



**T.C.**  
**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**SUSAM KABUĞUNUN SOYULMASI**  
**ÜZERİNE ENZİM VE ISIL İŞLEM**  
**UYGULAMALARININ ETKİSİ**

Ebru TANRIVERDİ

**DOKTORA TEZİ**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Eylül-2017**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Ebru TANRIVERDİ tarafından hazırlanan ‘‘Susam Kabuğunun Soyulması Üzerine Enzim ve Isıl İşlem Uygulamalarının Etkisi’’ adlı tez çalışması 21/09/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Prof. Dr. Aziz TEKİN

#### Danışman

Prof.Dr. Mehmet Musa ÖZCAN

#### Üye

Prof.Dr. Behiç MERT

#### Üye

Prof.Dr. Nihat AKIN

#### Üye

Prof.Dr. Cemalettin SARIÇOBAN

### İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa YILMAZ  
FBE Müdürü

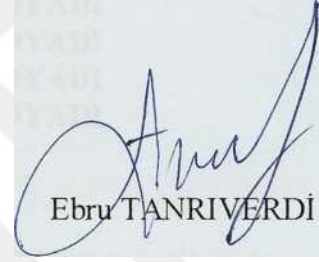
Bu tez alışması Selçuk Üniversitesi B.A.P tarafından 14201063 nolu proje ile desteklenmiştir.

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



Ebru TANRIVERDİ

21/09/2017

# ÖZET

## DOKTORA TEZİ

### SUSAM KABUĞUNUN SOYULMASI ÜZERİNE ENZİM VE ISIL İŞLEM UYGULAMALARININ ETKİSİ

Ebru TANRIVERDİ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN

2017, 97 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN

Prof. Dr. Aziz TEKİN

Prof. Dr. Behiç MERT

Prof. Dr. Nihat AKIN

Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN

Bu araştırmada, enzim muamelesinin ve susam tohumunun kabuklarının soyulması üzerine farklı ısıl işlemlerin etkisi araştırılmıştır. Ön işlem uygulanmamış, kaynar suya daldırılmış, buharla muamele edilmiş ve -18 C'de tutulmuş tohumlara, farklı konsantrasyonlarda Viscozyme L enzimi ile muamele edilerek kabuk soyma işlemi gerçekleştirilmiştir. Geleneksel kabuk soyma yöntemi ile tohumdan uzaklaştırılan kabuk miktarı % 9.90 olarak tespit edilirken; ön işlem uygulanmamış tohum (ÖNZ), kaynar suya daldırılmış tohum (KD), buharla muamele edilmiş tohum (BM) ve -18 °C'de tutulmuş tohum (DT) için tohumdan uzaklaştırılan kabuk miktarı % 11.23-14.08 aralığında tespit edilmiştir. Oleik, linoleik, palmitik ve stearik asit, ham susam tohumunda ve kabuğu soyulmuş tohumlarda belirlenen başlıca yağ asitleridir. Kabuk soymanın tohumun yağ asidi bileşiminde önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Ham tohumun kül (% 4.13), protein (% 20.40), ham yağ içeriği (% 53.85), renk değeri ( $L^*$ : 63.28,  $a^*$ : 4.23,  $b^*$ : 23.11), fitik asit içeriği (2988.985 mg/100g), toplam (35,567.05 mg/kg) ve çözünür (131.95 mg/kg) okzalal içeriği; geleneksel yöntemle soyulan tohumun kül (% 4.44), protein (% 22.83), ham yağ içeriği (% 59.36), renk değeri ( $L^*$ :72.59,  $a^*$ : 0.42,  $b^*$ : 18.23), fitik asit içeriği (3282.983 mg/100g), toplam (3452.20 mg/kg) ve çözünür (315.70 mg/kg) okzalal içeriği belirlenmiştir. Aynı şekilde ÖNZ, KD, BM ve DT için de kül (% 2.77-2.85), protein (% 23.38-24.22), ham yağ içeriği (% 56.85-61.83), renk değeri ( $L^*$ :70.1- 80.76,  $a^*$ : (-0. 85)-(0.83),  $b^*$ : 16.11-26.32), fitik asit içeriği (2351.990-3518.180 mg/100g), toplam (281.92-3921.59 mg/kg) ve çözünür (141.57- 563.508 mg /kg) okzalal içeriği için ortalama değerler tespit edilmiştir. Normal susam ve kabuğu soyulmuş susam mineral içerikleri, Mg, Al, P, Ca, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ba, Hg ve Pb belirlenmiş, tohuma uygulanan ön işlemlere ve kabuk soyma prosesine bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte, kabuk soymanın mineral madde üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, enzim uygulamasının susam tohum kabuğunun soyulmasında, geleneksel kabuk soyma yönteminden daha etkili olduğu görülmüştür. Bu nedenle, enzim muamelesinin tahin üretiminde geleneksel kabuk soyma yöntemine alternatif olarak kullanılması önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** enzim, fitik asit, kabuk soyma, okzalal, optimizasyon, susam

## ABSTRACT

### Ph.D THESIS

## EFFECT OF ENZYME AND HEAT TREATMENT APPLICATIONS ON DEHULLING OF SESAME SEED

Ebru TANRIVERDİ

### THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY IN FOOD ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN

2017, 97 Pages

Jury

Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN

Prof. Dr. Aziz TEKİN

Prof. Dr. Behiç MERT

Prof. Dr. Nihat AKIN

Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN

In this study, the effect of enzyme treatment and different heat treatments on the dehulling of the sesame seed's coat were investigated. The dehulling was carried out by non pretreatment, immersed in boiling water, steam treated and held at -18 °C seeds were treated with Viscozyme L enzyme at different concentrations. The amount of crust removed from the seed by non pretreatment seed (ÖNZ), seed immersed in boiling water (KD), steam treated seed (BM) and seed held at -18 °C (DT) were determined to be 11.23-14.08%, while the amount of crust removed from the seed by conventional crusting method was determined to be 9.90 %. It has been determined that enzyme application is effective on peeling. Oleic, linoleic, palmitic ve stearic acid were the predominant fatty acids identified in raw and peeled sesame seeds. It has been found that the dehulling is not a significant influence on the fatty acid composition of the sesame seed.

The ash (4.13%), protein (20.40 %), crude fat content (53.58%), colour values ( $L^*$ : 63.28,  $a^*$ : 4.23,  $b^*$ : 23.11), phytic acid content (2988.985 mg/100g), total (35,567.05 mg/kg) and soluble (131.95 mg/kg) oxalate content in raw sesame seed were determined; the ash (4.44%), protein (22.83%), crude fat content (59.36%), colour values ( $L^*$ : 72.59,  $a^*$ : 0.42,  $b^*$ : 18.23), phytic acid content (3282.983 mg/100g), total (3452.20 mg/kg) and soluble (315.70 mg/kg) oxalate content of the seed dehulling by the conventional method were identified. Similarly, the ash (2.77-2.85 %), protein (23.38-24.22%), crude fat content (56.85-61.83%), colour values ( $L^*$ : 70.01- 80.76,  $a^*$ : (-0.85)-(-0.83),  $b^*$ : 16.11-26.32), phytic acid content (2351.990-3518.180 mg/100g), total (281.92-3921.59 mg/kg) and soluble (141.57- 563.508 mg/kg) oxalate content for ÖNZ, KD, BM and DT were detected. Mineral contents of untreated sesame and dehulled sesame, Mg, Al, P, Ca, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ba, Hg and Pb, were determined, depending on the pre-treatments and dehulling process, it has come to the conclusion that the dehulling is effective on mineral matter.

As a result, it has been found that the enzyme application is more effective in peeling sesame seed husks than the traditional peel method. Therefore, it is proposed to use the enzyme treatment as an alternative to the traditional dehulling method in the production of sesame paste (tahin).

**Keywords:** dehulling, enzyme, optimization, oxalate, phytic acid, sesame

## ÖNSÖZ

Susam kabuklarının son üründe acı tat ve koyu renge neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle de, susam kabuğunun soyulması tahin üretiminin en önemli aşamalarından biri olarak kabul edilmektedir. Günümüzde susam tohum kabuğunun soyulması geleneksel kabuk soyma yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. Fakat bu işlem sırasında çok fazla su kullanılması, kabukların uzaklaştırılması sırasında tuz çözeltisinin kullanılması ve işlemin uzun sürmesi önemli bir sorundur. Bu sorunlar, susam kabuğunun soyulmasında yeni yöntem arayışlarını ortaya çıkarmıştır. Meyve ve sebzelerin soyulmasında enzim preperatlarından yararlanılmaktadır. Fakat susam tohumunun enzimatik yöntemle soyulmasıyla ilgili herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Susam kabuğunun soyulması üzerine enzim ve ısı işlem uygulamalarının etkisinin incelendiği bu çalışmanın, susam tohum kabuklarının soyulmasında farklı ön işlem uygulamalarıyla birlikte enzim kullanımının değerlendirilmesi açısından önem taşıdığı ve daha sonra yapılacak çalışmalara referans olacağı düşünülmektedir.

Tez konumun seçiminde yardımcı olan ve beni yönlendiren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Mehmet Musa Özcan'a, tez izleme komitesinin üyeleri Sayın Prof. Dr. Aziz Tekin ve Doç. Dr. Mehmet Akbulut'a, susam tohumlarını temin eden KOSKA'ya, her konu da yardımlarını gördüğüm değerli insan Arş. Gör. Nurhan Uslu'ya, başta Yrd. Doç. Dr. Engin Gündoğdu, Yrd. Doç. Dr. Cemalettin Baltacı ve Öğr. Gör. Merve Tuğçe Tunç Odabaş olmak üzere Gümüşhane Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölüm hocalarına, laboratuvarında çalışma imkanı sağlayan Ordu Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden Prof. Dr. Zekai Tarakçı'ya, tezimin her aşamasında her zaman yanımda olan eşim Hasan Tanrıverdi'ye ve annem Ayşe Sandal'a, babam Yılmaz Sandal'a, kardeşlerim Sinan Sandal ve Yasemin Sandal'a, desteğini esirgemeyen Fatma ve Mehmet Tanrıverdi'ye teşekkür ederim.

Ebru TANRIVERDİ  
KONYA-2017

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>6</b>
2.1. Susam.....	6
2.2. Fitik Asit .....	8
2.3. Okzalik Asit .....	11
2.4. Susam Kabuğunun Soyulması .....	13
2.5. Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyon.....	16
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>20</b>
3.1. Materyal .....	20
3.2. Yöntem.....	20
3.2.1. Kabuk soyma .....	20
3.2.2. Geleneksel yöntemle kabuk soyma.....	22
3.2.3. Optimizasyon .....	22
3.2.4. Analiz yöntemleri .....	23
3.2.4.1. Nem analizi .....	23
3.2.4.2. Tüm örneklerde yapılan analizler .....	23
3.2.4.2.1. Renk analizi .....	23
3.2.4.2.2. Toplam kül analizi .....	23
3.2.4.2.3. Protein analizi .....	24
3.2.4.2.4. Ham yağ analizi .....	24
3.2.4.2.5. Yağ asidi kompozisyonu.....	24
3.2.4.2.6. Fitik asit analizi.....	25
3.2.4.2.7. Mineral.....	25
3.2.4.2.8. Okzalik asit .....	26
3.2.4.2.9. İstatistiksel analiz.....	26
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>27</b>
4.1. Ham Susam Tohumunun Yaklaşık Kompozisyonu.....	27
4.2. Kabuk Soyma Yöntemi Uygulanmış Tohumların Yaklaşık Kompozisyonu.....	28
4.2.1. Kül içeriği .....	28
4.2.2. Protein içeriği.....	31
4.2.2. Ham yağ içeriği.....	35
4.2.3. Yağ asitleri bileşimi .....	38

4.2.4. Renk analizi .....	43
4.2.5. Mineral madde içeriği .....	46
4.2.6. Fitik asit içeriği .....	2
4.2.7. Okzalik asit içeriği .....	55
4.2.7. Enzim seçimi ve optimum noktanın belirlenmesi.....	58
4.2.8. Uzaklaşan kabuk oranı .....	63
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>67</b>
5.1. Sonuçlar .....	67
5.2 Öneriler .....	70
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>71</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>83</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>96</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$a^*$	: Kırmızılık
<i>Adeq Precision</i>	: Yeterli tahminleme
Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
$b^*$	: Sarılık
Ba	: Baryum
°C	: Santigrat derece
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Cl	: Klor
cm <sup>3</sup>	: Santimetre küp
Cr	: Krom
Co	: Kobalt
Cu	: Bakır
C.V.	: Değişkenlik katsayısı
dk	: Dakika
F	: Flor
Fe	: Demir
g	: Gram
h	: Saat
ha	: Hektar
Hg	: Civa
HCl	: Hidroklorik asit
HNO <sub>3</sub>	: Nitrik asit
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	: Hidrojen peroksit
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	: Sülfirik asit
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
I	: İyot
K	: Potasyum
KOH	: Potasyum hidroksit
$L^*$	: Parlaklık

m	: Metre
Mg	: Magnezyum
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
$\mu$ l	: Mikrolitre
mm	: Milimetre
$\mu$ m	: Mikrometre
Mn	: Mangan
Mo	: Molibden
Na	: Sodyum
NaCl	: Sodyum klorür
NaClO	: Sodyum hipoklorit
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	: Sodyum karbonat
NaHSO <sub>3</sub>	: Sodyum bisülfid
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	: Sodyum metabisülfid
NH <sub>4</sub>	: Amonyum
Ni	: Nikel
nm	: Nanometre
P	: Fosfor
p<0.05	: İstatistikî açıdan 0,05 düzeyinde önemli
Pb	: Kurşun
ppm	: Milyonda bir birim
<i>Pred-R<sup>2</sup></i>	: Tahmin edilen regresyon katsayısı
Psi	: Basınç birimi
R <sup>2</sup>	: Regresyon katsayısı
<i>R<sup>2</sup>adj</i>	: Düzeltilmiş regresyon katsayısı
Rcf	: Nispi merkezkaç kuvveti
S	: Kükürt
Se	: Selenyum
Zn	: Çinko
%	: Yüzde
$\Sigma$	: Toplam sembolü

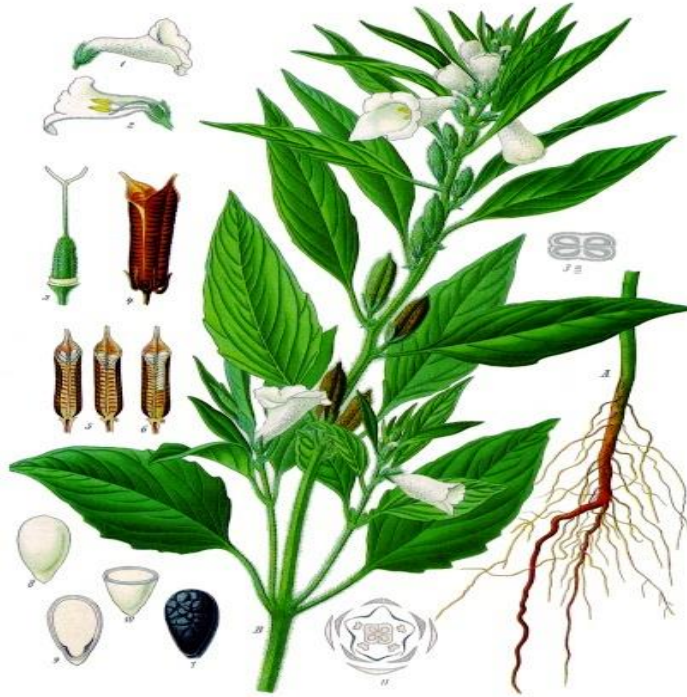
## Kısaltmalar

A	: Enzim konsantrasyonu
B	: Bekletme süresi
B1	: Buharla muamele edilmiş tohumlarda gerçekleştirilen 1.çalışma
B2	: Buharla muamele edilmiş tohumlarda gerçekleştirilen 2.çalışma
B3	: Buharla muamele edilmiş tohumlarda gerçekleştirilen 3.çalışma
BM	: Buharla muamele edilmiş tohum
C	: Bekletme sıcaklığı
D	: Ortam pH'sı
D1	: -18 C'de tutulmuş tohumlarda gerçekleştirilen 1.çalışma
D2	: -18 C'de tutulmuş tohumlarda gerçekleştirilen 2.çalışma
D3	: -18 C'de tutulmuş tohumlarda gerçekleştirilen 3.çalışma
DT	: -18 C'de tutulmuş tohum
F-değeri	: Fisher test değeri
FA	: Fitik asit
FAME	: Yağ asidi metil esterlerinin
G	: Geleneksel yöntemle soyulmuş susam tohumu
GC-FID	: Gaz kromatografisi-Alev iyonizasyon dedektörü
HDL	: Yüksek yoğunluklu lipoprotein
HS	: Ham susam
ICP-MS	: İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma-Kütle spektrometresi
K1	: Kaynar suya daldırılmış tohumlarda gerçekleştirilen 1.çalışma
K2	: Kaynar suya daldırılmış tohumlarda gerçekleştirilen 2.çalışma
K3	: Kaynar suya daldırılmış tohumlarda gerçekleştirilen 3.çalışma
KD	: Kaynar suya daldırılmış tohum
KM	: Kurumaddede
LDL	: Düşük yoğunluklu lipoprotein

M <sub>1</sub>	: Başlangıçta tartılan susamın kurumaddeeki miktarı
M <sub>2</sub>	: Kabuk soyma ve kurutma sonrası alınan tartım
M <sub>3</sub>	: Başlangıçta tartılan tohum miktarı
M.Ö.	: Milattan önce
MUFA	: Tekli doymamış yağ asidi
NSP	: Nişasta olmayan polisakkaritler
O/Ca	: Okzalat/kalsiyum
Ö1	: Ön işlem uygulanmamış tohumlarda gerçekleştirilen 1.alışma
Ö2	: Ön işlem uygulanmamış tohumlarda gerçekleştirilen 2.alışma
Ö3	: Ön işlem uygulanmamış tohumlarda gerçekleştirilen 3.alışma
ÖNZ	: Ön işlem uygulanmamış tohum
PUFA	: Çoklu doymamış yağ asidi
RSM	: Yanıt yüzey metodu
SFA	: Doymamış yağ asidi
SPSS 22.0	: İstatistik paket programı
TGK	: Türk Gıda Kodeksi

## 1. GİRİŞ

Morfolojik, sitogenetik çalışmalar ve arkeolojik bulgulara göre eski bir baharat olan susam, içerdiği yüksek miktar ve kalitedeki yağı nedeniyle dünyada kültüre alınan en eski ve en önemli yağlı tohum bitkilerinden biridir. İlk kez, M.Ö. 2250’de Hindistan’da İndus Vadisi’nde Harappa’da kültüre alındığı ve M.Ö. 2000’de Mezopotamya ve Anadolu’da da tarımının yapıldığı belirtilmiştir. *Sesamum* cinsinin 26 yabani, 13 kısmen ve bir tane de kültürü yapılan türü (*Sesamum indicum* L.) olmak üzere 40 türü bulunmaktadır. Susama ait 17 tür Afrika’da bulunduğundan dolayı Afrika susam bitkisinin orijini olarak kabul edilmektedir. Afrika kökenli olan susamın buradan Mısır, Hindistan, Orta Doğu, Çin ve diğer bölgelere yayıldığına inanılmaktadır. Türkiye ise ikincil gen merkezi durumundadır (Namiki, 2007; Tan, 2011; Arıgül ve Zorba, 2012; Bhattacharya ve ark., 2014). Doğu Anadolu bölgesi hariç, Türkiye’nin bütün bölgelerinde yetiştirilmekle birlikte en fazla üretim, Ege ve Akdeniz bölgelerinde yapılmaktadır (Özcan, 1993). Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK) 2015 verilerine göre Türkiye’de susam yetiştiriciliği yapılan alan 28,088 ha’dır ve bu alanda 18,530 ton susam yetiştirilmektedir (Anonim, 2015).



**Resim 1.1.** *Sesamum indicum* L. (Görüntüleyen: Thomas Schoepke)

Pedaliaceae familyasına ait otsu bir tohum olan susam özellikle tropikal ve yarı tropikal alanlarda yetişmekle birlikte, son zamanlarda yarı kurak bölgelere de adapte olmuştur (Çizelge 1.1) (El-Adawy ve Mansour, 2000; Olagunju ve Ifesan, 2013).

**Çizelge 1.1.** Susam tohumunun botanik isimlendirilmesi

<b>Alem</b>	Plantae (Bitkiler)
<b>Şube</b>	Magnoliophyta (Kapalı Tohumlular)
<b>Sınıf</b>	Magnoliopsida (İki Çenekliler)
<b>Takım</b>	Lamiales
<b>Familya</b>	Pedaliaceae
<b>Cins</b>	<i>Sesamum</i>
<b>Tür</b>	<i>S.indicum</i>

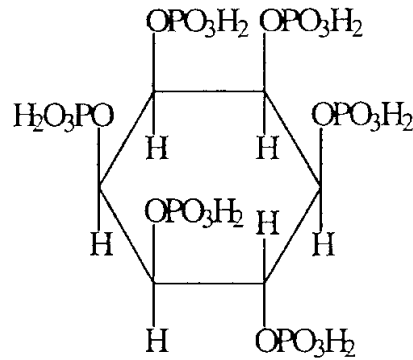
Tohum küçük ebatlı, yassı, oval, parlak görünümlüdür ve beyazdan koyu renge kabuk renkleri vardır. Bununla birlikte, tanenin rengi beyazdır (El-Adawy ve Mansour, 2000; Olagunju ve Ifesan, 2013). Eşsiz bir gıda olan susam, bütün ya da öğütülmüş ve yemeklik yağ kaynağı olarak ilk çağlardan beri dünya genelinde farklı şekillerde kullanılmakla birlikte daha çok yağı ve proteini için yetiştirilmektedir (Kaya ve Kahyaoğlu, 2006; Shahidi ve ark., 2006; Namiki, 2007). Doğu Asya ülkelerinde kavrulmuş susam tohumu genellikle, ekmek, bisküvi ve kraker gibi birçok fırın ürünlerinde üst malzeme olarak kullanılırken, Uzak Doğu ve Kuzey Afrika’da ise susam ezmesi (tahin) olarak tüketilmektedir. Kuzey Amerika’da susam tohumu soyularak, ekmek ve hamburger ekmeklerinin üzerinde kullanılmaktadır (Namiki, 2007). Avrupa’da bütün ya da kabuğu soyulmuş susam tohumları, ekmek, hamburger ekmeği, bisküvi ve çubuk şekerler dahil unlu mamüller ve şekerleme ürünlerinde hem tatlandırıcı olarak hem de süsleme amacıyla kullanılmaktadır (Moazzami ve ark., 2007). Ülkemizde ise, Türk atıştırmalığı olarak bilinen simitin ve kek, börek, ekmek, tahin, tahin helvası gibi ürünlerin yapımında hammadde veya üst malzeme olarak kullanılmaktadır (Deniz ve ark., 2010; Şahin, 2014).

Susam tohumu ve susam yağı tipik sağlıklı bir gıda olarak değerlendirilmektedir ve çoğunlukla tat ve lezzetleri için kullanılmaktadır. Mısır’da bulunan tarihi, eski bir metin olan Teb Tıbbi Papirüs’ü bir enerji kaynağı olarak susamın tıbbi etkisini açıklar. Yunanistan’da Hipokrat, susamın yüksek besin değerinin olduğunu belirtmiştir. Çeşitli bitkilerin tıbbi etkilerinin açıklandığı bir Çin kitabında (M.Ö. 300) susam “çeşitli fizyolojik etkilere sahip olan, özellikle enerji sağlayan, sakin bir ruh hali için yararlı olan ve sürekli tüketildiğinde yaşlanmayı önleyen bir gıda” olarak tanımlanmıştır. Ayrıca,

geleneksel Hint tıbbında, susam yağı M.Ö. 700-1100'den beri insan vücuduna masaj yapmak için temel yağ olarak kullanılmaktadır (Namiki, 2007). Susam tohumu protein, vitamin, niasin, mineral ve lignanlar açısından zengindir ve günümüzde de gıda ve ilaç olarak kullanımı yaygındır (Zhang ve ark., 2013). Lisin bakımından fakir olmakla birlikte; susamın yüksek miktarda niasin içermesi nedeniyle vücudu yaşlanmaya karşı koruduğu ve yüksek miktarda metionin, sistin, arginin, lösin, triptofan içeriği ile pozitif bir amino asit yapısı sergilemesi susamı diğer bitkisel protein kaynaklarından üstün kılmaktadır (Baydar, 2005; Namiki, 2007; Arıgül ve Zorba, 2012).

Sebze, tohum ve baklagiller; bazı minerallerin, özellikle de kalsiyumun, biyoyararlılığını olumsuz yönde etkileyen besinsel lif, fitat ve okzalik gibi bazı bileşenler içermektedir (Kamchan ve ark., 2004). Susam tohumu da yüksek miktarda sindirimi zor lif, okzalik ve fitik asit içermektedir. Ayrıca kabuk, tohumdan uzaklaştırılmadığı takdirde, son ürünün kalitesine olumsuz yönde etki eden koyu renk ve acı tada neden olmaktadır. Bu nedenle susam kabuğunun; tahin, kaliteli kek, susam unu gibi bazı gıdalara işlenirken soyulması gerekmektedir (Kamchan ve ark., 2004; Akbulut ve Çoklar, 2008; Carbonell-Barrachina ve ark., 2009; Arıgül ve Zorba, 2012).

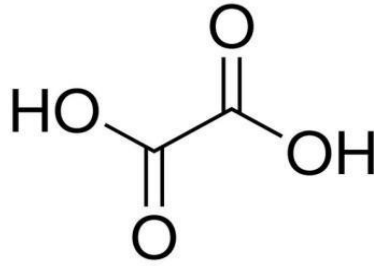
İnositolün hekzafosforik asit esteri olan fitik asit; hububat ve tahıl ürünlerindeki fosforun muhafaza şeklidir. Demir, Ca, Mn, Zn, Mg, Cu gibi esansiyel mikrobisünlerle şelat oluşturduğu ve onların biyoyararlılığını olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir. Fitik asit; lif, mineraller, iz elementler ve diğer fito-mikrobisünlerden oluşan bitki matrikslerinde her zaman bulunan ve besinin biyoyararlılığını engelleyen bir anti-besindir (Udosen ve Ukpanah, 1993; Francis ve ark., 2001; Ahmad ve ark., 2013).



Şekil 1.1. Fitik asidin basit yapısı (Oatway ve ark., 2001)

Okzalik asit, bitkisel gıdaların özellikle tohum ve yapraklarında yüksek konsantrasyonlarda bulunan bir anti-nutrienttir. Okzalik asitler bitki dokularında çözünür ve

çözünmez tuzlar olarak bulunmaktadır. Çözünür okzalit; sodyum hidrojen okzalit, potasyum hidrojen okzalit ve serbest okzalik asit içermektedir, az çözünen okzalit tuzları magnezyum tuzlarıdır. Çözünmez tuzlar kalsiyum okzalit (CaOx) kristalleridir. Bu kristaller iki hidrojen formunun (monohidratlar veya dihidratlar) birinden oluşmaktadır. Çözünmeyen okzalit doğrudan feçes ile atılırken, çözünür tuz insan vücudu tarafından absorbe edilebilir ve üründeki okzalik asit konsantrasyonuna katkıda bulunabilir. Ürün aşırı doygun hale geldiğinde okzalit böbrekler gibi yumuşak dokularda Ca-okzalit olarak kristalize olabilir. Çözünür okzalit içeriği yüksek olan bir diyetle beslenmenin böbrek ve böbrek dışındaki dokularda, yaygın olarak Ca-oksalat kristallerinin birikmesine (oksalozis) ve aşırı üriner okzalit atımına sebep olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, böbrek taşı oluşumuna yatkın olan insanlara okzalit içeriği fazla olan gıdaların alımını en aza indirmeleri tavsiye edilmektedir. Okzalit ayrıca Ca, Mg ve Fe gibi minerallerle bağlanarak onların emilimini engelleyebilir (Hönöw ve Hesse, 2002; Schroder ve ark., 2011; Nguyen ve Savage, 2013).



Şekil 1.2. Okzalik asidin basit yapısı

Yüksek bitkilerin pek çok hücresi plazma zarının dış yüzeyinde katı, koruyucu bir tabaka gibi görev yapan, selüloz ve diğer karbonhidrat polimerlerinden oluşan hücre duvarına sahiptir (Nelson ve Cox, 2005). Susam hücre duvarı da selüloz, hemiselüloz, lignin ve pektik maddelerden oluşmaktadır (Ghosh ve ark., 2005; Elleuch ve ark., 2012). Pektik bileşikler hücre duvarının yapısında yer alan bileşiklere (selüloz, hemiselüloz, lignin ve protein) farklı güçlerdeki bağlarla ve etkileşimlerle tutunmakta ve böylece hücreleri bir arada tutmaktadır (Cemeroğlu ve ark., 2004). Bu nedenle soyulacak ürüne ilgili glikohidrolazlarla muamele edilerek ürünün kabuğunun soyulması sağlanmaktadır (Toker ve Bayındırlı, 2003).

Enzimler canlı bitki, hayvan ve mikroorganizma hücreleri tarafından oluşturulan ve çok düşük miktarları bile canlıdaki kimyasal reaksiyonları spesifik olarak katalizleme yeteneğinde olan protein yapısındaki maddelerdir. Enzimlerden gıda endüstrisinde farklı



amaçlar için yararlanılmaktadır (Akbulut ve Karagözlü, 2014; Temiz, 2014). Bu amaçlardan biri de meyve ve sebzelerin kabuğunun soyulması işleminde kullanılmalarıdır.

Enzimatik kabuk soymanın ilkesi; bir enzimatik preparat yoluyla, bitkilerin hücre duvarında mevcut pektik maddelerin parçalanması temeline dayanmaktadır. Selüloz ve pektinazların her ikisi de enzimatik kabuk soyma işlemi için gereklidir. Selüloz pektinin ayrılmasını sağlayarak, pektinazlar ise hücre duvarını oluşturan polisakkaritlerin hidrolizine katkıda bulunarak prosesi tamamlar (Pretel ve ark., 2008).

Herhangi bir çalışmada ulaşılmak istenen sonucu birçok faktör ve etkileşim etkilemektedir. Bu faktör ve etkileşim arasından en iyi sonucu elde etmek için koşulların iyi bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Gıda proseslerinde bu amaç için genellikle optimizasyon yöntemleri kullanılmaktadır. En iyi çözümü bulmak anlamına gelen optimize etmek, genel olarak birkaç çakışan talep arasından en iyi uyuşmayı bulma anlamına gelir. Optimizasyon, bağımsız değişkenlerin birbirleriyle olan etkileşimleri ve bu bağımsız değişkenlerin yanıt/hedefe olan etkileri de göz önünde bulundurularak bir araya getirilip, prosesin belirlenen yanıtlar/hedefler doğrultusunda uygulanması işlemidir (Koç ve Kaymak-Ertekin, 2010). Herhangi bir optimizasyon prosedürü genelde hedef fonksiyonu olarak adlandırılan önceden tanımlanmış kriterleri (ürün kalitesi yada kar gibi) maksimize ya da minimize etmek için karar değişkenleri olarak adlandırılan belirli koşulların değiştirilmesi anlamına gelir (Banga ve ark., 2003).

Literatürde enzimatik kabuk soyma ile ilgili birçok çalışma mevcut olmakla birlikte bu çalışmaların çoğu meyve-sebzeler için uygulanmıştır (Toker ve Bayındırlı, 2003; Pretel ve ark., 2008; Kola ve ark., 2009; Sreerama ve ark., 2009). Yine literatürde susam kabuğunun soyulmasında kimyasal çözeltilerinin kullanımı araştırılmış (Moharram ve ark., 1990; Carbonell-Barrachina ve ark., 2009) fakat tahin üretiminin en önemli aşaması olan susam tohum kabuğu soyma işleminde enzimin etkisinin araştırıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada susam kabuğunun enzimle ve ön işlem-enzim uygulamasıyla soyulması ve bu soyma işlemlerinin uzaklaşan kabuk oranı, okzalik ve fitik asit içeriği üzerine etkisinin ham tohum ve geleneksel yöntemle soyulan tohumla karşılaştırılarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Susam

Benniseed, bene, gingelly, sim-sim, til ve tila olarak da bilinen susam *Pedaliaceae* familyasının bir üyesidir. Beyaz, sarı, kahverengi ve siyah olmak üzere dört farklı kabuk rengi mevcuttur. Zengin bir protein kaynağı olan susam, yağ üretimi için işlenen ilk ürünlerden biridir. Ham ya da kavrulmuş olarak birçok fırın ürününde ve yağ üretiminde kullanılmakla birlikte, yüksek kalite ve nitelikteki yağından dolayı yağlı tohumların kraliçesi olarak adlandırılmaktadır. Susam tohum yağı margarin üretiminde ve yemeklik yağlarda kullanılan çoklu doymamış yağ asitleri bakımından oldukça zengindir. Susam, tohumun oksidasyona karşı stabilitesinden sorumlu olan sesamin ve sesamolin lignanlarını önemli miktarda içermektedir. Tohum mükemmel bir bakır ve demir kaynağıdır. Ayrıca lif, karbonhidrat, esansiyel aminoasitler (niasin, lisin ve metionin), kalsiyum, okzalik asit, fosfor, magnezyum, mangan, çinko ve B1 vitaminince de zengindir. Susamın içerdiği yağın kalitesi ve miktarının; ekolojik, genetik faktörlere, iklim, toprak tipi, bitkinin çeşit ve olgunluğu gibi fizyolojik etmenlere bağlı olduğu belirtilmiştir (Chaudhry, 1988; Bozkurt, 2006; Namiki, 2007; Arıgöl ve Zorba, 2012; Makinde ve Akinoso, 2013; Rostami ve ark., 2014; Gharby ve ark., 2015).

Gharib-Zahedi ve ark. (2009), susam tohumunun besinsel ve fiziksel özelliklerini belirledikleri bir çalışmada; susamın boyut, şekil, bin tane ağırlığı ( $m_{1000}$ ), küresellik indeksi, kütle yoğunluğu, gerçek yoğunluk, gözeneklilik, yığın açısı, terminal hız ve statik sürtünme katsayısı ve bazı önemli besin maddeleri ve mineral içeriği dahil olmak üzere bazı fiziksel özellikleri üzerine nem içeriğinin etkisini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda susam tohumunun % 46.47 ham yağ, % 23.75 ham protein, % 0.98 kalsiyum, fosfor, potasyum, magnezyum ve demir içeriğinin de kuru madde de sırasıyla 508.3, 486.7, 288.2 ve 10.7 mg/100 g olduğunu bildirmişlerdir.

Gharby ve ark. (2015), Fas'da yetiştirilen susam tohumu ve yağının kimyasal karakterizasyonu ve oksidatif stabilitesini inceledikleri bir çalışmada, susam tohumunun temel doymamış yağ asidinin % 46.9 ile linoleik asit olduğunu belirtmişlerdir. Yine aynı çalışmada susamın yağ, nem, protein ve kül miktarlarını sırasıyla % 52, % 6, % 22 ve % 4.5 olarak tespit etmişlerdir. Kimyasal kompozisyon yönünden, susam tohumunun yetiştiği bölgeye göre farklı özellikler gösterdiğini bildirmişlerdir.

Elleuch ve ark. (2007), susam tohumu ve yan ürünlerinin kalite özellikleri ile ilgili yaptıkları bir çalışmada, ham susam tohumunun ve tahin üretiminin yan ürünü olan susam kabuğunun ve kavrulma işlemi sonunda elde edilen yan ürünün kimyasal kompozisyonunu, yağ asidi bileşimini, duyuşal profili ve oksidatif stabilitesini belirlemişlerdir.

Susam kabuk renginin tohumun biyokimyasal özellikleri, antioksidan içeriği ve aktivitesi hatta hastalığa direnci ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Beyaz susam tohumları ile siyah susam tohumlarının kül, karbonhidrat içeriği, protein, yağ ve nem oranları arasında farklılıklar olduğu; beyaz tohumların kül ve karbonhidrat içeriklerinin yüksek; protein, yağ ve nem içeriklerinin ise daha az olduğu ifade edilmiştir (Zhang ve ark., 2013). Bhattacharya ve ark. (2014), yaptıkları bir çalışmada farklı susam kabuk rengine sahip susamları (beyaz, siyah ve kahverengi) bir yıl boyunca depolamışlar ve hasat edildiği yıl ile bir yıl boyunca depolanan tohumların biyokimyasal ve antioksidan aktivitelerini incelemişlerdir. Susam tohumlarının çeşitleri arasında ve depolama sonucunda farklı yağ, protein, karbonhidrat, lif, kül ve antioksidan aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir.

Susamın, antioksidan, hipokolesterolemik ve karaciğeri koruyucu etkileri ile birlikte hipertansiyonu önlediği ile ilgili bazı nütrosötik özellikleri belirlenmiştir (Liu ve ark., 2011).

Shahidi ve ark. (2006), beyaz ve siyah susam tohumlarını ve onların kabuk kısımlarını % 80 sulu etanolde ekstrakte etmişler ve toplam fenolik içeriklerini (TPC), toplam antioksidan durumlarını (TAS), serbest radikal süpürme kapasitelerini, düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) inhibisyonlarını ve metal şelatlama kapasitelerini incelemişlerdir. Yağı alınmış susam ekstraktlarının ve kabuklarının iyi bir antioksidan aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir.

Susam yağı bileşenleri östrojenik aktivite, anti-enflamatuar etki sağlamak, kan lipitleri ve araşidonik asit seviyesini azaltmak ve antioksidan yeteneğini ve  $\gamma$ -tokoferolün biyoyararlılığını artırmak gibi çeşitli fizyolojik işlemlere sahiptir. Susam yağı içerdiği sesamol, sesamolin ve  $\alpha$ -tokoferol gibi doğal antioksidan kaynaklarından dolayı oksidatif bozunmaya karşı da dirençlidir (Jannat ve ark., 2010).

