



**T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN  
ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**EKSTRAKSİYONDA ULTRASON  
UYGULAMASININ SUSAM LİGNANLARINA  
ETKİSİ**

**MOUSSA HOUNKONNOU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı**

**Mayıs-2019  
KONYA  
Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

**Moussa HOUNKONNOU** tarafından hazırlanan “**Ekstraksiyonda ultrason uygulamasının susam lignanlarına etkisi**” adlı tez çalışması 28/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

.....

#### Danışman

Doç. Dr. Ahmet ÜNVER

.....

#### Üye

Unvanı Adı SOYADI

.....

#### Üye

Unvanı Adı SOYADI

.....

#### Üye

Unvanı Adı SOYADI

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN  
FBE Müdürü

Bu tez çalışması NEÜ BAP birimi tarafından 181319014 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.

İmza

Moussa HOUNKONNOU

Tarih:

**ÖZET****YÜKSEK LİSANS TEZİ****EKSTRAKSİYONDA ULTRASON UYGULAMASININ SUSAM  
LİGNANLARINA ETKİSİ****Moussa HOUNKONNOU****Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman: Doç. Dr. Ahmet ÜNVER****2019, 39 Sayfa****Jüri****Doç. Dr. Ahmet ÜNVER****Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI****Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI**

Son yıllarda ultrason teknolojisi kullanımı çok yaygın bir prosestir. Ultrason uygulanması verim artırıcı özelliği, zamandan tasarruf etmesi, düşük maliyette ve özellikle etken maddelere daha az zarar verme özelliğinden dolayı tercih edilmektedir. Bu çalışmada lignan içeriği yüksek olan susamlara farklı Amplitude (Genlik) (%30, %65, ve %100) ve sürelerde (5 dakika, 10 dakika ve 20 dakika) ultrason uygulanarak ekstrakt elde edilmiştir. Elde edilen susam ekstraktlarının verim değerleri %6.82 ile %14.04 arasında bulunmuştur. Dolayısıyla genlik ve süre artışı ile ekstraksiyon verimi artmıştır. İndüksiyon zamanı açısından ele alındığında 110°C'de 5.30 ile 5.94 saat arasında bulunmuştur. İndüksiyon zamanı 120°C'de ise bütün ekstraktlar kontrol ayçiçek yağına (KA) göre etkili bulunmuştur. %DPPH inhibisyonu oranları %1.85-3.87 arasında bulunmuştur. BHT eşdeğeri antioksidan aktivitesi ise %100 genlik ve 20 dakika uygulamasında en yüksek değer (32.38 ppm) iken %30 genlik ve 5 dakika uygulamasında en düşük değer (3.23 ppm) görülmüştür. BHT konsantrasyonuna göre %DPPH inhibisyonu ele alındığında ultrason uygulama süresindeki artış ile antioksidan kabiliyetinde artış görülmektedir. Ekstraktların toplam fenolik madde miktarı bakımından incelendiğinde ise 804.57 ve 1324.04 mg/kg susam olarak bulunmuştur. Ancak %DPPH inhibisyonu ve BHT eşdeğeri antioksidan aktivitesi, toplam fenolik madde miktarı ile uyumlu çıkmamıştır. Ekstraktların sesamol içerikleri 2295.45 ile 2676.38 mg/kg yağsız susam arasında bulunmuştur. Sesamin içerikleri ise 5041.50 ile 7535.53 mg/kg yağsız susam arasında bulunmuştur. Sesamolin içerikleri 829.62 ile 1175.12 mg/kg yağsız susam arasında bulunmuştur. Dolayısıyla toplam lignanlar 8347.48 ile 11595.80 mg/kg yağsız susam arasında bulunmuştur. Ultrason uygulaması susamın ekstraksiyonunda tavsiye edilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Susam, ekstraksiyon, antioksidan aktivitesi, lignanlar.

**ABSTRACT**

**MS THESIS**

**EFFECT OF ULTRASOUND ASSISTED EXTRACTION ON SESAME LIGNANS**

**Moussa HOUNKONNOU**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN FOOD ENGINEERING**

**Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ahmet ÜNVER  
2019, 39 Pages**

**Jury**

**Assist. Prof. Dr. Ahmet ÜNVER  
Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI  
Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI**

Ultrasound technology is a process that has become popular in recent years. The application of ultrasound is preferred because of its efficiency in extraction yield, which saves time, cost, and especially because of its ability to cause less harm to active substances. In this study, the extracts were obtained by ultrasound in different amplitude (30%, 65%, and 100%) and durations (5 minutes, 10 minutes and 20 minutes). The values of the sesame extracts obtained were between 6.82% and 14.04%. Therefore, the efficiency of extraction was increased with amplitude and time increase. The induction time was between 5.30 and 5.94 hours at 110°C. At an induction of 120°C, all extracts were found to be effective according to the control sunflower oil. DPPH % inhibition rates were found between 1.85-3.87%. The maximum value (32.38 ppm) for BHT equivalent was found at 100% amplitude and 20 minutes application. The lowest value (3.23 ppm) was at 30% amplitude and 5 minutes. An increase in the antioxidant capacity and increase in ultrasound application time were observed when DPPH % inhibition was observed according to BHT concentration. The total phenolic content of the extracts was 804.57 and 1324.04 mg/kg sesame. However, the inhibition of DPPH % and the equivalent of BHT were not consistent with the total phenolic content. The sesamol contents of the extracts were between 2295.45 and 2676.38 mg/kg non-oil sesame. Sesamin contents were found between 5041.50 and 7535.53 mg/kg non-oil sesame. Sesamol contents were found between 829.62 and 1175.12 mg/kg non-oil sesame. Thus, total lignans were found between 8347.48 and 11595.80 mg/kg non-oil sesame. Ultrasound application may be recommended in the extraction of sesame seeds.

**Key Words:** Sesame, extraction, antioxidant activity, lignans.

## ÖNSÖZ

Bu çalışmada; gıda sanayinde yaygın kullanımı olan Nijerya Maide Guri susam tohumu çeşidinde ekstraksiyon aşamasında ultrason uygulaması kullanılarak lignanların ekstraksiyon veriminin, geneleksi ekstraksiyon ile kıyaslanarak, insan sağlığı açısından etki durumunun değerlendirilmesine yardımcı olacak veriler elde edilmeye çalışılmıştır.

Yüksek lisans tezi olarak yaptığım bu çalışmanın her aşamasında bana yol gösteren, destek ve katkılarını esirgemeyen saygıdeğer hocam Doç. Dr. Ahmet ÜNVER'e teşekkür eder, sonsuz saygılarımı sunarım.

Proje çalışmalarım sürecinde destek gördüğüm okul arkadaşlarıma Kezban YAŞKIRAN, Hadjer BENYAHIA, Büşra Nur İSTANBUL, Fatma UÇAR, bütün araştırma görevlerine, YTB'ye ve tabi ki her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Bu çalışma Necmettin Erbakan Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırmalar Projeleri Birimi tarafından 181319014 kodlu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Necmettin Erbakan Üniversitesi BAP Birimine teşekkür ederiz.

Moussa HOUNKONNOU  
KONYA-2019

## İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. MATERYAL VE METOT	11
3.1. Materyal	11
3.2. Metot	11
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	15
4.1. Ekstraksiyonda ultrason uygulama parametrelerinin susam ekstraktına etkileri	15
4.2. Ekstraksiyonda ultrason uygulama parametrelerinin etkilerinin kontrol numunesi ile karşılaştırılması	21
4.3. Ekstraksiyonda ultrason uygulama parametrelerinin yağ ve kontrol numunelerine etkisi	25
4.4. Susam tohum ekstraktların sesamol, sesamin, sesamolin ve toplam lignan içerikleri	29
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	34
KAYNAKLAR	35
ÖZGEÇMİŞ	40

## SİMGELER VE KISALTMALAR

°C : Santigrat derece

m: Metre

cm: Santimetre

gr: Gram

kg: Kilogram

mg: Miligram

mm: Milimetre

G: Genlik

S: Süre

dk: Dakika

W: Watt



## 1. GİRİŞ

Lipit oksidasyonu besinlerin kalitesini düşüren önemli bir kimyasal değişimdir. Oksidasyon esnasında serbest radikaller oluşturmaktadır. Serbest radikallerin en önemli grubunu teşkil eden reaktif oksijen türleri nötralize edilmezlerse lipitlerin, proteinlerin ve DNA'nın oksidatif hasarlarına yol açabilir (Hsu ve ark., 2005). Lipid oksidasyon ürünlerinin yaşlanma, membran hasarı, dejeneratif hastalıklar, kalp hastalığı ve kanser ile ilişkili olduklarından sağlık tehlikeleri olduğu bilinmektedir (Cosgrove ve ark., 1987). Canlılarda, reaktif oksijen türlerinin meydana getirdiği zararları ortadan kaldırmak için çeşitli antioksidan savunma mekanizmaları mevcuttur. Antioksidanların eklenmesi, lipit içeren yiyecekler ve lipitlerin oksidasyonunu geciktirmede etkilidir. Gıda endüstrisinde en çok kullanılan antioksidanlardan doğal olanı tokoferoller ve sentetik olanları BHA (Bütillenmiş hidroksi anisol), BHT (Bütillenmiş hidroksi toluen), PG (propilgallat) ve TBHQ (tert-bütillhidrokinon) antioksidan maddelerdir. Ancak, yapılan araştırmalar sentetik antioksidanların karsinojenik etkileri başta olmak üzere çeşitli toksik etkilere sahip olduğu ortaya konmuştur (Ito ve ark., 1986). Bu sebeple doğal antioksidanların kullanımı hergeçen gün artmaktadır. Son yıllarda, bu amaçla doğal olarak gıdalarda bulunan lignanlar antioksidan rol oynar.

Lignanlar daha fazla ilgi çeken doğal bir polifenol bileşiği sınıfıdır. Lignanlar, insan sağlığını olumlu yönde etkileyen güçlü antioksidan özellikleri ve diğer biyolojik özellikleri nedeniyle sürekli ilgisi artmaktadır. Lignanlar, bir bitki polimeri olan ligninin biyosentezi ile sonuçlanan ve fenilpropanoid yolu boyunca biyosentezlendikleri yenilebilir bitkilerin çoğunluğu dahil olmak üzere çok çeşitli bitkilerde bulunur (Umezawa, T. ve *Wood Res.* 2003). Günümüzde, birçok gıda ürünündeki lignanların konsantrasyonu belirlenmiş ve yüzlerce yapısal olarak farklı bileşik tanımlanmıştır. Keten, kabak çekirdeği, bazı kuruyemişler ve susamda çok fazla miktarda lignan içerir.

Susam (*Sesamu indicum L.*), en eski yağ bitkilerinden biridir. Afrika ve Asya'nın tropikal bölgelerinde yetiştirilen 36 çeşit susam türü olduğu söyleniyor. Yabani tipler genellikle Afrika'da, çok az bir kısmı da Hindistan'da yetiştirilmektedir. Bitkinin

anavatanı Etiyopya olarak bilinir (Bisht ve ark., 1998).

Susam tohumu sesamin, sesamolin, sesamol ve diğlerleri gibi lignanları önemli miktarda içermektedir. Susam lignanları farklı fonksiyonel aktiviteleri ile susam tohumunun en önemli ve karakteristik bileşenleridir. Susamda en fazla bulunan lignanlar sesamin ve sesamolindir (Budowsky, 1964). Yağlı tohumlar arasında, susam yağı en yüksek antioksidan içeriğine sahiptir (Cheung ve ark, 2007) ve oleik asit (% 43), linoleik asit (% 35), palmitik asit (% 11), stearik asit (% 35) gibi bol miktarda yağ asitleri içerir (Bedigian ve ark. 1985).

