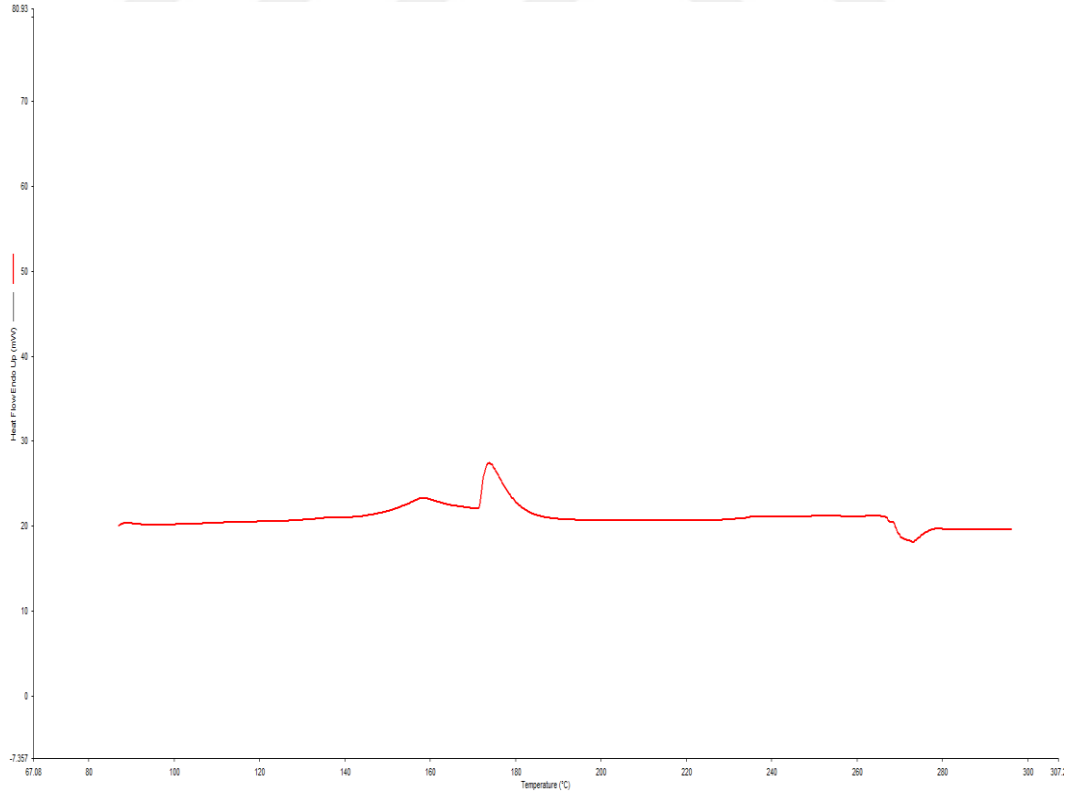


Şekil B.7. 50 ppm sesamol standardı kromatogramı

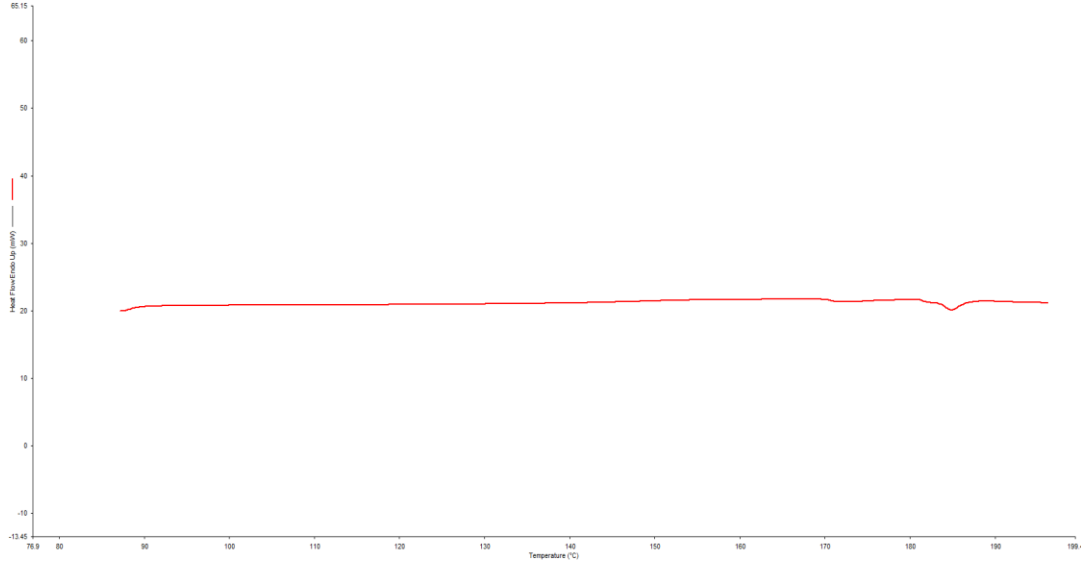
EK C: DSC eğrileri



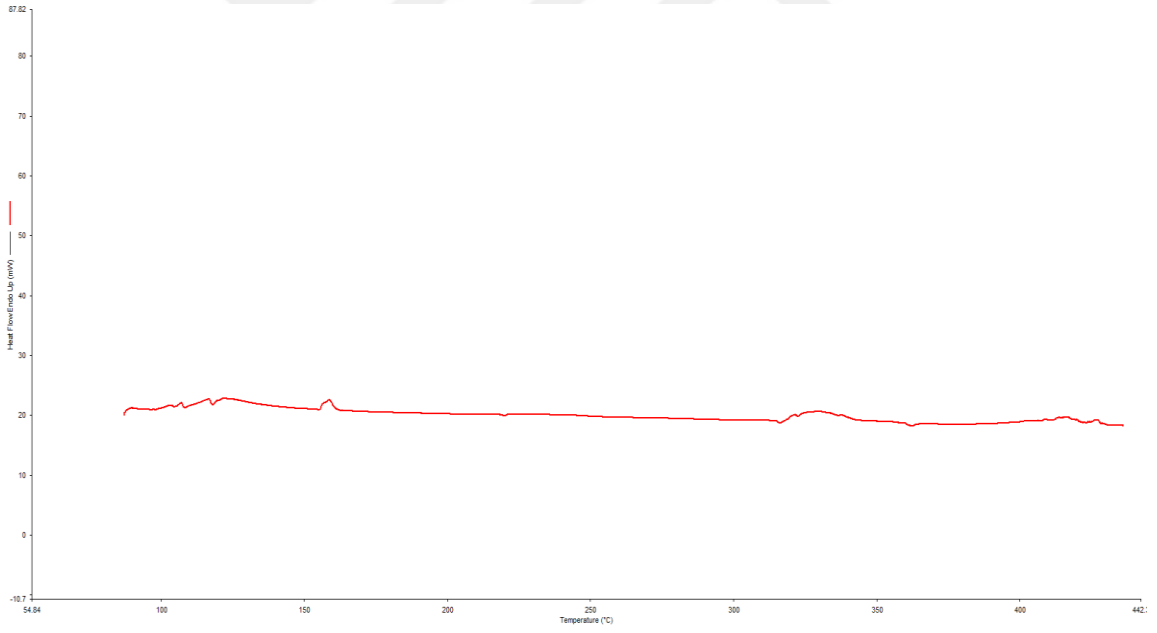
Şekil C.1. I. aşama için DSC eğrisi



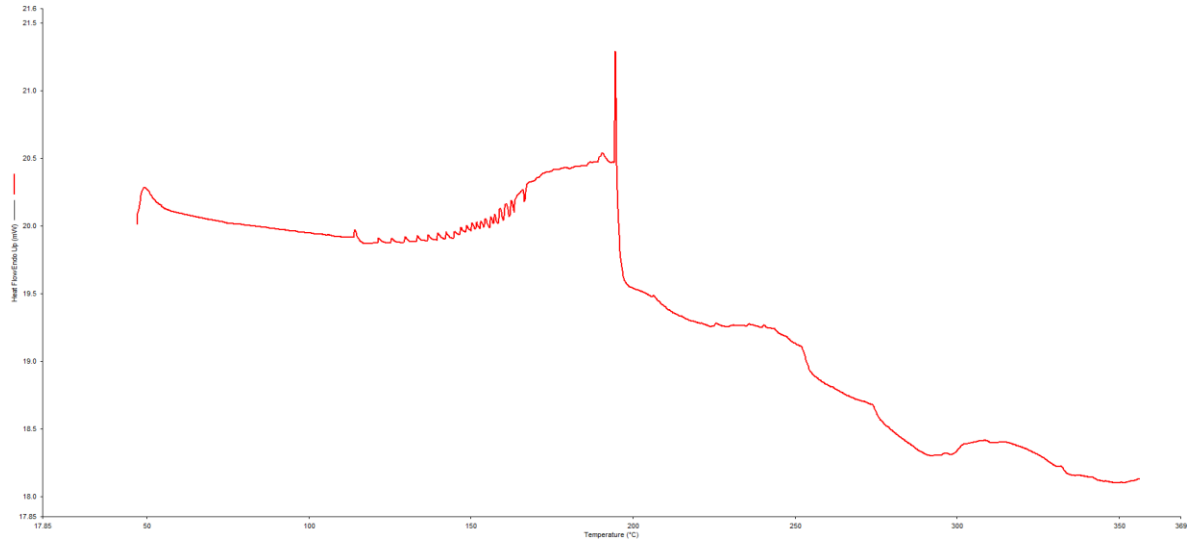
Şekil C.2. II. aşama için DSC eğrisi



Şekil C.3. III. aşama için DSC eğrisi



Şekil C.4. IV. aşama için DSC eğrisi



Şekil C.5. V. aşama için DSC eğrisi

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Yıldız Çağla ÇAVUŞOĞLU

Doğum Yeri : Beyoğlu

Doğum Tarihi : 04.02.1986

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Samsun Anadolu Lisesi (2004)

Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü (2008)

Yüksek Lisans: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2009-2017)

Çalıştığı Kurum ve Yıl

KOSGEB Giresun Müdürlüğü (2013-devam etmekte)