Nzikou ve ark. (2009), Kongo-Brazzaville'de yetiştirilen susam tohum ve yağının kimyasal kompozisyonunu inceledikleri bir çalışmada, susam tohumunun önemli bir mineral kaynağı olduğunu, susam yağının da yüksek miktarda doymamış yağ asidi içerdiğini belirtmişlerdir. *Sesamum indicum* L. yağının oleik-linoleik asit grubunda sınıflandırılabileceğini, tohum yağındaki baskın doymuş yağ asitlerinin de palmitik ve

stearik asit olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda tohumun % 5.7 nem, % 20 protein, % 3.7 kül, % 3.2 ham lif, % 54 yağ ve % 13.4 karbonhidrat içerdiğini tespit etmişlerdir. Tohumda en fazla bulunan mineralin potasyum olduğunu, bu minerali sırasıyla fosfor, magnezyum, kalsiyum ve sodyumun takip ettiğini bildirmişlerdir.

Uzun ve ark. (2007), yaptıkları bir çalışmada susam yağı ile beyaz acı baklanın yağ içeriği ve yağ asidi profilini karşılaştırmışlar ve susamın yağ içeriğini % 55.44 olarak belirlemişlerdir. Tohumdaki dominant yağ asidinin % 45.3 ile linoleik asit olduğunu ve onu % 36.8 ile oleik asidin takip ettiğini ifade etmişlerdir.

Susam tohumu, tohumdaki kalsiyumun fizyolojik değerini azaltan yüksek miktarda okzalik ve fitik asit dışında neredeyse hiç anti besinsel öge içermemektedir (Fagbenro ve ark., 2010). Ham susam tohumlarının genellikle kabuk kısmında bulunan bu maddelerin herhangi bir besin değerine sahip olmamakla birlikte, insan beslenmesinde mineral biyoyararlılığını olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir (Olagunju ve Ifesan, 2013).

## **2.2. Fitik Asit**

Fitik asit (FA, miyo-inositol heksakifosfat) ilk kez 1855 yılında tanımlanmıştır. Karakteristik özelliklerinden sorumlu özel bir yapısı olan doğal, bitkisel bir bileşiktir. Fitik asit 12 değiştirilebilen protona sahip olduğundan çok değerlikli katyonlarla ve pozitif yüklü proteinlerle kompleks oluşturabilir ve bu yüzden birçok formu bulunabilir. Fitik asit; fizyolojik pH ve metal iyonlarının bulunmasına göre serbest asit, fitat ya da fitin olarak bulunabilir. Fitat, fitik asidin Ca tuzudur; fitin ise fitik asidin Ca/Mg tuzudur. Fitik asidin doğrudan ya da dolaylı olarak mineralleri, proteinleri ve nişastayı bağlama yeteneğine sahip olduğu belgelenmiştir. Normal pH aralığında FA'in fosfat grupları negatif yüklü olduğundan mineral ve proteinler gibi pozitif yüklü bileşenlerle etkileşime olanak vermektedir. En kararlı ve çözünmez kompleksler oluşturan mineral olan çinkonun FA'den en fazla etkilenen mineral olduğu görülmüştür. Bu nedenle çinko gibi iz elementler açısından fakir olan bir diyetle, FA alımının artması Zn eksikliğine sebep olabilmektedir (Oatway ve ark., 2001).

Fitat olarak belirtilen fitik asit tuzları, bitki tohum ve tanelerinde fosfatın ve inositolün birincil depolama şekli olarak kabul edilir. Fitik asit tuzları, tohumun olgunlaşması sırasında, genelde tohumların belirli bölgelerindeki kalsiyum-magnezyum tuzunun karışımı olarak meydana gelmektedir. Tohumdaki toplam fosfatın % 60-90'ını

oluşturmaktadır. Bu nedenle bitkisel gıdaların ortak bir bileşenidir. Beslenmedeki bitkisel gıdaların miktarına ve gıda üretim aşamasına bağlı olarak, günlük fitat alımı 4,500 mg'a kadar çıkabilmektedir. Bağırsakta fitat enzimi bulunmadığından fitik asit parçalanamaz ya da absorbe edilemez bu nedenle de mide-bağırsak sisteminde çözünmez kompleksler oluşur. İnsan beslenmesinde fitatın bulunmasıyla ilgili başlıca sorun mineral alımı üzerindeki olumsuz etkisidir. Fitik asit çeşitli metallerle şelat oluşturduğundan ve proteini bağladığından dolayı antinutrient olarak hareket etmekte, bu nedenle protein ve beslenme açısından önemli minerallerin biyoyararlılığını azaltmaktadır. Bu bağlamda sorun olan mineraller çinko, demir, kalsiyum, magnezyum, manganez ve bakırdır. Fizyolojik pH değerlerinde çözünmez mineral fitat komplekslerinin oluşumu yetersiz mineral biyoyararlılığının en önemli sebebi olarak kabul edilmektedir. Çünkü bu kompleksler insan sindirim sisteminde emilemez. Fitatlar hem asidik hem de alkalik pH'da proteinlerle az sindirilebilen fitat-protein kompleksleri oluştururlar, bu nedenle de beslenmede alınan proteinin yararlılığını azaltmaktadırlar (Francis ve ark., 2001; Greiner ve Konietzny, 2006; Park ve ark., 2006; Abebe ve ark., 2007). Özellikle çinko ve demir eksikliklerinin fazla fitat alımının bir sonucu olarak ortaya çıktığı rapor edilmiştir (Greiner ve Konietzny, 2006).

Fitik asidin gökkuşağı alabalıklarının gelişimi üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada; 150 gün boyunca farklı oranlarda fitik asit içeren yemlerle beslenen balıkların gelişimleri incelenmiştir. Fitik asit içeren yemle beslenen balıkların büyümesi ve yemden yararlanmasının % 10 azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmada fitik asidin mineral biyoyararlılığı üzerine etkisi de değerlendirilmiş ve fitik asitli yemle beslenen balıkların büyümesindeki azalmanın Zn, Fe ve Cu biyoyararlılığındaki değişiklikten ziyade protein biyoyararlılığındaki azalmayla ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır (Spinelli ve ark., 1983).

Çinko ve magnezyum sindirilebilirliğinin Atlantik somonunun diyetine ilave edilen fitik asit konsantrasyonunun artması ile azaldığı bildirilmiştir (Denstadli ve ark., 2006). Tarhananın fitik asit içeriğini azaltmaya yönelik yapılan bir çalışmada fitik asit içeriğini azaltmak için farklı fitaz kaynakları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda fitik asit miktarının azalmasıyla birlikte Ca, Mg, Zn ve K'un HCl-ekstrakte edilebilirliği ve *in vitro* protein sindirilebilirliğinin arttığı bildirilmiştir (Bilgiçli ve ark., 2006). Erkek farelerin diyetlerinde tuzu alınmış ördek yumurtası akı peptitleri kullanılarak fitik asidin mineral seviyesi üzerindeki olumsuz etkisini engelleyip kalsiyum alımına katkısı araştırılmıştır. Çalışmada temel besin grubu ile karşılaştırıldığında fitik asidin belirgin bir şekilde serum

mineral seviyesini inhibe ettiği görülmüştür. Fitik asidin karaciğerdeki mineral seviyesi ve kemikteki Mg seviyesini önemli ölçüde, Ca seviyesini ise az da olsa azalttığı tespit edilmiştir. Aynı çalışmada fosfatın kalsiyumun emilimi üzerinde oksalattan daha fazla inhibitör etki gösterdiği görülmüştür (Hou ve ark., 2017).

Abebe ve ark. (2007), Güney Etiyopya'nın Sidama kırsal alanında tüketilen bazı ham ve işlenmiş gıdaların fitat, çinko, demir ve kalsiyum içeriği ve bu maddelerin biyoyararlılığa etkilerini inceledikleri bir çalışmada, susam tohumunun Zn, Fe, Ca, fitat içeriğini sırasıyla 24.8, 642, 3590, 15,250 ppm olarak belirlemişlerdir. Beyaz ve siyah susam tohumlarının fitat içeriği sırasıyla 12,074 ppm ve 14,145 ppm olarak tespit edilmiş ve fitat içeriği ile mineral biyoyararlılığı arasında negatif korelasyon olduğu onaylanmıştır (Kamchan ve ark., 2004).

Olagunju ve Ifesan (2013), buğday unu ve çimlenmiş susam unu karışımından yaptıkları bisküvilerin besinsel kompozisyonunu ve kabul edilebilirliğini araştırdıkları bir çalışmada kullandıkları ham susam tohumunun  $31.59 \pm 0.95$  mg/g fitik asit ve  $1.05 \pm 0.10$  mg/g okzalat içerdiğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada çimlendirmenin 1., 2., 3. ve 4. gününde elde edilen fitik asit değerleri ise sırasıyla  $20.87 \pm 0.47$ ,  $19.22 \pm 0.95$ ,  $17.58 \pm 0.95$  ve  $16.20 \pm 0.41$  mg/g fitik asit ve  $0.90 \pm 0.1$ ,  $0.84 \pm 0.052$ ,  $0.69 \pm 0.052$  ve  $0.51 \pm 0.04$  mg/g okzalat içerdiği bildirilmiştir. Çimlendirmenin fitik asit ve okzalat içeriğini azalttığı sonucuna varılmıştır.

Çinko fitik asit varlığından en fazla etkilenen elementtir. Bu nedenle eğer bir diyet çinko gibi iz elementler açısından fakirse artan FA alımı çinko eksikliğine sebep olabilmektedir (Oatway ve ark., 2001). Çinko eksikliği iştahsızlık, cücelik, yara iyileşmesinde gecikme, hipogonadizm, karaciğer ve dalak büyümesi, dermatitler, diyare ve nöropsikiyatrik bozukluklara sebep olabilmektedir. Tat ve koku duyusunda bozulma ve gece körlüğünün çinko eksikliğinden görüldüğü bildirilmiştir (Şat ve Keleş, 2004; Topçu ve ark., 2014).

Demir eksikliğine bağlı anemi, başta kadınlar ve çocuklar olmak üzere dünya nüfusunun yaklaşık % 40'ını etkilemektedir. Fitik asit demirin çözünürlüğünü azaltarak onun emilimini büyük ölçüde kısıtlamaktadır. Baklagil ve tahıl bazlı ek gıdalardaki demirin emiliminin az olması gelişmekte olan ülkelerde yaygın bir şekilde görülen demir eksikliğinin temel nedenidir. Bebeklerdeki demir eksikliği fiziksel büyüme ve sinir sistemindeki gelişimi (psikomotor) ve uzun vadede okul performansını olumsuz etkileyen mental gelişimin azalmasına neden olabilir (Hurrell, 2003; Şat ve Keleş, 2004; Hou ve ark., 2017).

Kalsiyum insan vücudunda en fazla bulunan elementlerden biridir. Çocuklar ve menapoz dönemindeki kadınlar başta olmak üzere insan kemik sağlığında önemli bir rol oynamaktadır. Kalsiyum eksikliği çocuklarda büyümeyi engellemekte, büyüklerde ise kemik erimesine (osteoporoz) yol açmaktadır. Kalsiyum emilimi, artan yaştan ve bazı besinsel faktörlerden etkilenmektedir. Örneğin; bebekler süten gelen kalsiyumun yaklaşık % 60-70'ini absorbe edebilirken yetişkinler yaklaşık % 20-40'ını absorbe edebilmektedir. Tohumdaki fitik asit, ıspanaktaki okzalit ve çaydaki tannik asit kalsiyum alımını azaltabilir. Vücuttaki kalsiyumun çoğu fosforla birleşik haldedir ve fitat, Ca ile bağ oluşturarak onun emilimini azaltmaktadır. Bitkisel gıdalardaki kalsiyumun büyük çoğunluğu fitik asit, fosfat ve posa ile birlikte bulunmaktadır (Şat ve Keleş, 2004; Hou ve ark., 2017). Fitik asit açısından zengin besinlerin tüketimi kontrol edilerek fitik asidin olumsuz etkilerinin önlenileceği belirtilmiştir (Dost ve Tokul, 2006).

### 2.3. Okzalik Asit

Kimyasal açıdan organik asitler olarak adlandırılan bir molekül grubuna ait olan oksalat, bitkilerde ve insan vücudunda doğal olarak bulunan bir maddedir (Huang ve ark., 2015). Okzalik asit  $Na^+$ ,  $K^+$  ve  $NH_4^+$  iyonları ile suda çözünen tuzları oluşturmakta ve aynı zamanda  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  ve  $Mg^{2+}$  ile bağ oluşturarak bu mineralleri kullanılamaz hale getirmektedir (Noonan ve Savage, 1999).

Oksalat içeriği 500 ppm'den daha fazla olan gıdalar yüksek oksalatlı gıdalar olarak kabul edilmektedir (Israr ve ark., 2013). Yüksek oksalatlı gıdaların Ca ve Fe emilimi üzerinde negatif etki gösterdiği bilinmektedir (Noonan ve Savage, 1999). Oksalat emiliminin genellikle bağırsaktaki serbest ya da çözüner oksalat varlığına bağlı olduğu, çözüner oksalatı düzenleyen önemli faktörün de Ca ve Mg dahil iki değerlikli katyon minerallerin konsantrasyonu olduğu bildirilmiştir (Israr ve ark., 2013). Gıdanın işlenmesi, pişirilmesi sırasında ve sindirim sistemine geçerken çözüner okzalitler çözüner oksalatları oluşturmak için  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , ve  $Fe^{2+}$  ile bağlanabilir (Bong ve ark., 2017). Oksalat midedeki asidik koşullarda (1.5-2 pH) yüksek pH'da çözündüğünden daha fazla çözünmektedir, bu nedenle çözüner okzalit ince bağırsağın alkali koşullarına geçtikten sonra tekrar oluşmaktadır (Israr ve ark., 2013).

Okzalik asit metal iyonları ile okzalit olarak bilinen az çözüner tuzları oluşturmaktadır. Oksalatlar kalsiyum ile güçlü kompleksler oluşturarak Ca'un emilimini ve sindirimini zorlaştırmaktadır. Bir diyetdeki kalsiyumun kullanılabilirliğinin

okzalal/kalsiyum (O/Ca) oranı ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bu oranın ikiden fazla olması okzalalın yan etkisinin de fazla olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Kullanılabilir Ca içermeyen ve O/Ca oranı ikiden fazla olan gıdalar, aynı anda tüketilen diğer gıdalardaki Ca ile bağlanabilen aşırı okzalata sahiptir. Yüksek okzalalalı gıdaların O/Ca oranını düşürüp Ca kullanılabilirliğinin artırılması için; süt ürünleri ve kabuklu deniz ürünleri gibi Ca açısından zengin gıdalarla birlikte tüketilmesi tavsiye edilmektedir (Noonan ve Savage, 1999).

Günlük 450 mg okzalik asit alımının metabolizmayı engellediği ve tahmini toksisite seviyesinin ise 20-50 ppm olduğu belirtilmiştir (Agunbiade ve ark., 2013). Diyetle alınan oksalat seviyesinin fazla olması; böbrek taşı oluşumu, böbrek yetmezliği, sindirim sisteminin tahriş olması, vitamin eksikliği, bağırsak hastalıkları dahil olmak üzere birçok hastalığa neden olabilmektedir (Jiang ve ark., 1996; Safavi ve Banazadeh, 2007; Zheng ve ark., 2009). Bu nedenle birçok gıdanın okzalik asit içeriği tespit edilmiş ve oksalat üzerine Ca alımının etkisi değerlendirilmiştir (Holmes ve Kenndey, 2000; Savage ve ark., 2003; Von Unruh ve ark., 2004; Schroder ve ark., 2011; Nguyen ve Savage, 2013).

Hastalık riskine açık kişilerde okzalal içeriği yüksek olan şifalı bitkilerin kullanımının böbrek taşı oluşum riskini artırabileceği belirtilmiştir. Toplam ve çözünür okzalal içeriği fazla olan bitkilerin duyarlı hastalarda dikkatli kullanılması gerektiği, bu bitkilerin tüketiminin üriner okzalatta belirgin bir artışa yol açabileceği ifade edilmiştir (Huang ve ark., 2015).

Sekiz sağlıklı gönüllü ile yapılan bir çalışmada farklı okzalal içeriğine sahip 7 gıda maddesinin etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda yüksek okzalal içeriğine sahip ıspanağın tüketiminin üriner okzalatta önemli bir artışa neden olduğu ve normal kişilerde hiperokzalüriye yol açabileceği bildirilmiştir (Brinkley ve ark., 1981).

Susam tohumları nispeten yüksek miktarda okzalal içermektedir (Noonan ve Savage, 1999). Hönow ve Hesse (2002); bazı meyve, sebze, bitki ve baharatlar, kabuklu yemiş, tahıl, içecek ve mantarın, çözünür ve toplam oksalat içeriğini HPLC-enzim-reaktörüyle belirlemek için ekstraksiyon metotlarını karşılaştırdıkları bir çalışmada susamın yüksek miktarda çözünür (1,230 ppm KM) ve toplam okzalal (38,000 ppm KM) içerdiğini tespit etmişlerdir.

Çözünmez okzalalın doğrudan feçes ile atıldığı, çözünür okzalalın ise insan vücudu tarafından absorbe edildiği, böbrek taşı oluşum riskini ve ürün içindeki okzalik



asit konsantrasyonunu artırdığı bildirilmiştir (Schroder ve ark., 2011). Toplam okzalatin çözünür ve çözünmez okzalatin toplamı olduğu ifade edilmiştir (Massey, 2007).

Çözünür okzalat içeriğinin gıdanın ıslatılması veya pişirilmesi ile azaldığı, çözünmez okzalat miktarının ise gıda maddesine göre değişmekle birlikte pişirme ile arttığı bildirilmiştir (Juajun ve ark., 2012).

Sebze, baklagil ve tohumlarda Ca'un biyoyararlanımının araştırıldığı bir çalışmada siyah ve beyaz susam tohumlarının okzalat içeriği sırasıyla 14,145 ppm ve 13,150 ppm olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada, diyet lif, fitat ve okzalat içeriği Ca'un biyoyararlanımı üzerine etki eden üç inhibitör faktör olarak değerlendirilmiştir. Bu üç inhibitör faktör arasında Ca'un biyoyararlanımı üzerinde okzalatin en güçlü olumsuz etkiye sahip olabileceği bildirilmiştir. Ayrıca okzalatin sebze, baklagil ve tohumlardaki Ca'un biyoyararlanımını tahmin etmede iyi bir gösterge olduğu ifade edilmiştir (Kamchan ve ark., 2004).

Chang ve ark. (2002), susam kabuğu ve etanolle ekstrakte edilmiş susam kabuğunun okzalik asit içeriğini belirledikleri bir çalışmada susam kabuğunun okzalik asit içeriğini %5.39 olarak tespit etmişlerdir.

#### **2.4. Susam Kabuğunun Soyulması**

Renk, görünüş, tat, koku ve tekstür gibi optik özellikler gıda maddelerinin seçimi ve değerlendirilmesi açısından önemlidir (Alpaslan ve Hayta, 2002). Susam danesinin yaklaşık %20'si kabuktur (Arıgül ve Zorba, 2012) ve üretim aşamasında susam tohum kabukları soyulup ayrılmadığı zaman, koyu renkte ürün elde edilmektedir (Özcan ve Akgül, 1994).

Orta doğu ve Akdeniz ülkelerinde tüketilen geleneksel bir gıda maddesi olan tahin, susam ezmesi olarak da bilinmektedir (Razavi ve ark., 2007). Tahin; uygun susam tohumlarının tekniğine göre soyulup, kurutulup, kavrulup, öğütülmesi ile elde edilmektedir (Batu ve Elyıldırım, 2009; Torlak ve ark., 2013).

Kuzey Amerika ve Avrupa'da susam tohumları kabukları soyularak farklı amaçlar için kullanılmaktadır (Moazzami ve ark., 2007; Namiki, 2007). Kabuğu soyulmuş ve yağı alınmış susamdan hazırlanan susam unu, genelde hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Fakat son zamanlarda, yağı uzaklaştırılmış susam tohumunun gıda ürünlerinde metionin kaynağı olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi gibi, tohumunun zengin ve kaliteli protein içeriğinden dolayı farklı kullanım alanları da araştırılmaktadır

(Inyang ve Nwadinikpa, 1992; Inyang ve Ekanem, 1996; Aloba, 2001; Paroha ve ark., 2014).

Kabuk soyma işlemi; acı olmayan, açık renkli, düşük lifli ve protein içeriği yüksek ürün elde etmenin de ilk basamağıdır. Kabuk soyma işlemi ile oksalat içeriğinin azalması sağlanır, yağ kazanımı ve elde edilen ürünün besin değeri ve lezzeti de artar (Carbonell-Barrachina ve ark., 2009; Fagbenro ve ark., 2010). Susamın işlenmesi sırasında, kalsiyumun emilimini engelleyen ve son ürüne acı tat verebilen % 2-5 oksalik asit içeren kabukları uzaklaştırılmaktadır (Chang ve ark., 2002; Al-Mahasneh ve ark., 2007). Kabuk soyma son ürünün besin ve lezzet özelliklerini artırmakta ve parlak, beyaz bir ürün elde edilmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda protein içeriğinin artmasına, lif içeriğinin azalmasına ve proteinin fonksiyonel özelliklerinin artmasına katkı sağlamaktadır (Inyang ve Ekanem, 1996).

Geleneksel kabuk soyma yönteminde, ilk önce susamlar elekten geçirilip; taş, toprak gibi yabancı maddelerden temizlenmesi için büyük havuzlarda 12 saat boyunca suyla ıslatılmaktadır. Islatma sonunda tohumlar süzülüp, kabukları tohumdan ayırmak için mekanik bir soyucudan geçirilmektedir. Daha sonra tohum-kabuk karışımı belirli derişimde (%15-18) tuz içeren çözelti içerisinde 5-6 saat bekletilerek yoğunluk farkından dolayı susam içlerinin su yüzeyine çıkmasıyla, dipte toplanan kabuklar ortamdaki uzaklaştırılmaktadır. Son ürün olan tahinde tuz bulunmaması gerekmektedir, bu nedenle tohum birkaç kez su ile yıkanarak tuz kalıntısı giderilmektedir. Tohumun su içeriğini azaltmak için temizlenmiş tohum santrifüjlenmekte ya da 24 saat boyunca oda sıcaklığında bekletilmektedir (Özcan ve Akgül, 1994; Kaya ve Kahyaoğlu, 2006; Carbonell-Barrachina ve ark., 2009; Arıgöl ve Zorba, 2012).

Inyang ve Ekanem (1996), susam ununun bazı fonksiyonel özellikleri ve bileşimi üzerine kabuk soyma ve solvent uzaklaştırma sıcaklığının etkisini inceledikleri bir çalışmada; yağ ekstraksiyonundan önce susam kabuklarını mekanik olarak ve % 10 NaCl çözeltisi ilave ederek soymuşlar ve un elde etmek için kurutmuşlardır. Bu soyma yöntemlerinin unun yaklaşık kompozisyonu, yağ ve su absorpsiyonu, emülsiyon ve köpürme özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Mekanik yöntemle kabuk soymanın daha hızlı bir yöntem olduğunu ve % 10 NaCl çözeltisi ile gerçekleştirilen kabuk soyma işleminden daha yüksek protein yüzdesine (% 58,5) sahip un elde edildiğini bildirmişlerdir.

Carbonell-Barrachina ve ark. (2009), su kullanımını azaltmak ve kabuk soymayı kolaylaştırmak için; susam kabuğunun soyulmasında bazı kimyasalları (HCl, NaOH,

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ,  $\text{NaHSO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaClO}$  ve  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) farklı konsantrasyonlarda (% 0.3, 0.5, 1.0, 2.0 ve 3.0) kullanmışlar ve bu yöntemin tohum renk ve mikro yapısı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Sodyum hipoklorit ( $\text{NaClO}$ ) ve  $\text{H}_2\text{O}_2$ 'nin açık renkli susam elde etmek için kullanılabilceğini belirtmişler, bunun nedeni olarak da,  $\text{NaClO}$  ve  $\text{H}_2\text{O}_2$ 'nin iyi bir kabuk soyma yüzdesi sağlamasını göstermişlerdir.

Moharram ve ark. (1990), yaptıkları bir çalışmada, farklı sıcaklıklarda  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ve ikisinin karışımından hazırlanan alkali çözeltilerin susam kabuğunun soyulması üzerindeki etkisini, musluk suyunun etkisi ile karşılaştırmışlardır. Sodyum hidroksit ( $\text{NaOH}$ ),  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ve karışım alkali çözeltilerinin endüstride kullanılan musluk suyu ile kabuk soyma yöntemine (geleneksel yöntem) göre kabuk soyma süresini kısalttığını belirtmişlerdir.

Kimyasal kabuk soyma yönteminin çevreye zararları bulunması, geleneksel kimyasal kabuk soyma yöntemine alternatif olarak enzimatik kabuk soyma yöntemi ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmasına neden olmuştur. Gıda endüstrisinde son zamanlarda hücre duvarındaki yapısal polisakkaritler üzerinde parçalayıcı etkisi bulunan enzim preparatlarının kullanımı ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır (Pretel ve ark., 2008). Birçok bitki hücre duvarı yaklaşık % 15-40 selüloz, %30-40 hemiselüloz ve pektin, %20 lignin'den meydana gelmektedir (Doi ve Kosugi, 2004). Bu nedenle de gıda sanayinde kullanılan enzim preparatları pektinaz, hemiselülaz ve selülazların ikili ya da üçlü kombinasyonları olarak kullanılmaktadır (Pretel ve ark., 2008; Kola ve ark., 2009).

Son zamanlarda özellikle turuncu meyvelerinin ve sert çekirdekli meyvelerin kabuğunun soyulmasında çeşitli enzim preparatlarının heterojen karışımlarından yararlanılmış ve geleneksel kabuk soyma yöntemleriyle karşılaştırılmıştır (Pretel ve ark., 1997; Toker ve Bayındırlı, 2003; Pretel ve ark., 2008).

Sreerama ve ark. (2009), baklagillerin pişirme ve kabuk soyma özellikleri üzerine enzimle ön muamelenin etkisini inceledikleri bir çalışmada, bazı baklagillerin kabuk soyma özelliklerini değerlendirmek için ksilanaz ve proteaz enzimlerini kullanmışlardır. Baklagillerin hücre duvarı bileşenlerinin enzimatik hidrolizinin; enzim konsantrasyonu, pH, reaksiyon süresi ve sıcaklıktan etkilendiğini ve enzim konsantrasyonu arttıkça soyma derecesinin de arttığını bildirmişlerdir.

Kola ve ark. (2009), altıntop dilim konservesi yapımında kabuk soyma ve dilim zararının uzaklaştırılmasında enzim çözeltileri kullanılması etkilerini araştırmışlar ve su ya da % 0.5 düzeyindeki Peelzym II çözeltileri içine konulan meyvelerin 25 psi basınçta

bir dakika boyunca işleme tabi tutulmasının, işlemin etkinliğini ve son ürünün kalitesini olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir.

Bazı sert çekirdekli meyvelerde (kayısı, nektarin ve şeftali) yapılan kabuk soyma çalışmasında, enzimatik soyma işlemi için enzim konsantrasyonu, sıcaklık, pH ve zamanın farklı kombinasyonları kullanılarak yanıt yüzey metodu ile optimum koşullar belirlenmiştir. Çalışmada enzimatik kabuk soyma işleminin, mekanik ve kimyasal kabuk soymaya alternatif olabileceği, bu metodun en önemli avantajının ise son ürün kalitesini iyileştirmesi, ısı ile muamelenin ve endüstriyel atığın azaltılması olarak açıklanmıştır (Toker ve Bayındırlı, 2003).

## 2.5. Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyon

İstatistiksel deneysel tasarımın modern anlamdaki gelişimi ilk olarak, 1920'lerde ve 1930'ların başında Sir Ronald A. Fisher'in tarım sistemlerinde sorun olduğunu fark etmesi ile başlamıştır. Fisher sistematik olarak, faktöriyel tasarım anlayışı ve varyans analizi de dâhil olmak üzere deneysel araştırmaların tasarlanmasına istatistiksel düşünce ve ilkeler getirmiştir. Rastgele seçim (randomizasyon), tekrarlama ve engelleme deneysel tasarımın Fisher tarafından geliştirilen üç temel ilkesidir. Endüstriyel anlamdaki istatistiksel tasarım uygulamaları ise 1930'larda kesin olarak başlamış olmasına rağmen, 1951'de Box ve Wilson tarafından Yanıt Yüzey Metodu'nun (Response Surface Methodology, RSM) geliştirilmesiyle hız kazanmıştır. Sonraki 30 yıl içinde, RSM ve diğer tasarım teknikleri çoğunlukla araştırma- geliştirme çalışmaları olmak üzere kimya ve proses endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılmıştır (Montgomery, 2009).

Maliyeti artırmadan sistemin performansını ve proseslerin verimini artırmak önemli olduğu için, bu amaçla optimizasyon adı verilen metotlar kullanılmaktadır (Baş ve Boyacı, 2007). Optimizasyon, çelişen birkaç talep arasından mümkün olan tüm olasılıklar değerlendirilerek verimli ve sistemli bir şekilde en iyi çözümü bulmak anlamına gelmektedir (Banga ve ark., 2003). Genel optimizasyon uygulamalarında optimal koşullar belirlenirken, bir parametre değiştirilip diğerleri sabit tutulur, bu durumda değişkenler arasındaki etkileşimin etkisi göz ardı edilir ve prosesteki tüm parametrelerin etkisi gözlemlenemez. Bu nedenle; matematiksel ve istatistiksel tekniklerin bileştirilmesiyle, bir proseste çeşitli değişkenlerden etkilenen ve optimize edilmek istenen yanıtın modellenmesi ve analiz edilmesini içeren RSM geliştirilmiştir (Tatar, 2012).

Yanıt yüzey metodu hem mevcut ürün tasarımının geliştirilmesinde hem de yeni ürünlerin tasarımı, geliştirilmesi ve formülasyonunda önemli bir uygulama alanına sahiptir. Bu model ile bağımsız değişkenlerin tek başına ya da kombinasyon halinde prosese olan etkileri belirlenmektedir (Baş ve Boyacı, 2007). Proseste ulaşılmak istenen yanıtı etkileyen parametrelere faktör ya da bağımsız değişkenler, hedeflere ise yanıt ya da bağımlı değişkenler denmektedir. Bağımsız değişkenler birbirlerinden bağımsız olarak değiştirilebilen deney değişkenleridir. Bağımlı değişkenler ise deney sonuçlarının ölçülen değerleridir (Bezerra ve ark., 2008; Tatar, 2012).

Yanıt yüzey metodu kullanılarak gerçekleştirilen optimizasyon çalışmalarında; eleme, bölge araştırması ve optimizasyon olmak üzere üç aşama vardır:

- Bağımsız değişkenlerin ve seviyelerinin belirlenmesinin gerçekleştiği hazırlık ya da eleme aşaması: Bu aşama daha az sayıda ve daha verimli esas deneme yapılmasına olanak vermektedir. Çalışmanın amacına ve araştırmacının tecrübesine göre; eleme çalışmalarıyla ve deney alanının sınırlandırılmasıyla sistem üzerine etki eden başlıca bağımsız değişkenler seçilmelidir. Çok sayıda değişken seçilmesi çalışılan sistemin yanıtını etkileyebilir. Ayrıca her bir değişkenin belirlenmesi ve en küçük katkısının dahi kontrol edilmesi neredeyse imkânsızdır. Bu nedenle, büyük etkileri olan değişkenleri seçmek gerekmektedir. Eleme tasarımları daha önemli etkileri olan çeşitli deneysel değişkenleri ve onlar arasındaki etkileşimleri belirlemek için yapılmaktadır.
- Deneysel tasarımın belirlenmesi ve model denkleminin tahmin edilerek doğrulanması: Bölge araştırması olarak da adlandırılan bu aşamada, eleme denemeleri ile belirlenen bağımsız değişkenlerin sistemin yanıtında oluşturdukları değerlerin, optimum noktaya yakın sonuçlar verip vermediği belirlenmektedir.
- Bağımsız değişken parametrelerinin fonksiyonu olarak yanıtların, yanıt yüzey grafiğinin ve eşyükselti grafiklerinin elde edilmesi ve optimum noktaların belirlenmesi: Yanıt yüzey grafiği, yanıt ve bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi gösteren üç boyutlu bir grafiktir. Gerçek yanıt fonksiyonu optimum nokta etrafında önemli bir eğrilik göstermektedir. Bu eğriliğin tahminlenmesinde lineer olmayan modeller, genellikle ikinci dereceden polinomial modeller, üssel modeller veya eksponensiyel modeller kullanılmaktadır. Elde edilen uygun modelden optimum noktanın araştırılmasında yararlanılmaktadır (Baş ve Boyacı, 2007; Bezerra ve ark., 2008; Koç ve Kaymak-Ertekin, 2010).

Genel olarak yanıt yüzey yöntemi; proses veya ürün için önemli olan bağımlı değişkenler ve onlar üzerinde etkili olan bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin belirlenmesi, proses değişkenlerinin sistemin bağımlı değişkenlerinde arzu edilen etkiyi gösterdiği seviye aralıklarının belirlenmesi, deney tasarımının, spesifik test örneklerinin belirlenmesi, denemelerin yapılması ve denemelerden elde edilen verilerin yanıt yüzey yöntemi ile incelenmesi, grafiklerin çizilmesi işlemidir (Koç ve Kaymak-Ertekin, 2010).

Montgomery (2009), “Design and Analysis of Experiments” kitabında yanıt yüzey metodunu, “çeşitli değişkenlerden etkilenen ilgili bir yanıt ve bu yanıtları optimize etmeyi hedefleyen problemlerin analizi ve modellenmesi için kullanılan matematiksel ve istatistiksel teknikler toplamı” şeklinde tanımlamıştır (Montgomery, 2009).

Yanıt yüzey yöntemi bir prosesi optimize etmek için sıklıkla kullanılan etkili bir optimizasyon yöntemidir ve gıda araştırmalarında koşulların tahmin, modelleme ve optimizasyonunda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Kahyaoğlu ve Kaya, 2006; Ikegwu ve Ekwu, 2010; Deng ve ark., 2015). Yöntemde ilgili çalışma alanını incelemek için sıralı deneysel teknikler kullanılmaktadır. Bu amaçla, önemli değişkenler ve etkilerine, onlar arasındaki etkileşime odaklanan, amprik bir model inşa edilmektedir. Modelin uygunluğu; model uygunsuzluğu (lack of fit), determinasyon katsayısı ( $R^2$ , regresyon katsayısı) ve yazılım tarafından varyans analizi ile elde edilen Fisher test değeri (F-değeri) değerlendirilerek kontrol edilmektedir (Deng ve ark., 2015).

Çok yanıtlı optimizasyon problemlerinin çözümünde doğrusal olmayan (non-linear) programlama, yanıtların izohips eğrilerinin üst üste yerleştirilmesi (superimposing) ve istenilirlik (desirability) fonksiyonu gibi yaklaşımlar kullanılmaktadır. İstenilirlik fonksiyonu, tüm yanıtların bir araya getirildiği, 0 ile 1 arasında değişen tek bir yanıt indeksidir. Bu değer 1’e yaklaşması araştırmacının belirlediği kriterlerin sağlandığını ifade etmektedir (Koç, 2008).

Yanıt yüzey metodunun en fazla bilinen ikinci dereceden simetrik tasarımları arasında üç seviyeli faktöriyel tasarım, Box-Behnken tasarım, merkezi kompozit tasarım (central composit design) ve Doehlert tasarımı yer almaktadır. Bu simetrik tasarımlar, deneysel noktaların seçimi, değişken seviye sayısı, koşul ve blok sayısı bakımından birbirinden farklılık göstermektedir (Bezerra ve ark., 2008).

Daha az sayıda deneme ile fazla miktarda bilgiye sahip olunabilmesi, bağımsız değişkenler arasındaki etkileşimin gözlenebilmesi, model eşitliği ile bağımsız parametrelerin ikili kombinasyonlarının etkileşiminin kolayca açıklanabilmesi, yanıt ile ilgili bağımsız değişkenlerin empirik modeli kullanılarak proses hakkında bilgi

edinebilmesi RSM'nin klasik deney ve optimizasyon metotlarına göre bazı avantajlarıdır. Yöntemin dezavantajları ise; sistemlerin tümü bir eğri şeklinde ve simetrik olmayabilir. Bu durumda sistem ikinci dereceden polinomial denklemlerle açıklanamamaktadır. Fakat logaritmik dönüşümlerle ve diğer doğrusallaştırma metotları ile sorun çözülebilmektedir. Yapılan dönüşümler yararlı olmasına rağmen, tüm sistemlerde istenen sonuçları verememektedir. Alternatif olarak bağımsız değişken aralıklarını küçük seçerek ve ön denemelerle bağımsız değişken parametre aralığının iyi bir şekilde belirlenmesi ile bu dezavantajlar giderilebilmektedir (Tatar, 2012).



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Araştırmada kullanılan susam tohumları (*Sesamum indicum* L.) KOSKA tarafından temin edilmiştir. Tohumlar Etiyopya menşelidir. Tahin üretimi için uygun olan tohumlar, önce elekten geçirilmiş ardından manuel olarak kalan taş, toprak, cılız, kırılmış, ezilmiş tohum ve yabancı maddelerden temizlenerek polietilen torbalara koyulmuş ve çalışma boyunca +4°C’de muhafaza edilmiştir.

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. Kabuk soyma

Susam tohumu, su karışımı (1:3, w/v); optimizasyon ile belirlenen süre, pH, sıcaklık ve enzim konsantrasyonlarında bekletilmiştir. Bekletme sonrası su uzaklaştırılmış ve tohumlar musluk suyu ile yıkanmıştır. Fazla suyun uzaklaştırılması amacıyla tohumlar ~3 saat boyunca oda sıcaklığında (22±3°C) bekletilmiştir. Tupperware marka paletli bir cihazda manuel (~ 40 çekim) olarak kabuk soyma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kabuk soyma işleminden sonra tohumlar tekrar musluk suyu ile yıkanarak, kabuklar ortamdaki uzaklaştırılmıştır. Ardından soyulmuş tohumlar darası alınmış kurutma kaplarına alınarak 105 °C’de sabit tartıma gelene kadar bekletilmiştir. Uzaklaştırılan kabuk miktarı kuru madde üzerinden hesaplanmış ve yüzde (%) olarak ifade edilmiştir. Kabuğu soyulan tohumlar daha sonra yapılacak analizlerde kullanılmak üzere polietilen torbalara koyularak – 18 °C’de muhafaza edilmiştir. Uzaklaştırılan kabuk miktarı hesaplamaları aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Uzaklaşan kabuk oranı (\%)} = [(M_1 - M_2) \times 100] / M_3$$

M<sub>1</sub>: Başlangıçta tartılan susamın kuru maddedeki miktarı, g

M<sub>2</sub>: Kabuk soyma ve kurutma sonrası alınan tartım, g

M<sub>3</sub>: Başlangıçta tartılan tohum miktarı, g



Başlangıçta tartılan susamın kuru maddedeki miktarını ( $M_1$ ) belirlemek için; 105 °C'de sabit tartıma gelene kadar tutulmuş, soğutulmuş ve darası alınmış kurutma kaplarına ham susam tohumu tartılmıştır. Susam tohumlarının 105 °C'de sabit tartıma gelmesi beklenmiş, desikatörde soğutulmuş ve tartım işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından, tohumun kuru madde miktarı yüzde olarak belirlenmiş ve uzaklaştırılan kabuk miktarının hesaplanmasında kullanılmıştır.