Bu tez çalışmasında ultrason uygulamasında kullanılan amplitude (genlik) ve süre değışken olarak kullanılarak susamdan optimum lignan ekstraksiyonu yapılmaya çalışılmıştır. Geleneksel metotla karşılaştırdığımızda ultrason teknolojisi kavitasyonla çözücünün ürüne daha fazla nüfuz etmesini ve daha düşük sıcaklıklarda ekstraksiyon sağlamıştır. Bu çalışma ile ultrason kullanılarak ekstraksiyonda maksimum etkinlik araştırılması amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Susam tohumu ve yağı yaklaşık 6000 yıldır yararlanılan önemli bir gıda maddesidir. Afrika ve Asya'nın tropikal bölgelerinde yetiştirilen 36 çeşit susam türü olduğu söyleniyor. Bitkinin anavatanı Etiyopya olarak bilinir (Bisht ve ark., 1998). Yetiştirilen susam türlerinden *Sesamum indicum* L.'nin orijininin Afrika'nın merkez ovalarından Mısır, Hindistan, Orta Asya, Çin ve diğer yerlere yayıldığına inanılıyor. Susam tohumu ve susam yağı sağlıklı bir gıda örneği olup, lezzeti ve aroma için geniş çapta kullanılmaktadır (Namiki ve Kobayashi, 1989; Namiki, 2007). Günümüzde susamın birçok fizyolojik yönleri araştırılmaktadır. Antioksidan, antiaging, tokoferollerle sinerjik etki, kolesterol düşürücü ve diğer fonksiyonları üzerine çalışmalar yürütülmektedir (Namiki, 1998). İnsanlar, birçok sebep için susam tüketilir. En önemlileri oksidasyona karşı dayanıklı olan, yüksek miktardaki (yaklaşık %50) yağ oranı ve besleyici birçok minör bileşene ilave olarak %20 ham protein içeriğine sahip olmasıdır. Arzu edilen aroma karakteri, susam tohumlarının kavrulması ile olgunlaşır (Namiki, 2007). Susam yağının yağ asitleri bileşiminin %14'ü doymuş, %39'ü mono-doymamış ve %46'nsı poli-doymamış yağ asitlerinden oluşmakta olup, doymamış yağ asitleri bakımından zengindir (Toma ve Tabekhia, 1979). Fonksiyonel bileşenlerle oksidatif bozulmaya karşı direnç sağlar ve ürüne nutrasötik bir değer sağlar. Bu nedenle, yüksek miktarda besin bileşenine sahip olan susam tohumları, spesifik antihipertansif etkisi, antikarsinojenik, antienflamatuar ve antioksidan aktivitesi için geleneksel bir sağlık gıdası olarak tüketilir (Yokota ve ark., 2007).

Susam tohumlarının rengi, büyüklüğü ve tekstürü açısından farklı çeşitlerdedir. Genellikle beyazdan kahverengiye değişen renkteki susamlar kullanılırken, Asya ülkelerinde siyah tohumların daha sağlıklı olduğuna inanılmaktadır. Altın ve eflatun renkli tohumlar da çok değerlidir. Eleme, yıkama ve kurutma işlemlerinin ardından tohumlar genellikle 120-150 °C sıcaklıkta 5 dk süreyle kavrulur. Kavurma işlemi zengin aromasını ortaya çıkarır. İşleme sırasında bazen susam mekanik olarak soyulmaktadır. Soyulmuş susamın sindirimini daha kolay olduğu bildirilmektedir (Namiki, 1998).

Susam dünyada değişik şekillerde değerlendirilmektedir. Doğu Asya'daki Çin,

Kore ve diğer Asya ülkelerinde insanlar susamın kavrulmuş aroması sevimde ve ekmeğ, bisküvi ve kraker gibi fırın ürünlerinde çeşni olarak kullanılmaktadır. Çin’de kavrulmuş susamı ürün üzerinde sevimde. Japonya’da kavruan susamı tuzla karıştırıp pilav üzerinde sos olarak kullanılıyorlar. Konik seramik taşlarda öğütölerek elde edilen susam ezmesi ve tahin, salatalarda, pilavda, haşlanmış ette ve diğer gıdalarda sos olarak kullanılmaktadır. Japonya’da tahin ve nişasta ile hazırlanan susam tofi (goma-tofu) meşhur bir yiyecektir (Sato ve ark., 1995). Aynı zamanda susam, başta Ortadoğu ve Akdeniz ülkeleri olmak üzere bazı Asya ülkelerinde tahin ve tahin helvası yapımında kullanılır. Tahin, temizlenmiş, kabuğu soyulmuş ve kavrulmuş susamların öğütölmesi ile elde edilir. Tahin üretiminde kavurma işleminin renginin belirlenmesinde, kendine özgü tahin tadının oluşumunda ve öğütme işleminin daha kolay yapılmasında en önemli etmendir. Kavurma ile tahinin sindirilebilirliği de artar (Kahyaoğlu ve Kaya, 2006).

Susam yağı ticari olarak, margarin üretiminde ve Ayur Veda (Geleneksel Hint Tıbbı)’da masaj yağı olarak kullanılmaktadır. Doğu Asya’nın aksine susam yağı kavrulmamıştır. Afrika’da susam bitkisinin yaprakları da tüketilmektedir. Kuzey Amerika’da susam tohumu genel olarak kullanım öncesi kabuğundan ayrılmakta ve fırın ürünleri ile özellikle hamburger ekmeğinde çeşni olarak kullanılmaktadır (Namiki, 1998). Susam tohumunun başlıca yapıtaşları yağ, protein ve karbonhidratlar olup, minör bileşenleri ise çeşitli vitamin ve minerallerdir. Yaygın kahverengi tohumun bileşenleri Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Susam tohumunun besin maddesi kompozisyonu ( 100 g için )\*

Enerji (kalori)	78	Fe (mg)	9.6
Nem (%)	4.7	Na (mg)	2
Yağ (g)	51.9	K (mg)	400
Protein (g)	19.8	A Vitamini (IU)	0
Karbonhidrat (g)	18.4	Karoten (ug)	17
Lif (g)	10.8	B <sub>1</sub> Vitamini (mg)	0.95
Kül (5.2)	5.2	B <sub>2</sub> Vitamini (mg)	0.25
Ca (mg)	1200	Niasin (mg)	5.1
Mg (mg)	370	C Vitamini	0
P (mg)	540		

\*(Namiki, 2007)

Ultrason teknolojisinin çeşitli proseslerde kullanılabilirliği ve gelişen yeşil bir teknoloji olması gıda endüstrisinde tercih edilme sebeplerindedir. Bu teknolojiyi geleneksel yöntemle karşılaştırdığımızda, gıdaya uygulanan proses süresinin azalması böylece gıdanın daha az işlem görmesi, gıdanın kalitesini ve raf ömrünü iyileştirir diğer avantajlarına baktığımızda yüksek verimlilik, düşük proses maliyeti, basit bir yöntem ve son üründe daha fazla homojenite sağlamaktadır.

Sivakumar ve ark., (2009), tarafından yapılan çalışmada şeker pancarından boyar madde eldesinde 45°C'de 80 W enerji ile 3 saat süresince ultrasonik ekstraksiyon uygulanmıştır. Çalışma sonucunda geleneksel metoda göre verim artışı gözlenmiş ve %8 daha fazla boyar madde elde edilmiştir. Şeker pancarından ultrasonik ekstraksiyon ile elde edilen boyar madde deri ve kağıt materyallerine uygulanarak boyama işlemi için uygun olduğu gözlenmiştir. Zafra-Rojas ve ark., (2013), böğürtlen posasına optimum koşullarda ultrason teknolojisi ile fenolik madde ve antosiyanin ekstraksiyonu uygulamışlardır. Ekstraktların antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir. Ultrasonik koşullarını incelediğimizde % 80-90 genlik arası ve 10 ile 15 dakika süreleri denenerek optimum koşullar belirlenmiştir, yapılan çalışmada %91 genlik ve 15 dakika posadan ultrasonik ekstraksiyon için en uygun koşullar olarak tespit edilmiştir. Bu koşullarda toplam fenolik madde miktarı  $1201.23 \pm 13.06$  mg GAE /100g kuru madde ve antosiyanin miktarı  $379.12 \pm 6.07$  mg GAE/100g kuru madde ve antioksidan aktivite ABTS için  $6318.98 \pm 76.84$   $\mu$ mol TE/100 g kuru madde (Trolox Equivalent) ve DPPH değeri  $9617.22 \pm 120.92$  ( $\mu$ mol TE/100g kuru madde olarak tespit edilmiştir. Antosiyaninlerin su ile ekstraksiyonu  $255.25 \pm 3.50$  mg/100g kuru madde, etanol ekstraksiyonu ise  $593.58 \pm 16.44$  mg/100 g kuru madde olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan antosiyaninler için ultrason metodunun etanol ekstraksiyonunun daha elverişli olduğu görülmektedir.

Son yıllarda, antioksidan özellikleri ve insan sağlığını olumlu etkileyen diğer biyolojik özellikleri nedeniyle lignana ilgi sürekli olarak artmaktadır. Lekelerin

ekstraksiyonu, tanımlanması ve belirlenmesi için yöntemler geliştirilmiştir; gıda ürünlerinde lignan türleri ve miktarları belirlenir ve çeşitli ülkelerde (Finlandiya, Hollanda, Amerika Birleşik Devletleri, Kanada, İngiltere, Japonya ve İspanya) gıda ürünlerinde lignaların veri tabanları oluşturulmuştur. Çalışmalarda, doğal liganları tanımlamak ve belirlemek ve bunları ayrı bir durumda izole etmek için kullanılan kromatografik yöntemleri (gaz, sıvı, süper kritik akışkan ve ince tabaka kromatografisi) dikkate alınır. En doğal lignanlar keten ve susam taneleri, tahıllar, bazı sebzeler, meyveler ve taneli meyvelerde bulunur.

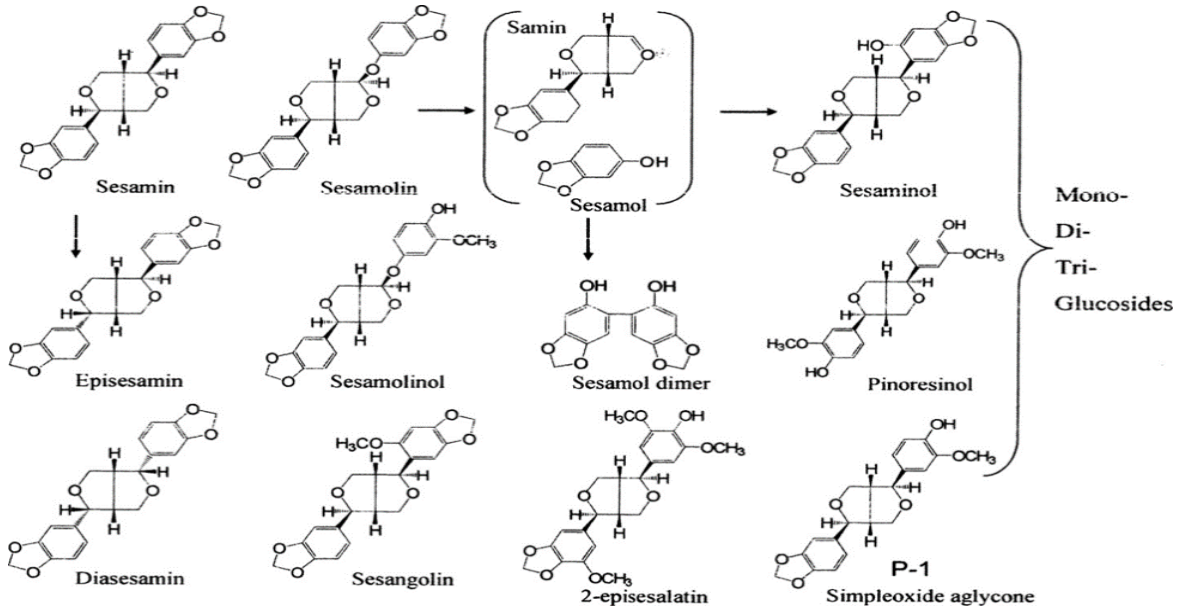
Lignanlar  $\beta$ -hidroksifenilpropanın oksidatif birleşme ürünü olarak bilinen, doğal bileşenlerdir ve bitki aleminde geniş ölçüde minör bileşenler olarak bulunurlar. Özellikle ağaç kabuklarında bulunurlar. Bazı lignanlar antitümör ve antivirüs etkileri ile bilinirler. İlginç bir şekilde susam tohumu Figür 1'de gösterilen sesamin, sesamolin, sesaminol ve diğerleri gibi lignanları önemli miktarda içerir. Susam lignanları farklı fonksiyonel aktiviteleri ile susam tohumunun en önemli ve karakteristik bileşenleridir. Susamda en fazla bulunan lignanlar sesamin ve sesamolindir (Budowsky, 1964).

Sesamin  $\beta$ - $\beta'$  (8-8') iki koniferil alkol radikali ile bağlanır ve tipik lignan yapısındadır.

Kayın ağacı gibi diğer bitkilerde de az miktarda bulunmuştur. Susam tohumunda sesamin yüksek miktarda bulunur, susam yağında oranı yaklaşık %0.4'dür (Tashiro ve ark., 1990).

Sesamin yüksek derecede hidrofobiktir ve ham susam yağı üretimi saflaştırma aşamasında vakum-deodorizasyon prosesinden elde edilen köpükten kolayca kristal halde elde edilebilir. Ancak elde edilen bu ürün, sesamin ve yağın saflaştırılması işleminde oluşan episesamin (ara ürün) 1:1 oranında karışım halindedir. Bu nedenle saf sesamin elde edebilmek için kolon kromatografisi ile saflaştırma gereklidir (Kushiro ve ark., 2002). Episesamin bazı fizyolojik etkilerde doğal sesaminden daha güçlü aktivite gösterir. Son zamanlarda sesaminin stereo kimyasal yapısı ve farklı termodinamik özellikleri üzerine detaylar spektroskopik bilgi ve teorik hesaplamalarla aydınlatılmıştır (Hsieh ve ark., 2005).