**Resim 3.1.** Paletli kabuk soyucu

Çalışmada uygulanan kabuk soyma yöntemleri;

- Hiçbir ön işlem uygulanmamış tohumun farklı konsantrasyonlardaki enzim çözeltileri ile soyulması, ÖNZ
- Buharla muamele edilmiş (120°C - 1.18atm - 8dk) tohumun farklı konsantrasyonlardaki enzim çözeltileri ile soyulması, BM
- Kaynar suya daldırılmış (100 °C'de - 1 dk) tohumun farklı konsantrasyonlardaki enzim çözeltileri ile soyulması, KD
- -18 C'de muhafaza edilmiş (-18 °C'de 24 saat) tohumun farklı konsantrasyonlardaki enzim çözeltileri ile soyulması, DT

şeklinde dir. Çalışmada kullanılan Viscozyme L enzimi; arabinaz, selüloz,  $\beta$ -glukanaz, hemiselüloz ve ksilanaz dahil karbohidrazın geniş bir aralığını içeren çoklu enzim kompleksidir.

### 3.2.2. Geleneksel yöntemle kabuk soyma

Geleneksel yöntemle kabuk soyma amacıyla tohumlar 12 saat musluk suyu ile ıslatılmıştır. Ardından kabuk soyma işlemine tabi tutulmuş ve yoğunluk farkından yararlanarak kabukların ayrılması amacıyla 5-6 saat boyunca % 15-16'lık tuzlu suda bekletilmiştir. Belirtilen süre sonunda tohumun suyu uzaklaştırılmış ve tuzunu gidermek amacıyla musluk suyu ile iyice yıkanmıştır. Kabuk soyma işleminde belirtildiği şekilde uzaklaşan kabuk oranı hesaplanmış ve tohumlar daha sonra yapılacak analizlerde kullanılmak üzere daha önce bahsedildiği şekilde muhafaza edilmiştir.

### 3.2.3. Optimizasyon

Kabuk soyma koşullarını belirlemek için yanıt yüzey yöntemi kullanılmıştır. Optimizasyon Design Expert Version 7.0 (Statease Inc.) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Bağımsız değişkenler olarak enzim konsantrasyonu (A, %0-3), bekletme süresi (B, 0-180 dk), bekletme sıcaklığı (C, 22-50°C) ve ortam pH'sı (D, 4.0-5.0) seçilerek her bir çalışma için deneme planı oluşturulmuştur. Bağımsız değişkenlerden bekletme süresi aralığı daha önce yapılan ön denemelerle, enzim konsantrasyonu aralığı maliyeti minimum seviyede tutacak şekilde, bekletme sıcaklığı aralığı enzimin aktif olduğu sıcaklık dikkate alınarak ve pH aralığı literatür çalışmalarına bakılarak belirlenmiştir. Bağımlı değişkenler olarak uzaklaşan kabuk oranı ve  $L^*$  değeri belirlenmiştir. Program tarafından her bir çalışma için beş kez tekrar edilen orta nokta da dahil 29 deneysel koşul (Run) oluşturulmuştur. Çalışmalarda kullanılan (ÖNZ, BM, DT, KD) bağımsız ve bağımlı değişkenler değişmediğinden ve uygulanan ön işlem koşulları sabit tutulduğundan her çalışma için aynı deneysel koşullar çalışılmıştır.

Tüm bu analizler sonunda elde edilen modeller kullanılarak çalışılan deneysel bölge içerisinde uzaklaşan kabuk oranının ve  $L^*$  değerinin maksimum olduğu optimum işlem koşulları belirlenmiştir. Program tarafından önerilen maksimum koşullar arasından ön işlemsiz ve ön işlem uygulaması ile gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda maksimum uzaklaşan kabuk oranı, minimum süre ve minimum enzim konsantrasyonun verildiği üçer nokta belirlenmiş ve daha sonraki çalışmalar bu veriler etrafında gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.4. Analiz yöntemleri

Tüm analizler aksi belirtilmediği sürece kurumadde üzerinden gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesi tohumlar 10 dk boyunca elektrikli öğütücüde (Premier PRG 259) öğütülmüştür. Tüm analizler üçer paralel çalışılmıştır.

#### 3.2.4.1. Nem analizi

Gravimetrik prosedür kullanılarak belirlenmiştir. Öğütülmüş susam tohumu, sabit ağırlığa ulaşana kadar  $100\pm 5$  °C’de tutulmuş ve sonuçlar yüzde olarak ifade edilmiştir (Anonymous, 1990).

#### 3.2.4.2. Tüm örneklerde yapılan analizler

##### 3.2.4.2.1. Renk analizi

Kabuk soyma işleminin hemen ardından Chromameter Hunter renk cihazı (Konica Minolta CR-400) kullanılarak her bir numunenin ayrı ayrı standart renk parametleri ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) ölçülmüştür. Bu ölçüm sisteminde  $L^*$  değeri parlaklığın (0 siyah, 100 beyaz),  $a^*$  değeri yeşillik-kırmızılığın (-100 yeşil, +100 kırmızı),  $b^*$  değeri ise mavilik-sarılığın (-100 mavi, +100 sarı) bir göstergesidir.

$L^*$  değeri renk açıklığını diğer bir ifadeyle 0-100 arasında bir ölçeği göstermektedir, sayı 100’e yaklaştıkça daha açık rengin elde edildiği kabul edilir. Kırmızı-yeşil renk aralığını veren  $a^*$  değeri pozitif yönde arttıkça daha kırmızı bir rengin elde edildiği varsayılır. Mavi-sarı rengin göstergesi olan  $b^*$  değeri ise pozitif yönde arttıkça sarı rengi temsil etmektedir (Elleuch ve ark., 2014).

##### 3.2.4.2.2. Toplam kül analizi

Kül analizi için öğütülmüş örnekler 550 °C’de sabit tartıma gelene kadar yakılmış ve sonuç yüzde olarak verilmiştir (Anonymous, 1990; Hecer, 2010).

### **3.2.4.2.3. Protein analizi**

Protein içeriği Kjeldahl metodu kullanılarak belirlenmiştir. Susamın protein içeriği yüksek olduğu için öğütülmüş 1 g numune Kjeldahl tüpüne tartılmış, derişik sülfirik asitle bir gece muamele edilmiştir. Daha sonra 415 °C’de ~ 3.5 saat yakma işlemi gerçekleştirilerek, tüplerdeki numunelerin soğuması için bekletilmiştir. Soğumanın ardından destilasyon işlemi gerçekleştirilerek her bir numunedeki azot miktarı belirlenmiştir. Azot miktarının protein faktörü (N\*6.25) ile çarpılmasıyla numunedeki ham protein içeriği % olarak hesaplanmıştır (Pearson, 1970; Anonymous, 1990; Khalid ve ark., 2003). Her numune için bir şahit ve üç paralel çalışılmıştır.

### **3.2.4.2.4. Ham yağ analizi**

Denemeler sonucu elde edilen numunelerin ham yağ içeriği Soxhlet metodu kullanılarak belirlenmiştir. İyice öğütülmüş numuneler Soxhlet cihazında 8 saat boyunca hekzanla ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyonun ardından çözücü vakumlu rotary evaporatör (Heidolph-Hei-VAP Value) kullanılarak ortamdan uzaklaştırılmıştır. Yağ içerisinde kalan çözücü 40 °C’de bir gece bekletilerek tamamen uzaklaştırılmış ve elde edilen yağ miktarı % ham yağ olarak belirlenmiştir (Anonymous, 1990; Manirakiza ve ark., 2001; Abaza ve ark., 2002).

### **3.2.4.2.5. Yağ asidi kompozisyonu**

Yağ asidi kompozisyonun belirlenmesi alev iyonizasyon dedektörlü gaz kromatografisiyle (GC-FID) gerçekleştirilmiştir. Her bir çalışma sonucunda elde edilen ham yağlar 10 ml hekzan içinde çözülmüş ve üzerine 2 N metanollü KOH ilave edilmiştir. Vorteksle karıştırıldıktan sonra berrak üst faz vialle alınmış ve yağ asidi metil esterleri elde edilmiştir. Elde edilen yağ asidi metil esterleri alev iyonize dedektörü, split/splitless enjektör ve uzun bir kolonla (0.25 mm × 0.20 µm × 60 m, Teknokroma TR-CN100) donatılmış gaz kromatografisi cihazına (Shimadzu GC-2010 Plus) enjekte edilmiştir. Fırın sıcaklık programı; kolon başlangıç sıcaklığında (90 °C), 5 dakika tutulup, daha sonra dakikada 10 °C artarak 240 °C’ye yükselerek, 20 dakika boyunca da bu sıcaklıkta kalacak şekilde ayarlanmıştır. Taşıyıcı gaz, akış hızı dakikada 1 ml olan helyum gazıdır. Split oranı 100:1 ve enjeksiyon miktarı 1 µl’dir. Yağ asidi metil esterlerinin (FAME)

tanımlanması standart bir FAME referans karışımı (Supelco, Bellefonte PA, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Pik alanları entegrasyon yazılımı ile hesaplanmıştır ve yağ asitleri toplam yağ asidi içeriğine göre yüzde olarak verilmiştir (İlyasoğlu, 2013).

#### 3.2.4.2.6. Fitik asit analizi

Yağ, materyaldeki fitik asidin ekstrakte edilebilirliğini etkilemektedir. Bu nedenle ekstraksiyondan önce yağın gıdadan uzaklaştırılması ya da %5'in altına düşürülmesi gerekmektedir (Park ve ark., 2006). Yağı alınmış susam numunesi, hidroklorik asit çözeltisi ile ekstrakte edilmiş ve Fe-III çözeltisi ile çöktürülerek serum kısmında kalan demir miktarı 519 nm'de spektrofotometrik yolla belirlenmiştir. Fitik asit miktarı hesaplanarak, sonuçlar mg/100 g cinsinden verilmiştir (Haugh ve Lantzsch, 1983).

#### 3.2.4.2.7. Mineral

Susam numunelerinden berrak çözeltiler elde etmek için Milestone START D-Mikrodalga Yakma Sistemi (Soriso, Italy) kullanılmıştır. Daha sonra elde edilen berrak çözeltiler, Agilent 7700xICP-MS cihazı ile analiz edilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1: Agilent 7700xICP-MS operasyon şartları

Parametre	Değer
Plasma mode (Plazma modu)	Normal, güçlü
RF forward power, W (ileri güç)	1550
Sampling depth, mm (örnekleme derinliği)	8
Carrier gas flow, L/min (taşıyıcı gaz akışı)	0.95
Dilution gas flow, L/min (seyreltme gazı akışı)	0.15
Spray chamber temperature, °C (Püskürtme odası sıcaklığı)	2
Extraction lens 1, V (Ekstraksiyon lensi)	0
kinetic energy discrimination, V (Kinetik enerji ayırımı)	4
He cell gas flow, ml/min (He hücre gaz akışı)	4

ICP-MS'de kalibrasyon grafikleri elde etmek için kullanılan standart çözeltiler her bir metalin 1000 mg/L konsantrasyonundaki stok çözeltilerini uygun oranlarda seyreltilmesiyle hazırlanmıştır. İyice öğütülmüş numunelerden 0.5 g tartılarak, üzerine 6 ml derişik HNO<sub>3</sub> ve 2 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ilave edilmiştir. Karışım 45 bar basınçta mikrodalga ışınlar altında parçalanmıştır. İşlem sonucu elde edilen berrak çözelti ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Son olarak da çözeltinin element içeriği ICP-MS cihazı ile mg/L olarak

tain edilmiş ve sonuçlar mg/kg'a (ppm) çevrilerek verilmiştir (Phan-Thien ve ark., 2012; Mohd-Taufek ve ark., 2016; Muller ve ark., 2016; Guérin ve ark., 2017).

#### **3.2.4.2.8. Okzalik asit**

Çözünür okzalit ekstraksiyonu için 1 g iyice öğütölmüş numune üzerine 50 ml saf su, toplam okzalit ekstraksiyonu için aynı miktardaki örnek üzerine 50 ml 2 M HCl ilave edilmiş ve 21 °C'de 20 dk bekletilmiştir. Bekletmenin ardından hacim 100 ml'ye tamamlanarak 2889 rcf (relative centrifugal force, nispi merkezkaç kuvveti)'de 15 dk boyunca santrifüjlenmiştir. Üst faz 0.45 µm filtreden süzölerek HPLC'de okuma yapılmıştır (Nguyen ve Savage, 2013). Okuma işlemi Gümüşhane Üniversitesi Merkezi Laboratuvarı'na yaptırılmıştır.

#### **3.2.4.2.9. İstatistiksel analiz**

Okzalik asit ve mineral analizleri hariç tüm analizler en az iki tekerrürlü yapılarak ortalama standart sapmaları hesaplanmıştır. Verilerin varyans analizi SPSS 22.0 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçlarının varyans analizinde tek yönlü ANOVA kullanılmış ve istatistiksel açıdan farklılık Tukey testi kullanılarak belirlenmiştir. Ortalamalar arasındaki farkın kabul edilebilir minimum olasılığı olarak  $p < 0.05$  dikkate alınmıştır. Optimizasyon Design Expert Version 7.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Ham Susam Tohumunun Yaklaşık Kompozisyonu

Çizelge 4.1’de ham susam tohumunun nem, kül, ham yağ ve protein miktarları verilmiştir. Ham susam tohumunun nem, kül, ham protein ve ham yağ içeriği sırasıyla; % 3.32, 4.13, 20.40 ve 53.85 olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 4.1.** Ham susam tohumunun yaklaşık kompozisyonu (%)

Nem	3.32
Protein	20.40
Kül	4.13
Ham yağ	53.85

Susam tohumu ve yan ürünlerinin kalite özelliklerinin değerlendirilmesi üzerine yapılan bir çalışmada ham susam tohumunun nem, kül, yağ ve protein içeriği sırasıyla % 4.71, 4.68, 52.24 ve 25.77 olarak belirlenmiştir (Elleuch ve ark., 2007). Fas’ta yetiştirilen susam tohumu ve susam yağının kalite özellikleri ve oksidatif stabilitesinin incelendiği bir çalışmada ham susam tohumunun nem, kül, yağ ve protein içeriği sırasıyla, % 6.0, 4.5, 52.0 ve 22.0 olarak rapor edilmiştir (Gharby ve ark., 2015).

Mısır’da yetiştirilen iki susam çeşidinin araştırıldığı bir çalışmada, ham susam tohumlarının nem, kül, yağ ve protein miktarı sırasıyla % 2.86-3.06, 3.04-4.04, 57.77-59.28, 21.43-23.18 olarak rapor edilmiştir (Hassan, 2012). Habeşistan (Etiyopya)’da yetiştirilen üç susam çeşidinin incelendiği bir çalışmada susam çeşitlerinin nem, kül, yağ ve protein içeriği, % 3.17-3.96, 4.46-6.19, 50.88-52.67, 22.49-24.27 aralığında bildirilmiştir (Zebib ve ark., 2015).

Beyaz, siyah ve kahverengi olmak üzere üç farklı kabuk rengine sahip tohum üzerine yapılan bir çalışmada kül içeriği sırasıyla % 4.68, 4.11 ve 4.03 olarak belirlenmiştir (Bhattacharya ve ark., 2014). Çin’de yetiştirilen beyaz ve siyah susam tohumunun biyokimyasal analizinin yapıldığı bir çalışmada beyaz susam tohumunun kül içeriği % 4.32, siyah tohumunki % 6.10 olarak belirlemiştir (Kanu, 2011).

El Khier ve ark. (2008), 10 farklı susam çeşidinin kül içeriği arasında önemli farklılık olduğunu; Zhang ve ark. (2013), tohum kabuk renginin tohumun protein içeriğinde etkili olduğunu bildirmişlerdir. Zebib ve ark. (2015), farklı susam çeşitlerinin protein içerikleri arasında da önemli farklılıklar olduğunu bildirmişlerdir.

Literatür verileri ve araştırma sonuçları değerlendirildiğinde bu çalışmada kullanılan ham susam tohumunun yaklaşık kompozisyonunun daha önceki çalışma sonuçlarıyla benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, çalışmalar arasında farklılıkların olduğu görülmektedir. Bu farklılıklar daha önceki çalışmalarda da belirtildiği gibi (Gharib-Zahedi ve ark., 2009; Zhang ve ark., 2013; Bhattacharya ve ark., 2014); tohumun yaklaşık kompozisyonu üzerinde tek bir faktörün etkili olmadığı, tohum kabuk rengi ve çeşidinin yanı sıra ekolojik, genetik ve iklim faktörleri, toprak tipi, bitkinin olgunluk derecesi, hasat yılı ve yetiştiği coğrafyanın da etkili olduğunu göstermektedir.

## **4.2. Kabuk Soyma Yöntemi Uygulanmış Tohumların Yaklaşık Kompozisyonu**

### **4.2.1. Kül içeriği**

Çizelge 4.2, geleneksel yöntemle soyulmuş tohumun ve farklı kabuk soyma işlemlerine tabi tutulmuş tohumların uzaklaşan kabuk oranlarını, kül miktarlarını ve istatistiki analiz sonuçlarını göstermektedir. Şekil 4.1’de ÖNZ, KD, BM ve DT sonucu elde edilen, uzaklaşan kabuk oranı (%) ve kül miktarı arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi verilmiştir.

ANOVA tekli varyans analizi sonuçlarına göre ham susam tohumu (HS) ve geleneksel kabuk soyma yöntemine (G) göre kabuk soymanın (uzaklaşan kabuk oranı, %) kül değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu ( $p < 0.05$ ) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2 incelendiğinde ÖNZ çalışma grubunda Ö1, Ö2 ve Ö3 için elde edilen kül içeriği sırasıyla % 2.81, 2.81 ve 2.77 olarak tespit edilmiştir. En yüksek uzaklaşan kabuk oranının elde edildiği Ö3 çalışmasının kül içeriğinin ise en düşük olduğu görülmektedir. Kabuk soyma ile birlikte kül içeriğinin ÖNZ çalışma grubundaki her üç koşul için de azaldığı tespit edilmiştir.

Ön işlem olarak kaynar suya daldırma uygulanan KD grubundaki K1, K2 ve K3 çalışmaları için kül içeriği, % 2.78, 2.85 ve 2.80 şeklinde belirlenmiştir. Bu çalışma grubunda da en yüksek uzaklaşan kabuk oranına sahip olan K1 çalışmasının kül içeriği en düşük olarak tespit edilirken, en düşük uzaklaşan kabuk oranının elde edildiği K2 çalışmasının kül içeriği ise en düşük olarak elde edilmiştir.

Buharla muamele ön işleminin uygulandığı BM grubunda B1, B2 ve B3 için kül içeriği sırasıyla %2.77, 2.80 ve 2.82 olarak belirlenirken, DT çalışma grubunda D1, D2



ve D3 için % 2.84, 2.84 ve 2.78 kül içeriği elde edilmiştir. Buharla muamele ön işlemi uygulanmış BM çalışma grubunda uzaklaşan kabuk oranı ile kül içeriği arasında bir orantı görülemediği. Bunun tohumun ön işlem olarak uygulanan buharla muamelesinin etkisi olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte DT çalışma grubunda da ÖNZ ve KD çalışma gruplarında olduğu gibi en yüksek uzaklaşan kabuk oranının elde edildiği D3 çalışmasının aynı zamanda en düşük kül içeriğine de sahip olduğu görülmüştür.

**Çizelge 4.2.** Ham susam tohumu, geleneksel yöntem ve farklı kabuk soyma işlemleri uygulanmış tohumların uzaklaşan kabuk oranı, kül miktarı ve istatistiksel analiz sonuçları (%)

		Uzaklaşan kabuk oranı	Kül miktarı	
			Ortalama	± Standart sapma
	<b>HS</b>		4.13 <sup>b</sup>	0.014
	<b>G</b>	9.60	4.44 <sup>c</sup>	0.03
<b>ÖNZ</b>	<b>Ö1</b>	12.65	2.81 <sup>a</sup>	0.03
	<b>Ö2</b>	13.22	2.81 <sup>a</sup>	0.01
	<b>Ö3</b>	14.08	2.77 <sup>a</sup>	0.00
<b>KD</b>	<b>K1</b>	13.13	2.78 <sup>a</sup>	0.02
	<b>K2</b>	11.75	2.85 <sup>a</sup>	0.06
	<b>K3</b>	12.93	2.80 <sup>a</sup>	0.02
<b>BM</b>	<b>B1</b>	11.45	2.77 <sup>a</sup>	0.02
	<b>B2</b>	11.23	2.80 <sup>a</sup>	0.01
	<b>B3</b>	11.57	2.82 <sup>a</sup>	0.09
<b>DT</b>	<b>D1</b>	13.11	2.84 <sup>a</sup>	0.01
	<b>D2</b>	13.52	2.84 <sup>a</sup>	0.03
	<b>D3</b>	13.58	2.78 <sup>a</sup>	0.02

HS: ham susam tohumu, G: geleneksel yöntemle soyulmuş susam tohumu, ÖNZ: ön işlem uygulanmamış susam tohumu, KD: kaynar suya daldırılmış susam tohumu, BM: buharla muamele edilmiş susam tohumu, DT: -18 °C'de tutulmuş susam tohumu; Ö1, Ö2, Ö3, K1,K2,K3,D1,D2,D3,B1,B2 ve B3 Çizelge 4.14'de tanımlanmıştır.

Geleneksel yöntemle soyulan tohumun kül içeriği % 4.44 olarak belirlenmiştir. Geleneksel kabuk soyma yöntemiyle de tohumdan belirli bir oranda (%9.90) kabuk uzaklaşmış olmasına rağmen, kül içeriğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun geleneksel yöntemde kabukların uzaklaştırılması amacıyla tuzlu çözelti kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim ham susam tohumunda ve G yöntemi sonucu elde edilen tohumlarda gerçekleştirilen tuz analizi sonucu ham tohumun tuz içeriği %

0.27 ve G uygulaması sonucu elde edilen tohumların tuz içeriği ise % 2.45 olduğu tespit edilmiştir. Diğer çalışma gruplarında tuz kullanılmadığı için değerlendirilmeye alınmamışlardır. Daha önceki çalışmalarda gıdaların kül içeriği ile tuz içeriği arasında belirli bir ilişki bulunduğu ve gıdadaki tuz miktarı arttıkça kül miktarının da arttığı bildirilmiştir (Yurtseven ve Baran, 2000; Sağun ve ark., 2005). Bu literatür verileri, G çalışması sonucu tohumun kül miktarının yüksek çıkmasını açıklar niteliktedir.

Elleuch ve ark. (2007), susam kabuğunun kül içeriğinin (% 23.90) ham tohumun kül içeriğinden (% 4.68) daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Nijerya’da yetiştirilen iki susam çeşidinin besinsel bileşiminin ve antinutrientler üzerine prosesin etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada, ham susam tohumunun, kabuğu soyulmuş tohumun ve susam kabuğunun kül içeriğini sırasıyla % 6.16, 3.72 ve 25.12 olarak bulunmuştur. Beyaz ve siyah susam tohumlarının kül içeriklerinin değerlendirildiği bu çalışmada kül içeriğinin her iki çeşitte çoğunlukla kabukta tespit edildiğini belirtmişlerdir. Bunun da külün çoğunlukla kabukta yoğunlaştığının göstergesi olduğunu bildirmişlerdir (Makinde ve Akinoso, 2013).

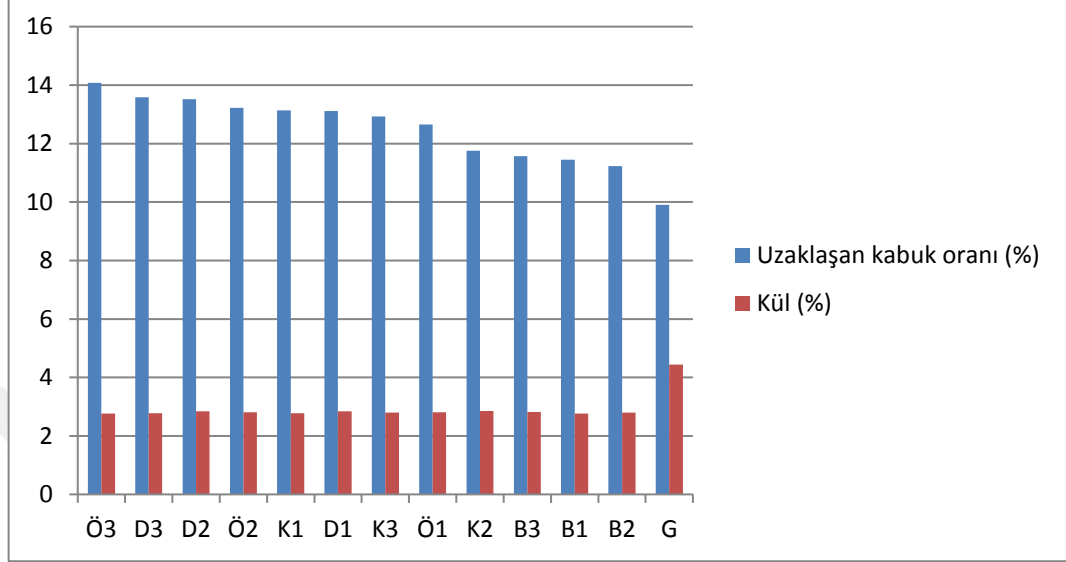
Kabuğu soyulmuş susam tohumunun fonksiyonel özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, kabuğu soyulmuş susam tohumunun kül içeriğinin (% 3.0) ham susam tohumunun kül içeriğinden (%5.0) daha az olduğunu belirtmişlerdir (Inyang ve Nwadiokpa, 1992). Bu bulgular, çalışmamızda kabuk soyma ile birlikte kül miktarının azalması durumunu desteklemektedir.

Kamerun’un Uzak-Kuzey Bölgesi’nde yetiştirilen ve tüketilen iki susam çeşidinin yaklaşık kompozisyonu üzerine kaynatma ve kavurmanın etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada, beyaz ham susam tohumunun kül içeriği % 4.62, kaynatılmış tohumun kül içeriğini % 3.05, kavrulmuş (120 °C’de 30 dk) tohumun kül içeriğini ise % 3.18 olarak belirlemişlerdir. Aynı sıra ile siyah susam tohumun kül içeriğini ise, % 6.03, 5.07 ve 4.43 olarak bildirmişlerdir. Susam tohumlarına uygulanan kaynatma ve kavurma işlemlerinin tohumun kül içeriğini azalttığını ifade etmişlerdir (Tenyang ve ark., 2017).

Jain ve ark. (2016), tere tohumuna uygulanan ıslatma işleminin istatistikî açıdan önemli olmamakla birlikte ham tohumla kıyasla kül içeriğini nispeten artırdığını, kaynatma ve kavurmanın ise kül içeriğini nispeten azalttığını bildirmişlerdir.

Ham, ıslatılmış, çimlendirilmiş, otoklavlanmış ve pişirilmiş guar ve faba fasulyelerinin kimyasal ve biyolojik olarak değerlendirildiği bir çalışmada, her iki fasulyenin kül içeriğinin de ıslatma (12 h, ~25°C) ve otoklavlama (121°C de 45 dk) sonunda azaldığı tespit edilmiştir (Khalil, 2001). Bu çalışmada belirlenen kül içeriğinin

farklı kabuk soyma prosesleri arasında uzaklaşan kabuk oranıyla ilişkili olarak değişmemiş olmasının, uygulanan kabuk soyma koşullarının farklılık göstermesi ile ilgili olabileceği düşünülmektedir.



**Şekil 4.1.** Uzaklaşan kabuk oranı-kül arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi (G: geleneksel yöntemle soyulmuş susam tohumu; Ö1, Ö2, Ö3, K1,K2,K3,D1,D2,D3,B1,B2 ve B3 Çizelge 4.14’de tanımlanmıştır.)

Tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde kabuk soyma ile birlikte tohumun kül içeriğinde (G hariç) önemli bir azalma olduğu belirlenmiştir. Bu azalmanın uzaklaşan kabuk oranıyla paralellik göstermediği Şekil 4.1’de de görülmektedir. Bununla birlikte çalışma grupları (ÖNZ, KD, BM ve DT) arasında uzaklaşan kabuk oranı açısından istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı gibi kül içerikleri arasında da istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığı sonucuna varılmıştır. Tespit edilen küçük farklılıkların ise tohuma uygulanan ön işlemler ve farklı kabuk soyma koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### 4.2.2. Protein içeriği

Çizelge 4.3’de, geleneksel yöntemle soyulmuş tohumun ve farklı kabuk soyma işlemlerine tabi tutulmuş tohumların uzaklaşan kabuk oranları, protein miktarları ve istatistiki analiz sonuçları görülmektedir. Şekil 4.2’de ÖNZ, KD, BM ve DT sonucu elde edilen uzaklaşan kabuk oranı (%) ve protein miktarı arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi verilmiştir.

Çizelge 4.3’de ham susam tohumunun protein içeriği ile kabuğu soyulmuş tohumların protein içerikleri arasında anlamlı bir farklılık ( $p<0.05$ ) olduğu tespit edilmiştir.

Protein içeriği değerlendirildiğinde G çalışması ile elde edilen tohumun protein içeriği % 22.83 olarak belirlenmiştir. Ön işlem uygulanmamış Ö1, Ö2 ve Ö3 çalışmaları sonucu elde edilen tohumların protein miktarları sırasıyla % 23.78, 23.91 ve 24.29 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışma grubunda uzaklaşan kabuk oranı arttıkça protein içeriğinin de arttığı, en yüksek uzaklaşan kabuk oranının elde edildiği Ö3 çalışmasının aynı zamanda en yüksek protein içeriğine de sahip olduğu görülmektedir.

Buharla muamele ön işlemi uygulanan B1, B2 ve B3 çalışmaları sonucu elde edilen tohumların protein miktarları % 23.92, 24.08 ve 24.22 olarak belirlenirken; DT çalışma grubunda D1, D2 ve D3 için elde edilen tohumların protein içerikleri % 23.74, 23.61 ve 23.92 olarak rapor edilmiştir. Buharla muamele edilen tohumlarda gerçekleştirilen B1, B2 ve B3 çalışmaları arasında en yüksek uzaklaşan kabuk oranının elde edildiği B3 çalışmasının en yüksek protein içeriğine de sahip olduğu, uzaklaşan kabuk oranı ile protein içeriği arasında düzenli bir artış olmadığı görülmektedir. Aynı şekilde DT çalışma grubunda da en yüksek uzaklaşan kabuk oranının ulaşıldığı D3 çalışmasının en yüksek protein içeriğine sahip olduğu, fakat uzaklaşan kabuk oranı ve protein artışı arasında düzenli bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir.

Kaynar suya daldırma ön işlemi uygulanmış tohumlarda gerçekleştirilen K1, K2 ve K3 çalışmalarında ise tohumların protein içerikleri ise sırasıyla %23.82, 24.22 ve 23.40 olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte uzaklaşan kabuk oranı artışı ile protein artışı arasında bir ilişki olmadığı rapor edilmiştir.

Farklı çalışma grupları birlikte değerlendirildiğinde uzaklaşan kabuk oranı (%) içeriklerinde istatistiki açıdan önemli bir farklılık olmadığı gibi % protein içerikleri bakımından da istatistiki olarak aralarında önemli bir farklılık olmadığı görülmektedir. Ancak Şekil 4.2’de de görüldüğü gibi nispeten azda olsa uzaklaşan kabuk oranı ve protein içeriği arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Bazı çalışma koşullarında örneğin; B2 için uzaklaşan kabuk oranı %11.57 iken, protein miktarı % 24.22; D3 için uzaklaşan kabuk oranı % 13.58 iken, protein miktarı % 23.92 olarak bulunmuştur. Bu durumun her çalışmada kabuk soyma işleminin farklı koşullarda gerçekleştirilmiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca tohumlara uygulanan ön işlemlerin farklılık göstermesinin de uzaklaşan kabuk oranı ve protein içeriği arasındaki ilişkinin doğrusal olmamasında etkisi olduğu sanılmaktadır.

**Çizelge 4.3.** Ham susam tohumu, geleneksel yöntem ve farklı kabuk soyma işlemleri uygulanmış tohumların uzaklaşan kabuk oranı, protein miktarı ve istatistiki analiz sonuçları (%)

		Uzaklaşan kabuk oranı	Ham protein miktarı *	
			Ortalama	± Standart sapma
	<b>HS</b>		20.40 <sup>a</sup>	0.13
	<b>G</b>	9.60	22.83 <sup>b</sup>	0.04
<b>ÖNZ</b>	<b>1</b>	12.65	23.78 <sup>bc</sup>	0.24
	<b>2</b>	13.22	23.91 <sup>bc</sup>	0.03
	<b>3</b>	14.08	24.29 <sup>c</sup>	0.67
<b>KD</b>	<b>K1</b>	13.13	23.82 <sup>bc</sup>	0.47
	<b>K2</b>	11.75	24.22 <sup>c</sup>	0.53
	<b>K3</b>	12.93	23.38 <sup>bc</sup>	0.56
<b>BM</b>	<b>B1</b>	11.45	23.92 <sup>bc</sup>	0.23
	<b>B2</b>	11.23	24.08 <sup>c</sup>	0.37
	<b>B3</b>	11.57	24.22 <sup>c</sup>	0.60
<b>DT</b>	<b>D1</b>	13.11 <sup>f</sup>	23.74 <sup>bc</sup>	0.04
	<b>D2</b>	13.52	23.61 <sup>bc</sup>	0.14
	<b>D3</b>	13.58	23.92 <sup>bc</sup>	0.61

HS: ham susam tohumu, G: geleneksel yöntemle soyulmuş susam tohumu, ÖNZ: ön işlem uygulanmamış susam tohumu, KD: kaynar suya daldırılmış susam tohumu, BM: buharla muamele edilmiş susam tohumu, DT: -18 °C'de tutulmuş susam tohumu;

Ö1, Ö2, Ö3, K1, K2, K3, D1, D2, D3, B1, B2 ve B3 Çizelge 4.14'de tanımlanmıştır.

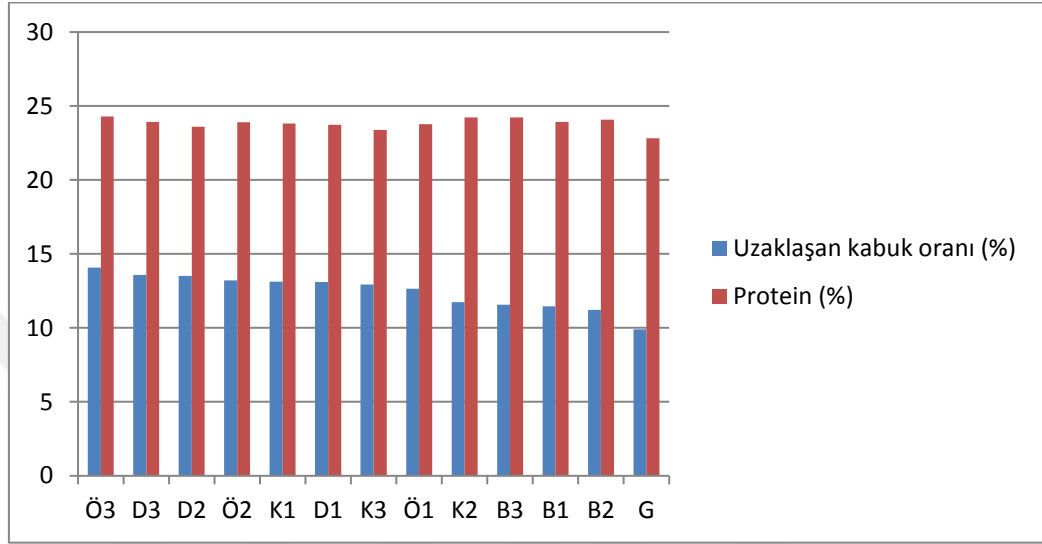
<sup>a-c</sup>: farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki açıdan (p<0.05) birbirinden farklıdır

\*: % kuru madde üzerinden Nx6.25 faktörü ile hesaplanmıştır.

Ham susam tohumunun protein içeriğinin % 25.77, tohum kabuğunun protein içeriğinin % 10.23 olarak tespit edildiği bir çalışmada da belirtildiği gibi, kabukla birlikte tohumdan bir miktar protein uzaklaşmasına rağmen (Elleuch ve ark., 2007), soyulmuş tohumun protein içeriğinde kayda değer bir artış olduğu ve proteinin fonksiyonel özelliklerinin gelişmesine yol açtığı bildirilmiştir (Inyang ve Nwadinmpka, 1992). Başka bir çalışmada kabuk soymanın protein içeriğinin artmasına katkı sağladığı ifade edilmiştir (Inyang ve Ekanem, 1996).

Keten tohumunun kimyasal kompozisyonu ve fiziksel özellikleri üzerine kabuk soymanın etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada, kabuk soyma işleminin ardından keten tohumunun protein içeriğinin önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir. Tohum kabuğunda bulunan protein miktarının az olduğu, proteinin çoğunlukla kabuğu soyulmuş

tohumda bulunduğu sonucuna varılmıştır. Yine aynı çalışmada, aşındırıcı (abrasive) kabuk soyma işleminin soya fasulyesi ve baklanın protein içeriğini önemli derecede artırdığı; bezelye, mercimek, barbunya ve maş fasulyesinin protein içeriğini çok az artırdığı ve börülcenin protein içeriğini ise azalttığı ifade edilmiştir (Oomah ve Mazza, 1997).



**Şekil 4.2.** Uzaklaşan kabuk oranı - protein arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi (G: geleneksel yöntemle soyulmuş susam tohumu; Ö1, Ö2, Ö3, K1,K2,K3,D1,D2,D3,B1,B2 ve B3 Çizelge 4.14’de tanımlanmıştır.)

Geleneksel yöntemle elde edilen uzaklaşan kabuk oranı ve BM çalışma grubundaki tohumların uzaklaşan kabuk oranının (%) diğer çalışma grupları sonucu elde edilen tohumlardan uzaklaştırılan kabuk oranından düşük olduğu, buna rağmen protein içeriğinin fazla olduğu tespit edilmiştir.

Ön işlem olarak tohuma uygulanan buharla birlikte fitik asit içeriğinin de azalmış olmasının, uzaklaşan kabuk oranı-protein arasındaki bu farklılığın nedeni olarak gösterilebileceği düşünülmektedir. Birçok kaynakta da belirtildiği gibi fitik asit proteinlerle kompleks oluşturarak proteinin kullanılabilirliğini azaltmaktadır (Francis ve ark., 2001; Park ve ark., 2006).

Afrika cevizlerinin besinsel özellikleri üzerine ısı işlemlerin etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada kaynatma ve kavurma ile birlikte ham cevizin protein içeriğinin azaldığı bildirilmiştir (Arinola ve Adesina, 2014).

Khalil (2001), guar ve faba fasulyelerine uygulanan ıslatma, otoklavlama ve pişirme işlemlerinin fasulyelerin protein içeriğini azalttığını bildirmiştir. Kabuk soyma işleminin keten tohumunun protein içeriğini önemli ölçüde artırdığı belirtilmiştir.

Bazı patates çeşitlerinin dondurmaya elverişliliğinin değerlendirildiği bir çalışmada, taze patatesin protein içeriği % 3.6 ve dondurulmuş patateslerin protein içeriği ise % 3.5 olarak bulunmuştur (Bilişli ve ark., 2002). Bu çalışma verileri dikkate alındığında dondurma işleminin protein içeriği üzerinde önemli bir etkisi olmadığı söylenebilir.

Tüm çalışma sonuçları birlikte değerlendirildiğinde en yüksek protein içeriğine % 24.29 ile Ö3 çalışması sonucunda ulaşılırken, G çalışması ile elde edilen tohumların protein içeriği (%22.83) en az olarak tespit edilmiştir.

Literatür verileri ve çalışma verileri birlikte incelendiğinde kabuk soyma ile birlikte tohumun protein içeriğinin de önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Kabuk soyma ile birlikte susam tohumunun protein içeriğinin artması, kabuk kısmında bulunan protein miktarının az olduğunu ve kabuğu soyulmuş tohumun protein içeriğinin ise daha fazla olduğunu göstermektedir. Farklı kabuk soyma yöntemleri sonucu elde edilen tohumların uzaklaşan kabuk oranı ve protein içeriği arasında düzenli bir artış ya da azalış olmadığı tespit edilmiştir. Daha önceki çalışmalarda göz önünde bulundurulduğunda protein içeriği üzerinde kabuk soymanın tek başına etkili olmadığı tohuma uygulanan sıcaklık, enzim, pH, bekletme süresi ve uygulanan farklı ön işlemlerin de protein miktarını etkilediği düşünülmektedir.

#### **4.2.2. Ham yağ içeriği**

Çalışmalar sonucu elde edilen tohumların uzaklaşan kabuk oranları, ham yağ içerikleri ve standart sapmaları Çizelge 4.4'de gösterilmiştir. Farklı kabuk soyma işlemlerine ait uzaklaşan kabuk oranı ve yağ içeriği arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi ise Şekil 4.3'de verilmiştir.

Ham susam tohumu ile karşılaştırıldığında tüm çalışmalar sonucu elde edilen tohumların yağ içeriklerinin istatistiki açıdan önemli derece farklılık ( $p < 0.05$ ) gösterdiği görülmektedir.

Geleneksel yöntemle soyulmuş tohumun yağ içeriği %59.36 olarak belirlenmiştir. Geleneksel yöntemle kabuk soyma sonrası elde edilen uzaklaşan kabuk oranı düşük olmasına rağmen, yağ içeriği istatistiki açıdan önemli olmamakla birlikte bazı çalışmalardan (Ö1, K3, B2, D1, D3) daha yüksek olarak tespit edilmiştir.

Ön işlem uygulanmayan tohumlarda gerçekleştirilen Ö1, Ö2 ve Ö3 çalışması sonucu sırasıyla % 56.85, 60.03 ve 61.83 yağ içeriği belirlenmiştir. Bu çalışma grubunda

kabuk soyma ile birlikte yağ içeriğinin arttığı görülmektedir. En yüksek uzaklaşan kabuk oranının elde edildiği Ö3 çalışması sonucu beklendiği gibi en yüksek yağ içeriğine ulaşılmıştır. Uzaklaşan kabuk oranı arttıkça yağ miktarının da arttığı tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Ham susam tohumu, geleneksel yöntem ve farklı kabuk soyma işlemleri uygulanmış tohumların uzaklaşan kabuk oranı, yağ miktarı ve istatistiki analiz sonuçları (%)

		Uzaklaşan kabuk oranı	Ham yağ miktarı	
			Ortalama	± Standart sapma
	<b>HS</b>		53.85 <sup>a</sup>	0.40
	<b>G</b>	9.60	59.36 <sup>cde</sup>	1.04
<b>ÖNZ</b>	<b>1</b>	12.65	56.85 <sup>b</sup>	0.33
	<b>2</b>	13.22	60.03 <sup>cde</sup>	0.60
	<b>3</b>	14.08	61.83 <sup>f</sup>	0.20
<b>KD</b>	<b>K1</b>	13.13	60.67 <sup>def</sup>	0.37
	<b>K2</b>	11.75	60.32 <sup>cdef</sup>	0.32
	<b>K3</b>	12.93	58.75 <sup>c</sup>	0.85
<b>BM</b>	<b>B1</b>	11.45	60.89 <sup>def</sup>	0.24
	<b>B2</b>	11.23	58.59 <sup>c</sup>	0.55
	<b>B3</b>	11.57	60.05 <sup>cde</sup>	0.02
<b>DT</b>	<b>D1</b>	13.11 <sup>f</sup>	58.56 <sup>c</sup>	0.73
	<b>D2</b>	13.52	61.07 <sup>ef</sup>	1.36
	<b>D3</b>	13.58	59.15 <sup>cd</sup>	0.08

HS: ham susam tohumu, G: geleneksel yöntemle soyulmuş susam tohumu, ÖNZ: ön işlem uygulanmamış susam tohumu, KD: kaynar suya daldırılmış susam tohumu, BM: buharla muamele edilmiş susam tohumu, DM: -18 °C'de tutulmuş susam tohumu; Ö1, Ö2, Ö3, K1, K2, K3, D1, D2, D3, B1, B2 ve B3 Çizelge 4.14'de tanımlanmıştır. <sup>a-f</sup>: farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki açıdan (p<0.05) birbirinden farklıdır

Kaynar suya daldırılan tohumlara uygulanan K1, K2 ve K3 kabuk soyma işlemlerinin ardından elde edilen tohumlarda yağ içeriği % 60.67, 60.32 ve 58.75 olarak belirlenmiştir. Bu çalışma grubundan da en yüksek uzaklaşan kabuk oranının tespit edildiği K1 çalışması sonucu elde edilen tohumun aynı zamanda en yüksek yağ içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Ancak bu çalışma grubunda uzaklaşan kabuk oranı ile yağ içeriği arasında bir paralellik gözlemlenememiştir.



Buharla muamele edilmiş tohumların çalışıldığı BM grubunda B1, B2 ve B3 için elde edilen yağ içerikleri % 60.89, 58.59 ve 60.05 olarak belirlenmiştir. Bu çalışma grubunda da uzaklaşan kabuk oranı ve yağ içeriği arasında bir ilişki bulunamamıştır.

Dondurucuda tutulan tohumlarda gerçekleştirilen D1, D2 ve D3 çalışmaları için % 58.56, 61.07 ve 59.15 ham yağ içeriği belirlenmiştir.

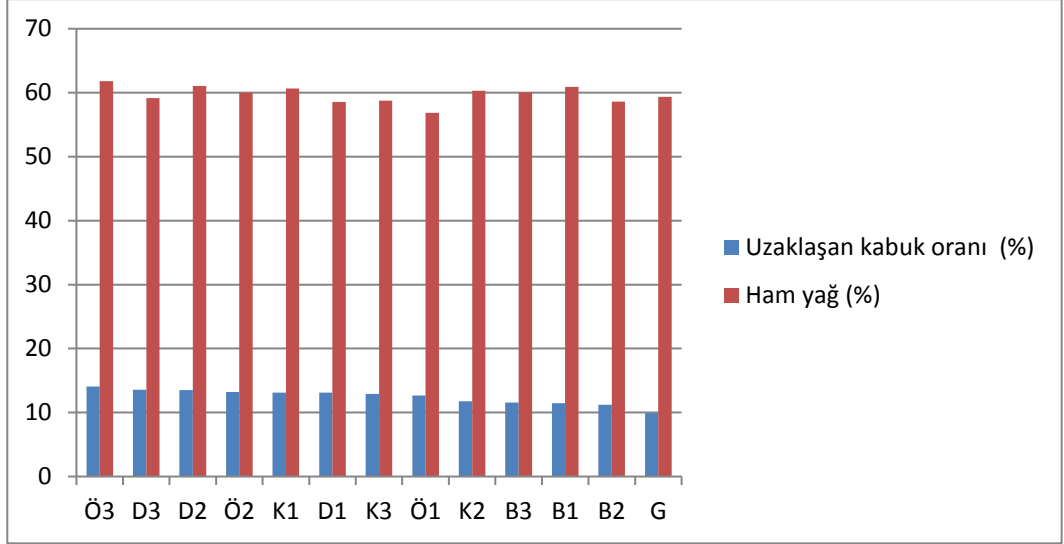
Geleneksel yöntemle ve farklı kabuk soyma yöntemleri ile soyulan tohumların yağ içerikleri ham tohumla karşılaştırıldığında kabuk soyma ile birlikte yağ içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. Yağın çoğunlukla endospermde yoğunlaştığı bununla birlikte susam kabuğu ile de bir miktar yağın uzaklaştığı bildirilmiştir (Elleuch ve ark., 2007; Makinde ve Akinoso, 2013). Bu çalışmada uzaklaşan kabuk oranı arttıkça yağ miktarının da artması beklenmektedir. Ham tohumla karşılaştırıldığında beklenildiği şekilde bir durum gerçekleştiği görülmektedir. Fakat çalışma grupları kendi aralarında değerlendirildiğinde yağ miktarı ve uzaklaşan kabuk oranı arasında bir paralellik olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.3).

Daha önce yapılan bir çalışmada keten tohumuna uygulanan kabuk soyma işleminin yağ içeriğini artırdığı, tere tohumlarına uygulanan ıslatma işleminin tohumun yağ içeriğini azalttığı, kaynatmanın ise yağ içeriğini artırdığı kaydedilmiştir (Oomah ve Mazza, 1997; Jain ve ark., 2016). Kanola tohumlarına uygulanan farklı ön işlemlerin uzaklaşan kabuk oranı ve yağ kalitesi üzerine etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada; ıslatma, doymun buhar uygulama ve otoklavlanmanın yağ içeriğini artırdığı bildirilmiştir (Mohamadzadeh ve ark., 2009).

Guar ve faba fasülyesine uygulanan ıslatma, otoklavlama ve pişirme ön işlemleri ve kabuk soyma işlemlerinin tohumun yağ içeriğinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı bildirilmiştir (Khalil, 2001).

Kırmızı ve beyaz fasülyelerin besin değeri üzerine proses metotlarının etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada; uygulanan kabuk soyma işleminin yağ içeriğini azalttığı ifade edilmiştir (Yewande ve Thomas, 2015).

Siyah ve beyaz susam tohumlarının yağ içeriğinin kabuk soyma ile birlikte arttığı bildirilmiştir. Aynı çalışmada ham siyah susam tohumunun yağ içeriği % 45.63, kabuğu soyulmuş tohumun yağ içeriği % 47.73, kabuğun yağ içeriği % 7.62; ham beyaz susam tohumunun yağ içeriği % 46.09, kabuğu soyulmuş tohumun yağ içeriği % 49.91, kabuğun yağ içeriği % 9.25 olarak tespit edilmiştir (Makinde ve Akinoso, 2013).



**Şekil 4.3.** Uzaklaşan kabuk oranı-ham yağ arasındaki grafiksel ilişki (G: geleneksel yöntemle soyulmuş susam tohumu; Ö1, Ö2, Ö3, K1,K2,K3,D1,D2,D3,B1,B2 ve B3 Çizelge 4.14’de tanımlanmıştır.)

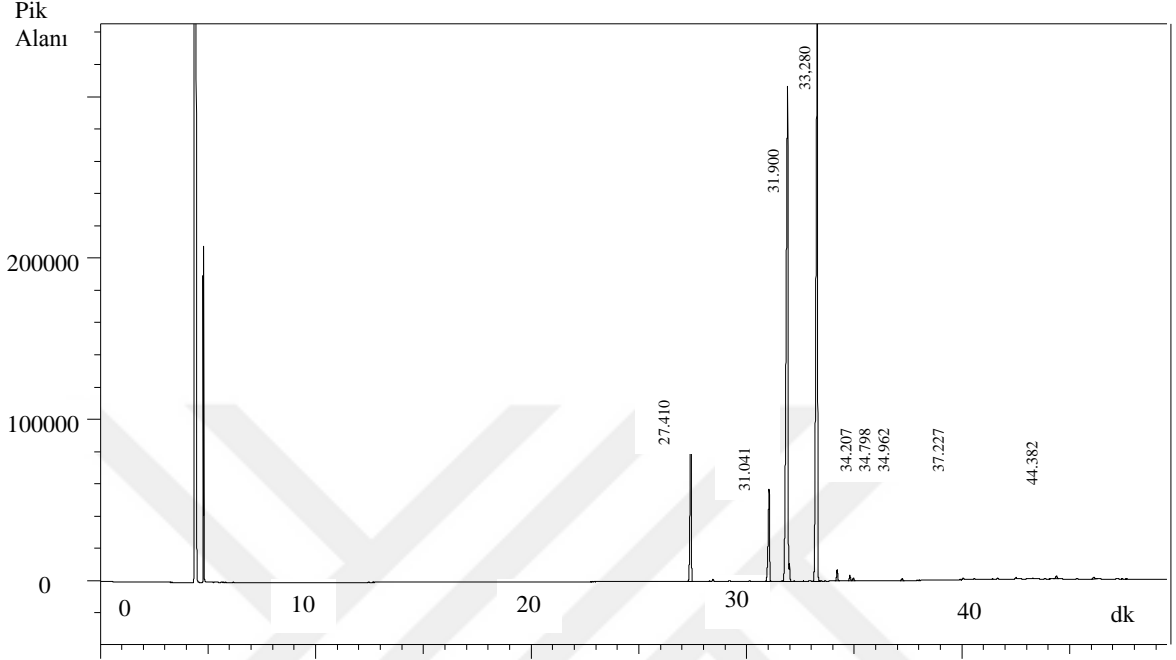
Daha önce yapılan bir çalışmada ayçiçeği tohumlarından daha fazla yağ elde edebilmek için enzim preparatları kullanılmış ve enzim muamelesinin yağ verimini artırdığı rapor edilmiştir (Perifanova-Nemska ve ark., 1998). Enzimatik etkinin yağ içeren hücre yapılarının bozunmasına neden olduğu, yağ verimi üzerinde pH, sıcaklık ve bekletme süresinin etkili olduğu bildirilmiştir (Grasso ve ark., 2012).

Tüm bu veriler ışığında kabuk soymanın yağ verimini artırdığı, fakat beklendiği gibi uzaklaşan kabuk oranı ve ham yağ içeriği arasında doğrusal bir ilişki olmadığı sonucuna varılmıştır. Literatür verileri de dikkate alındığında uzaklaşan kabuk oranı ve yağ içeriği arasında paralellik olmamasında tohuma uygulanan buhar, dondurucuda bekletme, kaynatma gibi ön işlemlerin yanı sıra enzim kullanımı ve her bir çalışma için uygulanan farklı çalışma koşullarının da etkili olduğu düşünülmektedir.

#### 4.2.3. Yağ asitleri bileşimi

Ekstrakte edilen yağların yağ asidi bileşimi GC-FID ile belirlenmiş ve dokuz farklı yağ asidi ayrımı görülmüştür. Ham susam tohumuna ait örnek bir kromatogram Şekil 4.4’de verilmiştir. İncelenen yağların yağ asidi bileşimi, incelenen doymuş ve doymamış yağ asitlerinin yüzdesi olarak hesaplanmıştır. Ham susam tohumu, geleneksel yöntemle soyulan tohum ve farklı ön işlemler uygulanarak soyulan tohumlardan elde edilen yağların yağ asidi bileşimleri EK-1’de verilmiştir. Tek yönlü varyans analizi

(ANOVA) sonuçlarına göre HS, G ve farklı ön işlem uygulamaları (ÖNZ, KD, BM ve DT) sonucu elde edilen tohum yağlarının yağ asidi bileşimleri üzerine kabuk soymanın etkisi istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (EK-1).



**Şekil 4.4.** Ham susam tohum yağına ait yağ asitlerinin tipik GC-FID kromatogramı (alıkonma zamanında başlıca yağ asitleri pikleri:27.410 dk palmitik asit C16:0; 31.041 dk stearik asit C18:0; 31.900 dk oleik asit C18:1; 33.280 linoleik asit C18:2; 34.207 dk araşidik asit C20:0; 34.798 dk  $\gamma$ -linolenik C18:3n6; 34.962 dk cis-11- eikosenoik asit C20:1n9; 37.224 dk  $\alpha$ -linolenik asit C18:3n3; 44.382 dk behenik asit C22:0)

EK-1 değerlendirildiğinde ham tohum ve kabuğu soyulmuş tohum yağlarının % 14.87-15.33 oranında doymuş yağ asidi içerdiği görülmektedir. Bu doymuş yağ asidi miktarının çok az bir kısmını araşidik ve behenik asit oluştururken, çoğunluğunu palmitik ve stearik asit oluşturmaktadır. Susam tohum yağlarında belirlenen başlıca doymuş yağ asidinin palmitik asit olduğu tespit edilmiştir. Ham susam tohumu ve farklı kabuk soyma yöntemleri uygulanmış tohumların palmitik asit içeriği % 8.65-8.88 arasında belirlenmiştir. Oleik ve linoleik asidin ise susam tohum yağlarındaki toplam yağ asidi miktarının % 80'ninden fazlasını oluşturduğu belirlenmiştir. Oleik asidin başlıca tekli doymamış yağ asidi olduğu, linoleik asidin ise başlıca çoklu doymamış yağ asidi olduğu görülmektedir. Çoklu doymamış yağ asitlerinden olan  $\alpha$  ve  $\gamma$ -linolenik asit miktarı ise oldukça küçük miktarlarda tespit edilmiştir.

Uygulanan farklı kabuk soyma yöntemleri sonucu elde edilen tohum yağlarının yağ asidi bileşimleri arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık olmadığı görülmüştür (EK-1). Aynı şekilde ham tohum ve geleneksel kabuk soyma yöntemi ile de aralarında önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Uygulanan ön işlemlerin, enzim

uygulamasının ve farklı çalışma koşullarının *Sesamum indicum* L. tohum yağlarının yağ asidi bileşimi üzerinde önemli bir etkisi olmadığı söylenebilir.

Ham susam tohumu ve farklı kabuk soyma yöntemleri uygulanmış tohumlardan ekstrakte edilen yağlar için tanımlanan yağ asidi profilleri daha önceki çalışmalarda belirlenen yağ asidi profillerine benzer şekilde (Nzikou ve ark., 2009; Ribeiro ve ark., 2016) oleik (C18:1), linoleik (C18:2), palmitik (C16:0), stearik (C18:0), araşidik (C20:0),  $\gamma$ -linolenik (C18:3n-6), Cis-11-eikosenoik (C20:1n-9),  $\alpha$ -linolenik (C18:3n-3) ve behenik (C22:0) asitten oluşmaktadır.

Ham susam tohumunda bulunan başlıca doymamış yağ asitleri %40.08 oleik ve %43.98 linoleik asit olarak belirlenirken, başlıca doymuş yağ asitleri %8.84 palmitik ve %5.66 stearik asit olarak tespit edilmiştir. Araşidik (%0.56),  $\gamma$ -linolenik (%0.29), Cis-11-eikosenoik (%0.14),  $\alpha$ -linolenik (%0.11) ve behenik (%0.17) asit de susam tohum yağında bulunan minor yağ asitleri arasındadır. Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği'nde susam yağının oleik, linoleik, palmitik, stearik, linolenik, eikosenoik ve behenik asit miktarları sırasıyla: %34.4-45.5; %36.9-47.9; % 7.9-12.0; %4.5-6.7; %0.2-1.0; en çok %0.3 ve en çok %1.1 olarak verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan susamın yağ asidi bileşimi TGK'ne uygundur. Çalışmada elde edilen susam yağında linoleik asit (%43.98) baskın yağ asidi olmakla birlikte, genel olarak yağ asidi bileşimi dikkate alındığında oleik-linoleik asit grubunda sınıflandırılabilir (Gharby ve ark., 2015; Tenyang ve ark., 2017).

Çin'de yetiştirilen susam tohumları üzerine çalışma yapan Kanu (2011) incelediği beyaz ve siyah susam tohumlarında baskın yağ asidi olarak oleik asidi (%46.27-45.85) belirlemiştir. Linoleik asit içeriğini, bizim çalışmamızda belirlenenden daha düşük (%38.79-37.89), palmitik asit içeriğini (%9.23-9.36) ise daha yüksek olarak bildirmiştir. Linolenik asit içeriğinin ise bu çalışma sonucuna benzer şekilde iz miktarda olduğunu belirtmiştir. Çalışmalar arasındaki bu farklılıkların nedeni olarak da susamın kökeni ve yağ ekstraksiyon metodunun farklı olmasını göstermiştir. Yağ asidi bileşiminin bitkinin çeşidi, olgunluk durumu, yetiştirildiği alan ve iklim koşullarına bağlı olarak da değişebileceği başka çalışmalarda da bildirilmiştir (Ivanova-Petropulos ve ark., 2015).

Birkaç yabancı susam türü ile birkaç kültüre alınan susam türünün yağ içeriği ve yağ asidi içeriği bakımından karşılaştıran Hiremath ve ark. (2007), tüm türlerde palmitik, oleik, stearik ve linoleik asidin başlıca yağ asidi olduğunu ifade etmişlerdir. Bununla birlikte stearik asidin yabancı türlerde kültüre alınan türlerden çok daha fazla bulunduğunu

ve yağ asidi içeriğindeki dağılım üzerinde genetik çeşitliliğin belirgin bir şekilde etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Yağ asitleri doymunluk derecelerine göre doymuş ve doymamış (tekli doymamış ve çoklu doymamış) yağ asitleri olarak sınıflandırılmaktadır. Başlıca doymamış yağ asitleri oleik, linoleik ve  $\alpha$ -linolenik asittir (Ivanova-Petropulos ve ark., 2015). Bu çalışmada kullanılan susam yağının, çoğunluğunu linoleik ve oleik asidin oluşturduğu yüksek doymamışlık (~%84.6) derecesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Kamerun'un Uzakdoğu Bölgesi'nde yetiştirilen kahverengi ve beyaz susam tohumlarının incelendiği Tenyang ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. EK-1 incelendiğinde ham susam tohum yağının çoklu doymamış yağ asidi içeriğinin (PUFA) % 44.38, tekli doymamış yağ asidi içeriğinin (MUFA) % 40.22 ve doymuş yağ asidi içeriğinin ise % 15.23 (SFA) olduğu görülmektedir. Tohumlarda PUFA içeriğinin yüksek olması linoleik asit içeriğinin fazla olmasıyla ilgilidir.

Bir yağın ya da yağlı tohumun yağ asidi bileşimi, yağın/yağlı tohumun besin değerinin önemli bir göstergesidir. Palmitik asidin, trigliseritler üzerinde  $\alpha$ -pozisyonunda esterleştiğinde kan kolesterol seviyesini yükseltmediği,  $\beta$ -pozisyonunda esterleştiğinde ise daha çok hiperkolesterolemik olduğu bildirilmiştir (Fokou ve ark., 2009).

Oleik asidin düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL, kötü kolesterol) üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı, fakat yüksek yoğunluklu lipoproteini (HDL, iyi kolesterol) yükselttiği düşünülmektedir (Tenyang ve ark., 2017).

Linoleik asit kardiyovasküler hastalıkları önlemekte, serum kolesterol seviyesini ve LDL seviyesini kısmen azaltmaktadır (Tenyang ve ark., 2017). Linoleik asit vücutta sentezlenemediğinden, gıdalardan alınması gereken en önemli esansiyel yağ asididir. Bir yetişkinin günlük alması gereken linoleik asit miktarı 10 g olarak bildirilmiştir (Fokou ve ark., 2009).

Genel olarak, tekli doymamış yağ asitlerinin HDL seviyesini artırdığı, LDL seviyesini düşürdüğü, doymuş yağ asitlerinin ise serum kolesterol seviyesini ve LDL düzeylerini yükselttiği ifade edilmiştir (Fokou ve ark., 2009). Bu nedenle de çoklu doymuş yağ asitleri doymuş yağ asitlerine göre daha sağlıklı kabul edilmektedir (Ribeiro ve ark., 2016).

Bu çalışmada kullanılan susam tohumunun çoklu doymamış yağ asidi içeriğinin yüksek olması onun yüksek besin değerine sahip olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar Fas'ta yetiştirilen susam tohumu ile ilgili çalışma yapan Gharby ve ark. (2015) ve Kongo-

Brazavil’de yetiştirilen susam tohum ve yağları üzerine çalışan Nzikou ve ark. (2009)’nın sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Çalışmada kabuk soyma işleminden önce uygulanan buharla muamele, kaynar suya daldırma, -18 °C’de bekletme işlemlerinin tohumun yağ asidi içeriği üzerinde önemli bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte uygulanan kabuk soyma yöntemleri kendi aralarında değerlendirildiğinde linoleik asit miktarı açısından B1 (%44.56) ve G (%43.76) birbirinden istatistiksel açıdan farklılık ( $p<0,05$ ) gösterirken, D2 (%8.65) çalışması sonucunda tespit edilen palmitik asit içeriği istatistiksel olarak K2 (%8.88), B1 (%8.88) ve G (%8.88) çalışmalarından farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Jain ve ark. (2016), tarafından tere tohumu üzerine yapılan çalışmada ısıtmanın yağ asidi bileşenleri üzerinde önemli bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır. Yine aynı çalışmada, yağ elde etmeden önce tohumlara uygulanan 95°C’de 15 dk kaynatma işleminin ham tohumla kıyaslandığında; palmitik, stearik ve araşidik asit miktarını önemli ölçüde artırdığı; oleik, linoleik ve linolenik asit miktarını ise azalttığı ifade edilmiştir. Jain ve ark. (2016)’nın çalışma sonuçlarının aksine bu çalışmada ön işlem olarak uygulanan kaynar suya daldırma işleminin kabuğu soyulmuş tohumların yağ asidi bileşimi üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür. Bu durumun nedeni olarak kaynar suda bekletme süresinin (1dk, 100°C) daha kısa tutulmuş olması gösterilebilir.

Ribeiro ve ark. (2016), enzim muamelesi ile susam yağı elde ettikleri bir çalışmada enzim uygulaması sonucu elde edilen susam yağının yağ asidi içeriğini, geleneksel ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen susam yağlarının yağ asidi içeriği ile karşılaştırmışlar ve linoleik asit miktarında geleneksel ekstraksiyon yöntemine göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artış olduğunu, palmitik asit içeriğinde ise anlamlı bir düşüş olduğunu bildirmişlerdir.

Tenyang ve ark. (2017) susam tohumlarına uygulanan kaynatma ve kavurma işlemlerinin yağ asidi bileşimine etkisini değerlendirmişler ve kaynatmanın yağ asidi bileşimi üzerinde çok az etkili olduğunu, en fazla değişimin beyaz susam tohumlarında 180 °C’de 10 dk kavurma sonucu PUFA ve MUFA içeriğinde meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Hassan (2012) ise yaptığı çalışmada 200 °C’de 15 dk kavurmanın yağ asidi profili ve yağ asidi bileşiminde herhangi bir değişikliğe yol açmadığını ifade etmiştir.

Kabuk soyma ile birlikte keten tohumlarının stearik ve oleik asit içeriğinin arttığı; linoleik, linolenik asit içeriğinin azaldığı; palmitik asit içeriğinde ise önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir (Oomah ve Mazza, 1997).

Bu araştırmada uygulanan enzim muamelesinin yağ asidi bileşimi ve dağılımı üzerinde belirgin bir etkisi gözlenmemiştir. Bu, sulu enzimatik susam yağı ve susam proteini ekstraksiyonun çalışıldığı ve Viscozyme L ile ekstrakte edilen yağların yağ asidi miktarında kontrol grubuna göre önemli bir değişiklik olmadığını belirten çalışma sonuçları ile benzerlik gösteren bir durumdur (Latif ve Anwar, 2011).

Kabuk soyma işleminin susam tohumunun başlıca yağ asitleri bileşiminde önemli bir değişikliğe neden olmadığını bildiren Elleuch ve ark. (2007)'nin çalışması da, bizim çalışmamızın sonuçlarını destekler niteliktedir.

Bu çalışmada, yağ asidi bileşimi üzerine enzim, kabuk soyma ve tohuma uygulanan farklı ön işlemlerin etkisi değerlendirilmiş ve önemli olmamakla birlikte küçük farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Bu küçük farklılıkların literatür verileri de dikkate alındığında, kabuk soyma proseslerinde kullanılan farklı pH, sıcaklık ve bekleme süresinden kaynaklanmış olabileceği düşünölmektedir.

#### 4.2.4. Renk analizi

Tohumlarda renk analizi kabuk soyma işleminin hemen ardından gerçekleştirilmiştir. Renk değerleri  $L^*$  (beyazlık/koyuluk),  $a^*$  (kırmızılık/yeşillik) ve  $b^*$  (mavilik/sarılık) değerleri olarak ifade edilmiş ve sonuçlar izelge 4.5'de verilmiştir.

Farklı kabuk soyma prosesi uygulanmış (ÖNZ, KD, BM ve DT) tohumların renk değerleri, HS ve G ile karşılaştırıldığında elde edilen  $L^*$  değerleri üzerine kabuk soymanın istatistiki açıdan etkisi anlamlı bulunmuştur. Ham tohumun  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri sırasıyla 63.28, 4.23 ve 23.11 olarak bulunmuş; G alışması sonucu elde edilen tohumun  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri ise sırasıyla 72.59, 0.43 ve 18.21 olarak elde edilmiştir.

Ön işlem uygulanmamış çalışma grubunda Ö1, Ö2 ve Ö3 için renk değerleri sırasıyla  $L^*$ : 79.83, 80.76 ve 80.68;  $a^*$ : -0.47, -0.56 ve -0.46;  $b^*$ : 17.83, 16.87 ve 16.11 olarak tespit edilmiştir. Kabuk soyma ile birlikte ÖNZ alışma grubunun açıklığı ifade eden  $L^*$  değerinin arttığı,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin ise azaldığı görölmüştür. Çalışma grubu kendi içinde değerlendirildiğinde Ö1, Ö2 ve Ö3 için  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri arasında önemli bir farklılık olmadığı görölmektedir.

**Çizelge 4.5.** Ham susam tohumu ve farklı kabuk soyma işlemleri uygulanmış tohumların renk analizi ve istatistik analizi sonuçları

		$L^*$ değeri	$a^*$ değeri	$b^*$ değeri
	<b>HS</b>	63.28±1.04 <sup>a</sup>	4.23±0.21 <sup>d</sup>	23.11±0.13 <sup>e</sup>
	<b>G</b>	72.59±0.27 <sup>c</sup>	0.42±0.21 <sup>c</sup>	18.21±0.67 <sup>cd</sup>
<b>ÖNZ</b>	<b>Ö1</b>	79.83±0.88 <sup>de</sup>	-0.47±0.14 <sup>ab</sup>	17.83±0.36 <sup>bcd</sup>
	<b>Ö2</b>	80.76±0.62 <sup>c</sup>	-0.56±0.10 <sup>ab</sup>	16.87±0.39 <sup>abc</sup>
	<b>Ö3</b>	80.68±0.57 <sup>e</sup>	-0.46±0.13 <sup>ab</sup>	16.11±0.12 <sup>a</sup>
<b>KD</b>	<b>K1</b>	79.56±0.16 <sup>de</sup>	-0.63±0.03 <sup>ab</sup>	17.32±0.34 <sup>abc</sup>
	<b>K2</b>	79.27±0.17 <sup>de</sup>	-0.85±0.03 <sup>a</sup>	19.06±0.09 <sup>d</sup>
	<b>K3</b>	79.33±0.58 <sup>de</sup>	-0.48 ±0.03 <sup>ab</sup>	18.36±0.10 <sup>cd</sup>
<b>BM</b>	<b>B1</b>	70.42±0.31 <sup>b</sup>	0.69±0.27 <sup>c</sup>	26.32±0.70 <sup>f</sup>
	<b>B2</b>	70.21±0.45 <sup>b</sup>	0.83±0.13 <sup>c</sup>	26.02±0.89 <sup>f</sup>
	<b>B3</b>	70.01±0.48 <sup>b</sup>	0.52±0.42 <sup>c</sup>	25.07±0.99 <sup>f</sup>
<b>DT</b>	<b>D1</b>	80.35±0.79 <sup>de</sup>	-0.39±0.03 <sup>ab</sup>	17.77±0.41 <sup>bcd</sup>
	<b>D2</b>	78.59±1.73 <sup>d</sup>	-0.24±0.12 <sup>b</sup>	17.35±0.56 <sup>abc</sup>
	<b>D3</b>	80.69±0.72 <sup>c</sup>	-0.48±0.02 <sup>ab</sup>	16.43±0.67 <sup>ab</sup>

HS: ham susam tohumu, G: geleneksel yöntemle soyulmuş susam tohumu, ÖNZ: ön işlem uygulanmamış susam tohumu, KD: kaynar suya daldırılmış susam tohumu, BM: buharla muamele edilmiş susam tohumu, DM: -18 °C'de tutulmuş susam tohumu; <sup>a-f</sup>: farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki açıdan ( $p<0.05$ ) birbirinden farklıdır

Kaynar suya daldırılmış çalışma grubunun K1, K2 ve K3 için renk değerleri  $L^*$ : 79.56, 79.27 ve 79.33;  $a^*$ : -0.63, -0.85 ve -0.48;  $b^*$ : 17.32, 19.06 ve 18.36 olarak belirlenirken, DT grubunda D1, D2 ve D3 çalışmaları için sırasıyla  $L^*$ : 80.35, 78.59 ve 80.69;  $a^*$ : -0.39, -0.24 ve -0.48;  $b^*$ : 17.77, 17.35 ve 16.43 değerleri belirlenmiştir. Kaynar suya daldırılan tohumların çalışıldığı KD grubunda ve DT grubunda ÖNZ çalışma grubuna benzer bir durum tespit edilmiştir.

Çalışma grupları ÖNZ, KD ve DT grubu sonucu elde edilen  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin HS ve G çalışmalarına göre önemli derece farklılık gösterdiği, kabuk soyma ile birlikte tohumun  $L^*$  değerinin arttığı,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin ise azaldığı görülmüştür. Bu çalışma grupları birlikte değerlendirildiğinde ise  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri arasında önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Aynı çalışma gruplarının uzaklaşan kabuk oranı değerleri arasında da önemli bir farklılık olmaması renk değerleri arasında da bir farklılık olmaması sonucunu desteklemektedir.



Buharla muamele edilmiş B1, B2 ve B3 çalışmaları için ise  $L^*$ :70.42, 70.21 ve 70.01;  $a^*$ : 0.69, 0.83 ve 0.52;  $b^*$ : 26.32, 26.02 ve 25.07 değerleri olarak rapor edilmiştir. Bu çalışma grubunda elde edilen renk değerlerinin ham susam tohumundan farklılık gösterdiği fakat G çalışması sonucu elde edilen tohumların renk değeriyle karşılaştırıldığında daha koyu renkli tohum elde edildiği görülmektedir. Buharla muamele ön işlemi uygulanmış tohumların  $L^*$  değerinin azalmasında,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin ise artmasında tohuma ön işlem olarak uygulanan yüksek ısı ve basıncın etkili olmuş olabileceğini düşünülmektedir.

Susam tohumunun renk ve mikroyapısı üzerine kimyasal kabuk soymanın etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada, susam tohumundaki renk değişiminin sadece uzaklaşan kabuk oranına bağlı olmadığı, kabuk soyma prosesine de bağlı olduğu rapor edilmiştir. Aynı çalışmada ısı işlem sırasında hem enzimatik olmayan esmerleşme hem de fosfolipidlerin bozunmasının susam yağındaki renk oluşumu üzerinde etkili olduğu ifade edilmiştir (Carbonell-Barrachina ve ark., 2009).

Elleuch ve ark. (2007), ham susamdan elde edilen susam yağının  $L^*$  değerinin, susam tohum kabuğundan elde edilen yağın  $L^*$  değerinden yüksek,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin ise susam kabuğundan elde edilen yağın  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinden düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Renk tüketicinin kabul edebilirliğini etkilediğinden dolayı gıda maddelerinin en önemli görünüş özelliklerinden biridir. Ayrıca, kavurma işleminin renk oluşum derecesi ile takip edilmesi veya meyvelerin sıcak havayla kurutulması gibi işlemlerde de renk önemli bir parametre olarak kullanılmaktadır (Maskan, 2001; Kahyaoğlu ve Kaya, 2006). Bu çalışmada da renk parametreleri, özellikle de parlaklık/açıklık hakkında bilgi veren  $L^*$  değeri, kabuk soymanın bir göstergesi olarak kullanılmıştır.

Sonuç olarak, kabuk soyma işlemi ile birlikte tohumlarda parlaklık hakkında bilgi veren  $L^*$  değerlerinin arttığı, yeşillik-kırmızılık hakkında bilgi veren  $a^*$  değerlerinin ve mavilik-sarılık hakkında bilgi veren  $b^*$  değerlerinin azaldığı görülmektedir. En yüksek uzaklaşan kabuk oranının elde edildiği Ö3 çalışmasının  $L^*$  değeri de (80.76) en fazla ve  $b^*$  değeri (16.13) ise en az olarak bulunmuştur. Buharla muamele ön işlemi uygulanmış tohumların ise daha koyu renkli olduğu sonucuna varılmıştır. Tüm bu veriler birlikte değerlendirildiğinde tohumun renk değeri üzerinde sadece kabuk soymanın etkili olmadığı uygulanan ön işlemlerin ve kabuk soyma proseslerin de etkili olduğu söylenebilir.