**Figür 1.** Susam lignanları ve ilgili bileşenler\*



\*(Namiki, 2007)

Sesamin, sesamin tipi yapıda bir asetal oksijen köprüsü içeren eşsiz bir yapıdır ve susam tohumunun karakteristik lignanı olarak görülmektedir. Yağda oranı yaklaşık %0.3'dür (Tashiro ve ark., 1990). Sesamin ısıtma ile sesamol ve sesamol dimmere, kimyasal rafinasyon ve ağartma gibi işlemlerle de sesamol ve sesaminole dönüşür (Nagata ve ark., 1987).

Sesaminol, susam tohumunda bulunan sesaminol, piroresinol ve diğer antioksidan özellikte aktif bileşenler miksi arasından izole edilmiştir (Fukuda ve ark., 1985a; Osawa ve ark., 1985) ve yağın dekolorizasyon prosesinde sesamolinden ara ürün olarak üretilebilmektedir (Fukuda ve ark., 1985b). Tohumdaki oranı çok az olmasına rağmen (örneğin 1.0 mg/100 g serbest formda), rafine ham susam yağındaki sesaminol içeriği 120-140 mg/100 g'dır (Nagata ve ark., 1987).

Sesamol, kavrulmuş susamda veya işlenmiş yağda bulunan etkili bir antioksidandır (Budowski, 1964). Metilendioksi gruba sahip fenolik bir türev bileşendir ve E vitamini gibi bu bileşen de bir antioksidan olarak bilinir (Uchida ve ark., 1996; Ando ve ark., 2000). Aynı zamanda kararsız serbest radikal haldeki Maillard ürünlerinden kanserojen imidazokuinokzalin tipi heterosiklik aminlerin oluşumu da engeller (Kato ve ark., 1996).

Sesamin ve sesaminolün farklı fonksiyonel aktiviteleri üzerine yapılan

çalışmalarda en fazla ilgi susam tohumundaki lignan içeriği üzerine odaklanmaktadır. Her ne kadar yağ içeriği ile sesamolin içeriği arasında herhangi bir korelasyon bulunmasa da susam tohumunun yağ oranı ile yağın sesamin içeriği arasında ciddi bir pozitif korelasyon gözlenmektedir (Tashiro ve ark., 1990).

Lignan içeriklerindeki en fazla fark yabancı tip susamlarda görölmektedir. Örneğin Hindistan susamı çok düşük bir sesamolin içeriğine sahipken, (sesamin: 256.1 mg/100g; sesamolin: 35.6mg/ 100g) bir diğer tip olan Endonezya Borneo susamı belirgin şekilde yüksek bir lignan içeriğine (sesamin: 1152.3 mg/100g ; sesamolin: 1360.7 mg/100g) sahiptir (Namiki, 1995). 3 yabancı tip içeren 4 farklı susam tipinde lignan kompozisyonları ve içeriklerinde ilginç şekilde farklılıklar gözlenmiştir. Sesamin, *S. indicum* çeşitlerinde ve *S. angustifolium*'da önemli miktarda *S. radiatum* (yağda %2.4)'da bayağı bir yüksek miktarda fakat *S. alantum*'da çok düşük miktarda bulunmuştur. Sesamolin ise *S. indicum* ve *S. angustifolium*'da önemli miktarda fakat *S. alantum* ve *S. radiatum*'da çok düşük miktarda tespit edilmiştir. *S. angustifolium*'da bulunan başlıca lignan sesangolin (yağda % 31.5) olarak ve *S. alantum*'da ise 2-epi-sesalatin (yağda %1.37) olarak bulunmuştur (Jones ve ark., 1962; Kamal-Eldin ve Appelqvist, 1994). Lignan içeriğindeki bu farklılığı açıklamak için susam tohumlarındaki bu antioksidan lignanların biyosentezi üzerine çalışılmış (Kato ve ark., 1998), fakat sesamolin ve sesaminolun biyosentetik rotası henüz net olarak tespit edilememiştir.

$\alpha$ -tokoferol biyolojik membranlarda, lipit peroksidasyonuna karşı potansiyel bir antioksidandır. Beyindeki yüksek oranda bulunan DHA (dokosaheksaenoik asit), beynin çeşitli oksidatif streslere karşı hassasiyetinin yüksek olma sebeplerinden biridir. Bazı raporlarda Alzheimer hastalığına beyindeki oksidatif stresin de içinde bulunduğu bazı dejeneratif düzensiliklerin neden olduğu geçmektedir (Abe ve ark., 2005). Susam tohumu veya lignanlarının serumdaki tokoferol konsantrasyonunu arttırması ve  $\alpha$ -tokoferol ile tedavi uygulaması sonucu Alzheimer hastalığının ilerlemesinin yavaşlaması (Sano ve ark., 1997) etkilerine dayanarak susam tohumunun beyindeki tokoferol seviyesi üzerine etkisi incelenmiştir. Fareler susam tohumu ile birlikte veya tek olarak normal (50 mg/kg) ve yüksek oranda (500 mg/kg)  $\alpha$ -tokoferol içeren diyetlerle 8 hafta boyunca beslenmiştir. Yüksek tokoferol içeren diyet ile, normal tokoferol içeren diyete kıyasla beyinde göz ardı

edilebilir bir artış olurken karaciğerde belirgin bir tokoferol konsantrasyonu artışı (yaklaşık iki katı oranda) görüldü. Çalışmada yüksek oranda (500 mg/kg)  $\alpha$ -tokoferol içeren diyetin beyindeki  $\alpha$ - tokoferol konsantrasyonunu diğer dokulara göre çok daha az oranda arttırdığı görülmektedir. İlginç bir şekilde beyinde en belirgin tokoferol artışının susam tohumu içeren normal diyetle sağlandı ve artış özellikle de beynin hafıza aktiviteleri ile ilgili bölümü olan hipokampta görüldü. Susam içeren diyetin beyindeki  $\alpha$ -tokoferol konsantrasyonunu ciddi miktarda arttırırken neden karaciğerde benzer bir etki yapmadığı henüz açıklanabilmiş değildir (Abe ve ark., 2005). Normal diyetle beslenen farelerde beyinde önemli bir  $\alpha$ -tokoferol konsantrasyonu artışı kaydedilirken  $\gamma$ -tokoferole rastlanmadı. Bununla birlikte diyetle susam lignanı eklendiğinde serebral kortekste önemli miktarda  $\gamma$ -tokoferol bulundu ve sesaminolün sesaminden daha iyi aktivite gösterdiği gözlemlendi (Yamashita, 2004).

Ayçiçek yağı, *Helianthus annuus* L. bitkisinin tohumlardan elde edilen bir yağdır. Dünyada ayçiçeği ekimi yapılan başlıca ülkeler; Rusya, Ukrayna, Arjantin, Macaristan, Fransa, İspanya, Hindistan ve Türkiye'dir. Türkiye'de toplam sıvı yağ tüketiminin yaklaşık % 75'i ayçiçek yağından karşılanmaktadır (Anonim, 2014).

Rafine ayçiçek yağının duyuşsal özellikleri ve besin değeri istenilen düzeyde olmasına karşın, depolamada stabilitesini koruyamamakta ve kısa sürede bozulabilmektedir (Pokorny ve ark., 2001). Bunun nedeni ayçiçek yağının bileşiminin ağırlıklı olarak linoleik asitten (% 60-70) oluşması (Çizelge 2.1) ve antioksidan aktivitesi oldukça yüksek olan tokoferol içeriğinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır (Pokorny ve ark., 2001). Ham ayçiçek yağının rafine edilmesi de ayçiçek yağının oksidatif stabilitesini önemli ölçüde azaltmaktadır. Alpaslan ve ark. (2001), yapmış oldukları çalışmada farklı rafinasyon yöntemlerinin ayçiçek yağının tokoferol düzeyleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Özellikle kimyasal rafinasyonda toplam tokoferol düzeyinde % 26.2'lik kayıp gerçekleştiğini, fiziksel rafinasyonda ise bu oranın % 24.6'ya düştüğünü bildirmişlerdir. Kimyasal rafinasyonda önemli antioksidan özellik gösteren  $\gamma$ -tokoferolde % 91.3'lük kayıp, fiziksel rafinasyonda bu bileşen kaybını ise % 70.4 olarak tespit etmişlerdir.

Ayçiçek yağının oksidatif stabilitesini artırmada farklı yöntemler kullanılmaktadır.

Bu yöntemlerden ilki farklı ekstraktların kullanılmasıdır (Marinova ve Yanishlieva, 1997). Ekstrakt kullanımının dışında doğrudan bitkisel materyallerin kullanıldığı yöntem de ayçiçek yağının oksidatif stabilitesini artırmaktadır (Bensmira ve ark., 2007).

Ayçiçek yağının indüksiyon periyodu birçok çalışmada belirlenmiş olup, 110°C'de 5.0 saat (Jude ve ark., 2003) ve 5.7 saat (Silva ve ark., 2001) aralığında bulunmuştur.

Ulaş (2015) yapmış olduğu çalışmada, hiçbir katkı ilave edilmemiş ayçiçek yağının K<sub>232</sub> absorban değerinin 60°C'de 16 gün depolama sonucunda 4.50'den 69.22'ye çıktığını bildirmiştir. Tablo 2'de ayçiçek yağındaki yağ asit bileşimleri bulunmaktadır.

**Tablo 2.** Ayçiçek yağında bulunan yağ asitleri bileşimi (Kıralan, 2006).

Yağ asitleri	Karbon sayıları	(%)
Miristik asit	C14:0	0.07
Palmitik asit	C16:0	5.97
Palmitoleik asit	C16:1	0.10
Margarik asit	C17:0	0.04
Heptadekenoik asit	C17:1	0.04
Stearik asit	C18:0	3.39
Oleik asit	C18:1	24.48
Linoleik asit	C18:2	64.67
Linolenik asit	C18:3	0.07
Araşidik asit	C20:0	0.24
Gadoleik asit	C20:1	0.15
Behenik asit	C22:0	0.74

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

Araştırmada gerekli materyal, kabuğu soyulmuş susam Nijerya *Maide Guri* çeşidi Konya'da faaliyet gösteren Gesaş Genel Gıda ve San. Tic. AŞ.'den temin edilmiştir.

Hiçbir katkı maddesi içermeyen Zade rafine ayçiçek yağı Konya'da faaliyet gösteren Helvacızade Gıda, İlaç ve Kimya San. Tic. AŞ.'den temin edilmiştir.

#### 3.2. Metot

Elde edilen susamlar etüvde 40°C sıcaklıkta kurutulup, analiz için hazır hale getirilmiştir.

##### 3.2.1. Ekstraksiyon

Aşağıdaki ekstraksiyon prosedürü uygulanmıştır: birincisi susam tohumlarından fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için soyulmuş tohumlar polar olmayan organik çözücü hekzan ile 13 saat 24°C'de ekstrakte edilerek yağsızlaştırılmıştır. İkincisi liganları izole etmek için öğütülmüş ve yağsızlaştırılmış tohumların örnekleri polar çözücü olan etanol ile homojenize edilip ultrason kullanılmıştır (Schwartz ve Sontag, 2011; Zhou ve ark., 2016).

Kontrol numune (K) olan 100gr öğütülmüş ve yağsızlaştırılmış kabuğu soyulmuş susam ise 500 mL etanol ile 8 saat su banyosunda karıştırılarak 24°C'de ekstrakte edilmiştir.

##### 3.2.2. Ekstraksiyonda ultrason uygulaması

Bu amaçla yukarıda kullanılan ekstraksiyon işleminde, her 100 gr numunede 500 mL etanol ilavesinden sonra manyetik karıştırıcı yerine ultrason kullanılmıştır. Ultrasonik proses 200 W sonikatörde (Bandelin HD2200, Bandelin GmbH & Co., Berlin, Germany) 20 kHz'da 25 mm titanyum dia prob (Bandelin VS 200 T) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Üretim özellikleri bakımından, maksimum ultrasonik enerji (akustik

enerji yoğunluğu)  $85 \text{ W/cm}^2$  ve maksimum dalga genliği  $73 \mu\text{m}$ 'dir. Ultrasonu örneklere ileten sonikatör probunun (sonotrode) farklı dalga genliği ile enerji girişi kontrol edilmiştir.

Bu çalışmada, sonotrode 250 ml'lik soğutucu ceketli cam proses kabın içindeki örneklere 4.0 cm daldırılmıştır. Su banyosu sıcaklığı peristaltik pompa (7.5 L / dakika ile çalışan) ile sabit tutulmuştur (Bandelin, Berlin, Almanya). Numune kabındaki sıcaklık değişimleri infrared termometre ile gözlemlenmiştir. Amplitude (Genlik) farklılığı %30, %65 ve %100 olmak üzere üç oranda denenmiştir. Ultrason uygulanacak süreler ise 5 dakika, 10 dakika ve 20 dakika olmuştur. Ekstraktlar filtre edilip rotary evaporatör cihazı yardımıyla, vakum altında  $35\text{-}45^\circ \text{C}$ 'de etanol uçurularak elde edilmiştir ve ekstrasyon verimi hesaplanmıştır.

### **3.2.3. DPPH (2, 2- diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikali yakalama aktivitesi**

Elde edilen ekstraktların 1000 ppm'lik konsantrasyonları analiz edilerek kıyaslama yapılmıştır. Kuru ekstraktlar etanolde çözüldükten sonra çözeltilen 100  $\mu\text{l}$  alınarak, hazırlanan DPPH çözeltilisinden 3.9 ml ilave edilerek vortekste karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında 30 dakika bekletildikten sonra, spektrofotometre'de (Libra S22, Biochrom Ltd., Cambridge, İngiltere) 515 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür (Singh ve ark., 2002).

### **3.2.4. Toplam fenolik madde miktarı tayini:**

Ekstraktlardan hazırlanan 1000 ppm numunelerin toplam fenolik madde tayini için Singleton ve ark. (1999) tarafından geliştirilen Folin-Ciocalteu spektrofotometrik yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemde göre 100 ml'lik bir balon jöjeye 100  $\mu\text{l}$  örnek konup üzerine 500  $\mu\text{l}$  Folin ayırıcı, 1.5 ml Sodyum karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) eklendikten sonra saf su ile 10 ml'ye tamamlanmış ve 2 saat karanlıkta bekletildikten sonra spektrofotometrede (Libra S22, Biochrom Ltd., Cambridge, İngiltere) 760 nm dalga boyunda aynı şekilde hazırlanmış şahite karşı absorbansı ölçülmüştür.

Örneklerindeki fenolik madde içeriği gallik asit kullanılarak hazırlanan standart

eğriden hesaplanmıştır. Bu amaçla 25 mg gallik asit 50 ml absolü etil alkolde çözüldürülerek 500 mg/L konsantrasyonda gallik asit stok çözeltisi hazırlanmıştır. Bu stok çözeltiden 5, 10, 25, 125 ve 250 mg gallik asit/L konsantrasyonda 100 ml'lik çözeltiler hazırlanmış ve 760 nm dalga boyunda bu çözeltilerin absorbans değerleri saptanmıştır. Bu absorbans değerleri gallik asit konsantrasyonlarına karşı bir grafiğe aktarılmış ve elde edilen verilere linear regresyon analizi uygulanarak gallik asit standart eğrisi ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ulaşılmıştır. Örneklerin fenolik madde miktarları, spektrofotometrede belirlenen absorbans değerlerinin standart eğriyi tanımlayan eşitlikte yerine konmasıyla gallik asit eşdeğeri (GAE) hesaplanmıştır. Regresyon eşitliğinden bulunan konsantrasyon değerleri uygulanan seyreltme oranları ile çarpılarak örneklerdeki toplam fenolik madde miktarı hesaplanmıştır.

### **3.2.5. İndüksiyon periyodu**

Ekstraktlar AOCS Cd 12b-92 metoduna göre analiz edilmiştir. İndüksiyon periyodu ise belirli sıcaklık ve hava akışında yağların oksidasyonu sonucu oluşan uçucu bileşenlerin artışına paralel, belirli bir kırılma noktasının belirlendiği saat cinsinden bir değerdir. İndüksiyon periyodu, parçalanma ürünlerinin damıtık suya transfer olması sonucu suyun iletkenliğinde oluşan değişimle ölçülür. İndüksiyon süresi ne kadar uzun olursa, numune o kadar stabildir. Bu yöntemde tüm ekstraktlar 1000 ppm tek doz olarak rafine ayçiçek yağına ilave edip 120 ve 110°C'de 20L/saat hızla akışı verilerek, Ransimat 892 cihazı (Metrohm AG, Herisau, İsviçre) kullanılarak yapılmıştır ve indüksiyon periyodu sonuçları saat olarak verilmiştir (Anonymous, 2006).

### **3.2.6. Lignanların kromatografik analiz şartları**

Mobil faz: metanol: su = 75: 25 (V / V); Akış hızı: 1 ml / dk; enjeksiyon hacmi: 40 µL, kolon; C18 (250mm x 4.6 mm, 5 µm); Detektör: diyot array detektör; deteksiyon dalga boyu: 280nm (Xu ve ark., 2006).

### **3.2.7. İstatistik analizler**

Yağsız öğütülmüş susamlara uygulanan analizlerden elde edilen sonuçlar tesadüf

parselleri 3x3 faktöriyel deneme planına göre planına göre kurulup ve üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırma verileri Minitab® paket programında (Two way ANOVA) Varyans Analizine tabi tutularak, önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait ortalamalar Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın diğer kısımları için One Way Anova testi uygulanmıştır. (Steel ve Torrie, 1980; Mstat-C, 1989).

#### 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yağsız öğütülmüş susamlara uygulanan analizlerden elde edilen sonuçlar tesadüf parselleri 3x3 faktöriyel deneme planına göre planına göre kurulup ve üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırma verileri Minitab® paket programında (Two way ANOVA) Varyans Analizine tabi tutularak, önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait ortalamalar Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın diğer kısımları için One Way Anova testi uygulanmıştır. (Steel ve Torrie, 1980; Mstat-C, 1989).

##### 4.1. Ekstraksiyonda ultrason uygulama parametrelerinin susam ekstraktına etkileri

Yağsız öğütülmüş susamlara farklı genlik ve sürelerdeki ultrason uygulaması ile oluşan ekstraksiyon verimi, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitesine yönelik varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Ekstraksiyonda ultrason uygulama parametrelerinin susam ekstraktına etkileri

Varyasyon Kaynağı	Ekstraksiyon verimi			İndüksiyon zamanı (120°C)		İndüksiyon zamanı (110°C)		DPPH*** inhibisyonu (%)		BHT eşdeğeri (ppm)		Toplam Fenolik madde (mg/kg)	
	SD	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Genlik (%)	2	83.377	1261.22**	0.70083	88.26**	0.3257	1.98ns	0.9862	3.59ns	178.0	2.99ns	42564	0.93ns
Süre (dk)	2	54.319	821.68**	0.12536	15.79**	0.4449	2.70ns	4.2905	15.60**	962.5	16.16**	239446	5.24*
Genlik*Süre	4	21.293	161.05**	0.44468	28.00**	0.1699	0.52ns	1.7351	3.15*	358.7	3.01*	328251	3.59ns
Hata	18	0.595		0.07147		1.4802		2.4758		535.9		411564	
Toplam	26	159.584		1.34234		2.4207		9.4876		2035.2		1021825	

\*, P<0.05; \*\*, P <0.01; ns, istatistiksel olarak önemli değil, \*\*\*, 1000 ppm çözelti sonuçları

Varyans tablosu incelendiğinde denemede uygulanan genlik uygulaması ile ilgili olarak verim ve indüksiyon zamanı (120°C) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ). İndüksiyon zamanı (110°C), DPPH inhibisyonu (%), BHT eşdeğeri antioksidan aktivitesi, Toplam Fenolik madde (mg/kg) üzerine ise istatistiksel olarak genlik uygulamasının etkili olmadığı görülmüştür.

Süre uygulaması verim, indüksiyon zamanı (120°C), DPPH inhibisyonu (%), BHT eşdeğeri antioksidan aktivitesi için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ). 110°C’de yapılan istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Süre uygulaması toplam fenolik madde sonuçları üzerine istatistiksel olarak  $p<0.05$ ’de önemli bulunmuştur.

Genlik x süre interaksyonu incelendiğinde ise; verim ve indüksiyon zamanı (120°C) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ). DPPH inhibisyonu (%), BHT eşdeğeri antioksidan aktivite ise genlik\*süre interaksyonu için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.1.).

Yağsız öğütülmüş susamlara uygulanan farklı genlik ve süreye göre elde edilen verilere ait ortalamaların Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.2.’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.2.** Ekstraksiyonda ultrason uygulama parametrelerinin susam ekstraktına etkilerine ait ortalamaların Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Genlik (%) (A)	N	Ekstraksiyon verimi	İndüksiyon zamanı (120°C)	İndüksiyon zamanı (110°C)	DPPH*** inhibisyonu (%)	BHT eşdeğeri (ppm)	Toplam Fenolik madde (mg/kg)
30	9	8.0860 C*	2.834 A	5.452	2.6023	13.1685	1020.42
65	9	10.6317 B	2.810 A	5.514	2.93937	17.4899	1117.21
100	9	12.3648 A	2.481 B	5.710	3.052244	19.2872	1060.55
Süre (Dakika) (B)	N	Ekstraksiyon verimi	İndüksiyon zamanı (120°C)	İndüksiyon zamanı (110°C)	DPPH*** inhibisyonu (%)	BHT eşdeğeri (ppm)	Toplam Fenolik madde (mg/kg)
5	9	8.9815 C*	2.703 B	5.734	2.4243 B	10.3348 B	953.68 b
10	9	9.7893 B	2.794 A	5.511	2.77985 B	14.9499 B	1060.36 ab
20	9	12.3118 A	2.627 B	5.431	3.389718 A	24.6611 A	1184.14 a
Genlik (%) X Süre (dakika) (AXB)	N	Ekstraksiyon verimi	İndüksiyon zamanı (120°C)	İndüksiyon zamanı (110°C)	DPPH*** inhibisyonu (%)	BHT eşdeğeri (ppm)	Toplam Fenolik madde (mg/kg)
<b>G30-S5</b>	3	6.82±0.12 F	2.79±0.02 A	5.50±0.09	1.85±0.45 c	3.23±2.30 c	1020.29±129.12
<b>G30-S10</b>	3	7.98±0.17 E	2.81±0.02 A	5.55±0.57	2.80±0.29 bc	15.25±4.60 bc	1090.50±118.26
<b>G30-S20</b>	3	9.46±0.12 D	2.91±0.02 A	5.30±0.17	3.16±0.10 ab	21.02±1.54 ab	950.48±36.64
<b>G65-S5</b>	3	10.06±0.16 C	2.81±0.04 A	5.76±0.07	2.87±0.34 abc	16.40±5.46 bc	1036.19±111.61
<b>G65-S10</b>	3	8.39±0.12 E	2.81±0.03 A	5.41±0.34	2.81±0.15 abc	15.49±2.34 bc	991.41±42.56
<b>G65-S20</b>	3	13.44±0.20 B	2.81±0.16 A	5.38±0.50	3.13±0.36 ab	20.58±5.80 ab	1324.04±273.11
<b>G100-S5</b>	3	10.06±0.23 C	2.52±0.06 B	5.94±0.08	2.56±0.05 bc	11.38±0.84 bc	804.57±62.98
<b>G100-S10</b>	3	12.99±0.18 B	2.76±0.03 A	5.58±0.06	2.73±0.05 bc	14.10±0.80 bc	1099.18±62.81
<b>G100-S20</b>	3	14.04±0.27 A	2.16±0.06 C	5.61±0.04	3.87±0.82 a	32.38±12.99 a	1277.91±277.51

\*. Birbirinden farklı olan harfler istatistiksel olarak birbirinden farklılığın ifadesi olup, istatistiksel olarak önem seviyesi büyükler için  $p<0.01$  ve küçükler için ise  $p<0.05$ 'tir; \*\*\*, 1000 ppm çözelti sonuçları

Yağsız öğütülmüş susamlara uygulanan farklı genlik ve süreye göre elde edilen verilere ait ortalamaların Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.2'de sunulmuştur.

Genlik ve süre artışı ile ekstraksiyon verim artışı olduğu görülmektedir. 120°C'de yapılan Rancimat testte en yüksek genlik ve süre uygulamasında, en düşük indüksiyon zamanı elde edilmiştir. Genlik ve süre artışı ile elde edilen ekstraktın antioksidan aktivitesi artmış olup, aynı durum toplam fenolik madde miktarı açısından da aynıdır.