#### 4.2.5. Mineral madde içeriği

Ham susam tohumuna ve farklı ön işlemler uygulanarak soyulan tohumlara ait mineral içerikleri Çizelge 4.7’de gösterilmiştir.

Ham susam tohumunda fosfor baskın mineral olarak belirlenirken, onu magnezyum, kalsiyum ve demir takip etmiştir. Susam tohumunun P içeriği 4460.92 ppm olarak tespit edilirken, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn ve Cu içeriği sırasıyla, 1392.34, 664.71, 120.70, 22.60, 68.67 ve 22.17 ppm olarak belirlenmiştir. Alüminyum, Cr, Co, Ni, Se, Ba ve Pb susam tohumunda düşük miktarda belirlenen diğer minerallerdir.

Bu çalışmada kullanılan ham susam tohumun Mg içeriği Gharib-Zahedi ve ark. (2009), Alyemeni ve ark. (2011), Tenyang ve ark. (2017) ve Makinde ve Akinoso (2013)’un sonuçlarından düşük olarak bulunmuştur. Fosfor ve Mn içeriği Bamigboye ve ark. (2010)’nın çalışma sonuçlarından yüksek diğer literatür verilerinden düşük olarak bulunmuştur (Elleuch ve ark., 2007; Gharib-Zahedi ve ark., 2009; Nzikou ve ark., 2009; Alyemeni ve ark., 2011; Makinde ve Akinoso, 2013; Tenyang ve ark., 2017). Demir içeriği ise literatür verilerinden yüksek bulunmuştur (Gharib-Zahedi ve ark., 2009; Bamigboye ve ark., 2010; Alyemeni ve ark., 2011; Makinde ve Akinoso, 2013; Tenyang ve ark., 2017). Çinko içeriği Bamigboye ve ark. (2010), Alyemeni ve ark. (2011)’nin elde ettiği sonuçlardan yüksek, Gharib-Zahedi ve ark. (2009), Tenyang ve ark. (2017) ve Makinde ve Akinoso (2013)’nun sonuçlarından düşük çıkmıştır (Çizelge 4.6).

Sudan’da yetiştirilen farklı susam çeşitlerinin kimyasal kompozisyonunun incelendiği bir çalışmada; çeşitlerin Ca, Fe ve K içerikleri arasında önemli farklılıklar olduğu bildirilmiştir (El Khier ve ark., 2008). Beyaz, siyah ve kahverengi olmak üzere farklı kabuk renklerindeki susam çeşitlerinin incelendiği bir çalışmada, susamların mineral içerikleri arasında önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Beyaz, siyah ve kahverengi susam tohumlarının farklı oranlarda Ca (638.33, 703.33 ve 451.67 ppm), Fe (2.17, 8.57 ve 7.53 ppm), Mg (566.6, 366.6 ve 366.6 ppm) ve Zn (0.60, 0.78 ve 0.57 ppm) içerdiği bildirilmiştir (Saeed ve ark., 2015). Aynı tohumun mineral içeriğinin farklı çalışmalarda çeşitlilik göstermesinin sebebi Jain ve ark. (2016)’nın da bildirdiği gibi çevresel faktörler, çeşit farklılığı ve toprak tipi olabilir.

Günlük gereksinmemiz 250 mg’ın üzerinde olan mineraller temel elementlerdir ve makro mineraller olarak ifade edilir. Potasyum, Na, Ca, Mg, Cl, S ve P makro minerallerdir. Demir, Cr, Mn, Mo, Se, Cu, I, Co, F ve Zn günlük gereksinmemizin 20

mg'ın altında olduğu eser (iz) minerallerdir ve mikro mineraller olarak da ifade edilmektedir (Samur, 2008; Topçu ve ark., 2014).

Mineraller, birçok önemli enzimin yapısında bulunmakla birlikte, katalizör ve antiokasidan olarak hareket ederler. Metabolizmadaki önemli rolleri nedeniyle eşsiz besinlerdir (Gharib-Zahedi ve ark., 2009). Kalsiyum ve Mg; fotosentez, karbonhidrat metabolizması, nükleik asitler ve hücre duvarını bağlayıcı maddelerde önemli bir rol oynar. Ayrıca Ca dişlerin gelişimine yardım eder. Magnezyum, Ca ve Cl enzim aktivitesi için gerekli mineraldir, Mg aynı zamanda vücudun asit-alkali dengesini düzenlemede de önemli bir rol oynar. Fosfor kemik gelişimi, böbrek fonksiyonu ve hücre büyümesi için gereklidir. Fosforun da vücudun asit-alkali dengesinin korunmasında önemli bir rol oynadığı ifade edilmiştir (Nzikou ve ark., 2009).

Geleneksel yöntemle soyulan tohumların mineral içerikleri ham susam tohumu ile karşılaştırıldığında; Mg, P, Ca, Fe, Mn, Al ve Cr içeriğinin azaldığı, Cu ve Zn'nin ise az da olsa arttığı görülmektedir.

Ham susam tohumunun mineral içeriği ile ÖNZ çalışma grubunun mineral içeriği karşılaştırıldığında; genel olarak kabuk soyma ile birlikte Ca ve Al içeriğinin ve Ö1 çalışması hariç Fe ve Mn içeriğinin azaldığı, Cu ve Zn içeriğinin ise arttığı görülmektedir. Ön işlem uygulanmamış tohumlarla yapılan çalışmalarda Ö1, Ö2 ve Ö3'ün P içeriği sırasıyla 4,382.69, 4,801.90 ve 4,509.40 ppm olarak, Ca içeriği sırasıyla 99.35, 67.58 ve 90.66 ppm olarak belirlenmiştir. Buradan Ö1'in en düşük P içeriğine ve en yüksek Ca içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Fosfor içeriğinin Ö2'de en fazla olduğu, Ca içeriğinin ise en düşük olduğu bulunmuştur. En yüksek FA içeriğine sahip olan Ö1 çalışmasının aynı zamanda en yüksek Ca, Fe, Cu ve Zn içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, uzaklaşan kabuk oranı ve mineral içeriği arasında doğrusal bir ilişki olmadığı söylenebilir.

**Çizelge 4.6.** Ham susam tohumunun mineral içeriğinin literatür verileriyle karşılaştırılması (ppm)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Araştırma Sonuçları
<b>Ca</b>	2,811	4,154	9,800	12,000	9,855	4,736	723.57	-	-	664.71
<b>Fe</b>	38.3	-	107	106	98.3	62.1	64.48	106	113.9	120.70
<b>P</b>	1,570	6,473	5,038	5,800	6,266	4,657	8,309	-	5,160	4,460.92
<b>Mn</b>	10.3	-	51.1	-	49.0	59.0	ND	34	34.6	22.60
<b>Zn</b>	44.6	-	86.3	38	81.8	87.8	28.16	90	88.7	68.67
<b>Mg</b>	-	5,795	2,882	1,850	4,452	4,123	2,191	-	3,499	1,392.34
<b>Cu</b>	-	-	24.7	-	19.6	-	11.58	22	21.5	22.17

1: Bamigboye ve ark. (2010) 2: Nzikou ve ark. (2009) 3: Gharib-Zahedi ve ark. (2009) 4: Alyemeni ve ark. (2011) 5: Tenyang ve ark. (2017) 6: Makinde ve Akinoso (2013) 7: Özcan (2006) 8: Paroha ve ark. (2014) 9: Elleuch ve ark. (2007)

Buharla muamele edilmiş tohumlarla yapılan çalışma kendi içinde değerlendirildiğinde; genel olarak kabuk soyma ile birlikte Ca, Fe, Al ve Mn içeriği azalmış, Cu ve Zn içeriği ise artmıştır. Bu çalışma grubunda B1, B2 ve B3 için P içeriği sırasıyla; 4,558.52, 4,946.06 ve 4,389.62 ppm, Ca içeriği ise sırasıyla 73.18, 96.88 ve 209.4 ppm olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.7’de B3’ün hem en düşük P içeriğine hem de en yüksek Ca içeriğine sahip olduğu görülmektedir. En yüksek uzaklaşan kabuk oranına da sahip olan B3’ün aynı zamanda en yüksek Cu içeriğine ve en düşük Fe içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma grubunda ÖNZ çalışma grubunun aksine, en düşük FA içeriğine sahip olan B1 çalışmasının Ca içeriğinin de en düşük olduğu görülmüştür.

Dondurucuda tutulan tohumlarla yapılan çalışmalarda genel olarak Mg, Ca, Fe, Al ve Mn içeriği azalmış; Cu ve Zn içeriği artmıştır. Bu çalışma grubunda en yüksek uzaklaşan kabuk oranına sahip olan D3’ün aynı zamanda en düşük P ve Fe içeriğine ve en yüksek Ca, Cu ve Zn içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Çalışma grubundaki D1, D2 ve D3 çalışmaları için P içeriği sırasıyla 4,559.03, 4,710.27 ve 4,386.73 ppm, Ca içeriği ise 55.35, 73.42 ve 87.84 ppm olarak tespit edilmiştir.

Kaynar suya daldırılmış tohumlarla yapılan çalışmalarda Mg ve Zn içeriğinin arttığı; Ca, Fe, Mn, Al ve Cu içeriğinin ise azaldığı görülmektedir. Bu çalışma grubundaki K1, K2 ve K3 çalışmaları için P içeriği sırasıyla 4909.82, 4692.57 ve 4684.34 ppm ve Ca içeriği 71.22, 50.08 ve 146.06 ppm olarak belirlenmiştir. Bu çalışma grubunda da K3’ün P içeriğinin en düşük, Ca içeriğinin ise en yüksek olduğu görülmektedir. En düşük uzaklaşan kabuk oranına sahip olan K2 çalışmasının FA içeriği en yüksek, Ca içeriği ise en düşük olarak belirlenmiştir.

Kabuğu soyulmuş tohumlar ile ham susam tohumunun mineral içeriği arasındaki farklılıkların tohumun soyulması sırasında mineral elementlerinin geri kazanılması ya da elemine edilmesi ile açıklanabileceği bildirilmiştir. Bazı minerallerin kabuk soyma ile birlikte azalması, o minerallerin çoğunlukla susam kabuğunda toplanmış olmaları ve kabuk soymayla tohumdan uzaklaşmaları ile açıklanmıştır. Özellikle Ca’un çoğunlukla kabukta yoğunlaştığı ve kabuk soymayla birlikte de tohumdan uzaklaştığı ifade edilmiştir (El-Adawy ve Mansour, 2000; Elleuch ve ark., 2007). Bu çalışma sonucunda kabuk soyma ile birlikte en fazla kaybın Ca miktarında olduğu görülmüştür.

Nijerya’da yetiştirilen ham ve kabuğu soyulmuş susam tohumlarının mineral kompozisyonunun incelendiği bir çalışmada, ham susam tohumunun K, Na, Ca, Fe, P,

Mn ve Zn içeriği sırasıyla 106.7, 36.1, 281.1, 3.83, 157.0, 1.03 ve 4.46 mg/100g olarak, soyulmuş susam tohumunun K, Na, Ca, Fe, P, Mn ve Zn içeriği ise 124.0, 32.1, 268.1, 3.88, 131.7, 1.04 ve 3.08 mg/100g olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada kabuğu soyulmuş tohumun Ca içeriğinde azalma olduğu, Fe ve Mn içeriğinde ise az da olsa artış olduğu bildirilmiştir (Bamigboye ve ark., 2010). Bizim çalışmamızda ise kabuk soyma ile birlikte Ca içeriğinde azalma tespit edilmiştir. Demir içeriğinin ise çalışılan prosese göre farklılık göstermekle birlikte azaldığı belirlenmiştir.

Beyaz ve siyah renkli tohumların ham ve kabuğu soyulmuş haldeki mineral içerikleri belirlenmiştir. Ham beyaz susam tohumunun Ca, P, K, Mg, Fe, Zn ve Mg içeriği sırasıyla; 473.59, 466.03, 465.67, 412.33, 6.21, 8.78 ve 5.90 mg/100g olarak, soyulmuş beyaz tohumun Ca, P, K, Mg, Fe, Zn ve Mg içeriği 445.61, 424.48, 320.85, 340.60, 6.06, 7.67 ve 1.43 olarak belirlenmiştir. Ham siyah susam tohumun Ca, P, K, Mg, Fe, Zn ve Mg içeriği 521.88, 482.82, 468.83, 380.60, 5.54, 7.90 ve 6.22 mg/100g, soyulmuş siyah tohumun Ca, P, K, Mg, Fe, Zn ve Mg içeriği ise sırasıyla 459.16, 440.51, 336.14, 325.51, 5.01, 7.40 ve 2.45 mg/100g olarak bildirilmiştir. Kabuk soyma ile birlikte her iki tohum çeşidinin de Ca ve Mg içeriğinin azaldığı rapor edilmiştir (Makinde ve Akinoso, 2013). Bu araştırmada da kabuk soyma ile birlikte ham susam tohumuna göre tohumun mineral içeriğinde farklılıklar meydana geldiği ve Ca içeriğinin önemli derecede azaldığı belirlenmiştir. Fakat Mg içeriğindeki değişim tohuma uygulanan ön işleme ve kabuk soyma prosesine göre farklılık göstermiştir.

Daha önce yapılan bir çalışmada, kabuk soymanın kırmızı ve beyaz fasülye çeşitlerinde Zn ve K içeriğini çok az artırırken, Na, Mg, P, Fe ve Cu içeriğini önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir (Yewande ve Thomas, 2015).

Farklı tohum renklerine sahip (beyaz, açık kahve, koyu kahve ve siyah) susamın, soyulmuş susamların ve tohum kabuklarının incelendiği bir çalışmada Fe, Mn, Zn Mg ve Cu içerikleri değerlendirilmiş ve ham susam tohumu ile kabuğu soyulmuş susam tohumlarının mineral içerikleri arasında farklılıklar olduğu rapor edilmiştir (Paroha ve ark., 2014).

Islatma işleminin bazı minerallerde çok az da olsa azalmaya neden olduğu, bu azalmaların sebebinin de minerallerin ıslatma suyuna geçmesinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Khalil, 2001). Susam ununun mineral içeriği, anti-nutrient içeriği ve besin kompozisyonu üzerine prosesin etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada prosesin ve proses süresinin susam ununun Ca, Na, Mg, Zn, Fe ve Cu içeriğini azalttığı ifade edilmiştir (Jimoh ve ark.,

**Çizelge 4.7.** Ham susam tohumuna ve farklı kabuk soyma işlemleri uygulanmış tohumlara ait mineral içerikleri (ppm)

		Mg	Al	P	Ca	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Cd	Ba	Hg	Pb
	HS	1392.34	83.37	4460.92	664.71	0.92	22.60	120.70	0.34	1.70	22.17	68.67	0.00	0.14	0.00	27.70	0.00	0.53
	G	1205.29	14.30	4262.23	107.26	0.79	20.00	106.26	0.43	0.95	22.38	70.54	0.00	0.00	0.00	6.87	0.00	0.66
ÖNZ	Ö1	1335.54	17.88	4382.69	99.35	0.86	28.65	126.86	0.29	1.55	32.79	114.02	0.00	0.05	0.04	9.38	0.00	0.67
	Ö2	1475.92	15.13	4801.90	67.58	1.37	20.53	107.77	0.42	1.55	22.23	80.46	0.00	0.23	0.04	17.85	0.00	0.70
	Ö3	1327.51	14.60	4509.40	90.66	1.28	20.65	118.78	0.34	1.46	22.56	96.53	0.00	0.61	0.04	5.24	0.00	0.65
KD	K1	1495.53	13.86	4909.82	71.22	1.08	20.20	107.09	0.30	1.38	19.87	101.71	0.00	0.00	0.01	6.89	0.00	0.47
	K2	1406.37	15.67	4692.57	50.08	0.89	20.94	113.81	0.35	1.73	21.88	77.47	0.00	0.22	0.00	5.55	0.00	0.73
	K3	1413.66	18.26	4684.34	146.06	1.08	20.52	107.79	0.56	1.18	19.91	77.65	0.00	0.39	0.03	5.51	0.00	0.68
BM	B1	1323.59	13.85	4558.52	73.18	0.63	20.60	117.09	0.36	1.37	23.03	77.27	0.00	0.40	0.02	14.36	0.00	0.61
	B2	1469.31	13.40	4946.06	96.88	0.99	19.29	106.21	0.42	1.70	22.75	83.39	0.00	0.65	0.04	5.30	0.00	0.52
	B3	1282.53	13.57	4389.62	209.40	0.98	21.55	104.26	0.35	1.34	24.34	77.41	0.00	0.14	0.00	7.29	0.00	0.42
DT	D1	1306.21	13.51	4559.03	55.35	1.20	20.00	117.55	0.32	1.61	22.97	73.93	0.00	0.48	0.00	19.56	0.00	0.48
	D2	1366.37	13.21	4710.27	73.42	1.10	20.24	117.00	0.32	1.90	22.98	81.62	0.00	0.00	0.02	16.04	0.00	0.63
	D3	1341.54	18.20	4386.73	87.84	1.18	21.02	106.16	0.37	1.96	23.39	83.04	0.00	0.32	0.01	5.69	0.00	0.63

HS: ham susam tohumu, G: geleneksel yöntemle soyulmuş susam tohumu, ÖNZ: ön işlem uygulanmamış susam tohumu, KD: kaynar suya daldırılmış susam tohumu, BM: buharla muamele edilmiş susam tohumu, DM: -18 °C'de tutulmuş susam tohumu

Önceden ıslatılan mercimeklere uygulanan farklı pişirme tekniklerinin (kaynatarak, otoklavda ve mikrodalgada) mercimeğin Ca, K, Mg, P, Na, Fe, Cu, Zn ve Mn içeriğini azalttığı bildirilmiştir (Hefnawy, 2011). Benzer şekilde bu araştırma sonucunda da tohumun mineral içeriği üzerinde sadece kabuk soymanın etkili olmadığı görülmüştür.

Tüm çalışma grupları ve literatür verileri birlikte değerlendirildiğinde, kabuk soyma ile birlikte tohumların Fe, Ca ve Al içeriklerinin azaldığı ve Zn içeriğinin ise arttığı görülmüştür. Magnezyum ve P içeriklerinde ise düzenli bir değişime rastlanmamıştır. Çalışmalardaki mineral içeriğindeki artış/azalışların uzaklaşan kabuk oranıyla paralellik göstermediği görülmektedir. Fakat tüm çalışma gruplarında en düşük fosfor içeriğine sahip olan çalışmaların aynı zamanda en yüksek Ca içeriğine de sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durum Ca mineralinin kabukla uzaklaşmasının yanı sıra tohumda kalan Ca mineralinin de FA ile değil fosforla bileşik oluşturmasından ve P ortamdan uzaklaştıkça da Ca içeriğinin artmasından kaynaklanmış olabilir. Bu sonuçlar dikkate alındığında tohumun mineral içeriğinin sadece kabuk soymaya bağlı olarak değişmediği tohumu uygulanan ön işlemlerin (kaynar suya daldırma, buharla muamele ve -18 °C’de tutma), farklı kabuk soyma proseslerinin ve FA içeriğinin de mineral madde miktarındaki değişimde etkili olduğu söylenebilir.

#### **4.2.6. Fitik asit içeriği**

Tüm numunelerin fitik asit içeriği spektrofotometrik yöntem kullanılarak belirlenmiş ve ham susam tohumunun fitik asit içeriği 2988.99 mg/100g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.8). Farklı kabuk soyma prosesleri uygulanan tohumların fitik asit içerikleri ile ham susam tohumunun fitik asit içeriği arasında istatistiki açıdan farklılık ( $p<0.05$ ) olduğu tespit edilmiştir. Çalışma grupları kendi aralarında kıyaslandığında, ÖNZ ve BM arasındaki fark istatistiki açıdan anlamlı bulunurken, KD çalışma grubu arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.

Geleneksel yöntemle soyulan tohumun FA içeriği 3,282.983 mg/100g olarak belirlenirken, ÖNZ çalışma grubunun fitik asit içeriği Ö1, Ö2 ve Ö3 için sırasıyla 3,372.583, 3,266.183 ve 3,180.784 mg/100g olarak belirlenmiştir. Ön işlem uygulanmamış çalışma grubunda uzaklaşan kabuk oranı arttıkça FA içeriğinin azaldığı görülmüştür.

Kaynar suya daldırılmış tohumlara uygulanan kabuk soyma yöntemleri sonucu elde edilen tohumların fitik asit içeriği K1, K2 ve K3 için 3,453.782, 3,518.182 ve 3,392.183 mg/100 g olarak belirlenirken, DT çalışma grubunun FA içeriği D1, D2 ve D3 sırasıyla 3,275.983, 3,091.184 ve 3,257.783 mg/100 g olarak tespit edilmiştir.

Buharla muamele edilmiş tohumların B1, B2 ve B3 için FA içeriği sırasıyla 2,351.988, 2,700.586 ve 2,784.586 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Bu çalışma grubu kendi içinde değerlendirildiğinde, uzaklaşan kabuk oranı (%) arttıkça FA içeriğinin de azaldığı görülmektedir (Çizelge 4.8). Buharla muamele edilerek kabuğu soyulan tohumların FA içeriğinin ham tohumla karşılaştırıldığında azaldığı; ÖNZ, KD, DT ve G çalışmalarının FA içeriğinin ise kabuk soyma ile birlikte arttığı görülmektedir.

**Çizelge 4.8.** Ham susam tohumu ve farklı kabuk soyma yöntemleri uygulanmış tohumların uzaklaşan kabuk oranı, fitik asit içerikleri ve istatistik analiz sonuçları

		Uzaklaşan kabuk oranı (%)	Fitik Asit (mg/100g)	
			Ortalama	±Standart sapma
	<b>HS</b>		2,988.985 <sup>d</sup>	52.18
	<b>G</b>	9.60	3,282.983 <sup>g</sup>	6.42
<b>ÖNZ</b>	<b>Ö1</b>	12.65	3,372.583 <sup>h</sup>	33.60
	<b>Ö2</b>	13.22	3,266.183 <sup>g</sup>	27.33
	<b>Ö3</b>	14.08	3,180.784 <sup>f</sup>	21.55
<b>KD</b>	<b>K1</b>	13.13	3,453.780 <sup>jk</sup>	49.04
	<b>K2</b>	11.75	3,518.180 <sup>k</sup>	12.83
	<b>K3</b>	12.93	3,392.183 <sup>hj</sup>	16.97
<b>BM</b>	<b>B1</b>	11.45	2,351.990 <sup>a</sup>	30.29
	<b>B2</b>	11.23	2,700.587 <sup>b</sup>	11.11
	<b>B3</b>	11.57	2,784.590 <sup>c</sup>	38.49
<b>DT</b>	<b>D1</b>	13.11	3,275.983 <sup>g</sup>	21.82
	<b>D2</b>	13.52	3,091.184 <sup>e</sup>	7.27
	<b>D3</b>	13.58	3,257.783 <sup>g</sup>	4.85

HS: ham susam tohumu, G: geleneksel yöntemle soyulmuş susam tohumu, ÖNZ: ön işlem uygulanmamış susam tohumu, KD: kaynar suya daldırılmış susam tohumu, BM: buharla muamele edilmiş susam tohumu, DM: -18 °C'de tutulmuş susam tohumu, <sup>a-k</sup>: farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik açıdan (p<0.05) birbirinden farklıdır.



Bu çalışmada ham susam tohumu için belirlenen FA içeriği, susam tohumunun fitik asit miktarını 3,159 mg/100g olarak belirleyen Olagunju ve Ifesan (2013)'ın sonuçlarından düşük, Etiyopya'da tüketilen susam tohumlarının fitat içeriğini 1,525 mg/100g olarak belirleyen Abebe ve ark. (2007)'nin sonuçlarından ve beyaz ve siyah susam tohumlarının fitat içeriğini sırasıyla 1,207.4 ve 1,414.5 mg/100g olarak belirlemiş olan Kamchan ve ark. (2004)'nin sonuçlarından yüksek olarak tespit edilmiştir. Çalışmalar arasındaki FA içeriğinin farklı olmasının birçok sebebi vardır. Bunlardan bazıları; genetik faktörler, çevresel değişimler, yetiştirilen bölge, sulama koşulları, toprak tipi, hasat yılı, tohum çeşidi ve rengi, gübreleme ve fitik asit belirleme metodudur (Gibson ve ark., 2006; Greiner ve Konietzny, 2006; Abebe ve ark., 2007).

Baklagil çeşitleri ve kolza tohumu üzerine yapılan daha önceki çalışmalarda fitik asitin çoğunlukla tohum kabuğunda yoğunlaştığı ve kabuk soyma işlemi ile birlikte fitik asit içeriğinin de azaldığı bildirilmiştir (Zeb ve ark., 2002; Ghavide ve Prakash, 2007). Susam tohumu ile ilgili yapılan bir çalışmada susam tohumundaki fitatın kabuk kısmında bulunduğu ve kabukla birlikte tohumdan uzaklaştığı rapor edilmiştir (Makinde ve Akinoso, 2013). Bu nedenle bu çalışmada da kabuk soyma ile fitik asit miktarının azalması beklenmiştir. Fakat çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, sadece ön işlem olarak buhar muamelesi uygulanmış tohumların fitik asit içeriğinin, ham susam tohumu ile karşılaştırıldığında belirgin bir azalma gösterdiği tespit edilmiştir.

Afrika cevizleri üzerine yapılan bir çalışmada, fitat içeriğindeki azalmanın ıslatma suyuna geçmeye, ısıyla bozulmaya ve fitat ile protein ve mineraller gibi diğer bileşenler arasında çözünmez komplekslerin oluşumuna bağlı olabileceği ifade edilmiştir (Arinola ve Adesina, 2014).

Başka bir çalışmada ise fitik asitin ısıya dayanıklı olduğu bildirilmiştir (Greiner ve Konietzny, 2006). Bu bilgiler fitik asit üzerinde ısının etkisinin olup olmadığı ile ilgili bilgilerin tutarsız olduğunu göstermektedir. Buhar ön işlemi uygulanmış tohumların fitik asit içeriğindeki azalmada ön işlem olarak uygulanan basıncın etkili olmuş olabileceği düşünülmektedir. Soya fasülyesi, pirinç, buğday, mısır gevreği ve susamın fitik asit miktarının otoklavlama ile azaldığının bildirildiği (Khalil, 2001) çalışma bu sonucu destekler niteliktedir. Bu sonuçlar dikkate alındığında susam tohumunun fitik asit

içeriğinin azalmasında kabuk soyma işleminden ziyade tohuma uygulanan ön işlemlerin etkili olduğu söylenebilir.

Geleneksel yöntem, ÖNZ, KD ve DT grupları ile soyulan tohumların fitik asit içeriklerinde ham susam tohumuna kıyasla belirgin bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu durum ham, soyulmuş susam ve susam kabuğu üzerine çalışma yapan Makinde ve Akinoso (2013)'nin sonuçları ile örtüşmemektedir. Fakat kuru fasülyenin kabuğunun soyulmasının FA içeriğini önemli derecede arttırdığını bildiren Deshpande ve ark. (1982)'nin ve kolza tohumunun kabuk soyma ile birlikte FA içeriğinin arttığını rapor eden Matthäus (1998)'nin çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir. Çalışmalar arasındaki bu farklılığın nedeninin, kullanılan kabuk soyma yöntemi ve koşulları, kullanılan fitik asit belirleme metodunun farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu çalışmada fitik asit içeriğindeki artış, ekstraksiyon sırasında FA'in tohum kabuğu bileşenleri ile kompleks oluşturarak ham tohumdaki fitik asit içeriğinin daha düşük değerlendirilmesine yol açmış olmasından kaynaklanmış olabilir. Ayrıca, kabuk soyma ile birlikte FA ekstraksiyon verimliliği artarak kabuğu soyulmuş tohumların fitik asit içeriğinin daha yüksek çıkmasına sebep olmuş olabilir. Son olarak da, susam kabuğunun uzaklaştırılması birim ağırlık bazında FA konsantrasyonunda bir artışa sebep olmuş olabilir. Bununla birlikte kabuk soyma için uygulanan ön işlemler ve kabuk soyma prosesi de Anton ve ark. (2008)'nin *Phaseolus vulgaris* L. ile ilgili yaptıkları çalışmada belirttikleri gibi fitik asit içeriğinin artmasına yol açmış olabilir. Ayrıca bitkisel bir bileşik olan FA serbest ya da bağlı formda bulunabilir (Oatway ve ark., 2001). Çalışmalarda belirlenen FA miktarının serbest ya da bağlı formun belirlenmesine göre de değişmiş olabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, basınç ve yüksek sıcaklık altında gerçekleştirilen buharla muamele ön işlemi uygulanmış tohumların hem en düşük uzaklaşan kabuk oranına hem de diğer tüm çalışmalardan daha düşük FA içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, tohuma ön işlem olarak uygulanan basınç ve yüksek sıcaklığın tohumun kabuğunun uzaklaştırılması üzerinde diğer muamelelere göre daha az etkili olması ile, FA içeriğinin düşük olarak belirlenmesi üzerinde de uzaklaşan kabuk oranının yanısıra yüksek sıcaklığın da etkili olmuş olmasıyla açıklanabileceği düşünülmektedir. Araştırma sonuçları ve literatür verileri birlikte değerlendirildiğinde, FA miktarının azalması üzerinde kabuk soymadan ziyade tohuma uygulanan ön işlemin etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

#### 4.2.7. Okzalik asit içeriği

Çalışma sonucu elde edilen tohumların çözüner ve toplam okzalit içeriğleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Ham susam tohumunun toplam okzalit içeriği 35,567.05 mg/kg, çözüner okzalit içeriği 131.95 mg/kg olarak bulunmuştur.

Geleneksel yöntemle soyulan tohumun toplam okzalit içeriği, 3,452.20 mg/kg ve çözüner okzalit içeriği 315.70 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Ön işlem uygulanmamış tohumların toplam okzalit içeriği Ö1, Ö2 ve Ö3 için sırasıyla 549.642, 314.588, 293.99 mg/kg olarak belirlenirken, çözüner okzalit içeriği 423.13, 230.17, 266.875 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu çalışma grubunda uzaklaşan kabuk oranı artıkça, toplam okzalit içeriğinin azaldığı görölmüştür fakat aynı orantı çözüner okzalit içeriğinde tespit edilememiştir.

**Çizelge 4.9.** Ham susam tohumunun, geleneksel yöntemle soyulmuş tohumun ve farklı kabuk soyma işlemleri uygulanmış tohumların uzaklaşan kabuk oranı ve okzalik asit içeriğleri

	Uzaklaşan kabuk oranı (%)	Okzalit içeriği (mg/kg)		
		Toplam okzalit	Çözüner okzalit	Çözüner okzalit
HS		35,567.05	131.95	35,435.1
G	9.90	3,452.20	315.70	3,136.5
ÖNÖ	Ö1	549.642	423.13	126.512
	Ö2	314.588	230.17	84.418
	Ö3	293.99	266.875	27.115
KD	K1	366.47	354.22	12.25
	K2	750.69	532.20	218.49
	K3	281.92	187.73	94.19
BM	B1	3,020.33	172.67	2,847.66
	B2	3,921.59	187.99	3,733.6
	B3	2,515.03	141.57	2,373.46
DT	D1	922.36	321.58	600.78
	D2	671.80	563.508	108.292
	D3	950.405	274.94	675.465

HS: ham susam tohumu, G: geleneksel yöntemle soyulmuş susam tohumu, ÖNÖ: ön işlem uygulanmamış susam tohumu, KD: kaynar suya daldırılmış susam tohumu, BM: buharla muamele edilmiş susam tohumu, DM: -18 °C'de tutulmuş susam tohumu

Kaynar suya daldırılmış tohumların, K1, K2 ve K3 için, toplam okzalit içeriği 366.47, 750.69 ve 281.92 mg/kg, çözüner okzalit içeriği sırasıyla, 354.22, 532.20 ve 187.73 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bu çalışma grubunda toplam okzalit içeriği artıkça çözüner okzalit içeriğinin de arttığı fakat ÖNZ çalışma grubunda olduğu gibi uzaklaşan kabuk oranı ve toplam okzalit arasında belirli bir orantı olmadığı görölmektedir.

Buharla muamele edilmiş tohumların toplam okzalit içeriği, B1, B2 ve B3 için sırasıyla 3,020.33, 3,921.59, 2,515.03 mg/kg, çözüner okzalit içeriği 172.67, 187.99, 141.57 mg/kg olarak tespit edilirken, DT grubunun D1, D2 ve D3 için toplam okzalit içeriği 922.36, 671.80, 950.405 mg/kg, çözüner okzalit içeriği ise sırasıyla 321.58, 563.508, 274.94 mg/kg olarak belirlenmiştir. Buharla muamele edilmiş tohumların çalışıldığı grupta uzaklaşan kabuk oranı ile toplam okzalit içeriğinin ters orantılı olduğu, DT çalışma grubunda ise toplam okzalit içeriği artıkça çözüner okzalit içeriğinin de arttığı görölmektedir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde ham susam tohumunun en yüksek toplam okzalit ve en düşük çözüner okzalit içeriğine sahip olduğu, kabuk soyma ile birlikte toplam okzalit içeriğinin azaldığı buna karşılık çözüner okzalit miktarının ise arttığı görölmüştür. Bu sonuçlar, kabuk soyma ile birlikte okzalik asit içeriğinin azaldığını bildiren Makinde ve Akinoso (2013)'nun sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Toplam okzalit içeriğinin kabuk soyma ile birlikte azalması, okzalatin çoğunlukla kabukta yoğunlaştığını ve kabuk soyma ile birlikte de tohumdan uzaklaştığını göstermektedir. Çözüner okzalatin ise tohumda yoğun olarak bulunduğu ve kabuğun uzaklaşması ile birim kütle artışına da bağlı olarak artış gösterdiği düşünölmektedir. Çalışmalar arasındaki farklılıklarda okzalit içeriği üzerinde sadece kabuk soymanın etkili olmadığı, kullanılan kabuk soyma yöntemi ve tohuma uygulanan ön işlemlerinde etkili olduğu söylenebilir.

Ham susam tohumunun okzalik asit içeriği Olagunju ve Ifesan (2013) tarafından 1050 mg/kg olarak belirlenmiştir. Hönow ve Hesse (2002), susam tohumunun çözüner okzalit içeriğini kuru maddede 1,230 ppm ve toplam okzalit içeriğini ise 38,000 ppm olarak tespit etmişlerdir.

Bazı susam genotiplerinin biyokimyasal olarak değerlendirildiği bir çalışmada farklı susam genotiplerinin okzalit içeriği 2,930-35,080 mg/kg olarak bildirilmiştir (Awasthi ve Thakur, 2010). Bu çalışmada kullanılan susam tohumunun toplam okzalit içeriği literatürde belirtilen değerler arasındadır. Bir gıdanın okzalit değerinin çalışmalar arasında farklılık göstermesinin; analitik yöntemlerden ve/veya bitki çeşidi, hasat zamanı

ve yetiştirme koşulları da dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlı olabileceği bildirilmiştir (Massey, 2007).

Gölevez (taro) yapraklarının okzalit içeriği üzerine suda bekletme ve kaynatmanın etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada; suda bekletilen yaprakların çözünmez okzalit içeriklerinin değişmediği, çözünür okzalit içeriğinin ise suda bekletme süresine de bağlı olarak azaldığı, bu azalmanın çözünür okzalitin suya geçmesinden kaynaklandığı bildirilmiştir. Aynı çalışmada kaynatmanın da çözünmez okzalit içeriğinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı ancak çözünür okzalit içeriğini azalttığı rapor edilmiştir (Savage ve Dubois, 2006).

Yeni Zelanda'da yaygın olarak tüketilen bazı gıdaların çözünür ve çözünmez okzalit içeriği üzerine pişirmenin etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada; okzalitin pişirme suyuna geçerek önemli ölçüde azaldığı ifade edilmiştir (Savage ve ark., 2000).

Gıdanın işlenmesi ya da pişirilmesi sırasında çözünür okzalitlerin çözünmez okzalitleri oluşturabileceği bildirilmiştir. Ayrıca gıdaların Ca içeriğinin çözünür okzalit miktarı üzerinde etkili olduğu ifade edilmiştir (Bong ve ark., 2017). Okzalitler  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  ve  $\text{NH}_4^+$  ile bağlanarak suda çözünen tuzları;  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  ve  $\text{Mg}^{2+}$  ile bağlanarak da çözünmez tuzları oluşturmaktadır (Nguyen ve Savage, 2013).

En yüksek uzaklaşan kabuk oranının elde edildiği Ö3 çalışmasının toplam okzalit içeriğinin de az olduğu, en düşük uzaklaşan kabuk oranının elde edildiği G, B1, B2 ve B3 çalışmalarının toplam okzalit içeriklerinin de en fazla olduğu görülmüştür. Bununla birlikte uzaklaşan kabuk oranı BM çalışma grubuna yakın olarak tespit edilen K2 çalışmasının toplam okzalit içeriğinin BM'den oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Birbirine yakın uzaklaşan kabuk oranının elde edildiği çalışmaların okzalit içeriği arasındaki farkın tohuma uygulanan ön işlemden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çözünür okzalit içeriği değerlendirildiği ise kabuk soyma ile birlikte çözünür okzalit içeriğinin arttığı fakat bu artmanın uzaklaşan kabuk oranıyla paralellik göstermediği tespit edilmiştir. Uzaklaşan kabuk oranı ve okzalit içeriği arasındaki değişimin paralellik göstermemesinin, uygulanan ön işlemler ve kabuk soyma prosesindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Literatürde susam tohumunun okzalik asit içeriğinin belirlenmesi ile ilgili birçok çalışma yapıldığı görülmüş fakat farklı kabuk soyma yöntemlerinin ya da tohuma uygulanan ön işlemlerin okzalik asit üzerine etkisinin değerlendirildiği ya da çözünür/çözünmez okzalit içeriği ile ilgili kapsamlı bir çalışma yapıldığı tespit edilememiştir.

#### 4.2.7. Enzim seçimi ve optimum noktanın belirlenmesi

Bu çalışmanın amacı enzim kullanımının susam kabuğunu soyma üzerindeki etkisini değerlendirmek ve maksimum uzaklaşan kabuk oranını elde etmektir. İlk olarak, kabuk soyma çalışmaları için kullanılacak olan enzimin seçimine karar verilmiştir. Viscozyme L, Shearzyme L ve Viscozyme Wheat FG enzimleri arasından en iyi uzaklaşan kabuk oranını sağlayan enzim ön çalışmalar yapılarak belirlenmiştir.

Yapılan ön denemeler sonucu Shearzyme L (%2) ve Viscozyme Wheat FG (%2) uygulanarak gerçekleştirilen kabuk soyma işlemlerinde kabukların, geleneksel yöntemde olduğu gibi kalın bir şekilde tohumdan ayrılarak bekletme ortamına geçtiği tespit edilmiştir. Bu kabukların ortamdaki uzaklaştırılması için tuz çözeltisi kullanılmasını zorunlu hale getiren bir durumdur. Viscozyme L (%2) ile gerçekleştirilen kabuk soyma işlemlerinde ise tohum kabuklarının toz haline geldiği (un gibi parçalanarak), sadece musluk suyuyla yıkanarak ortamdaki uzaklaştırılabildiği görülmüştür. Bu çalışmanın diğer bir amacı da kabukları uzaklaştırmak için uygulanan tuz kullanımını ortadan kaldırarak hem tuz kalıntısını tohumdan gidermek için kullanılan su miktarını hem de atık olarak doğaya bırakılan tuzlu su sorununu çözmektir. Enzimin ise çevreye zarar verdiğine dair literatürde bir bilgi bulunmamakta, bilakis çevre dostu olduğuna dair bilgiler bulunmaktadır (Pretel ve ark., 2008; Latif ve Anwar, 2009; 2011; Anonymous, 2017). Bu üç enzim içerisinde Viscozyme L enzimi ile gerçekleştirilen kabuk soyma işlemi sonucunda tohum kabuklarının toz haline gelmesi kabukların sadece yıkama suyuyla ortamdaki uzaklaştırılabilmesi ve tuz kullanımını ortadan kaldırması, çalışmaya Viscozyme L enzimi ile devam edilmesinin sebeplerinden biridir.

Üç enzim için de kabukları ortamdaki uzaklaştırmak amacıyla aynı yöntem kullanılmış ve Viscozyme L ile ortamdaki uzaklaşan kabuk miktarının daha fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Bu nedenle daha sonraki çalışmalar bu enzim üzerinden devam ettirilmiştir.

**Çizelge 4.10.** Viscozyme L, Shearzyme L ve Viscozyme Wheat FG için elde edilen uzaklaşan kabuk oranı

Enzim	Uzaklaşan kabuk oranı (%)
Viscozyme L	8.84
Shearzyme L	5.73
Viscozyme Wheat FG	6.29

Enzimlerin belirli bir pH ve sıcaklık aralığında ve belirli bir bekletme süresinde en iyi aktivite gösterdiği bilinmektedir (Temiz, 2014). Bu nedenle, daha sonraki çalışmalar boyunca kullanılacak Viscozyme L enzimi için en uygun çalışma koşullarını sağlamak ve uzaklaşan kabuk oranı üzerinde en iyi sonucu elde edebileceğimiz koşulları belirlemek için optimum noktaların belirlenmesinde kullanılan yanıt yüzey yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem de enzim konsantrasyonu, bekletme süresi, bekletme sıcaklığı ve ortam pH'sı bağımsız değişkenler olarak belirlenmiş ve bu dört bağımsız değişkenin uzaklaşan kabuk oranı ve  $L^*$  değeri üzerine etkileri incelenmiştir.

Yanıt yüzey yönteminde öncelikle bağımsız değişkenler ve seviyeleri belirlenerek ön çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada belirlenen bağımsız değişkenler kullanılarak optimizasyon için gerekli ön çalışma koşulları Box-Behnken deneme planı ile elde edilmiştir. Örnek bir Box-Behnken deneme planı ve ön işlem uygulanmamış tohumlar için elde edilen deneysel sonuçlar Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Yanıt yüzey yönteminde deneme planı oluşturulup, deneysel veriler elde edildikten sonra, deneysel tasarım belirlenmekte ve model tahmin edilerek doğruluğu tespit edilmektedir. Bağımsız değişkenlerin sistemin yanıtında (bu çalışmada  $L^*$  değeri ve uzaklaşan kabuk oranı üzerinde) oluşturdukları değerlerin optimum noktaya yakın sonuçlar verip vermediği kontrol edilmektedir. Bunu kontrol etmek için de polinomial eşitlikler ile regresyon katsayısı elde edilmekte ve regresyon katsayısının istatistiksel önemine bakılmaktadır. Tahmin edilen modelin uygunluğu model uygunsuzluğu (lack of fit) değeri ile test edilmektedir. Deneme planı ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda, bağımsız değişkenlerin her birinin bağımlı değişkenler üzerine etkileri varyans analiz (ANOVA) tablosu incelenerek değerlendirilmektedir. Örnek bir ANOVA tablosu Çizelge 4.12'de verilmiştir. Bu tabloda p değerinin 0.05'den büyük olması model ve model uygunsuzluğu (lack of fit) hakkında bilgi vermektedir. Modelin ve model uygunsuzluğunun önemli olup olmadığı p değerinin 0.05'den küçük olması ile ifade edilmektedir. Modelin önemli, model uygunsuzluğunun ise önemsiz olması beklenmektedir.

Modellerin deneysel veriyi ne ölçüde karşıladığı regresyon katsayısı ( $R^2$ ), düzeltilmiş regresyon katsayısı ( $R^2_{adj}$ ) ve değişkenlik katsayısı ( $C.V.$ ) kullanılarak belirlenmektedir. Modellerin uygunluğunun test edilmesi için kullanılan istatistikler ve değerleri Çizelge 4.13'de gösterilmiştir. Regresyon katsayısı ve  $R^2_{adj}$  değerlerinin birbirine yakın olması modelin istatistiksel açıdan önemsiz terimleri içermediğini ifade etmektedir. Büyük değişkenlik katsayısı ( $C.V.$ ) değerleri verilerin ortalamadan çok fazla

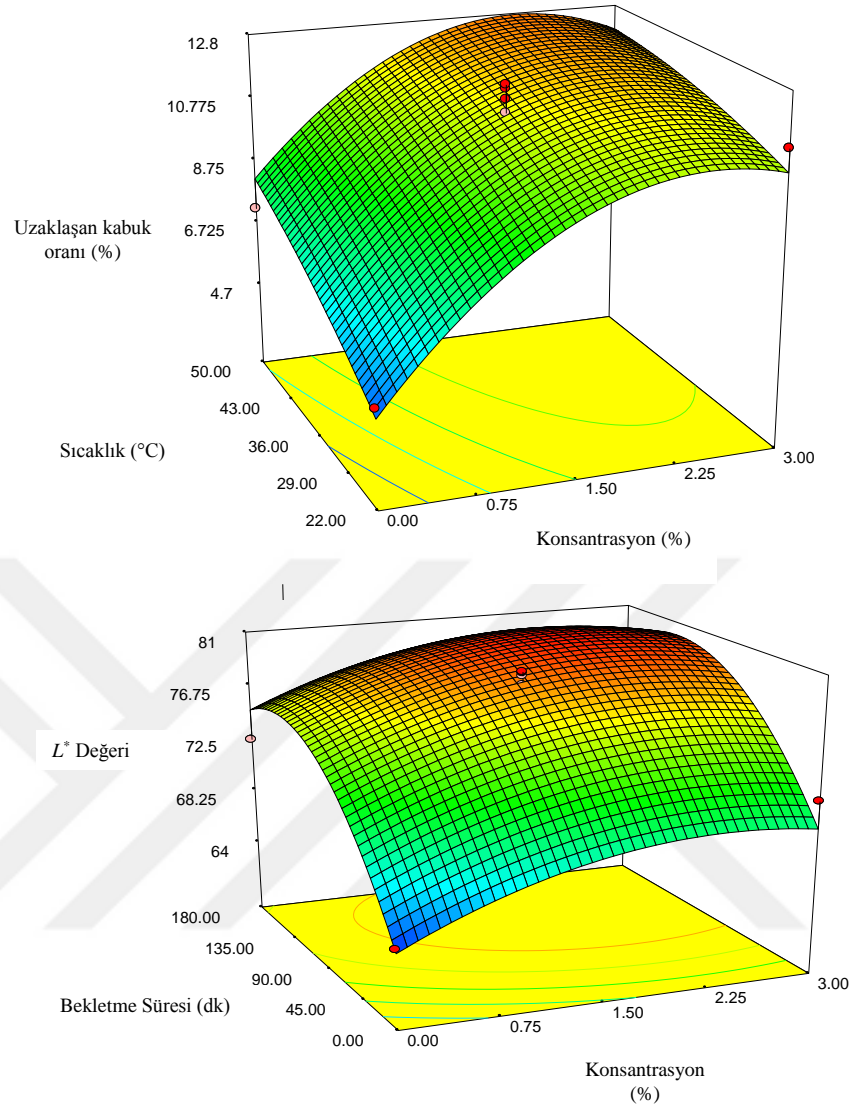
saptığını belirtmektedir. Modelin daha sonra yapılacak gözlemler için bir tahminleme modeli olarak kullanılabilmesi için *Adeq Precision* (yeterli tahminleme), *Press*(tahmin edilen kalıntı hata kareler toplamı) ve *Pred-R<sup>2</sup>* (tahmin edilen regresyon katsayısı) istatistikleri kullanılarak belirlenebilmektedir. *Adeq Precision* değerinin 4'den büyük olması istenmektedir. Modellerin *Press* değerlerinin düşük olması modelin uygunluğunu ifade etmektedir. Bununla birlikte *Pred-R<sup>2</sup>* ve *R<sup>2</sup>adj* değerlerinin birbirine yakın olması fit edilen modelin tahminleme açısından uygun olduğunu göstermektedir.

**Çizelge 4.11.** ÖNZ için Box-Behnken deneme planı ve elde edilen deneysel sonuçlar (ortalama)

Deney No	Konsantrasyon (%)	Bekletme süresi (dk)	Sıcaklık (°C)	pH	Uzaklaşan kabuk oranı (%)	L* değeri
1	0.00	180.00	36.00	4.50	5.64	72.46
2	3.00	180.00	36.00	4.50	11.91	77.82
3	1.50	180.00	36.00	5.00	11.41	78.47
4	1.50	90.00	22.00	5.00	9.42	75.49
5	3.00	90.00	50.00	4.50	11.45	77.16
6	1.50	90.00	36.00	4.50	11.23	79.24
7	1.50	180.00	50.00	4.50	13.75	81.15
8	1.50	90.00	50.00	5.00	12.63	79.60
9	1.50	90.00	36.00	4.50	11.96	79.52
10	3.00	0.00	36.00	4.50	6.91	71.76
11	1.50	180.00	22.00	4.50	9.47	76.61
12	1.50	180.00	36.00	4.00	13.94	80.36
13	1.50	90.00	22.00	4.00	9.13	76.70
14	0.00	90.00	22.00	4.50	5.05	72.96
15	3.00	90.00	22.00	4.50	11.14	78.38
16	0.00	0.00	36.00	4.50	3.65	64.39
17	1.50	90.00	50.00	4.00	12.54	78.69
18	1.50	0.00	22.00	4.50	6.27	70.30
19	1.50	0.00	36.00	5.00	6.06	69.52
20	3.00	90.00	36.00	4.00	10.07	77.42
21	3.00	90.00	36.00	5.00	12.93	78.80
22	1.50	90.00	36.00	4.50	9.91	78.57
23	1.50	0.00	36.00	4.00	5.37	62.79
24	1.50	90.00	36.00	4.50	12.09	79.55
25	0.00	90.00	50.00	4.50	7.22	75.25
26	1.50	90.00	36.00	4.50	11.64	79.47
27	0.00	90.00	36.00	5.00	8.02	75.99
28	1.50	0.00	50.00	4.50	7.99	69.60
29	0.00	90.00	36.00	4.00	6.34	72.91

Son aşamada, bağımsız parametrelerin fonksiyonu olarak yanıtın yanıt yüzey grafiği ve eşyükselti eğrileri çizilmektedir. Yanıt yüzey grafiği yanıt ve bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi gösteren teorik olarak üç boyutlu bir grafikdir. İki boyutlu yüzey eğrisi eşyükselti eğrileridir. Bu çalışma için elde edilen yanıt yüzey grafikleri ve eşyükselti eğrilerine Şekil 4.5'de örnek verilmiştir.





**Şekil 4.5.** Örnek yüzey grafikleri ve eşyükselti eğrileri

Optimizasyon çalışmaları yapıldıktan sonra belirlenen optimum noktalar arasından, ön işlemsiz ve farklı ön işlem uygulamalarıyla gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda maksimum uzaklaşan kabuk oranı, minimum süre ve minimum enzim konsantrasyonunun verildiği üçer nokta belirlenmiş ve daha sonraki çalışmalar bu veriler etrafında gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.14).

**Çizelge 4.12.** Her bir bağımlı değişken üzerine lineer, kuadratik ve interaksiyon terimlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

	Uzaklaşan kabuk oranı		$L^*$ değeri	
Kaynak	Karaler toplamı	p değeri	Karaler toplamı	p değeri
Model	221.90	<0.0001	578.43	<0.0001
A	67.72	<0.0001	62.43	0.0003
B	74.38	<0.0001	285.11	<0.0001
C	19.05	0.0019	10.10	0.0718
D	0.79	0.4511	6.75	0.1337
AB	2.26	0.2102	1.01	0.5475
AC	0.86	0.4314	3.05	0.3025
AD	0.34	0.6179	0.74	0.6075
BC	1.64	0.2822	6.86	0.1307
BD	2.61	0.1805	18.58	0.0193
CD	0.011	0.9279	1.12	0.5273
A <sup>2</sup>	32.50	0.0002	40.46	0.0016
B <sup>2</sup>	25.51	0.0006	162.42	<0.0001
C <sup>2</sup>	0.48	0.5532	1.17	0.5185
D <sup>2</sup>	0.015	0.9170	7.36	0.1185
Kalıntı	18.36		37.28	
Lack of Fit	15.27	0.2663	36.61	0.0046
Saf hata	3.08		0.67	
Toplam	240.26		615.71	

A: konsantrasyon (%), B: bekleme süresi (dk), C: sıcaklık (°C), D: pH

**Çizelge 4.13.** Model uygunsuzluğunun test edilmesi için kullanılan istatistikler

	Uzaklaşan kabuk oranı	$L^*$ değeri
R <sup>2</sup>	0.9236	0.9395
R <sup>2</sup> adj	0.8472	0.8789
C.V.%	12.07	2.16
Adeq precision	12.711	14.344
Press	92.80	211.90
Pred-R <sup>2</sup>	0.6137	0.6558

**Çizelge 4.14.** Optimizasyon yöntemi sonucunda belirlenen çalışma koşulları

		Konsantrasyon (%)	Bekletme Süresi (dk)	Sıcaklık (°C)	pH
ÖNZ	Ö1	1.53	176.72	49.99	4.17
	Ö2	2.35	132.87	49.81	4.59
	Ö3	2.14	169.4	49.85	4.06
BM	B1	1.75	140.94	49.99	4.01
	B2	2.28	113.45	49.81	4.13
	B3	2.33	158.21	49.99	4.33
DT	D1	2.04	144.13	39.29	4.98
	D2	2.57	107.02	36.1	4.98
	D3	2.86	158.24	40.3	4.98
KD	K1	1.56	148.77	48.57	4.42
	K2	2.21	116.35	49.67	4.64
	K3	2.23	169.77	49.66	4.69

ÖNZ: ön işlem uygulanmamış susam tohumu, KD: kaynar suya daldırılmış susam tohumu, BM: buharla muamele edilmiş susam tohumu, DT: -18 °C'de tutulmuş susam tohumu

#### 4.2.8. Uzaklaşan kabuk oranı

Çizelge 4.15’da geleneksel yöntem ve farklı kabuk soyma yöntemleri uygulanarak elde edilen uzaklaşan kabuk oranı değerlerinin ortalaması ve istatistiki analiz sonuçları verilmiştir. Geleneksel yöntemle karşılaştırıldığında farklı kabuk soyma yöntemlerinin uzaklaşan kabuk oranı üzerine etkisinin istatistiki açıdan önemli olduğu görülmektedir.

Optimizasyon sonrası belirlenen koşullar, maksimum uzaklaşan kabuk oranının elde edildiği optimum noktalar. Bu nedenle çalışma grupları kendi içlerinde değerlendirildiğinde aralarında önemli bir fark olmaması beklenmektedir. Çizelge 4.15 değerlendirildiğinde de çalışma grupları içinde istatistiki açıdan önemli bir farklılık olmadığı görülmektedir.

Geleneksel yöntem sonucu % 9.90 uzaklaşan kabuk oranı elde edilirken, ÖNZ çalışma gruplarında Ö1, Ö2 ve Ö3 için sırasıyla % 12.65, 13.22 ve 14.08 uzaklaşan kabuk oranı elde edilmiştir. Ön işlem uygulanmamış tohumlarla yapılan çalışma grubunda elde edilen uzaklaşan kabuk oranı değerlerinin G çalışmasında elde edilen uzaklaşan kabuk oranından oldukça fazla olduğu görülmektedir. Ön işlem uygulanmamış tohumlarla yapılan çalışmalar arasında önemli farklılıklar olmamakla birlikte en yüksek uzaklaşan kabuk oranı Ö3 çalışması sonucu elde edilmiştir. Enzim konsantrasyonunun en az olduğu Ö1 çalışması sonucu elde edilen uzaklaşan kabuk oranının ise grup içindeki en düşük değer olduğu görülmektedir.

Kaynar suya daldırılmış tohumlarla yapılan K1, K2 ve K3 uzaklaşan kabuk oranı % 13.13, 11.75 ve 12.93 olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte DT çalışma grubunda D1, D2 ve D3 için uzaklaşan kabuk oranı % 13.11, 13.52 ve 13.58 olarak tespit edilmiştir. Kaynar suya daldırılmış çalışma grubunda en düşük uzaklaşan kabuk oranı K2 çalışması sonucu elde edilmiştir. En düşük konsantrasyonun kullanıldığı K1 çalışmasında ise en yüksek uzaklaşan kabuk oranına ulaşılmıştır. Dondurucuda tutma işlemi uygulanmış tohumlarla yapılan çalışma grubunda elde edilen uzaklaşan kabuk oranı değerleriyle, ÖNZ çalışma grubunda elde edilen uzaklaşan kabuk oranı değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemsiz bulunmuş ve her iki gurubunda uzaklaşan kabuk oranı değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Dondurucu da tutulmuş tohumlarla yapılan çalışmalar sonucu elde edilen uzaklaşan kabuk oranı değerleri yüksek olmakla birlikte kullanılan enzim konsantrasyonunun oldukça fazla olduğu görülmüştür.

**Çizelge 4.15.** Farklı kabuk soyma yöntemlerine ait uzaklaşan kabuk oranı ve standart sapma sonuçları (%)

		Konsantrasyon	Uzaklaşan kabuk oranı	
			Ortalama	±Standart sapma
	<b>G</b>		9.60 <sup>a</sup>	0.59
<b>ÖNZ</b>	<b>Ö1</b>	1.53	12.65 <sup>cde</sup>	0.02
	<b>Ö2</b>	2.35	13.22 <sup>ef</sup>	0.24
	<b>Ö3</b>	2.14	14.08 <sup>f</sup>	0.11
<b>KD</b>	<b>K1</b>	1.56	13.13 <sup>ef</sup>	0.11
	<b>K2</b>	2.21	11.75 <sup>bcd</sup>	0.18
	<b>K3</b>	2.23	12.93 <sup>def</sup>	0.24
<b>BM</b>	<b>B1</b>	1.75	11.45 <sup>bc</sup>	0.13
	<b>B2</b>	2.28	11.23 <sup>b</sup>	0.05
	<b>B3</b>	2.33	11.57 <sup>bc</sup>	0.17
<b>DT</b>	<b>D1</b>	2.04	13.11 <sup>ef</sup>	1.45
	<b>D2</b>	2.57	13.52 <sup>ef</sup>	0.52
	<b>D3</b>	2.86	13.58 <sup>ef</sup>	0.42

G: geleneksel yöntemle soyulmuş susam tohumu, ÖNZ: ön işlem uygulanmamış susam tohumu, KD: kaynar suya daldırılmış susam tohumu, BM: buharla muamele edilmiş susam tohumu, DM: -18 °C'de tutulmuş susam tohumu

Buharla muamele edilmiş tohumlarla yapılan B1, B2 ve B3 çalışmaları sonucu ise sırasıyla % 11.45, 11.23 ve 11.57 uzaklaşan kabuk oranı belirlenmiştir. uzaklaşan kabuk oranı sonuçları değerlendirildiğinde, BM grubundaki çalışmaların uzaklaşan kabuk oranının ÖNZ, KD ve DT çalışma gruplarına göre istatistiki açıdan önemli derecede farklılık gösterdiği görülmektedir. Ayrıca tüm çalışma grupları arasında en düşük uzaklaşan kabuk oranı BM grubunda elde edilmiştir.

Enzimle gerçekleştirilen tüm kabuk soyma çalışmalarında geleneksel yöntemle göre oldukça yüksek uzaklaşan kabuk oranı elde edilmiştir. En yüksek uzaklaşan kabuk oranı % 2.14 enzim konsantrasyonunda, 49.85 °C ve pH 4.06'da 169.4 dk bekletmenin ardından Ö3 çalışması sonucu elde edilmiştir. En düşük enzim konsantrasyonunda en yüksek uzaklaşan kabuk oranına ulaşılan çalışmalar ise Ö1 (uzaklaşan kabuk oranı: % 12.65; koşul: %1.53, 176.72 dk, 49.99 °C ve 4.17 pH) ve K1 (uzaklaşan kabuk oranı: %13.13; koşul: %1.56, 148.77 dk, 48.57 °C ve 4.42 pH) çalışmaları sonucu elde

edilmiştir. Bununla birlikte Ö1 ve K1 sonucu elde edilen uzaklaşan kabuk oranı arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık olmadığı görülmektedir. Tüm çalışma grupları daha önce belirlenen optimum noktalarda gerçekleştirildiği için çalışmalar sonucu elde edilen kabuk kayıpları birbirine yakın bulunmuştur. Fakat BM sonucu elde edilen uzaklaşan kabuk oranının diğer çalışma gruplarından daha düşük çıkmasının tohuma uygulanan yüksek basınç ve sıcaklıktan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Susamın renk ve mikroyapısı üzerine kimyasal kabuk soymanın etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada; NaClO, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NaOH, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, NaHSO<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kimyasallarının her biri için ayrı ayrı % 0.3, 0.5, 1.0, 2.0 ve 3.0 derişiminde çözeltiler hazırlanmıştır. Susam tohumları kimyasal çözeltilerle oda sıcaklığında 5, 10 ve 15 dk boyunca ıslatılmıştır. Kimyasal kalıntısını tohumdan uzaklaştırmak için bol musluk suyu ile yıkama işlemi gerçekleştirilerek gerekli işlemler yapılmış ve uzaklaştırılan kabuk miktarı %3.33-5.46 aralığında bildirilmiştir (Carbonell-Barrachina ve ark., 2009).

İki çeşit susam tohumunun soyulması üzerine farklı kabuk soyma yöntemlerinin araştırıldığı bir çalışmada; susam tohumları farklı sıcaklıklardaki alkali çözeltilerine daldırılmıştır. Alkali ile işlem görmüş ıslak tohumlara farklı kabuk uzaklaştırma metotları uygulanmış ve %2.8-9.7 arasında kabuğun tohumdan uzaklaştığı bildirilmiştir. Aynı çalışmada, susam çeşidine göre de uzaklaşan kabuk oranının değiştiği rapor edilmiştir (Moharram ve ark., 1990). Bu çalışmada kullanılan enzim uygulaması ile tohumdan uzaklaştırılan kabuk miktarının kimyasal kabuk soyma uygulamalarından fazla olduğu belirlenmiştir.

Altıntop meyvelerinin soyulması ve dilim zarının uzaklaştırılması amacıyla enzim çözeltilisinin kullanıldığı bir çalışmada; altıntop meyvelerinin Peelzym II çözeltisiyle (%0.5), 25 psi basınç altında 60 sn süreyle işleme tabi tutulmasının hem işlemin etkinliğini hem de son ürün kalitesini artırdığı bildirilmiştir (Kola ve ark., 2009).

Bazı turunçgil meyvelerinin enzim muamelesi ile soyulması üzerine yapılan bir çalışmada ve portakalın enzimatik olarak soyulmasının optimize edildiği bir çalışmada; enzim uygulaması ile kabuk soymanın turunçgillerde başarılı bir şekilde kullanıldığı fakat enzimle kabuk soymada enzim konsantrasyonu, pH, sıcaklık ve enzim çözeltilisinin yeniden kullanılabilirliği gibi bazı parametrelerin etkili olduğu ifade edilmiştir (Pretel ve ark., 1997; Pretel ve ark., 2008).

Kabuk soyma aşamasından önce uygulanan enzim muamelesinin baklagillerin soyulması üzerine etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada; enzimler (ksilanaz ve proteaz enzimleri) tarafından kabuk ve kotiledon arasındaki müsilaj proteinleri ve/veya NSP

(nişasta olmayan polisakkaritler)'nin kısmen bozunmasının baklagillerin soyulma özelliklerinin geliştirilmesine yardımcı olduğu bildirilmiştir (Sreerama ve ark., 2009).

Kayısı, nektarin ve şeftalilerin kabuğunun enzimatik soyulması amacıyla farklı enzim (Peelzym I, II, III ve IV) konsantrasyonu (0.1, 0.55, 1 cm<sup>3</sup> enzim/100 cm<sup>3</sup> çözelti), sıcaklık (20°C, 35°C, 50°C), pH (3.0, 4.5, 6.0) ve süre (20, 40, 60 dk) kombinasyonlarının kullanıldığı bir çalışmada; kabuk soyma üzerinde etkili olan optimum koşulların kullanılan örneğe göre değiştiği bununla birlikte enzim uygulamasının kayısı, nektarin ve şeftalinin soyulmasında etkili olduğu bildirilmiştir (Toker ve Bayındırlı, 2003).

Başka bir çalışmada kanola tohumlarına ön işlem olarak uygulanan hidrotermal muamelenin uzaklaşan kabuk oranı üzerine etkisi değerlendirilmiş ve kanola tohumlarının soyulmasında en iyi verimin 100 dk boyunca distile suyla ıslatmanın ardından 65°C'de sıcak hava ile kurutma uygulaması ile elde edildiği sonucuna varılmıştır (Mohamadzadeh ve ark., 2009).

Elde edilen bu bulgular ışığında, enzim kullanımının susam tohum kabuğunun uzaklaştırılmasında geleneksel yöntemden daha etkili olduğu görülmüştür. Ön işlem olarak buhar muamelesi kullanımının tohum kabuğunun soyulması üzerinde geleneksel yöntemle göre etkili olduğu fakat ön işlem uygulamadan da tohumdan daha fazla kabuk uzaklaştırılabileceği görülmüştür. Tüm çalışma sonuçları birlikte değerlendirildiğinde ön işlem uygulamasının kabuk soyma üzerinde çok fazla etkisi olmadığı, sadece enzim muamelesiyle de tohumdan uzaklaştırılan kabuk miktarı yüzdesinin yüksek olarak elde edilmesini sağladığı belirlenmiştir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Bu araştırmada, özellikle tahin fabrikaları için sorun teşkil eden susam tohum kabuğunun soyulması üzerine enzim uygulamasının ve enzim uygulaması ile birlikte farklı ön işlem uygulamalarının etkisi incelenmiş, sonuçlar ham tohum ve geleneksel kabuk soyma yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Ham tohum, geleneksel yöntemle soyulan tohum ve farklı kabuk soyma yöntemleri uygulanmış tohumlar için ham yağ, protein, kül, renk, yağ asidi, mineral madde, okzalik asit ve fitik asit analizleri gerçekleştirilmiştir.

Ham susam tohumunun yaklaşık kompozisyonu belirlenerek sonuçlar literatür verileriyle karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen kül değerleri incelendiğinde, ön işlem uygulanarak ve uygulanmadan soyulan tüm tohumların kül içeriği, ham susam tohumundan ve geleneksel yöntemle soyulan tohumun kül içeriğinden düşük bulunmuştur. Çalışma grupları kendi içinde ve birbirleri ile karşılaştırıldığında kül içerikleri bakımından aralarında istatistiki olarak önemli bir fark bulunamamıştır. İstatistiki açıdan önemli olmamakla ve çalışma koşullarına göre değişmekle birlikte, en yüksek uzaklaşan kabuk oranının elde edildiği çalışmanın aynı zamanda en düşük kül içeriğine de sahip olduğu belirlenmiştir.

Kabuk soyma ile birlikte tohumun kül içeriğinin azalması beklenen bir durumdur. Fakat bu durumun aksine geleneksel yöntemle soyulan tohumun kül içeriğinin ham tohuma göre arttığı rapor edilmiştir. Literatür verileri ve ham tohum ile geleneksel yöntemle soyulan tohumlarda yapılan tuz analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, kül içeriğindeki bu artışın kabukların uzaklaştırılması amacıyla kullanılan tuz çözeltilisinden ileri geldiği sonucuna varılmıştır.

Tohumlarda gerçekleştirilen protein analiz sonuçlarına göre kabuk soymanın protein miktarını artırıcı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Tohumdan uzaklaştırılan % kabuk miktarının en düşük olarak elde edildiği geleneksel kabuk soyma yöntemi sonucu tohumların protein içeriği de en az olarak belirlenmiştir. Farklı kabuk soyma yöntemleri sonucu elde edilen tohumların protein içerikleri arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. Araştırma verileri ve daha önce yapılan çalışma verileri birlikte incelendiğinde tohumun protein içeriği üzerinde sadece kabuk soymanın etkili olmadığı, aynı zamanda kabuk soyma prosesinin ve tohuma uygulanan ön işlemlerinde etkisi olabileceği sonucuna varılmıştır.

Kabuk soyma işleminin tohumun ham yağ içeriğini de arttırdığı görülmüş, ancak uzaklaşan kabuk oranı ve ham yağ içeriği arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır.

Araştırmada kullanılan susam tohumunda belirlenen yağ asitleri; oleik, linoleik, palmitik, stearik, araşidik,  $\gamma$ -linolenik, Cis-11-eikosenoik,  $\alpha$ -linolenik ve behenik asittir. Oleik ve linoleik asit tohumda belirlenen baskın yağ asitleridir. Yağ asidi bileşenleri incelendiğinde, kabuk soyma işleminin ve yöntemlerinin susam tohumunun yağ asidi bileşimi üzerinde etkili olmadığı sonucuna varılmıştır.

Ham tohuma ve geleneksel yöntemle göre farklı kabuk soyma işlemi uygulanan tohumların renk değerlerin önemli derecede farklılık gösterdiği, kabuk soyma ile birlikte parlaklığın göstergesi olan  $L^*$  değerinin arttığı belirlenmiştir. Sadece buharla muamele ön işlemi uygulanan tohumlarda, diğer çalışma koşulları ile soyulan tohumlardan ve geleneksel yöntemle soyulan tohumdan daha koyu renkli tohum tespit edilmiştir. Tohumun rengine kabuk soymanın etkili olduğu kadar tohuma uygulanan ön işlemlerinde etkili olduğu rapor edilmiştir.

Mineral analiz sonuçları incelendiğinden kabuk soyma ile birlikte tohumun Ca, Al ve Fe içeriğinin azaldığı, Zn içeriğinin ise arttığı belirlenmiştir. Fakat tohumun mineral içeriğinin sadece kabuk soymaya bağlı olarak değişmediği tohuma uygulanan ön işlemlerin, farklı kabuk soyma proseslerinin, fitik asit içeriğinin, P mineralinin ve okzalik asit içeriğinin de mineral madde miktarındaki değişimde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Mineral içeriğinin uzaklaştırılan kabuk miktarına bağlı olarak düzenli bir değişim göstermemesi ve mineral içeriği üzerinde birçok faktörün daha etkili olması mineral içeriğinin uzaklaştırılan kabuk miktarının takibinde kullanılamayacağını düşündürmüştür.

Fitik asit miktarının azalması üzerinde kabuk soymadan ziyade tohuma uygulanan ön işlemin etkili olduğu, basınç ve yüksek sıcaklık altında gerçekleştirilen buharla muamele ön işlemi uygulanmış tohumların hem en düşük uzaklaşan kabuk oranına hem de diğer tüm çalışmalardan daha düşük fitik asit içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Uzaklaşan kabuk oranıyla fitik asit içeriği arasında belirgin bir ilişki tespit edilememiştir.

Kabuk soyma ile birlikte toplam okzalik içeriğinin azaldığı buna karşılık çözünür okzalik miktarının ise arttığı görülmüştür. Bununla birlikte tohumun okzalik içeriği üzerinde sadece kabuk soymanın etkili olmadığı, kullanılan kabuk soyma yöntemi ve tohuma uygulanan ön işlemlerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Enzim kullanımının susam tohum kabuğunun uzaklaştırılmasında geleneksel yöntemden daha etkili olduğu görülmüştür. Ön işlem uygulamasının uzaklaşan kabuk



oranı üzerinde çok fazla etkisi olmadığı, ön işlem uygulanmadan tohuma uygulanan enzim muamelesi ile de tohumda yüksek uzaklaşan kabuk oranı elde edildiği belirlenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan kabuk soyma koşulları daha önceden belirlenen optimum koşullarda gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle uzaklaşan kabuk oranı geleneksel kabuk soyma yöntemi ile elde edilen uzaklaşan kabuk oranından ve BM çalışma grubunda farklı bulunmakla birlikte diğerlerinde birbirlerine kısmen yakın bulunmuştur.

Elde edilen verilerin bir arada incelenmesi ve literatür verilerinin birlikte değerlendirilmesiyle aşağıdaki düşünce, görüş ve sonuçlara ulaşılmıştır:

Susam tohum kabuğunun soyulmasında enzim kullanımının etkili olduğu;

Enzim kullanımının geleneksel soyma yönteminde kullanılan tuz çözeltisi kullanımını ortadan kaldırdığı;

Enzim kullanımının kabuk soyma süresini kısalttığı;

Tohuma uygulanan buharla muamele ön işleminin uzaklaşan kabuk oranını ve tohumun rengini olumsuz yönde etkilediği;

Tohuma uygulanan KD ve DT ön işlemleri ile de yüksek uzaklaşan kabuk oranında soyma işlemi gerçekleştirilebildiği fakat ön işlemsiz tohumlarda da aynı uzaklaşan kabuk oranına ulaşılabildiği, tohuma herhangi bir ön işlem uygulamanın maliyeti ve kabuk soyma süresini artıracığı göz önünde bulundurularak ön işlem uygulaması yapılmadan da yüksek uzaklaşan kabuk oranına ulaşılabileceği;

Kabuk soyma üzerinde sadece kabuk soymanın ya da enzim konsantrasyonunun etkili olmadığı aynı zamanda sıcaklık, pH ve bekletme süresinin de etkili olduğu;

Uzaklaşan kabuk oranının takibinde okzalik asit içeriği, protein ve renk değerinin kullanılabilmesi fakat fitik asit, kül, ham yağ ve mineral içeriğinin birçok faktörden etkilendiği için kullanılamayacağı;

Tahin üretiminde son ürüne acı tat verdiği bildirilen fitik asit içeriği üzerinde kabuk soymadan ziyade sıcaklığın etkili olduğunu sonucuna varılmıştır.

Maliyet açısından değerlendirildiğinde ise; enzimle gerçekleştirilen kabuk soyma işlemlerinde enzim kullanımının maliyet artışına sebep olduğu bununla birlikte, kabuk soyma süresinin kısalmasıyla günlük işlenebilecek ürün miktarı artıracığından, tuz kullanımı ortadan kalkacağından ve su sarfiyatı azalacağından bu maliyet artışının karşılanabileceği kanısına varılmıştır. Ayrıca enzimin yeniden kullanılabilirliğinin değerlendirilmesiyle de enzimle kabuk soymanın daha düşük maliyetle gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir.

Son olarak, susam kabuğunun soyulmasında enzim kullanımının; tuz kullanımını ortadan kaldırarak, tuzlu suyu uzaklaştırmak için gerekli olan su miktarını azaltarak ve uzaklaşan kabuk oranını artırarak araştırma için başta belirtilen amaçlara ulaşıldığı düşünülmektedir.