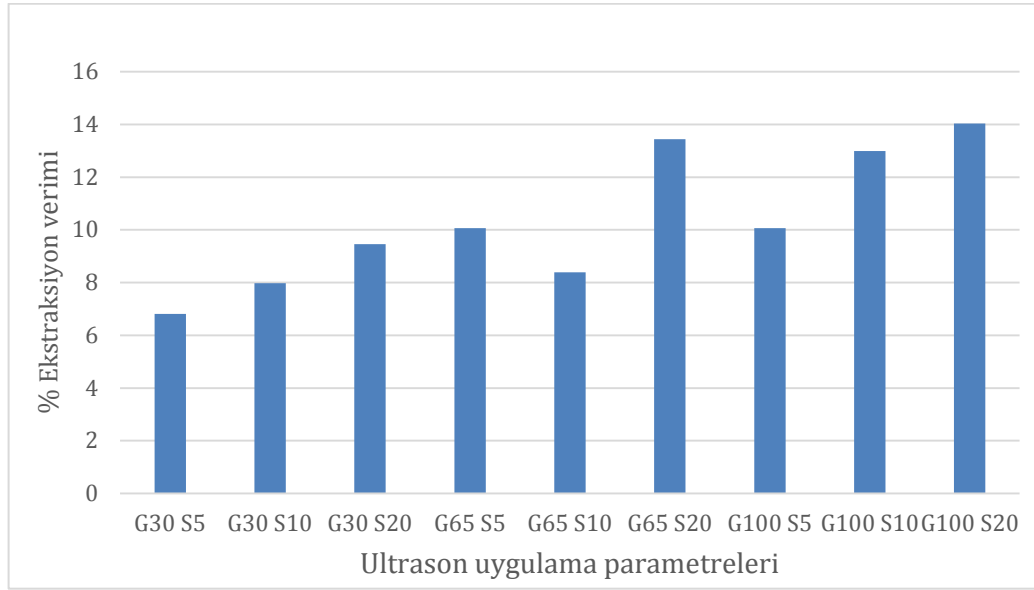
Ekstraksiyon verimi bakımından ultrason uygulama parametreleri incelendiğinde; genlik ve sürenin en düşük olduğu parametrelerde en düşük verime sahip olurken, genlik ve sürenin en yüksek olduğu parametrelerde de en yüksek verime sahip olduğu

saptanmıştır.

İndüksiyon zamanı (120°C) ye bakıldığında; 2.16-2.91 saat aralığında değişim gözlenmiştir.

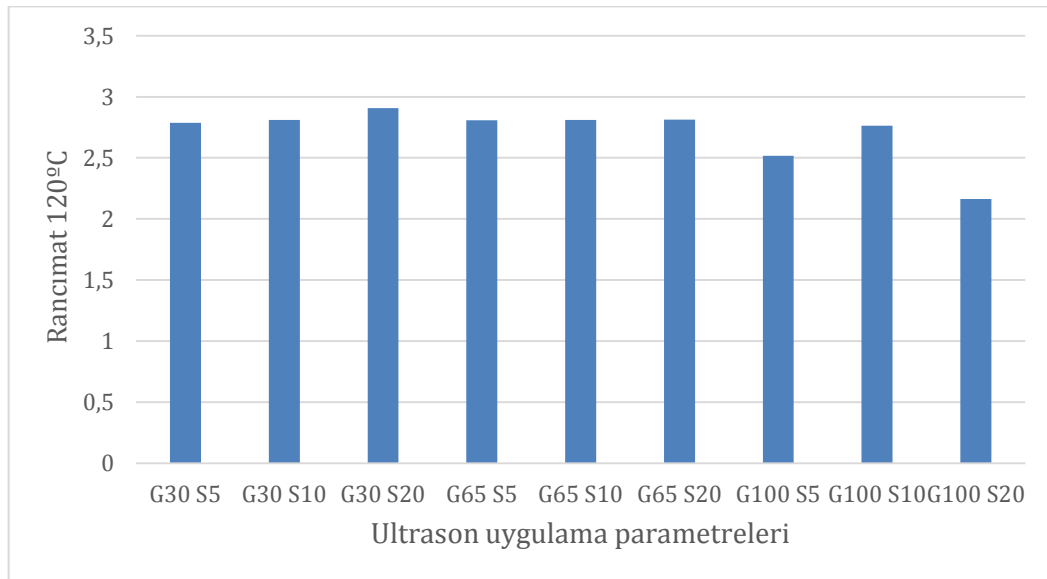
‘Genlik x süre’ interaksyonu incelendiğinde en yüksek genlik ve süre uygulamasında en düşük indüksiyon zamanına ulaşıldığı gözlenmiştir. İndüksiyon zamanı (110°C) ye bakıldığında; 5.30 ile 5.94 saat aralığında olduğu görülmüştür. Ayçiçek yağının indüksiyon periyodu birçok çalışmada belirlenmiş olup, 110°C) 5.0 saat (Judde ve ark., 2003) ve 5.7 saat (Silva ve ark., 2001) aralığında bulunmuştur. Bu değerlerle kıyaslandığında kabuğu soyulmuş susam ekstraktlarının indüksiyon periyoduna bir miktar etki ettiği görülmektedir.

%DPPH inhibisyonu oranları %1.85-3.87 arasında bulunmuştur. BHT eşdeğeri antioksidan aktivitesi %3.23-32.38 arasında bulunmuştur. Ultrason uygulama parametrelerinin %DPPH inhibisyon oranları %100 genlik ve 20 dakika uygulamasında en yüksek değer görülmüştür. En düşük ise %30 genlik ve 5 dakika uygulamasında görülmüştür. Ultrason uygulama parametrelerinin ppm BHT eşdeğeri antioksidan aktivitesi %100 genlik ve 20 dakika uygulamasında en yüksek değer iken %30 genlik ve 5 dakika uygulamasında en düşük değer görülmüştür. BHT konsantrasyonuna göre %DPPH inhibisyonu ele alındığında ultrason uygulama süresindeki artış ile antioksidan kabiliyetinde artış görülmektedir. Toplam fenolik madde miktarı bakımından incelendiğinde ise 804.57 ve 1324.04 mg/kg susam olarak bulunmuştur. Ancak %DPPH inhibisyonu ve BHT eşdeğeri antioksidan aktivitesi, toplam fenolik madde miktarı ile uyumlu çıkmamıştır.



**Şekil 4.1.** Ultrason uygulama parametrelerinin ekstraksiyon verimi üzerine etkili 'genlik x süre' interaksyonu

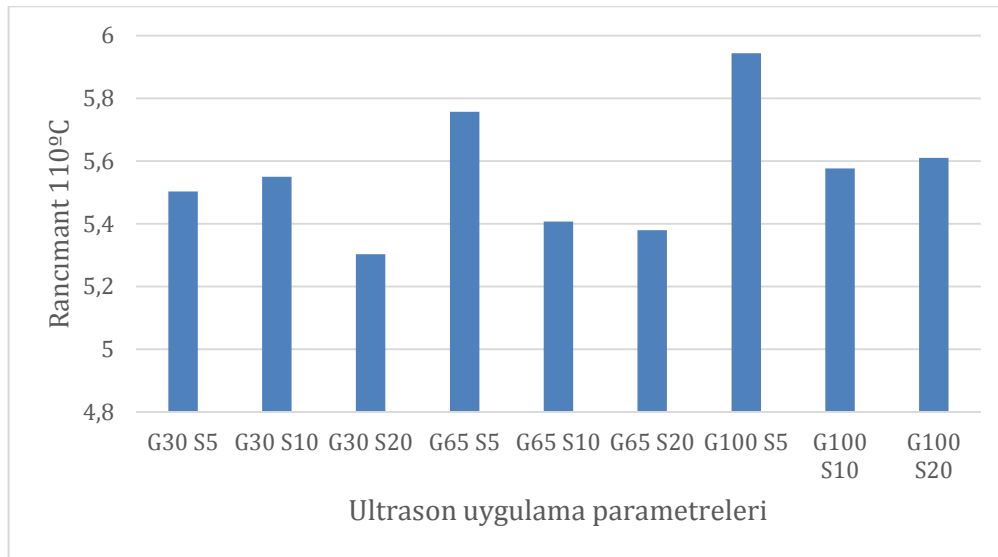
Şekil 4.1.'de ultrason uygulama parametrelerinin ekstraksiyon verimi üzerine etkili 'genlik x süre' interaksyonu görülmektedir. Her genlik değerinde 20 dakika süre uygulamasında en yüksek ekstraksiyon verimi değeri elde edilmiştir. En düşük ekstraksiyon verimi değeri %30 genlik ve 5 dakika uygulamasında, en yüksek ekstraksiyon verimi değeri ise %100 genlik ve 20 dakikada elde edilmiştir.



**Şekil 4.2.** Ultrason uygulama parametrelerinin indüksiyon zamanı 120°C üzerine etkili 'genlik x

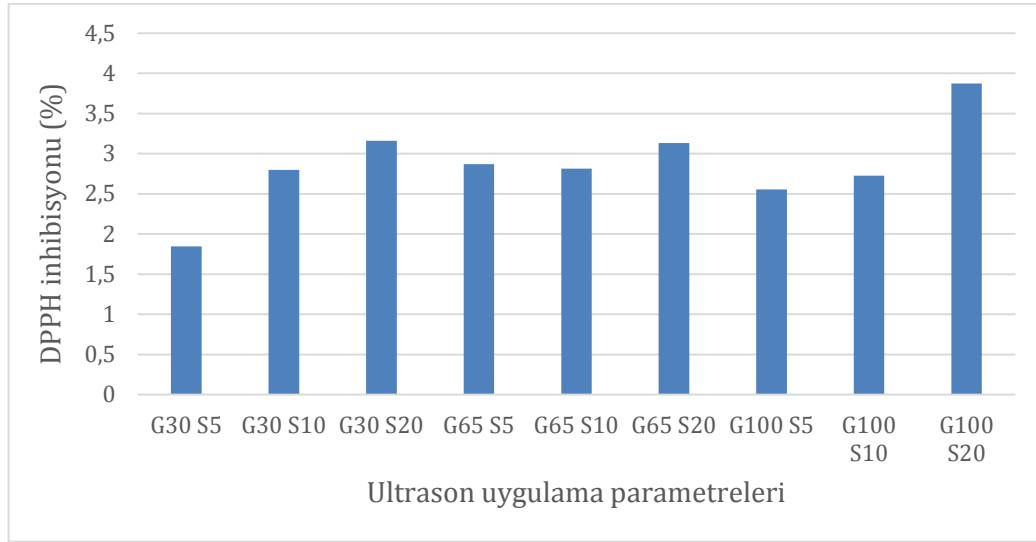
süre' interaksyonu

Şekil 4.2.'de ultrason uygulama parametrelerinin indüksiyon zamanı 120°C üzerine etkili 'genlik x süre' interaksyonu görülmektedir. Ultrason uygulama parametreleri oksidasyona karşı ekstraktların kabiliyeti indüksiyon zamanı 120°C açısından incelendiğinde 2.16-2.89 saat arasında değiştiği görülmektedir. %30 genlik, 20 dk süre uygulamasında indüksiyon zamanının en yüksek (2.89 saat) olduğu görülmüştür. %100 genlik, 20 dakika, süre uygulamasında ise en düşük (2.16 saat) olduğu görülmektedir.



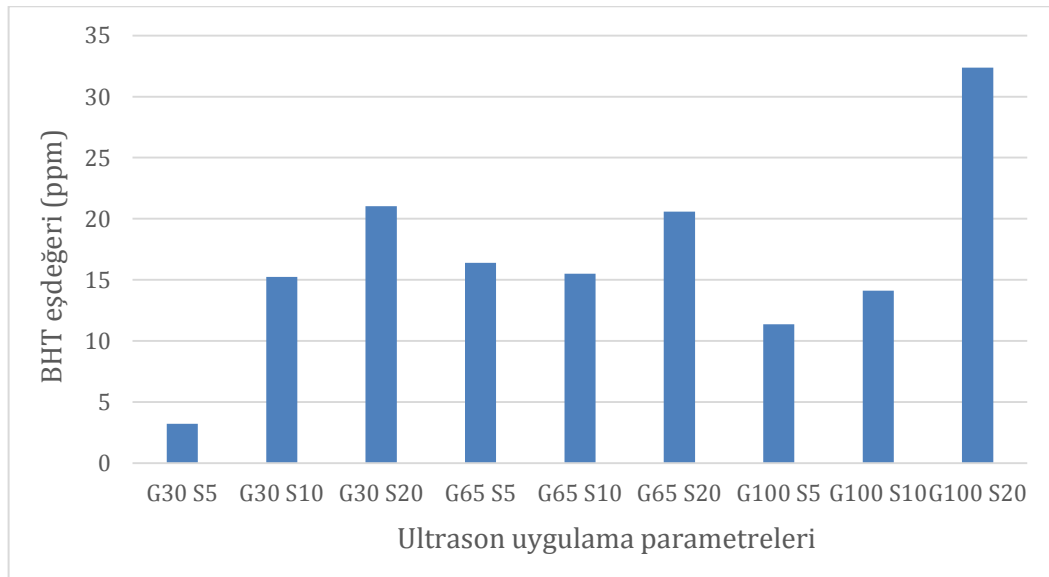
Şekil 4.3. Ultrason uygulama parametrelerinin indüksiyon zamanı 110°C üzerine etkili 'genlik x süre' interaksyonu

Şekil 4.3.'de ultrason uygulama parametrelerinin indüksiyon zamanı 110°C üzerine etkili 'genlik x süre' interaksyonu görülmektedir. Ultrason uygulama parametrelerinin oksidasyona karşı ekstraktların kabiliyeti indüksiyon zamanı 110°C açısından incelendiğinde 5.30-5.94 saat aralığında değiştiği gözlemlenmektedir. %100 genlik ve 5 dakika süre uygulamasında en fazla etki görülmüştür. En düşük etki ise %30 genlik ve 20 dakika süre uygulamasında görülmüştür.