## 5.2 Öneriler

Bu araştırmada susam tohumunun soyulması üzerinde etkili olabilecek birden fazla parametre birlikte ele alınmıştır. Bu nedenle de her bir parametrenin etkisinin tam olarak değerlendirilemediği düşünülmektedir. Daha sonraki çalışmalarda enzim konsantrasyonunun, tohuma uygulanan ön işlemlerin, pH, sıcaklık ve bekletme süresinin uzaklaşan kabuk oranı üzerine etkisinin ayrı ayrı incelenmesi önerilmektedir. Ayrıca her bir parametre ayrı ayrı değerlendirilerek gerçekleştirilen kabuk soyma işleminin ardından da tohumun yaklaşık kompozisyonu, renk değerleri, fitik asit ve okzalik asit içeriği, mineral içeriği üzerindeki etkisinin de ayrı ayrı değerlendirilmesinin enzimle kabuk soyma metodunun daha fazla geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Susam tohumlarının enzimle soyulması ile ilgili yapılan ilk çalışmalardan biri olan bu çalışma sonucu, kabuk soymada enzim kullanımının tahin üretiminin en önemli aşaması olan kabuk soyma işlemini hızlandıracağı, tuz ve aşırı su kullanımını ortadan kaldıracığı ve uzaklaşan kabuk oranını artıracığı ümit edilmektedir. Bu çalışmada kabuk soyma üzerinde etkili olabilecek birçok faktörün bir arada değerlendirilmiş olmasının daha sonra bu alanda yapılacak olan araştırmalara referans olacak nitelikte olduğu düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abaza, L., Msallem, M., Daoud, D. ve Zarrouk, M., 2002, Caracterisation des huiles de sept varieties d'olivier tunisiennes, *Oleagineux Corps gras Lipide*, 3, 174–179.
- Abebe, Y., Bogale, A., Hambidge, K. M., Stoecker, B. J., Bailey, K. ve Gibson, R. S., 2007, Phytate, zinc, iron and calcium content of selected raw and prepared foods consumed in rural Sidama, Southern Ethiopia, and implications for bioavailability, *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 161–168.
- Agunbiade, F. O., Adeosun, C. B. ve Daramola, G. G., 2013, Nutritional properties and potential values of cordia sebestena seed and seed oil, *Gıda*, 38 (3), 127-133.
- Ahmad, I., Mohammad, F., Zeb, A., Noorka, I. R., Farhatullah ve Jadoon, S. A., 2013, Determination and inheritance of phytic acid as marker in diverse genetic group of bread wheat, *American Journal of Molecular Biology*, 3 (3), 158-164.
- Akbulut, M. ve 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, 488-502.
- Akbulut, N. ve Karagözlü, C., 2014, Gıda bilimi ve teknolojisi, *Sidas Medya*, İzmir, p. 26-27.
- Al-Mahasneh, M. A., Rababah, T. M., Al-Shbool, M. A. ve Yang, W., 2007, Thin-layer drying kinetics of sesame hulls under forced convection and open sun drying, *Journal of Food Process Engineering*, 30, 324–337.
- Alobo, A. P., 2001, Effect of sesame seed flour on millet biscuit characteristics, *Plant Foods for Human Nutrition*, 56, 195–202.
- Alpaslan, M. ve Hayta, M., 2002, Rheological and sensory properties of pekmez (grape molasses)/tahin (sesame paste) blends, *Journal of Food Engineering*, 54, 89–93.
- Alyemeni, M. N., Basahy, A. Y. ve Sher, H., 2011, Physico-chemical analysis and mineral composition of some sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) grown in the Gizan area of Saudi Arabia, *Journal of Medicinal Plants Research*, 5 (2), 270-274.
- Anonim, 2015, Türkiye istatistik kurumu bitkisel üretim istatistikleri veri tabanı [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001), [23.08.2016].
- Anonymous, 1990, Official methods of analyses. Association of Official Analytical Chemists. Washington.
- Anonymous, 2017, Enzymes, <https://www.novozymes.com/biology>, [26.09.2017].
- Anton, A. A., Ross, K. A., Beta, T., Fulcher, R. G. ve Arntfield, S. D., 2008, Effect of pre-dehulling treatments on some nutritional and physical properties of navy and

- pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.), *LWT - Food Science and Technology*, 41 771-778.
- Argül, M. ve Zorba, M., 2012, Kütahya iline özgü geleneksel bir tatlı: paşa helvası, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7 (3), 17-23.
- Arinola, S. O. ve Adesina, K., 2014, Effect of thermal processing on the nutritional, antinutritional, and antioxidant properties of *Tetracarpidium conophorum* (African walnut), *Journal of Food Processing*, 1-4.
- Awasthi, C. P. ve Thakur, M., 2010, Biochemical evaluation of some promising sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes, *Indian Journal of Agricultural Biochemistry*, 23 (2), 107-112.
- Bamigboye, A. Y., Okafor, A. C. ve Adepoju, O. T., 2010, Proximate and mineral composition of whole and dehulled Nigerian sesame seed, *African Journal of Food Science and Technology*, 1 (3), 71-75.
- Banga, J. R., Balsa-Canto, E., Moles, C. G. ve Alonso, A. A., 2003, Improving food processing using modern optimization methods, *Trends in Food Science & Technology*, 14, 131-144.
- Baş, D. ve Boyacı, İ. H., 2007, Modeling and optimization I: usability of response surface methodology, *Journal of Food Engineering*, 78, 836-845.
- 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.
- Bezerra, M. A., Santelli, R. E., Oliveira, E. P., Villar, L. S. ve Escaleira, L. A., 2008, Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry, *Talanta* (76), 965-977.
- Bhattacharya, C., Deshpande, B., Pandey, B. ve Paroha, S., 2014, Effect of ageing on storage in biochemical and antioxidant characterization of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds, *Indo American Journal of Pharmaceutical Research*, 4 (1), 384-389.
- Bilgiçli, N., Elgün, A. ve Türker, S., 2006, Effects of various phytase sources on phytic acid content, mineral extractability and protein digestibility of tarhana, *Food Chemistry*, 98, 329-337.
- Bilişli, A., Çevik, İ. ve Şentürk, A., 2002, Bazı patates çeşitlerinin derin dondurmaya elverişliliği üzerine araştırmalar, *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi*, 1, 12-18.

- Bong, W.-C., Vanhanen, L. P. ve Savage, G. P., 2017, Addition of calcium compounds to reduce soluble oxalate in a high oxalate food system, *Food Chemistry*, 221, 54-57.
- Bozkurt, G., 2006, Susam yağının antioksidan özellikteki başlıca bileşenlerinin nitelik ve nicelikleri üzerine araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 1.
- Brinkley, L., Mgguire, J., Gregory, J. ve Pak, C. Y. C., 1981, Bioavailability of oxalate in foods, *Urology*, 17 (6), 534-538.
- Carbonell-Barrachina, A. A., Lluch, M. A., Perez-Munera, I., Hernando, I. ve Castillo, S., 2009, Effects of chemical dehulling of sesame on color and microstructure, *Food Science and Technology International*, 15 (3), 229-234.
- Cemeroğlu, B., Yemenicioğlu, A. ve Özkan, M., 2004, Meyve ve sebze teknoloji, Editör: Cemeroğlu, B., 1. Cilt, *Kültür ve Turizm Bakanlığı*, Ankara, p. 28.
- Chang, L.-W., Yen, W.-J., Huang, S. C. ve Duh, P.-D., 2002, Antioxidant activity of sesame coat, *Food Chemistry*, 78, 347-354.
- Chaudhry, S. N., 1988, Characterization and processing of raw and roasted sesame oil, Master's Thesis, *Chapman College Food Science and Nutrition*, California, 1-4.
- Deng, G., Xu, D., Li, S. ve Li, H., 2015, Optimization of ultrasound-assisted extraction of natural antioxidants from sugar apple (*Annona squamosa* L.) peel using response surface methodology, *Molecules*, 20, 20448-20459.
- Deniz, L., Serteser, A. ve Kargıoğlu, M., 2010, Uşak Üniversitesi ve yakın çevresindeki bazı bitkilerin mahalli adları ve etnobotanik özellikleri, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1, 57-72.
- Denstadli, V., Skrede, A., Krogdahl, Å., Sahlström, S. ve T., S., 2006, Feed intake, growth, feed conversion, digestibility, enzyme activities and intestinal structure in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed graded levels of phytic acid, *Aquaculture*, 256, 365-376.
- Deshpande, S. S., Sathe, S. K., Salunkhe, D. K. ve Cornforth, D. P., 1982, Effects of dehulling on phytic acid, polyphenols, and enzyme inhibitors of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.), *Journal of Food Science*, 47, 1846-1850.
- Doi, R. H. ve Kosugi, A., 2004, Cellulosomes: plant-cell-wall-degrading enzyme complexes, *Microbiology*, 2, 541-551.
- Dost, K. ve Tokul, Ö., 2006, Determination of phytic acid in wheat and wheat products by reverse phase high performance liquid chromatography, *Analytica Chimica Acta*, 558, 22-27.

- El-Adawy, T. A. ve 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, 2005-2011.
- El Khier, M. K. S., Ishag, K. E. A. ve Yagoub, A. E. A., 2008, Chemical composition and oil characteristics of sesame seed cultivars grown in Sudan, *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4 (6), 761-766.
- Elleuch, M., Besbes, S., Roiseux, O., Blecker, C. ve Attia, H., 2007, Quality characteristics of sesame seeds and by-products, *Food Chemistry*, 103 (2), 641-650.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Besbes, S., Blecker, C. ve Attia, H., 2012, Dietary fibre characteristics and antioxidant activity of sesame seed coats (testae), *International Journal of Food Properties*, 15, 25-37.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Maazoun, B., Besbes, S., Blecker, C. ve Attia, H., 2014, Improving halva quality with dietary fibres of sesame seed coats and date pulp, enriched with emulsifier, *Food Chemistry*, 145, 765-771.
- Fagbenro, O. A., Adeparusi, E. O. ve Jimoh, W. A., 2010, Nutritional evaluation of sunflower and sesame seed meal in clarias gariepinus: an assessment by growth performance and nutrient utilization, *African Journal of Agricultural Research* 5(22), 3096-3101.
- Fokou, E., Achu, M. B., Kansci, G., Ponka, R., Fotso, M., Tchiégang, C. ve Tchouanguép, F. M., 2009, Chemical properties of some cucurbitaceae oils from cameroon, *Pakistan Journal of Nutrition*, 8 (9), 1325-1334.
- Francis, G., Makkar, H. P. S. ve Becker, K., 2001, Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish, *Aquaculture*, 199, 197-227.
- Gharby, S., Harhar, H., Bouzoubaa, Z., Asdadi, A., El Yadini, A. ve Charrouf, Z., 2015, Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, DOI: 10.1016/j.jssas.2015.1003.1004.
- Gharib-Zahedi, S. M. T., Mousavi, S. M., Razavi, S. H. ve Akhavan-Borna, M., 2009, Determination of nutritional and physical properties of sesame seed (*Sesamum indicum* L.), *The Fourth International Scientific Conference: Rural Development 2009*, Lithuania, 304-309.
- Ghavidé, R. A. ve Prakash, J., 2007, The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, in vitro iron and calcium bioavailability and in vitro starch and protein digestibility of some legume seeds, *LWT- Food Science and Technology*, 40, 1292-1299.

- Ghosh, P., Ghosal, P., Thakur, S., Lerouge, P., Loutelier-Bourhis, C., Driouich, A. ve Ray, B., 2005, Polysaccharides from *Sesamum indicum* meal: isolation and structural features, , *Food Chemistry*, 90, 719-726.
- Gibson, R. S., Perlas, L. ve Hotz, C., 2006, Improving the bioavailability of nutrients in plant foods at the household level, *Proceedings of the Nutrition Society*, 65 (2), 160-168.
- Grasso, F. V., Montoya, P. A., Camusso, C. C. ve Maroto, B. G., 2012, Improvement of soybean oil solvent extraction through enzymatic pretreatment, *International Journal of Agronomy*, 2012, 1-7.
- Greiner, R. ve Konietzny, U., 2006, Phytase for food application, *Food Technology and Biotechnology*, 44 (2), 125–140.
- Guérin, T., Le Calvez, E., Zinck, J., Bemrah, N., Sirot, V., Leblanc, J.-C., Chekri, R., Hulin, M. ve Noël, L., 2017, Levels of lead in foods from the first French total diet study on infants and toddlers, *Food Chemistry*, 237, 849–856.
- 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.
- Haugh, W. ve Lantzsch, H. J., 1983, Sensitive method for rapid determination of phytate in cereals and cereals products, *Journal of the Science Food and Agriculture*, 34, 1423-1426.
- Hecer, C., 2010, Gıda analizleri, *Marmara Kitapevi*, Bursa, p. 9-10.
- Hefnawy, T. H., 2011, Effect of processing methods on nutritional composition and anti-nutritional factors in lentils (*Lens culinaris*), *Annals of Agricultural Science*, 56 (2), 57–61.
- Hiremath, S. C., Patil, C. G., Patil, K. B. ve Nagasampige, M. H., 2007, Genetic diversity of seed lipid content and fatty acid composition in some species of *Sesamum* L. (Pedaliaceae), *African Journal of Biotechnology*, 6 (5), 539-543.
- Holmes, R. P. ve Kenndey, M., 2000, Estimation of the oxalate content of foods and daily oxalate intake, *Kidney International*, 57, 1662–1667.
- Hou, T., Liu, W., Shi, W., Ma, Z. ve He, H., 2017, Desalted duck egg white peptides promote calcium uptake by counteracting the adverse effects of phytic acid, *Food Chemistry*, 219, 428-435.
- Hönow, R. ve Hesse, A., 2002, Comparison of extraction methods for the determination of soluble and total oxalate in foods by HPLC-enzyme-reactor, *Food Chemistry*, 78, 511–521.

- Huang, J., Huang, C. ve Liebman, M., 2015, Oxalate contents of commonly used Chinese medicinal herbs, *Journal of Traditional Chinese Medicine*, 35 (5), 594-599.
- Hurrell, R. F., 2003, Influence of vegetable protein sources on trace element and mineral bioavailability, *The Journal of Nutrition*, 133, 2973-2977.
- Ikegwu, O. J. ve Ekwu, F. C., 2010, Use of response surface methodology in predicting the apparent viscosity of 'Achi' *Brachystegla* spp. flour, *Pakistan Journal of Nutrition*, 9 (7), 720-723.
- İlyasoğlu, H., 2013, Production of human fat milk analogue containing  $\alpha$ -linolenic acid by solvent-free enzymatic interesterification, *LWT - Food Science and Technology*, 54, 179-185.
- Inyang, U. E. ve Nwadinikpa, C. U., 1992, Functional properties of dehulled sesame (*Sesamum indicum* L.) seed flour, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69 (8), 819-822.
- Inyang, U. E. ve Ekanem, J. O., 1996, Effect of dehulling methods and desolventizing temperatures on proximate composition and some functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed flour, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73 (9), 1133-1136.
- Israr, B., Frazier, R. A. ve Gordon, M. H., 2013, Effects of phytate and minerals on the bioavailability of oxalate from food, *Food Chemistry*, 141, 1690–1693.
- Ivanova-Petropulos, V., Mitrev, S., Stafilov, T., Markova, N., Leitner, E., Lankmayr, E. ve Siegmund, B., 2015, Characterisation of traditional Macedonian edible oils by their fatty acid composition and their volatile compounds, *Food Research International* 77 506–514.
- Jain, T., Grover, K. ve Kaur, G., 2016, Effect of processing on nutrients and fatty acid composition of garden cress (*Lepidium sativum*) seeds, *Food Chemistry*, 213, 806-812.
- Jannat, B., Oveisi, M. R., Sadeghi, N., Hajimahmoodi, M., Behzad, M., Choopankari, E. ve Behfar, A. A., 2010, Effects of roasting temperature and time on healthy nutraceuticals of antioxidants and total phenolic content in Iranian sesame seeds (*Sesamum indicum* L.), *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 7 (1), 97-102.
- Jiang, Z.-L., Zhao, M.-X. ve Liao, L.-X., 1996, Catalytic spectrophotometric methods for the determination of oxalic acid, *Analytica Chimica Acta*, 320, 139-143.
- Jimoh, W. A., Fagbenro, O. A. ve Adeparusi, E. O., 2011, Effect of processing on the nutrient, mineral and antinutrients, *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 10 (1), 1858-1864.



- Juajun, O., Vanhanen, L., Sangketkit, C. ve Savage, G., 2012, Effect of cooking on the oxalate content of selected Thai vegetables, *Food and Nutrition Sciences*, 3, 1631-1635.
- Kahyaoğlu, T. ve Kaya, S., 2006, Determination of optimum processing conditions for hot-air roasting of hulled sesame seeds using response surface methodology, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86 (10), 1452-1459.
- Kamchan, A., Puwastien, P., Sirichakwal, P. P. ve Kongkachuichai, R., 2004, *In vitro* calcium bioavailability of vegetables, legumes and seeds, *Journal of Food Composition and Analysis*, 17, 311-320.
- Kanu, P. J., 2011, Biochemical analysis of black and white sesame seeds from China, *American Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 1 (2), 145-157.
- Kaya, S. ve Kahyaoğlu, T., 2006, Influence of dehulling and roasting process on the thermodynamics of moisture adsorption in sesame seed, *Journal of Food Engineering*, 76 (2), 139-147.
- Khalid, E. K., Babiker, E. E. ve El Tinay, A. H., 2003, Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration, *Food Chemistry*, 82, 361-366.
- Khalil, M. M., 2001, Effect of soaking, germination, autoclaving and cooking on chemical and biological value of guar compared with faba bean, *Nahrung/Food*, 45 (4), 246 -250.
- Koç, B. ve Kaymak-Ertekin, F., 2010, Yanıt yüzey yöntemi ve gıda işleme uygulamaları, *Gıda*, 35 (1), 63-70.
- Koç, B., 2008, Püskürtmeli kurutma yöntemi ile yoğurt tozu üretim koşullarının optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 23-81.
- Kola, O., Kaya, C., Özer, M. S. ve Altan, A., 2009, Altıntop dilim konservesi üretiminde enzim kullanımı: I. kabuk soyma *Gıda*, 34 (1), 21-28.
- Latif, S. ve Anwar, F., 2009, Effect of aqueous enzymatic processes on sunflower oil quality, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86, 393-400.
- Latif, S. ve Anwar, F., 2011, Aqueous enzymatic sesame oil and protein extraction, *Food Chemistry*, 125 (2), 679-684.
- Liu, B., Guo, X., Zhu, K. ve Liu, Y., 2011, Nutritional evaluation and antioxidant activity of sesame sprouts, *Food Chemistry*, 129 (3), 799-803.
- Makinde, F. M. ve 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.

- Manirakiza, P., A., C. ve P., S., 2001, Comparative study on total lipid determination using soxhlet, roese-gottlieb, bligh & dyer, and modified bligh & dyer extraction methods, *Journal of Food Composition and Analysis*, 14 (1), 93–100.
- Maskan, M., 2001, Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying, *Journal of Food Engineering*, 48 169-175.
- Massey, L. K., 2007, Food oxalate: factors affecting measurement, biological variation, and bioavailability, *Journal of the American Dietetic Association*, 107 (7), 1191-1194.
- Matthäus, B., 1998, Effect of dehulling on the composition of antinutritive compounds in various cultivars of rapeseed, *Fett/Lipid*, 100 (7), 295–301.
- Moazzami, A. A., Haese, S. L. ve Kamal-Eldin, A., 2007, Lignan contents in sesame seeds and products, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109 (10), 1022-1027.
- Mohamadzadeh, J., Sadeghi-Mahoonak, A., Yaghbani, M. ve Aalami, M., 2009, Effect of hydrothermal pretreatment of canola seeds on dehulling efficiency and oil quality, *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 4 (1), 14-18.
- Moharram, Y. G., Osman, H. O. A. ve Abou-EI-Khier, Y. I. A., 1990, Wet decortication of sesame seeds by new methods, *Food and Nutrition Bulletin*, 12 (1), 57-63.
- Mohd-Taufek, N., Cartwright, D., Davies, M., Hewavitharana, A. K., Koorts, P., Shaw, P. N., Sumner, R., Lee, E. ve Whitfield, K., 2016, The simultaneous analysis of eight essential trace elements in human milk by ICP-MS, *Food Analytical Methods*, DOI: 10.1007/s12161-12015-10396-z.
- Montgomery, D. C., 2009, Design and analysis of experiments, *John Wiley & Sons*, New Jersey, p. 11-21.
- Muller, E. I., Souza, J. P., Muller, C. C., Muller, A. L. H., Mello, P. A. ve Bizzi, C. A., 2016, Microwave-assisted wet digestion with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> at high temperature and pressure using single reaction chamber for elemental determination in milk powder by ICP-OES and ICP-MS, *Talanta* 156-157 232–238.
- Namiki, M., 2007, Nutraceutical functions of sesame: A review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47, 651-673.
- Nelson, D. L. ve Cox, M. M., 2005, Lehninger biyokimyanın ilkeleri, Çeviri Editörü: Kılıç, N., *Palme Yayıncılık*, Ankara, p. 31.
- Nguyen, H. V. H. ve Savage, G. P., 2013, Oxalate content of New Zealand grown and imported fruits, *Journal of Food Composition and Analysis*, 31 (2), 180-184.
- Noonan, S. C. ve Savage, G. P., 1999, Oxalate content of foods and its effect on humans, *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 8 (1), 64–74.

- Nzikou, J. M., Matos, L., Bouanga-Kalou, G., Ndangui, C. B., Pambou-Tobi, N. P. G., Kimbonguila, A., Silou, T., Linder, M. ve 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.
- Oatway, L., Vasanthan, T. ve Helm, J. H., 2001, Phytic acid, *Food Reviews International*, 17 (4 ), 419-431.
- Olagunju, A. I. ve Ifesan, B. O. T., 2013, Nutritional composition and acceptability of cookies made from wheat flour and germinated sesame (*Sesamum indicum*) flour blends, *British Journal of Applied Science & Technology*, 3 (4), 702-713.
- Oomah, B. D. ve Mazza, G., 1997, Effect of dehulling on chemical composition and physical properties of flaxseed, *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 30, 135-140.
- Özcan, M. ve Akgül, A., 1994, Tahinde fiziksel kimyasal analizler ve yağ asitleri bileşiminin belirlenmesi, *Gıda*, 16 (9), 411-416.
- Özcan, M. M., 1993, Susam, susam yağı ve tahinde fiziksel-kimyasal analizler ve yağ asitleri bileşiminin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-5.
- Özcan, M. M., 2006, Determination of the mineral compositions of some selected oil-bearing seeds and kernels using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES), *Grasas Y Aceites*, 57 (2), 211-218.
- Park, H., Ahn, H., Kim, S., Lee, C., Byun, M. ve Lee, G., 2006, Determination of the phytic acid levels in infant foods using different analytical methods, *Food Control*, 17, 727-732.
- Paroha, S., Bhargav, A., Tripathi, A., Garg, S., Kawreti, V. ve Ranganatha, A. R. G., 2014, Biochemical composition of whole seed, decorticated seed and seed coat in sesame (*Sesamum indicum* L.) of different seed coat colours, *Journal of Oilseeds Research*, 31 (2), 126-129.
- Pearson, D., 1970, The chemical analysis of foods *Churchill*, London, p. 452.
- Perifanova-Nemska, M., Hadzhijski, T., Başoğlu, F. ve Georgieva, P., 1998, Öğütülmüş ayçiçeği tohumlarından enzim muamelesiyle yağ üretiminin artırılması, *Gıda*, 23 (4), 279-283.
- Phan-Thien, K.-Y., Wright, G. C. ve Lee, N. A., 2012, Inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) and -optical emission spectroscopy (ICP-OES) for determination of essential minerals in closed acid digestates of peanuts (*Arachis hypogaea* L.), *Food Chemistry*, 134, 453-460.
- Pretel, M. T., Lozano, P., Riquelme, F. ve Romojaro, F., 1997, Pectic enzymes in fresh fruit processing: optimization of enzymic peeling of oranges, *Process Biochemistry*, 32 (1), 43-49.

- Pretel, M. T., Sanchez-Bel, P., Egea, I. ve Romojaro, F., 2008, Enzymatic peeling of citrus fruits: factors affecting degradation of the albedo, *Tree and Forestry Science and Biotechnology*, 2 (1), 52-59.
- Razavi, S. M. A., Najafi, M. B. H. ve Alaei, Z., 2007, The time independent rheological properties of low fat sesame paste/date syrup blends as a function of fat substitutes and temperature, *Food Hydrocolloids*, 21, 198-202.
- Ribeiro, S. A. O., Nicacio, A. E., Zanqui, A. B., Biondo, P. B. F., de Abreu, B. A., Visentainer, J. V., Gomes, S. T. M. ve Matsushita, M., 2016, Improvements in the quality of sesame oil obtained by a green extraction method using enzymes, *Lwt-Food Science and Technology*, 65, 464-470.
- Rostami, M., Farzaneh, V., Boujmehrani, A., Mohammadi, M. ve Bakhshabadi, H., 2014, Optimizing the extraction process of sesame seed's oil using response surface method on the industrial scale, *Industrial Crops and Products* 58 160–165.
- Saeed, F., Qamar, A., Nadeem, M. T., Ahmed, R. S., Arshad, M. S. ve Afzaal, M., 2015, Nutritional composition and fatty acid profile of some promising sesame cultivars, *Pakistan Journal of Food Sciences*, 25 (2), 98-103.
- Safavi, A. ve Banazadeh, A. R., 2007, Catalytic determination of traces of oxalic acid in vegetables and water samples using a novel optode, *Food Chemistry*, 105, 1106–1111.
- Sağun, E., Tarakçı, Z., Sancak, H. ve Durmaz, H., 2005, Salamura otlı peynirde olgunlaşma süresince mineral madde değişimi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16 (1), 21-25.
- Samur, G., 2008, Vitaminler mineraller ve sağlığımız, *Sağlık Bakanlığı*, Ankara, p. 20.
- Savage, G. P., Vanhanen, L., Mason, S. M. ve Ross, A. B., 2000, Effect of cooking on the soluble and insoluble oxalate content of some New Zealand foods, *Journal of Food Composition and Analysis*, 13, 201-206.
- Savage, G. P., Charrier, M. J. S. ve Vanhanen, L., 2003, Bioavailability of soluble oxalate from tea and the effect of consuming milk with the tea, *European Journal of Clinical Nutrition*, 57, 415–419.
- Savage, G. P. ve Dubois, M., 2006 The effect of soaking and cooking on the oxalate content of taro leaves, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 57 (5/6), 376-381.
- Schroder, T., Vanhanen, L. ve Savage, G. P., 2011, Oxalate content in commercially produced cocoa and dark chocolate, *Journal of Food Composition and Analysis*, 24 (7), 916-922.
- Shahidi, F., Liyana-Pathirana, C. M. ve Wall, D. S., 2006, Antioxidant activity of white and black sesame seeds and their hull fractions, *Food Chemistry*, 99 (3), 478-483.

- Spinelli, J., Houle, C. R. ve Wekell, J. C., 1983, The effect of phytates on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) fed purified diets containing varying quantities of calcium and magnesium, *Aquaculture*, 30, 71-83.
- Sreerama, Y. N., Sashikala, V. B. ve Pratape, V. M., 2009, Effect of enzyme pre-dehulling treatments on dehulling and cooking properties of legumes, *Journal of Food Engineering*, 92, 389-395.
- Şahin, G., 2014, Türkiye’de üretimi azalan önemli bir yağ bitkisi susam, *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 3 (2), 382-433.
- Şat, İ. G. ve Keleş, F., 2004, Fitik asit ve beslenmeye etkisi, *Gıda*, 29 (6), 405-409.
- Tan, A. Ş., 2011, Bazı susam çeşitlerinin menemen koşullarında performansları *Anadolu*, 21 (2), 11 - 28.
- Tatar, F., 2012, Balık (*Engraulis encrasicolus* L.) yağının mikroenkapsülasyonunda hemiselülozun kaplayıcı madde olarak kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun, 21-27.
- Temiz, A., 2014, Gıda kimyası, Editör: Saldamlı, İ., *Ankara*, p. 319-357,386.
- Tenyang, N., Ponka, R., Tiencheu, B., Djikeng, F. T., Azmeera, T., Karunae, M. S. L., Prasade, R. B. N. ve Womenid, H. M., 2017, Effects of boiling and roasting on proximate composition, lipid oxidation, fatty acid profile and mineral content of two sesame varieties commercialized and consumed in Far-North Region of Cameroon, *Food Chemistry*, 221, 1308-1316.
- Toker, İ. ve Bayındırlı, A., 2003, Enzymatic peeling of apricots, nectarines and peaches, *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 36, 215-221.
- Topçu, A., Saldamlı, İ. ve Sağlam, F., 2014, Gıda kimyası, Editör: Saldamlı, İ., *Hacettepe Üniversitesi Yayınları*, Ankara, p. 458, 469-470.
- Torlak, E., Sert, D. ve Serin, P., 2013, Fate of *Salmonella* during sesame seeds roasting and storage of tahini, *International Journal of Food Microbiology*, 163 (2-3), 214-217.
- Udosen, E. O. ve Ukpanah, U. M., 1993, The toxicants and phosphorus-content of some Nigerian vegetables, *Plant Foods for Human Nutrition*, 44 (3), 285-289.
- Uzun, B., Arslan, C., Karhan, M. ve Toker, C., 2007, Fat and fatty acids of white lupin (*Lupinus albus* L.) in comparison to sesame (*Sesamum indicum* L.), *Food Chemistry*, 102 45-49.
- Von Unruh, G. E., Voss, S., Sauerbruch, T. ve Hesse, A., 2004, Dependence of oxalate absorption on the daily calcium intake, *Journal of the American Society of Nephrology*, 15, 1567-1573.

- Yewande, B. A. ve Thomas, A. O., 2015, Effects of processing methods on nutritive values of Ekuru from two cultivars of beans (*Vigna unguiculata* and *Vigna angustifoliata*), *African Journal of Biotechnology*, 14 (21), 1790-1795.
- Yurtseven, E. ve Baran, H. Y., 2000, Sulama suyu tuzluluğu ve su miktarlarının brokkolide (*Brassica oleracea botrytis*) verim ve mineral madde içeriğine etkisi, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24, 185–190.
- Zeb, A., Sattar, A., Shah, A. B., Bibi, N., Thinggaard, G. ve ter Meulen, U., 2002, Effects of dehulling and dry heating on the nutritional value of rapeseed meal for broiler chicks, *Archiv für Geflügelkunde*, 66 (4), 164 – 168.
- Zebib, H., Bultosa, G. ve Abera, S., 2015, Physico-chemical properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties grown in northern area, Ethiopia, *Agricultural Sciences*, 6, 238-246.
- Zhang, H., Miao, H., Wei, L., Li, C., Zhao, R. ve Wang, C., 2013, Genetic analysis and QTL mapping of seed coat color in sesame (*Sesamum indicum* L.), *Plos One*, 8 (5), 1-10.
- Zheng, Y., Yang, C., Pu, W. ve Zhang, J., 2009, Determination of oxalic acid in spinach with carbon nanotubes-modified electrode, *Food Chemistry*, 114 (4), 1523–1528.

## EKLER

### EK-1: Susam tohumlarının yağ asidi miktarları (%) ve istatistik analiz sonuçları

		C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3n3	C18:3n6
ÖNZ	HS	8.84±0.02 <sup>bc</sup>	5.66±0.00 <sup>a</sup>	40.08±0.0	43.98±0.01 <sup>ab</sup>	0.11±0.00 <sup>a</sup>	0.29±0.00 <sup>a</sup>
	G	8.88±0.05 <sup>c</sup>	5.71±0.03 <sup>a</sup>	40.18±0.11	43.76±0.15 <sup>a</sup>	0.11±0.00 <sup>a</sup>	0.29±0.00 <sup>a</sup>
	Ö1	8.77±0.01 <sup>abc</sup>	5.68±0.00 <sup>a</sup>	39.80±0.17	44.21±0.04 <sup>ab</sup>	0.06±0.08 <sup>a</sup>	0.30±0.00 <sup>a</sup>
	Ö2	8.73±0.01 <sup>abc</sup>	5.69±0.03 <sup>a</sup>	39.82±0.30 <sup>a</sup>	43.99±0.03 <sup>ab</sup>	0.0±0.00 <sup>a</sup>	0.29±0.01 <sup>a</sup>
	Ö3	8.75±0.00 <sup>abc</sup>	5.73±0.00 <sup>a</sup>	40.00±0.24 <sup>a</sup>	44.32±0.05 <sup>ab</sup>	0.0±0.00 <sup>a</sup>	0.30±0.01 <sup>a</sup>
KD	K1	8.78±0.01 <sup>abc</sup>	5.70±0.01 <sup>a</sup>	39.91±0.28 <sup>a</sup>	44.13±0.08 <sup>ab</sup>	0.11±0.00 <sup>a</sup>	0.30±0.01 <sup>a</sup>
	K2	8.88±0.12 <sup>c</sup>	5.73±0.05 <sup>a</sup>	39.62±0.69 <sup>a</sup>	43.98±0.48 <sup>ab</sup>	0.05±0.08 <sup>a</sup>	0.30±0.01 <sup>a</sup>
	K3	8.81±0.08 <sup>bc</sup>	5.72±0.07 <sup>a</sup>	39.78±0.41 <sup>a</sup>	44.04±0.18 <sup>ab</sup>	0.05±0.08 <sup>a</sup>	0.30±0.01 <sup>a</sup>
BM	B1	8.88±0.04 <sup>c</sup>	5.62±0.21 <sup>a</sup>	39.83±0.11 <sup>a</sup>	44.56±0.18 <sup>b</sup>	0.10±0.00 <sup>a</sup>	0.31±0.01 <sup>a</sup>
	B2	8.82±0.03 <sup>bc</sup>	5.70±0.01 <sup>a</sup>	39.97±0.28 <sup>a</sup>	44.12±0.09 <sup>ab</sup>	0.05±0.07 <sup>a</sup>	0.30±0.01 <sup>a</sup>
	B3	8.79±0.01 <sup>abc</sup>	5.66±0.01 <sup>a</sup>	39.95±0.01 <sup>a</sup>	44.34±0.03 <sup>ab</sup>	0.11±0.00 <sup>a</sup>	0.30±0.00 <sup>a</sup>
DT	D1	8.68±0.01 <sup>ab</sup>	5.65±0.00 <sup>a</sup>	39.88±0.04 <sup>a</sup>	44.38±0.00 <sup>ab</sup>	0.11±0.00 <sup>a</sup>	0.30±0.00 <sup>a</sup>
	D2	8.65±0.03 <sup>a</sup>	5.60±0.01 <sup>a</sup>	39.90±0.29 <sup>a</sup>	44.10±0.25 <sup>ab</sup>	0.05±0.08 <sup>a</sup>	0.29±0.00 <sup>a</sup>
	D3	8.77±0.01 <sup>abc</sup>	5.71±0.00 <sup>a</sup>	39.82±0.23 <sup>a</sup>	44.14±0.14 <sup>ab</sup>	0.11±0.00 <sup>a</sup>	0.29±0.00 <sup>a</sup>

### EK-1: Susam tohumlarının yağ asidi miktarları (%) ve istatistik analiz sonuçları (devamı)

		C20:0	C20:1n9	C22:0	$\Sigma SFA$	$\Sigma MUFA$	$\Sigma PUFA$
ÖNZ	HS	0.56±0.00 <sup>a</sup>	0.14±0.00 <sup>a</sup>	0.17±0.03 <sup>a</sup>	15.23 ±0.00 <sup>a</sup>	40.22±0.0 <sup>a</sup>	44.38± 0.01 <sup>ab</sup>
	G	0.57±0.00 <sup>a</sup>	0.15±0.00 <sup>a</sup>	0.09±0.12 <sup>a</sup>	15.25 ±0.40 <sup>a</sup>	40.33±0.11 <sup>a</sup>	44.16±0.15 <sup>a</sup>
	Ö1	0.56±0.01 <sup>a</sup>	0.15±0.00 <sup>a</sup>	0.25±0.05 <sup>a</sup>	15.26 ±0.06 <sup>a</sup>	39.94±0.17 <sup>a</sup>	44.57±0.05 <sup>ab</sup>
	Ö2	0.56±0.02 <sup>a</sup>	0.15±0.00 <sup>a</sup>	0.29±0.07 <sup>a</sup>	15.27 ±0.13 <sup>a</sup>	39.96±0.30 <sup>a</sup>	44.28±0.02 <sup>ab</sup>
	Ö3	0.57±0.00 <sup>a</sup>	0.15±0.00 <sup>a</sup>	0.11±0.15 <sup>a</sup>	15.15 ±0.16 <sup>a</sup>	40.14±0.24 <sup>a</sup>	44.61±0.05 <sup>ab</sup>
KD	K1	0.57±0.01 <sup>a</sup>	0.14±0.00 <sup>a</sup>	0.23±0.14 <sup>a</sup>	15.28 ±0.17 <sup>a</sup>	40.05±0.28 <sup>a</sup>	44.53±0.08 <sup>ab</sup>
	K2	0.57±0.01 <sup>a</sup>	0.15±0.01 <sup>a</sup>	0.32±0.45 <sup>a</sup>	15.5 ±0.63 <sup>a</sup>	39.76±0.70 <sup>a</sup>	44.33±0.54 <sup>ab</sup>
	K3	0.57±0.02 <sup>a</sup>	0.13±0.03 <sup>a</sup>	0.23±0.13 <sup>a</sup>	15.33 ±0.29 <sup>a</sup>	39.90±0.44 <sup>a</sup>	44.39±0.25 <sup>ab</sup>
BM	B1	0.58±0.03 <sup>a</sup>	0.07±0.10 <sup>a</sup>	0.0±0.00 <sup>a</sup>	15.07 ±0.27 <sup>a</sup>	39.90±0.20 <sup>a</sup>	44.97±0.17 <sup>b</sup>
	B2	0.57±0.00 <sup>a</sup>	0.14±0.01 <sup>a</sup>	0.15±0.21 <sup>a</sup>	15.23 ±0.17 <sup>a</sup>	40.11±0.28 <sup>a</sup>	44.47±0.01 <sup>ab</sup>
	B3	0.56±0.00 <sup>a</sup>	0.14±0.00 <sup>a</sup>	0.14±0.00 <sup>a</sup>	15.15±0.01 <sup>a</sup>	40.09±0.00 <sup>a</sup>	44.74±0.03 <sup>ab</sup>
DT	D1	0.56±0.00 <sup>a</sup>	0.14±0.00 <sup>a</sup>	0.17±0.02 <sup>a</sup>	15.07 ±0.01 <sup>a</sup>	40.02±0.04 <sup>a</sup>	44.78±0.00 <sup>ab</sup>
	D2	0.55±0.00 <sup>a</sup>	0.14±0.00 <sup>a</sup>	0.07±0.10 <sup>a</sup>	14.87±0.10 <sup>a</sup>	40.05±0.29 <sup>a</sup>	44.45±0.33 <sup>ab</sup>
	D3	0.57±0.01 <sup>a</sup>	0.14±0.00 <sup>a</sup>	0.25±0.9 <sup>a</sup>	15.30±0.9 <sup>a</sup>	39.97±0.23 <sup>a</sup>	44.54±0.14 <sup>a</sup>

Üçlü analizlerin ortalama ± standart sapması. Aynı sütundaki farklı harfler, Tukey testi ile %95'lik anlamlı fark olduğunu ifade etmektedir (p < 0.05).

$\Sigma SFA$ : Toplam doymamış yağ asidi;  $\Sigma MUFA$ : toplam tekli doymamış yağ asidi;  $\Sigma PUFA$ : Toplam çoklu doymamış asidi. C16:0-palmitik asit; C18:0-stearik asit; C18:1-oleik asit; C18:2-linoleik asit; C18:3n3- $\alpha$ -linolenik asit; C18:3n6- $\gamma$ -linolenik asit; C20:0-araşidik asit; C20:1n9-cis-11-eikosenoik asit; C22:0-behenik asit.

S: ham susam tohumu, G: geleneksel yöntemle soylmuş susam tohumu, ÖNZ: ön işlem uygulanmamış susam tohumu, KD: kaynar suya daldırılmış susam tohumu, BM: buharla muamele edilmiş susam tohumu, DM: -18 °C'de tutulmuş susam tohumu

**EK-2: KD için Box-Behnken deneme planı ve elde edilen deneysel sonuçlar (ortalama)**

Deney No	Konsantrasyon (%)	Bekletme süresi (dk)	Sıcaklık (°C)	pH	Uzaklaşan kabuk oranı (%)	$L^*$ değeri
1	0.00	180.00	36.00	4.50	6.31	71.18
2	3.00	180.00	36.00	4.50	11.80	76.95
3	1.50	180.00	36.00	5.00	11.93	78.26
4	1.50	90.00	22.00	5.00	10.22	78.05
5	3.00	90.00	50.00	4.50	11.05	78.05
6	1.50	90.00	36.00	4.50	10.47	77.45
7	1.50	180.00	50.00	4.50	12.11	78.87
8	1.50	90.00	50.00	5.00	12.51	78.47
9	1.50	90.00	36.00	4.50	11.13	78.46
10	3.00	0.00	36.00	4.50	8.23	72.86
11	1.50	180.00	22.00	4.50	10.26	78.56
12	1.50	180.00	36.00	4.00	11.91	77.83
13	1.50	90.00	22.00	4.00	9.85	76.16
14	0.00	90.00	22.00	4.50	4.89	69.13
15	3.00	90.00	22.00	4.50	9.84	76.71
16	0.00	0.00	36.00	4.50	5.06	67.28
17	1.50	90.00	50.00	4.00	11.75	78.56
18	1.50	0.00	22.00	4.50	6.69	70.94
19	1.50	0.00	36.00	5.00	6.27	69.69
20	3.00	90.00	36.00	4.00	10.18	76.85
21	3.00	90.00	36.00	5.00	10.22	76.99
22	1.50	90.00	36.00	4.50	11.91	79.63
23	1.50	0.00	36.00	4.00	7.14	70.28
24	1.50	90.00	36.00	4.50	10.29	77.70
25	0.00	90.00	50.00	4.50	7.29	71.44
26	1.50	90.00	36.00	4.50	10.66	77.52
27	0.00	90.00	36.00	5.00	5.54	69.74
28	1.50	0.00	50.00	4.50	6.20	69.10
29	0.00	90.00	36.00	4.00	5.26	69.27



**EK-3: BM için Box-Behnken deneme planı ve elde edilen deneysel sonuçlar (ortalama)**

Deney No	Konsantrasyon (%)	Bekletme süresi (dk)	Sıcaklık (°C)	pH	Uzaklaşan kabuk oranı (%)	$L^*$ değeri
1	0.00	180.00	36.00	4.50	4.68	58.41
2	3.00	180.00	36.00	4.50	9.83	66.28
3	1.50	180.00	36.00	5.00	10.55	65.99
4	1.50	90.00	22.00	5.00	9.42	66.54
5	3.00	90.00	50.00	4.50	10.97	70.41
6	1.50	90.00	36.00	4.50	10.15	67.73
7	1.50	180.00	50.00	4.50	11.63	67.01
8	1.50	90.00	50.00	5.00	11.13	70.48
9	1.50	90.00	36.00	4.50	10.45	66.56
10	3.00	0.00	36.00	4.50	8.40	63.13
11	1.50	180.00	22.00	4.50	9.43	66.19
12	1.50	180.00	36.00	4.00	10.49	66.81
13	1.50	90.00	22.00	4.00	9.52	65.96
14	0.00	90.00	22.00	4.50	3.26	56.33
15	3.00	90.00	22.00	4.50	9.41	65.82
16	0.00	0.00	36.00	4.50	2.64	55.83
17	1.50	90.00	50.00	4.00	10.77	70.20
18	1.50	0.00	22.00	4.50	6.64	57.42
19	1.50	0.00	36.00	5.00	6.63	60.90
20	3.00	90.00	36.00	4.00	9.91	67.62
21	3.00	90.00	36.00	5.00	9.93	66.23
22	1.50	90.00	36.00	4.50	9.77	66.99
23	1.50	0.00	36.00	4.00	5.67	57.33
24	1.50	90.00	36.00	4.50	9.91	67.07
25	0.00	90.00	50.00	4.50	5.77	60.50
26	1.50	90.00	36.00	4.50	11.46	69.23
27	0.00	90.00	36.00	5.00	4.53	59.52
28	1.50	0.00	50.00	4.50	5.13	53.89
29	0.00	90.00	36.00	4.00	4.86	60.3

**EK-4:** DT için Box-Behnken deneme planı ve elde edilen deneysel sonuçlar (ortalama)

Deney No	Konsantrasyon (%)	Bekletme süresi (dk)	Sıcaklık (°C)	pH	Uzaklaşan kabuk oranı (%)	$L^*$ değeri
1	0.00	180.00	36.00	4.50	6.56	74.46
2	3.00	180.00	36.00	4.50	13.48	79.13
3	1.50	180.00	36.00	5.00	11.76	79.49
4	1.50	90.00	22.00	5.00	10.65	79.68
5	3.00	90.00	50.00	4.50	12.63	80.37
6	1.50	90.00	36.00	4.50	13.28	81.26
7	1.50	180.00	50.00	4.50	11.64	80.04
8	1.50	90.00	50.00	5.00	12.68	79.01
9	1.50	90.00	36.00	4.50	12.50	79.42
10	3.00	0.00	36.00	4.50	9.94	71.05
11	1.50	180.00	22.00	4.50	10.69	79.21
12	1.50	180.00	36.00	4.00	12.30	79.93
13	1.50	90.00	22.00	4.00	9.59	79.22
14	0.00	90.00	22.00	4.50	4.59	70.16
15	3.00	90.00	22.00	4.50	11.05	77.55
16	0.00	0.00	36.00	4.50	6.63	65.39
17	1.50	90.00	50.00	4.00	12.04	79.86
18	1.50	0.00	22.00	4.50	6.39	67.31
19	1.50	0.00	36.00	5.00	8.32	72.34
20	3.00	90.00	36.00	4.00	12.39	79.50
21	3.00	90.00	36.00	5.00	13.96	80.76
22	1.50	90.00	36.00	4.50	11.96	78.97
23	1.50	0.00	36.00	4.00	8.55	76.71
24	1.50	90.00	36.00	4.50	12.41	79.33
25	0.00	90.00	50.00	4.50	6.49	74.46
26	1.50	90.00	36.00	4.50	11.06	80.30
27	0.00	90.00	36.00	5.00	7.20	74.29
28	1.50	0.00	50.00	4.50	5.64	67.49
29	0.00	90.00	36.00	4.00	5.54	69.63

**EK-5: Çalışmada istenirlik fonksiyonu ile belirlenen optimum noktalar**

Ön işlemsiz tohumda istenirlik fonksiyonu ile belirlenen optimum noktalar

No	Konsantrasyon (%)	Bekletme süresi (dk)	Sıcaklık (°C)	pH	Uzaklaşan kabuk oranı (%)	L* değeri
1	2.18	141.25	49.96	4.81	14.00	81.16
2	1.53	176.72	49.99	4.17	13.94	81.16
3	2.34	146.54	48.61	4.50	14.08	81.45
4	1.85	164.29	47.93	4.06	14.18	81.18
5	2.34	134.54	49.53	4.74	13.94	81.18
6	1.93	176.09	48.39	4.24	14.20	81.24
7	2.14	169.4	49.85	4.06	14.55	81.16
8	1.91	168.30	49.15	4.28	14.21	81.49
9	2.19	142.53	48.94	4.76	13.97	81.23
10	2.12	168.06	47.63	4.45	14.09	81.25
11	2.35	132.87	49.81	4.59	13.94	81.40
12	1.59	171.34	49.69	4.17	13.98	81.29
13	2.02	150.40	49.86	4.78	13.97	81.19
14	2.06	144.21	49.87	4.82	13.95	81.19
15	1.87	157.88	47.03	4.23	13.98	81.48

Kaynar suya daldırılmış tohumda istenirlik fonksiyonu ile belirlenen optimum noktalar

No	Konsantrasyon (%)	Bekletme süresi (dk)	Sıcaklık (°C)	pH	Uzaklaşan kabuk oranı (%)	L* değeri
1	2.08	170.63	39.51	4.74	12.75	79.67
2	1.82	150.87	45.62	4.81	12.87	79.69
3	2.51	143.80	44.89	4.24	12.67	79.76
4	2.26	154.02	43.19	4.45	12.88	80.07
5	2.35	139.59	49.14	4.54	13.02	80.11
6	1.56	148.77	48.57	4.42	12.57	79.67
7	2.30	149.89	43.79	4.31	12.79	79.98
8	2.41	157.22	37.92	4.63	12.63	79.81
9	1.86	137.76	47.36	4.60	12.80	79.99
10	2.30	146.38	41.41	4.51	12.74	80.06
11	1.75	140.04	48.51	4.68	12.81	79.81
12	2.21	116.35	49.67	4.64	12.60	79.69
13	2.18	148.38	38.71	4.41	12.53	79.92
14	2.23	169.77	49.66	4.69	13.46	79.90
15	1.66	142.83	47.06	4.35	12.52	79.77

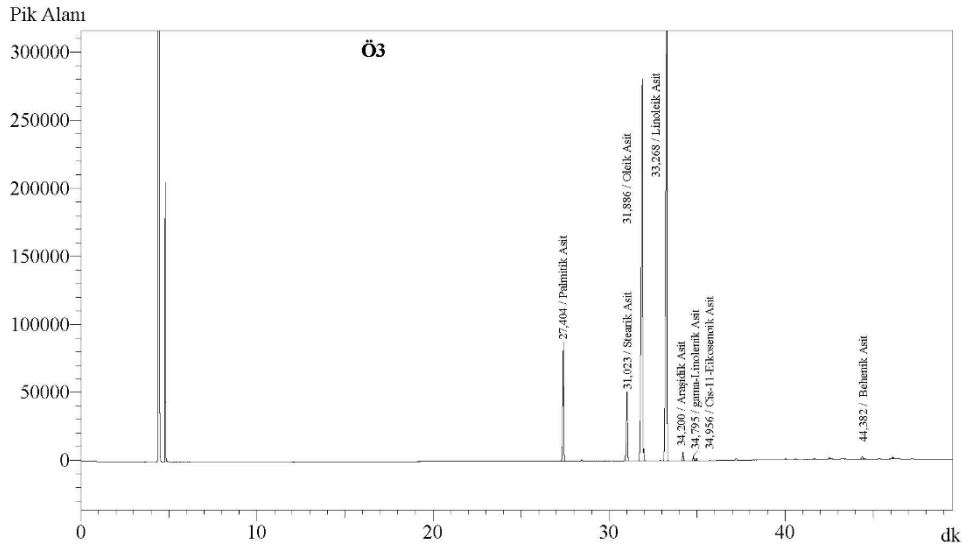
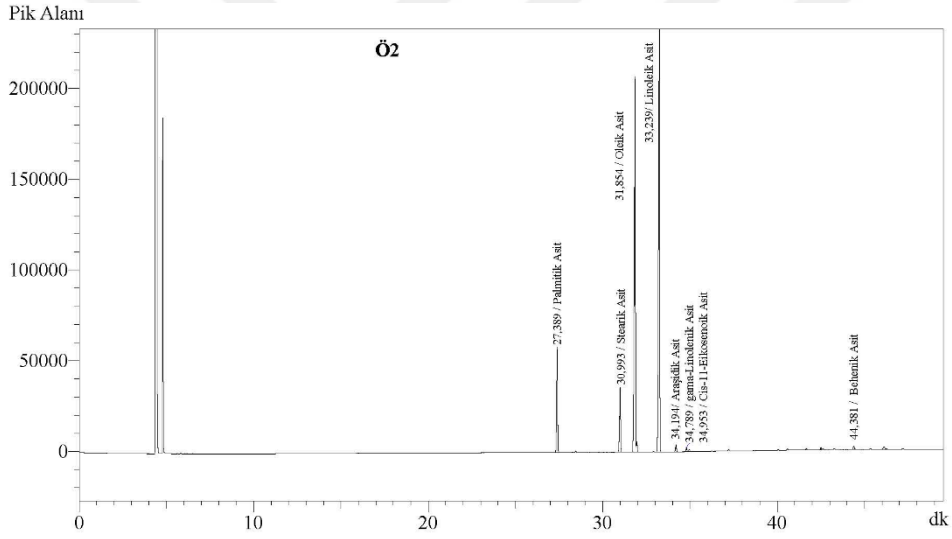
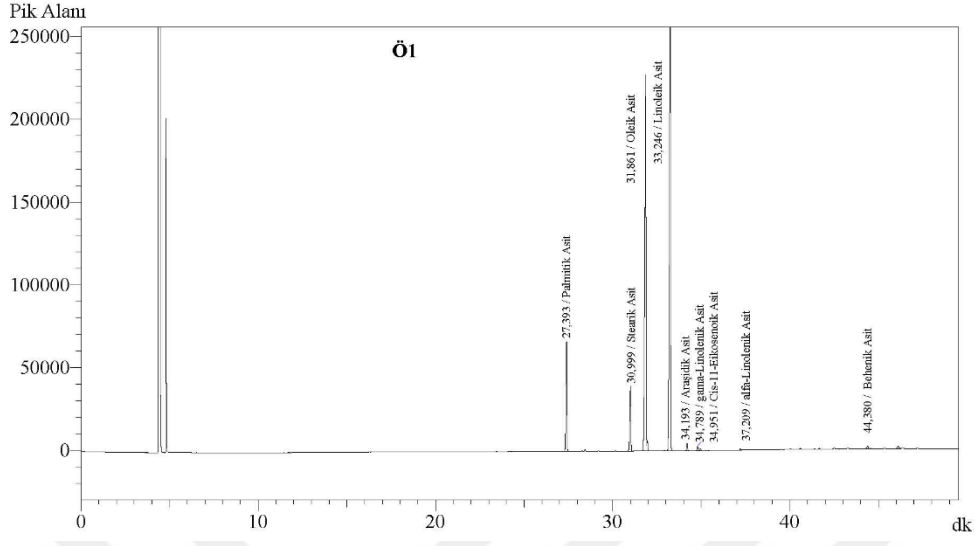
-18 °C'de muamele edilmiş tohumda istenirlik fonksiyonu ile belirlenen optimum noktalar

No	Konsantrasyon (%)	Bekletme süresi (dk)	Sıcaklık (°C)	pH	Uzaklaşan kabuk oranı (%)	<i>L</i> * değeri
1	2.04	144.13	39.29	4.98	13.98	82.63
2	2.27	134.50	41.85	4.37	13.99	81.77
3	2.78	136.87	38.45	4.14	14.11	81.70
4	2.17	147.86	35.48	4.98	14.01	82.55
5	2.31	110.26	39.37	4.85	13.97	81.55
6	2.70	123.77	34.34	4.83	14.16	81.32
7	2.79	123.44	40.86	4.21	14.03	81.51
8	2.55	148.00	45.11	4.28	14.08	81.38
9	2.57	107.02	36.1	4.98	14.02	81.32
10	2.40	120.28	36.98	4.61	14.06	81.55
11	2.58	142.02	37.97	4.36	14.23	81.56
12	2.80	127.13	41.21	4.11	13.99	81.75
13	2.86	158.24	40.3	4.98	14.62	81.32
14	2.52	149.29	44.91	4.36	14.12	81.33
15	2.81	134.67	41.38	4.17	14.14	81.56

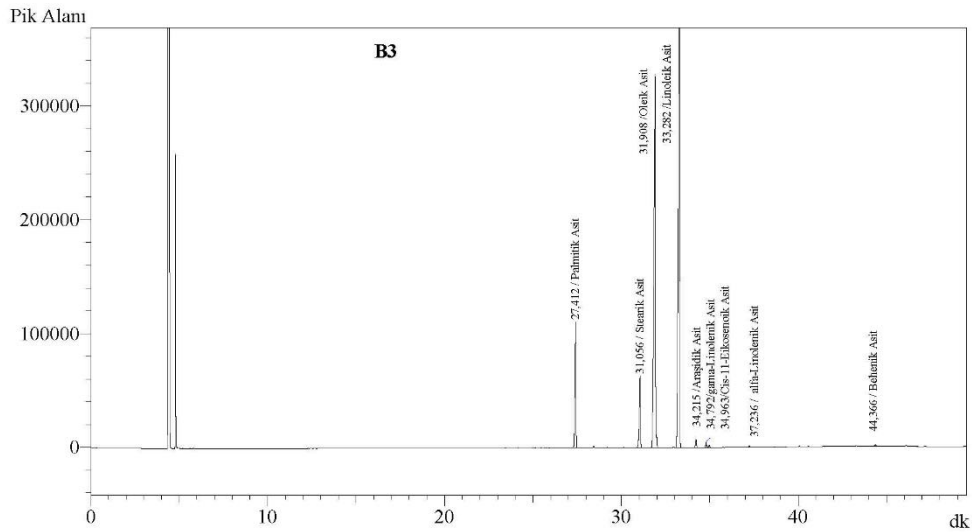
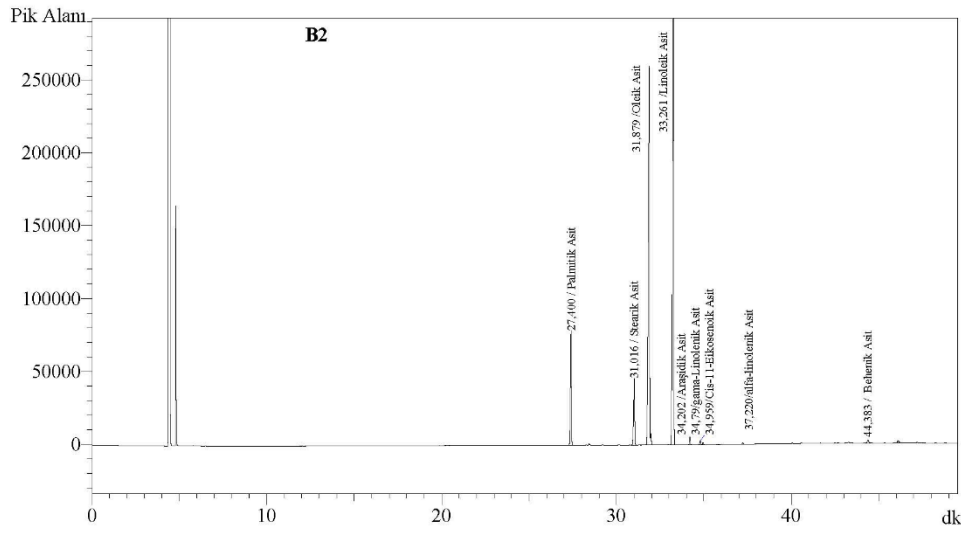
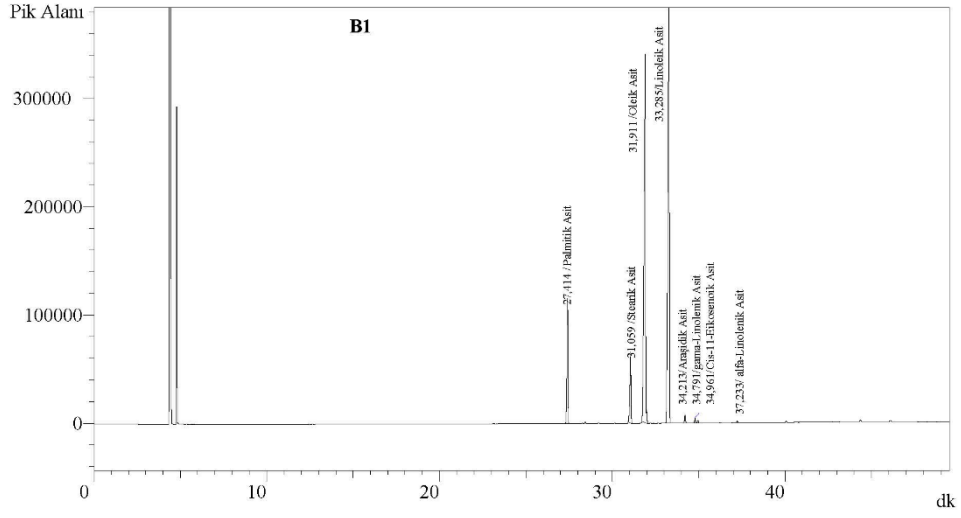
Buharla muamele edilmiş tohumda istenirlik fonksiyonu ile belirlenen optimum noktalar

No	Konsantrasyon (%)	Bekletme süresi (dk)	Sıcaklık (°C)	pH	Uzaklaşan kabuk oranı (%)	<i>L</i> * değeri
1	2.52	157.28	43.32	4.05	11.66	70.66
2	2,33	158,21	49,99	4,33	12.30	70.49
3	2.50	136.08	47.86	4.08	11.81	71.06
4	2.48	133.15	47.88	4.37	11.99	70.59
5	2.38	148.15	42.75	4.10	11.75	70.61
6	1,75	140,94	49,99	4,01	11.78	70.49
7	2.62	154.90	47.04	4.28	11.93	70.50
8	2.24	133.07	45.54	4.21	11.91	70.61
9	2.83	131.90	49.56	4.35	11.65	70.49
10	2.47	139.06	47.36	4.39	12.05	70.54
11	2.31	154.41	46.40	4.03	11.92	70.96
12	2,28	113,45	49,81	4,13	11.64	70.51
13	2.78	150.45	47.10	4.21	11.69	70.62
14	2.46	132.57	49.98	4.49	12.12	70.51
15	2.20	164.27	49.19	4.19	12.21	70.52

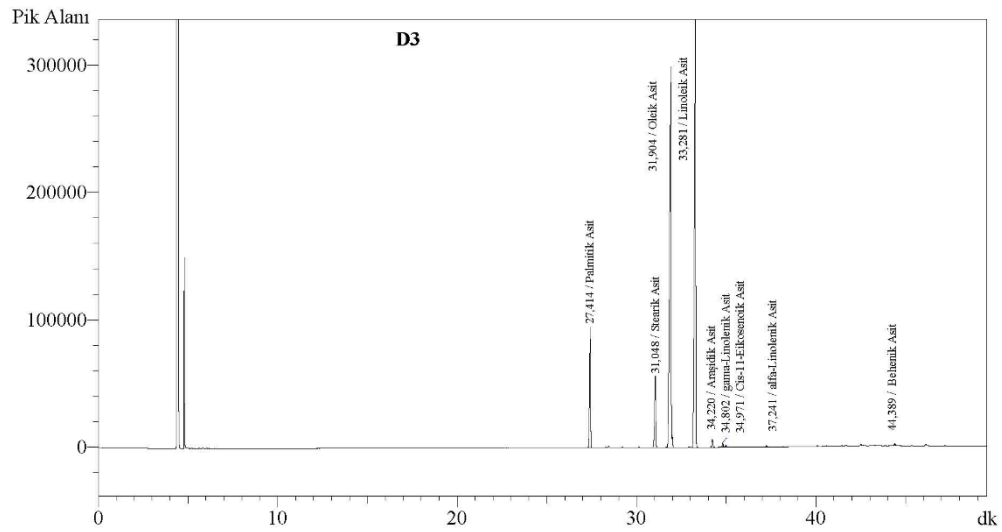
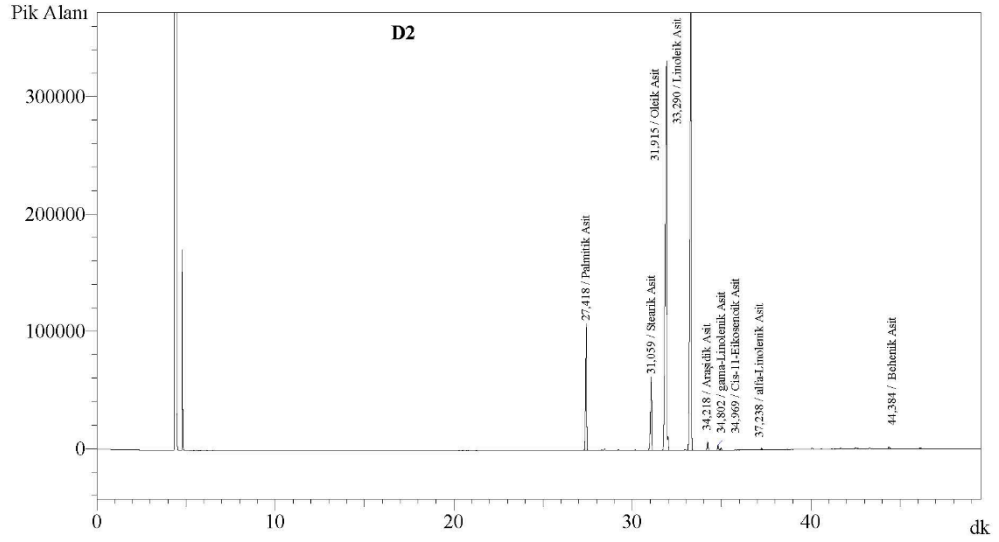
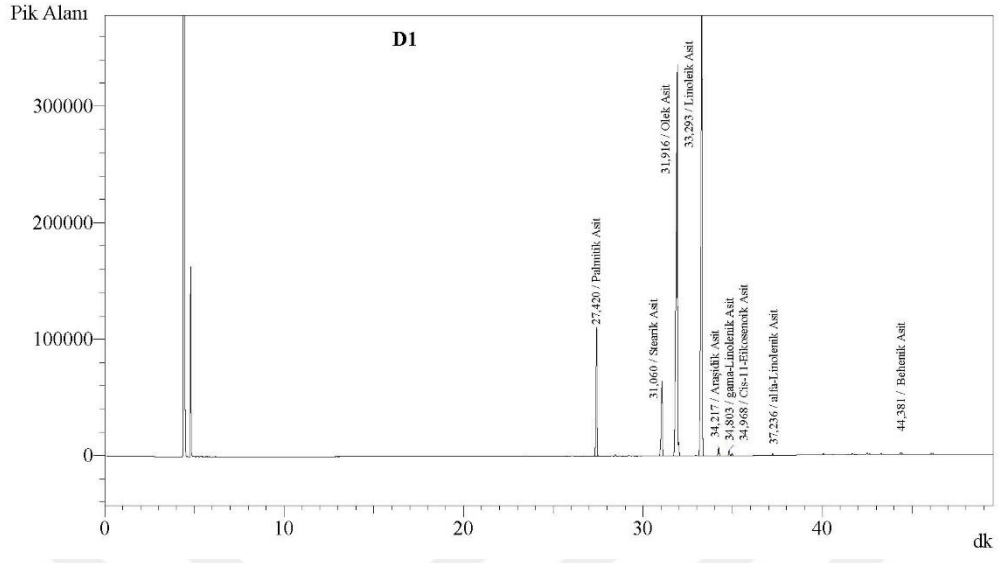
## EK-6: Ön işlem uygulanmamış tohumlarda yapılan çalışmalara ait yağ asidi kromatogramları



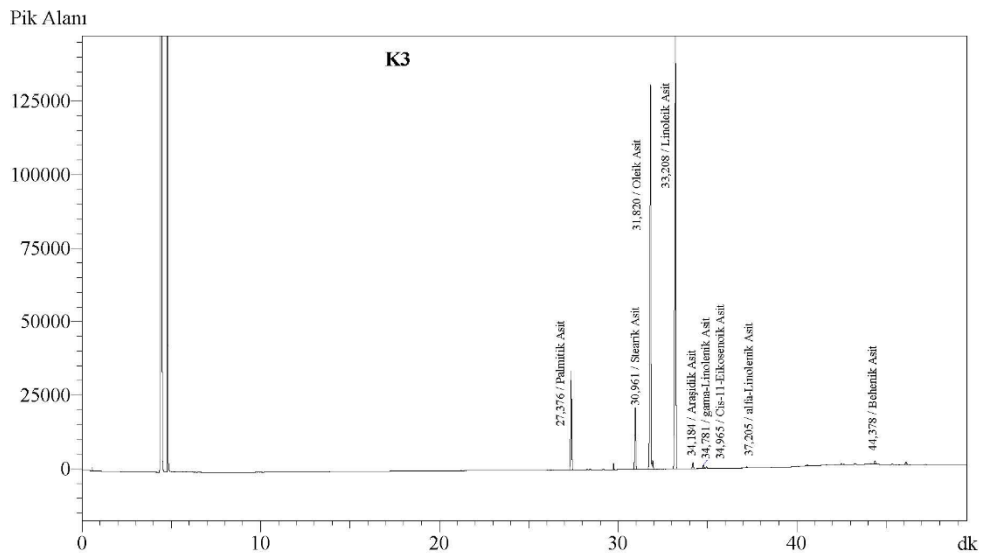
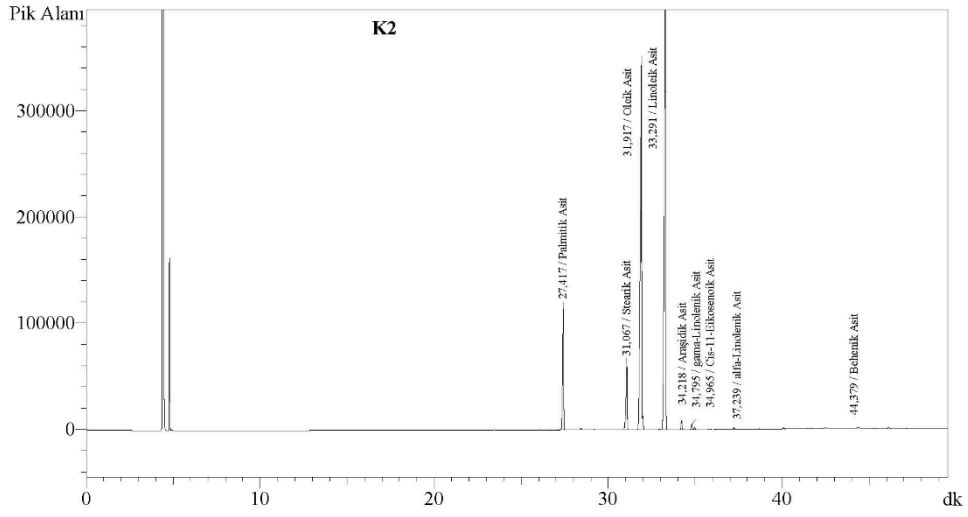
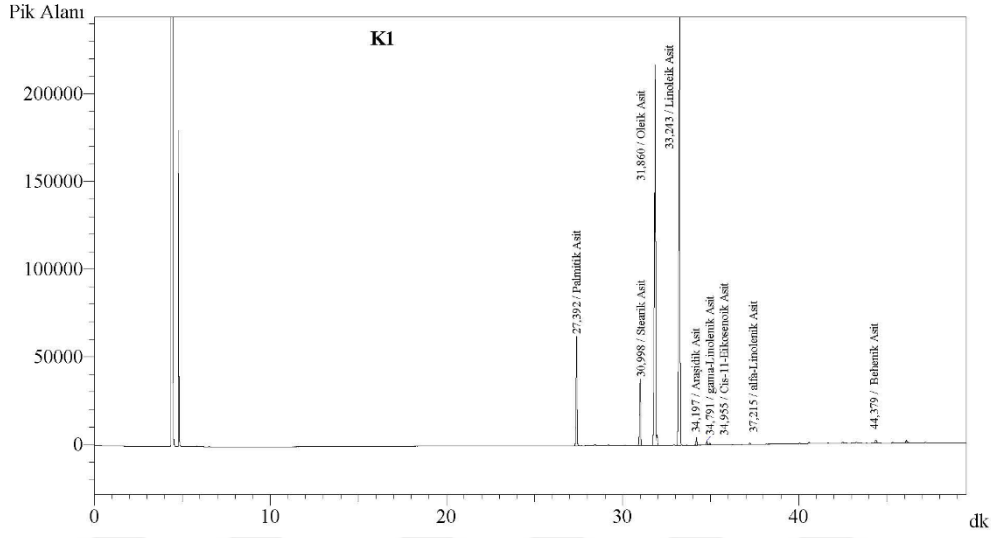
**EK-7:** Buharla muamele edilmiş tohumlarda yapılan çalışmalara ait yağ asidi kromatogramları



## EK-8: -18 °C'de tutulmuş tohumlarda yapılan çalışmalara ait yağ asidi kromatogramları

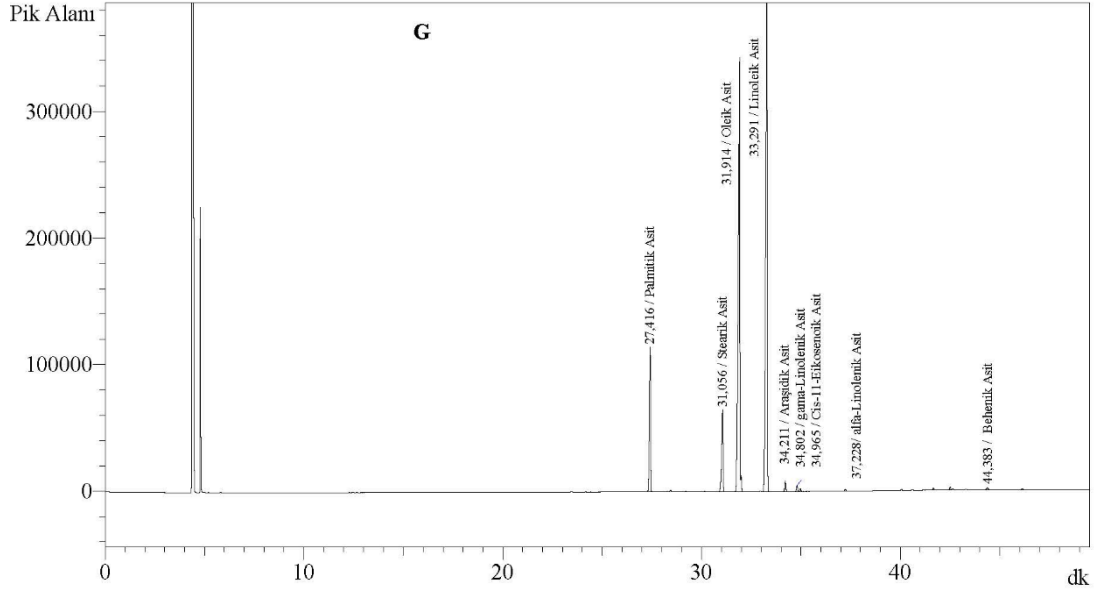


**EK-9:** Kaynar suya daldırılmış tohumlarda yapılan çalışmalara ait yağ asidi kromatogramları





**EK-10:** Geleneksel yöntemle soyulan tohuma ait yağ asidi kromatogramı



## EK-11: ARAŞTIRMAYA AİT FOTOĞRAFLAR



**Resim 10.1:** Ön işlem uygulanmamış tohumlarda yapılan çalışmaların (Ö1, Ö2, Ö3) görünüşleri



**Resim 10.2:** Buharla muamele edilmiş tohumlarda yapılan çalışmaların (B1, B2, B3) görünüşleri



**Resim 10.3:** -18 °C'de tutulmuş tohumlarda yapılan çalışmaların (D1, D2, D3) görünüşleri



**Resim 10.4:** Kaynar suya daldırılmış tohumlarda yapılan çalışmaların (K1, K2, K3) görünüşleri



a



b

**Resim 10.5:** a: Geleneksel yöntemle soyulan tohum, b: Enzimatik yöntemle soyulan tohum



**Resim 10.6:** Kabuk soyma için ıslatılan tohumlar

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Ebru Tanrıverdi  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Giresun/1983  
**e-mail** : ebru\_sandal@hotmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Tuna Lisesi, Bayrampaşa, İstanbul	2001
Üniversite	: Mersin Üniversitesi, Yenişehir, Mersin	2006
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2012
Doktora	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	Devam ediyor

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2012-2016	Gümüşhane Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

### UZMANLIK ALANI

Yağ Bilimi ve Teknolojisi

### YABANCI DİLLER

İngilizce

### YAYINLAR

- 1- **Tanrıverdi, E.**, Geçgel, Ü., Er, F., Özcan, M.M. and Uslu, N., 2016, The physico-chemical properties and fatty acid composition of three different hazelnut varieties collected at the different harvest periods, *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 22(3), 127-131.
- 2- **Tanrıverdi, E.**, Özcan, M.M. and AL Juhaimi, F., 2013, Effect of some spice essential oils on the stability of frying oils, *Asian Journal of Chemistry*, 25(16), 9277-9284.
- 3- **Tanrıverdi, E.**, Yıldız, H., Gündoğdu, E. and Özcan, M.M., Functional properties of blueberry leaves, *The First Mediterranean Symposium on Medicinal and Aromatic Plants*, 17-20 April 2013, Gazimagosa, Kıbrıs.( Abstract)
- 4- **Tanrıverdi, E.**, Geçgel, Ü., Duman, E., Özcan, M.M. and AL Juhami, F., 2013, The physico-chemical properties and fatty acid composition of three different

hazelnut varieties collected at the different harvest periods, *Fourth International Scientific Symposium*, Jahorina.

- 5- **Tanrıverdi, E.**, Özcan, M.M. and AL Juhaimi, F., 2012, Monitoring of antioxidant effects of the waste date seed powder and extracts on the oxidative stability of sesame oil, *The First North and East European Congress on Food*, Petersburg. (Abstract)
- 6- Gündoğdu, E. ve **Tanrıverdi, E.**, Süt ve ürünlerinde fenolik maddeler ve etkileri, *9.Gıda Mühendisliği Kongresi*, 12-14 Kasım 2015, Gıda Mühendisleri Odası, İzmir. (Özet)
- 7- Akşit, Z. ve **Tanrıverdi, E.**, Taze ve kurutulmuş kuşburnudan üretilen marmelatlarının karşılaştırılması, *Pamukkale Gıda Sempozyumu III "Kurutulmuş ve Yarı Kurutulmuş Gıdalar"*, 13-15 Mayıs 2015, Pamukkale Üniversitesi, Denizli. (Özet)
- 8- **Tanrıverdi, E.** ve Özcan, M.M., Geleneksel bir ürün olan tahin üretiminde susam kabuğunun soyulmasının önemi, *4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*, 17-19 Nisan 2014, Çukurova Üniversitesi, Adana. (Özet)
- 9- Ertop M.H., **Tanrıverdi, E.**, Fonksiyonel gıda katkısı olarak buğday ruşeym yağı, *Türkiye 11. Gıda Kongresi*, 10-12 Ekim 2012, Hatay. (Özet)
- 10- Okçu, Z., Okçu, M. ve **Tanrıverdi, E.**, Farklı Bir Lezzet: Isırgan Yemeği. *III. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*, 10-12 Mayıs 2012, Konya. (Özet)