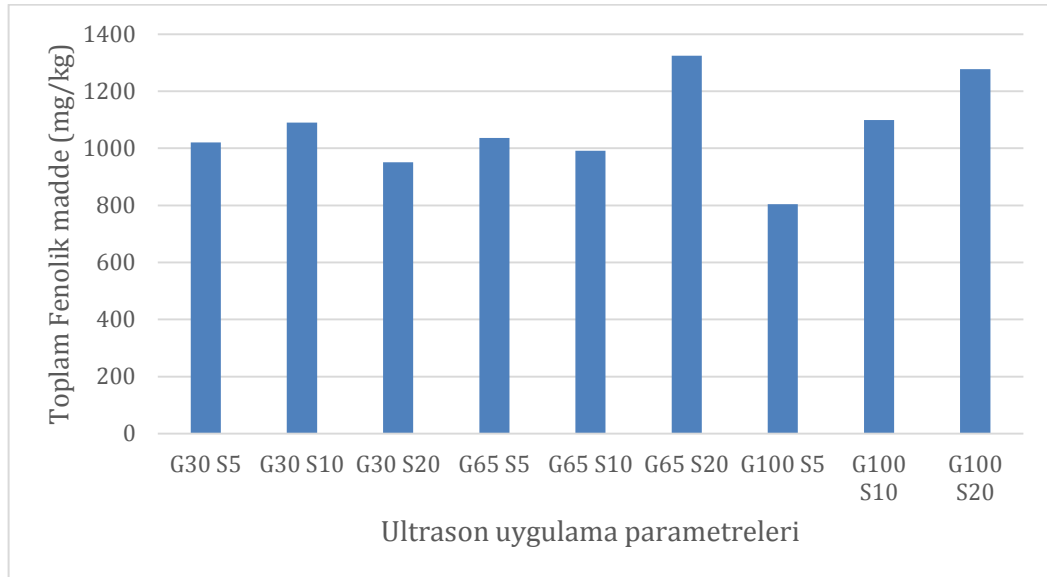
**Şekil 4.4.** Ultrason uygulama parametrelerinin DPPH üzerine etkili ‘genlik x süre’ interaksyonu

Şekil 4.4.’de ultrason uygulama parametrelerinin DPPH üzerine etkili ‘genlik x süre’ interaksyonu verilmiştir. Ultrason uygulama parametrelerinin %DPPH inhibisyon oranları %100 genlik ve 20 dakika süre uygulamasında en yüksek değer olarak görülmüştür. En düşük %DPPH inhibisyonu ise %30 genlik ve 5 dakika süre uygulamasında görülmüştür. Her genlik uygulamasının 20 dakikalık süre uygulamasında en yüksek %DPPH inhibisyonu gözlenmiştir.



**Şekil 4.5.** Ultrason uygulama parametrelerinin BHT Eşdeğer antioksidan aktivitesi üzerine etkili ‘genlik x süre’ interaksyonu

Şekil 4.5.'de ultrason uygulama parametrelerinin BHT Eşdeğer antioksidan aktivitesi üzerine etkili 'genlik x süre' interaksyonu görülmektedir. Ultrason uygulama parametrelerinin ppm BHT Eşdeğer %100 genlik ve 20 dakika uygulamasında en yüksek değer iken %30 genlik ve 5 dakika uygulamasında en düşük değer görülmüştür. BHT konsantrasyonuna göre %DPPH inhibisyonu ele alındığında ultrason uygulama süresindeki artış ile antioksidan kabiliyetinde artış görülmektedir. Genlik %30 ve %65 incelendiğinde 20 dakikalık uygulamalar arası çok farklılık olmadığı görülmektedir. Ancak genlik %100 olduğunda gözle görülür bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla genliğin %100 olarak uygulanması gerekliliği ortaya çıkmıştır.



**Şekil 4.6.** Ultrason uygulama parametrelerinin Toplam fenolik madde miktarı (mg/kg susam) üzerine etkili genlik x süre interaksyonu

Şekil 4.6.'de ultrason uygulama parametrelerinin Toplam fenolik madde miktarı (mg/kg susam) üzerine etkili 'genlik x süre' interaksyonu görülmektedir. Toplam fenolik madde miktarı %65 genlik ve 20 dakika süre uygulamasında en yüksek miktarda olduğu görülmektedir. En düşük miktar ise %100 genlik ve 5 dakika süre uygulamasında görülmektedir. Ancak %30 genlik ve 5 dakika süre uygulamasında antioksidan aktivite düşük çıkarken, toplam fenolik madde miktarının diğerlerinden çokta farklı olmadığı gözlemlenmiştir. %DPPH inhibisyonu ve BHT Eşdeğer antioksidan aktivitesi, toplam

fenolik madde miktarı ile uyumlu çıkmamıştır. Sadece 20 dakikalık süre uygulamalarında uyumlu çıktığı gözlenmiştir. Bunlardan da %65 ve %100 genlik uygulamalarında değerler birbirine yakın çıkmıştır.

#### 4.2. Ekstraksiyonda ultrason uygulama parametrelerinin etkilerinin kontrol numunesi ile karşılaştırılması

Yağsız öğütülmüş susamlara farklı genlik ve sürelerdeki ultrason uygulaması ile kontrol numunesine ait ekstraksiyon verimi, indüksiyon periyodu ve antioksidan aktivitesine yönelik varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Susama uygulanan farklı ekstraksiyon yöntemlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Ekstraksiyon verimi			DPPH *** inhibisyonu (%)		BHT eşdeğeri (ppm)		Toplam Fenolik madde (mg/kg)	
	SD	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Uygulama	9	166.598	608.64**	8.013	7.23**	1665.8	6.84**	1099642	1.75 ns
Hata	20	0.608		2.464		541.1		1399351	
Toplam	29	167.206		10.477		2206.8		2498993	

\*\* , P <0.01; ns, istatistiksel olarak önemli değil ; \*\*\*, 1000 ppm çözelti sonuçları

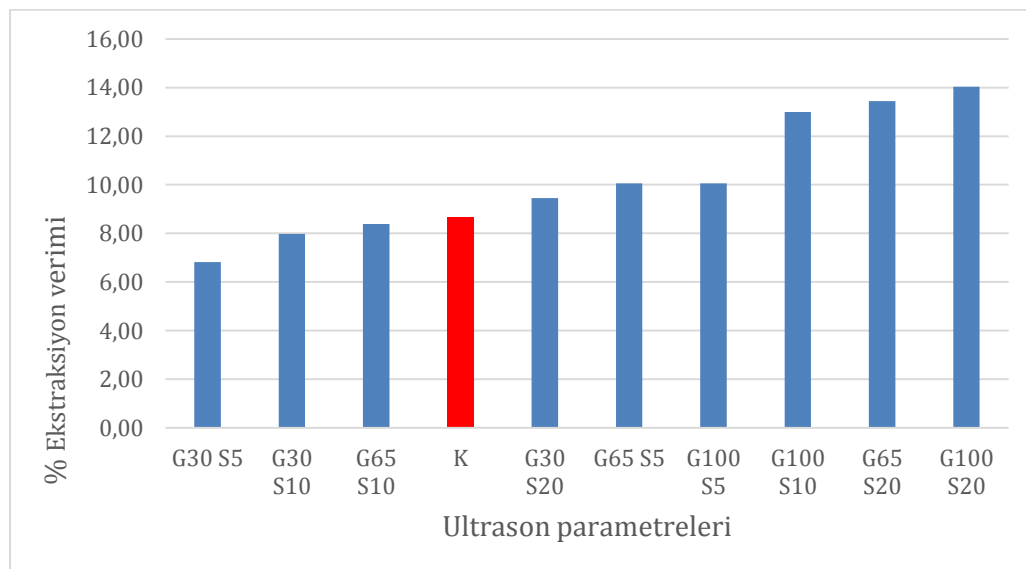
Varyans tablosu incelendiğinde denemede uygulanan genlik x süre interaksyonu ve kontrol numunesi ile ilgili olarak ekstraksiyon verimi, DPPH inhibisyonu (%), BHT Eşdeğer antioksidan aktivitesi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.01). Toplam Fenolik madde miktarı (mg/kg) ise istatistiksel olarak etkili olmadığı görülmüştür.

**Çizelge 4.4.** Susam ekstraktlarının uygulama farklılıklarına ait verilerin ortalamaların Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Muameleler	N	Ekstraksiyon verimi	DPPH** inhibisyonu (%)	BHT eşdeğeri (ppm)	Toplam Fenolik madde (mg/kg)
G30-S5	3	6.82±0.12 G*	1.78±0.43 C	3.23±2.30 C	1020.29±129.12
G30-S10	3	7.98±0.17 F	2.80±0.29 B	15.25±4.60 BC	1090.50±118.26
G30-S20	3	9.46±0.12 D	3.16±0.10 AB	21.02±1.54 AB	950.48±36.64
G65-S5	3	10.06±0.16 C	2.87±0.34 AB	16.40±5.46 BC	1036.19±111.61
G65-S10	3	8.39±0.12 EF	2.81±0.15 B	15.49±2.34 BC	991.41±42.56
G65-S20	3	13.44±0.20 B	3.13±0.36 AB	20.58±5.80 AB	1324.04±273.11
G100-S5	3	10.06±0.23 C	2.56±0.05 BC	11.38±0.84 BC	804.57±62.98
G100-S10	3	12.99±0.18 B	2.73±0.05 BC	14.10±0.80 BC	1099.18±62.81
G100-S20	3	14.04±0.27 A	3.87±0.82 A	32.38±12.99 A	1277.91±277.51
K	3	8.68±0.08 E	2.39±0.10 BC	8.80±1.60 BC	1491.80±702.78

\*, Birbirinden farklı olan harfler istatistiksel olarak birbirinden farklılığın ifadesidir ( $p<0.01$ ); \*\*, 1000 ppm çözelti sonuçları

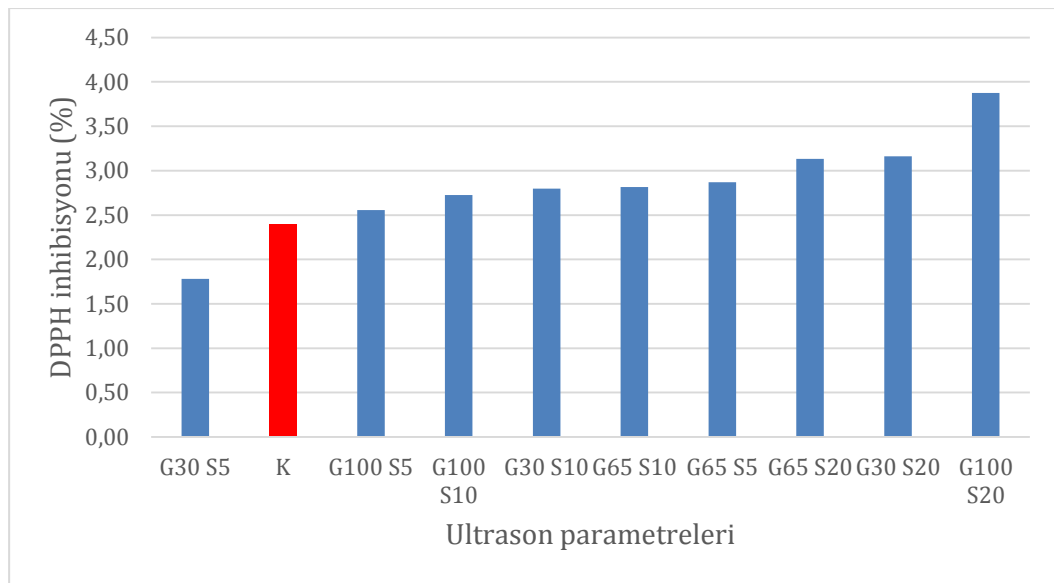
Susam ekstraktlarının uygulama farklılıklarına ait verilerin ortalamaların Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.4.'de sunulmuştur. Örneklerin ekstraksiyon verimi, % DPPH inhibisyon, BHT Eşdeğer antioksidan aktivitesi ve toplam fenol madde miktarı içerikleri sırasıyla %6.82 - %14.04, %1.78 - %3.87, %3.23 - %32.38 ve 804.57 – 1491.80 mg/kg susam aralığında değişmişlerdir. Toplam fenolik madde miktarı bakımından ise kontrol numunesi en yüksek değer (1491.80 mg/kg susam) olarak bulunmuştur.



**Şekil 4.7.** Ultrason uygulama parametreleri ve kontrol numunenin ekstraksiyon verimi üzerine etkisi

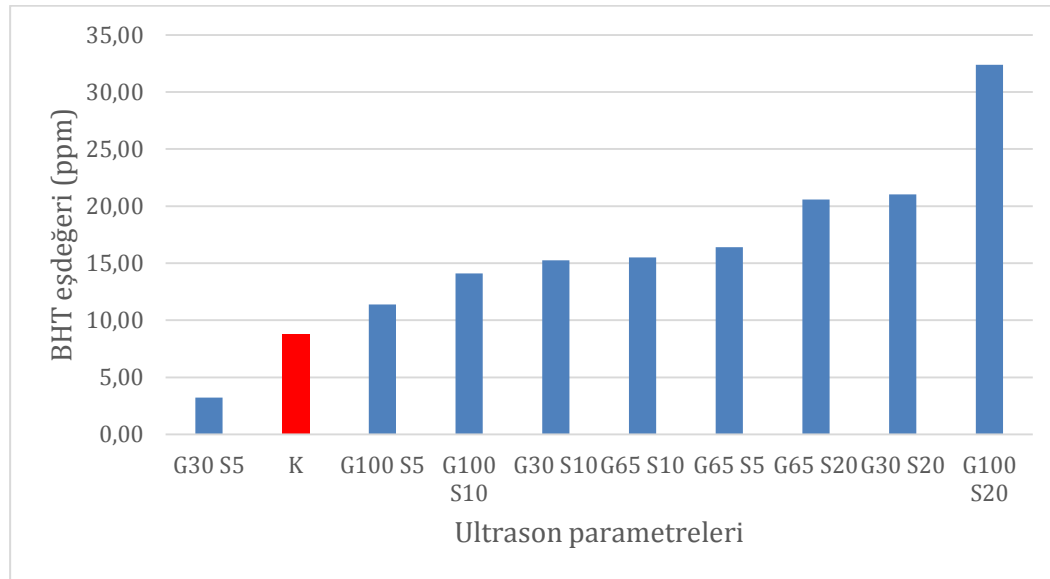
Şekil 4.7.'de ultrason uygulama parametreleri ile kontrol numunesinin

ekstraksiyon verimi üzerine farklılıkları görülmektedir. Her genlik değerinde 20 dakika süre uygulamasında en yüksek ekstraksiyon verimi değeri elde edilmiştir. En düşük ekstraksiyon verimi değeri %6.82 olarak G30 S5 numunesine (%30 genlik ve 5 dk), en yüksek ekstraksiyon verimi değeri ise %14.04 ile G100 S20 (%100 genlik ve 20 dakikada) numunesine aittir. Kontrol numunesinin ekstraksiyon verimi değeri ise %8.68 olarak tespit edilmiştir. %65 ile %100 genlik uygulamasının ekstraksiyon verimi artışına olumlu yönde etki ettiği görülmektedir.



**Şekil 4.8.** Ultrason uygulama parametreleri ve kontrol numunenin % DPPH inhibisyon üzerine etkisi

Şekil 4.8.'de %DPPH inhibisyonu bakımından ultrason uygulama parametreleri ile kontrol numunesi arasındaki farklılıklar görülmektedir. Ultrason uygulama parametrelerinin %DPPH inhibisyon oranları G100 S20 numunesinde (%100 genlik ve 20 dk) en yüksek değer olan %3.87 olarak görülürken, en düşük % DPPH inhibisyonu ise G30 S5 numunesinde (%30 genlik ve 5 dk) %1.78 olarak görülmüştür. Kontrol numunesinde ise %DPPH inhibisyonu %2.39 olarak görülmüştür. Ultrason uygulamasında genlik ve süre artışının susam ekstraktlarının %DPPH inhibisyonunu artırarak antioksidan aktivitesine olumlu yönde etki ettiği gözlenmiştir.

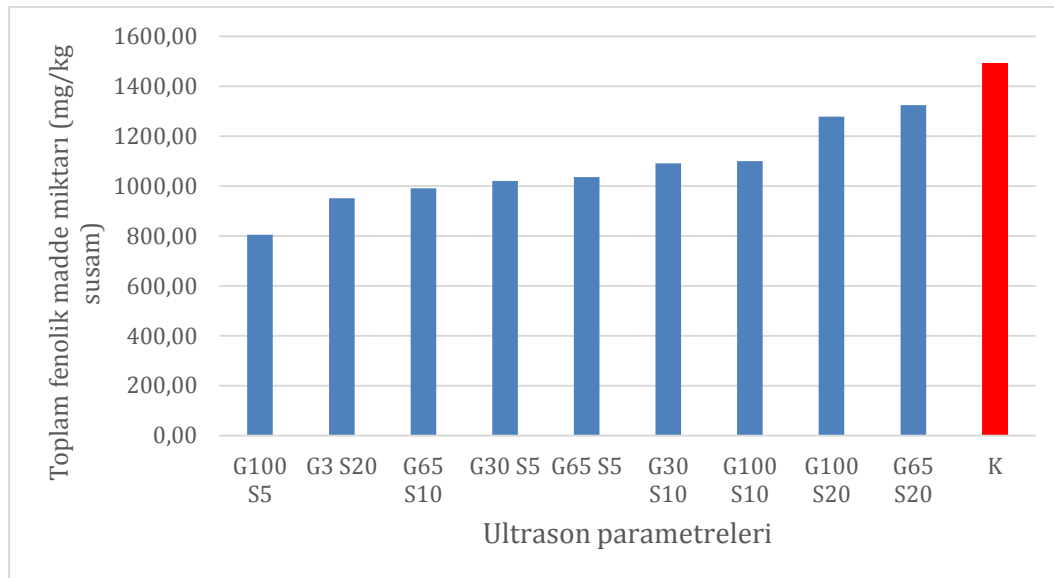


**Şekil 4.9.** Ultrason uygulama parametreleri ve kontrol numunenin BHT eşdeğer antioksidan aktivitesi üzerine etkisi

Şekil 4.9’de BHT eşdeğer antioksidan aktivitesi bakımından ultrason uygulama parametreleri ile kontrol numunesi arasındaki farklılık görülmektedir. Ultrason uygulama parametrelerinin BHT Eşdeğer antioksidan aktivitesi %100 genlik ve 20 dakika uygulamasında (G100 S20) en yüksek değer %32.38 iken %30 genlik ve 5 dakika uygulamasında (G30 S5) en düşük değer %3.23 olarak tespit edilmiştir. Kontrol numunesi ise %8.80 görülmüştür.

Şekil 4.8’ye ve Şekil 4.9’e göre susam ekstraktlarının antioksidan kabiliyetinde en düşük ultrason uygulama parametresi olan %30 genlik ve 5 dk süre uygulaması hariç, diğer tüm uygulama parametrelerinin artırıcı yönde etki ettiği görülmüştür. Her iki şekile göre antioksidan aktivite belirleyici analiz sonuçlarının genlik ve süre uygulamasının maksimum olduğu uygulamada belirgin bir artış olmuştur. Bu durum genel olarak %100 genlik ve 20 dk süre uygulanması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Suja ve ark., (2005) 200 ppm BHT çözeltisinin, 200 ppm yağsız susamın alkol ekstraktı ile benzer sonuç verdiğini bildirmiştir, fakat bizim bulgularımız bu konuda uyum sağlamamaktadır. Şekil 4.9, incelendiğinde 1000 ppm’lik yüksek bir ekstrakt konsantrasyonunda bile elde edilen ekstraktın maksimum 32.38 ppm BHT eşdeğerliğinde antioksidan aktivitesi sahip olduğu

bulunmuştur.



**Şekil 4.10.** Ultrason uygulama parametreleri ve kontrol numunenin toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi

Şekil 4.10.'de toplam fenolik madde miktarı bakımından ultrason uygulama parametreleri ve kontrol numunesi arasındaki farklılıklar görülmektedir. Ancak bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli değildir ( $p < 0.01$ ). Toplam fenolik madde miktarı kontrol numunesinde en yüksek miktar (1491.80 mg/kg susam) olduğu görülmektedir. En düşük miktar (804.57 mg/kg susam) ise G100 S5 numunesinde (%100 genlik ve 5 dk) görülmektedir. Ancak G30 S5 numunenin (%30 genlik ve 5 dk) antioksidan aktivite düşük çıkarken, toplam fenolik madde miktarının diğerlerinden çokta farklı olmadığı gözlemlenmiştir. DPPH inhibisyonu ve BHT Eşdeğer antioksidan aktivitesi, toplam fenolik madde miktarı ile uyumlu çıkmamıştır. Sadece 20 dakikalık süre uygulamalarında uyumlu çıktığı gözlenmiştir. Bunlardan da G65 S20 ve G100 S20 (%65 ve %100 genlik ve 20 dk'da) değerler birbirine yakın çıkmıştır.

### 4.3. Ekstraksiyonda ultrason uygulama parametrelerinin yağ ve kontrol numunelerine etkisi

Yağsız öğütülmüş susamlara farklı genlik ve sürelerdeki ultrason uygulaması ile kontrol numunelerine ait indüksiyon zamanına yönelik varyans analiz sonuçları Çizelge

4.5.'de verilmiştir.

**Çizelge 4.5.** Susam ekstraktının yağa eklenmesi ile elde edilen verilerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	İndüksiyon zamanı (120°C)		İndüksiyon zamanı (110°C)	
	KO	F	KO	F
Uygulama	2.88036	85.94**	0.9802	1.45 ns
Hata	0.07373		1.4901	
Toplam	2.95410		2.4702	

\*\* , P <0.01; ns, istatistiksel olarak önemli değil.

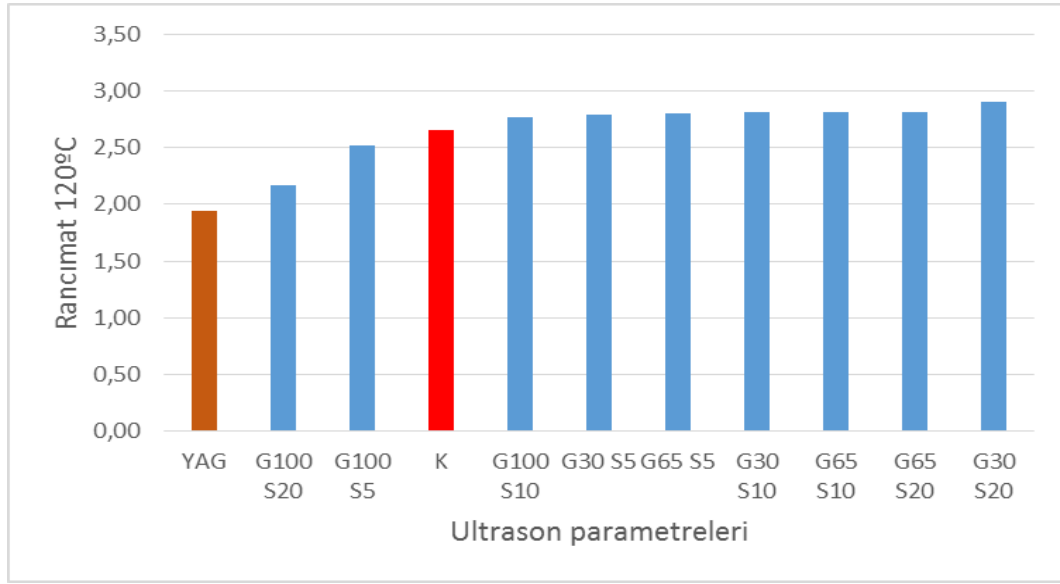
Varyans tablosu incelendiğinde denemede uygulanan ‘genlik x süre’ interaksyonu ve kontrol numuneleri ile ilgili olarak indüksiyon zamanı (120°C) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.01). İndüksiyon zamanı (110°C) ise istatistiksel olarak etkili olmadığı görülmüştür.

**Çizelge 4.6.** Susam ekstraktının yağa eklenmesi ile elde edilen verilere ait ortalamaların Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Muameleler	N	İndüksiyon zamanı (120°C)	İndüksiyon zamanı (110°C)
<b>G30-S5</b>	3	2.79±0.02 AB*	5.50±0.09
<b>G30-S10</b>	3	2.81±0.02 AB	5.55±0.57
<b>G30-S20</b>	3	2.91±0.02 A	5.30±0.17
<b>G65-S5</b>	3	2.81±0.04 AB	5.76±0.07
<b>G65-S10</b>	3	2.81±0.03 AB	5.41±0.34
<b>G65-S20</b>	3	2.81±0.16 AB	5.38±0.50
<b>G100-S5</b>	3	2.52±0.06 C	5.94±0.08
<b>G100-S10</b>	3	2.76±0.03 AB	5.58±0.06
<b>G100-S20</b>	3	2.16±0.06 D	5.61±0.04
<b>K</b>	3	2.65±0.03 BC	5.68±0.07
<b>KA</b>	3	1.94±0.02 E	5.58±0.03

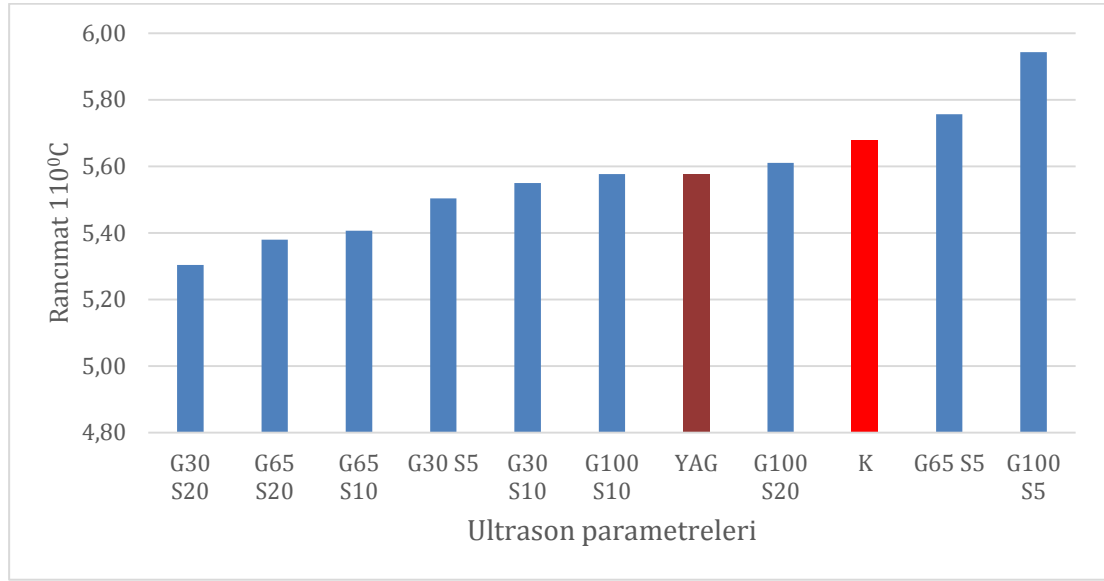
\*. Birbirinden farklı olan harfler istatistiksel olarak birbirinden farklılığın ifadesidir (p<0.01)

Farklı genlik, süre ve kontrol numuneleri için ekstraktların yağa eklenmesi ile elde edilen indüksiyon zamanı verilerine ait ortalamaların Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.6’de sunulmuştur. Örneklerin indüksiyon zamanı (120°C) ve indüksiyon zamanı (110°C) sırasıyla 1.94 – 2.91 saat ve 5.30 – 5.94 saat aralığında değişmişlerdir. Ultrason uygulama parametreleri ve kontrol numunelerinin indüksiyon zamanı 120°C üzerine etkisi Şekil 4.11.’de sunulmuştur.



**Şekil 4.11.** Ultrason uygulama parametreleri ve kontrol numunelerinin indüksiyon zamanı 120°C üzerine etkisi

Ultrason uygulama parametreleri ve kontrol numunelerinin indüksiyon zamanı 120°C üzerine ait sonuçları incelendiğinde ultrason parametreleri uygulanmış susam ekstraktları ayçiçek yağına ilave edilerek ransimat analizi gerçekleştirilmiş olup susam ekstraktlarının oksidasyona dayanıklılığı. İndüksiyon zamanı 120°C açısından 1.94-2.91 saat aralığında değiştiği gözlemlenmiştir. Sadece ayçiçek yağı ve ultrason uygulanmamış susam ekstraktı ayçiçek yağına ilave edilerek iki adet kontrol numunesi elde edilmiştir. Kontrol numunesi (ultrason uygulanmamış susam ekstraktının ayçiçek yağına ilave edilmiş hali) indüksiyon zamanı (120°C) açısından incelendiğinde ekstrakt ilave edilmemiş Ayçiçek yağının oksidatif stabilitesini artırdığı görülmektedir. Sadece genlik %100 süre 5dk (G100 S5) ve genlik %100 süre 20dk (G100 S20) da kontrol numunesinden daha düşük indüksiyon zamanı gözlenmiştir. Ancak tüm numunelerde ayçiçek yağına eklenen ekstraktların oksidatif stabilitesi artırıcı etkisi açıkça görülmektedir. En yüksek indüksiyon zamanı (120°C) genlik %30 ve 20 dk süre uygulamasında olduğu görülmektedir.



**Şekil 4.12.** Ultrason uygulama parametreleri ve kontrol numunelerinin induksiyon zamanı 110°C üzerine etkisi

Şekil 4.12.'de induksiyon zamanı 110°C bakımından ultrason uygulama parametreleri ile kontrol numuneleri arasındaki farklılık görülmektedir. Bu farklılık istatistiksel olarak önemli görülmemektedir ( $p < 0.01$ ). Farklı ultrason parametreleri uygulanmış susam ekstraktları ayçiçek yağına ilave edilerek ransimat analizi gerçekleştirilmiş olup susam ekstraktların oksidasyona dayanıklılığı. İndüksiyon zamanı 110°C açısından incelendiğinde 5.30-5.94 saat aralığında değiştiği gözlemlenmiştir. Sadece ayçiçek yağı ve ultrason uygulanmamış susam ekstraktı ayçiçek yağına ilave edilerek iki adet kontrol numunesi elde edilmiştir. Bunlardan yağ numunesi 5.58 saat olarak ölçülmüştür kontrol numunesi ise 5.68 saat olarak ölçülmüştür. Genlik %65 süre 5 dk (G65 S5) ve genlik %100 süre 5 dk (G100 S5) da kontrol grubuna kıyasla ekstraktların induksiyon zamanını artırıcı bir etki gösterdiği görülmüştür.

#### 4.4. Susam tohum ekstraktlarının sesamol, sesamin, sesamolin ve toplam lignan içerikleri

Susam tohumlarının sesamol, sesamin, sesamolin ve toplam lignan içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.7. Susam tohumlarının lignan içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Sesamol (mg/kg yağsız susam)		Sesamin (mg/kg yağsız susam)		Sesamolin (mg/kg yağsız susam)		Toplam lignan (mg/kg yağsız susam)	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Uygulama	9	372686	168.92**	11003294	3197.86**	1358021	517.52**	18536777	1538.41**
Hata	20	4903		7646		5831		26776	
Toplam	29	377589		11010940		1363853		18563553	

\*\* . P <0.01

Farklı ultrason uygulama parametrelerine sahip susam ekstraktlarının ve kontrol numunesinin sesamol, sesamin, sesamolin ve toplam lignan içeriklerine ait varyans analiz sonuçları çizelge 4.7.'de sunulmuştur. Denemede kullanılan 1000ppm susam ekstraktlarının sesamol, sesamin, sesamolin ve toplam lignan içerikleri istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) çıkmıştır.

Çizelge 4.8. Farklı ultrason uygulama parametrelerinin örneklerin lignan içeriklerine ait ortalamaların Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları

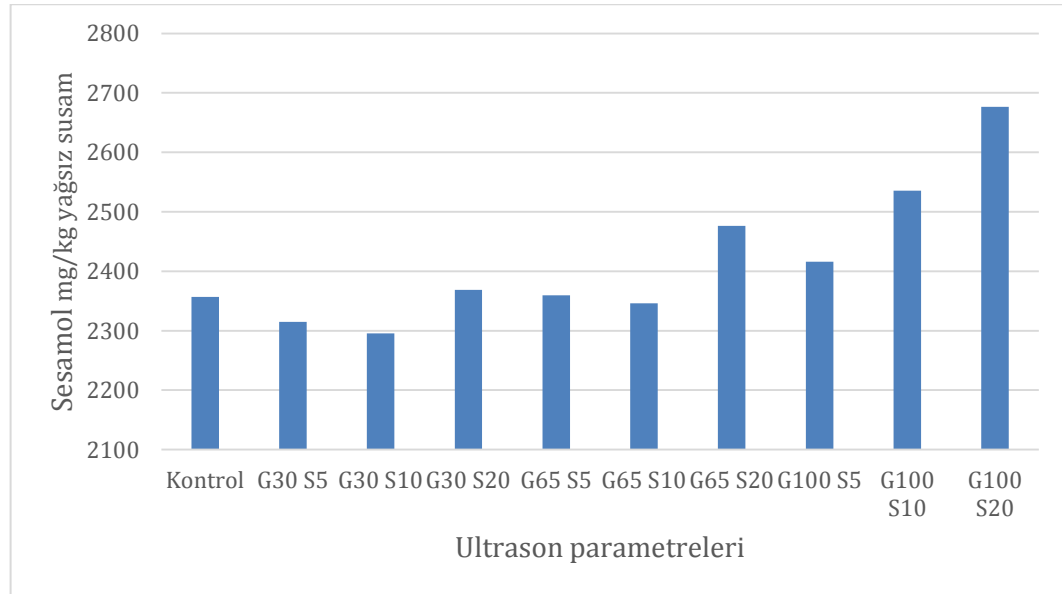
Muameleler	N	Sesamol (mg/kg yağsız susam)	Sesamin (mg/kg yağsız susam)	Sesamolin (mg/kg yağsız susam)	Toplam lignan (mg/kg yağsız susam)
G30-S5	3	2314.96±11.00 FG*	5853.69±13.14 D*	1073.79±7.82 DE*	9242.45±22.21 D*
G30-S10	3	2295.45±0.84 G	5723.41±56.42 E	1061.77±42.96 E	9080.64±90.31 E
G30-S20	3	2368.84±39.89 E	6030.36±7.41 C	1175.12±5.16 C	9574.32±37.68 C
G65-S5	3	2359.58±1.73 EF	7535.53±11.28 A	1700.69±8.84 A	11595.80±20.94 A
G65-S10	3	2346.12±3.60 EF	6276.86±2.21 B	1247.59±2.13 B	9870.58±3.88 B
G65-S20	3	2476.37±11.29 C	5041.50±2.57 G	829.62 ±25.24 G	8347.48±34.44 F
G100-S5	3	2415.79±10.46 D	6239.16±4.93 B	1199.63±5.31 BC	9854.59±20.66 B
G100-S10	3	2535.55±11.73 B	5855.14±8.47 D	1119.79±3.43 D	9510.48±23.55 C
G100-S20	3	2676.38±17.70 A	5627.26±9.04 F	1008.93±12.03 F	9312.57±18.62 D
K	3	2356.97±5.94 EF	6071.03±9.77 C	1173.81±8.81 C	9601.81±18.74 C

\*. Birbirinden farklı olan harfler istatistiksel olarak birbirinden farklılığın ifadesidir ( $p < 0.01$ )

Farklı ultrason uygulama parametrelerine sahip susam ekstraktlarının ve kontrol numunesinin sesamol, sesamin, sesamolin ve toplam lignan içeriklerinden elde edilen

verilere ait ortalamaların Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.8.'de sunulmuştur.

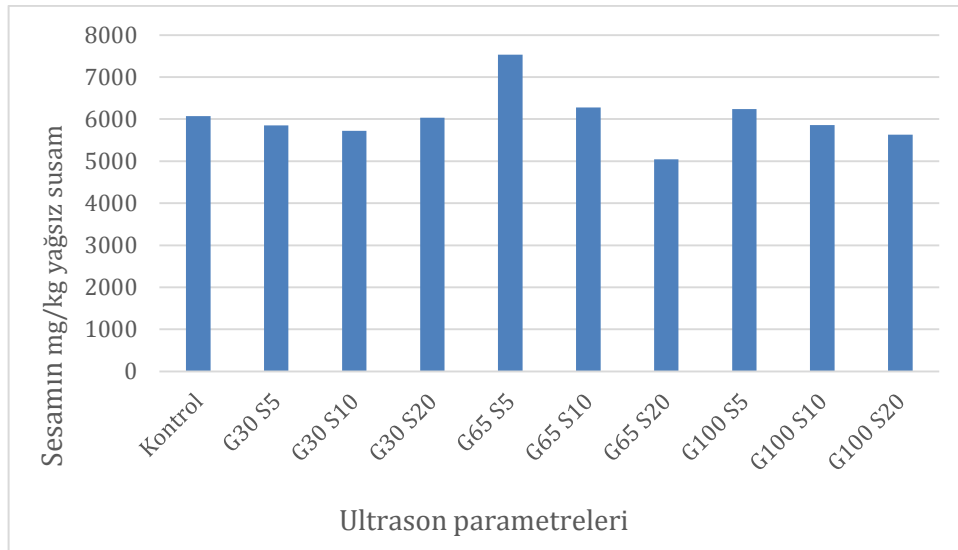
Ekstraktların sesamol içerikleri 2295.45 ile 2676.38 mg/kg yağsız susam arasında bulunmuştur. Sesamin içerikleri ise 5041.50 ile 7535.53 mg/kg yağsız susam arasında bulunmuştur. Sesamolin içerikleri 829.62 ile 1175.12 mg/kg yağsız susam arasında bulunmuştur. Dolayısıyla toplam lignanlar 8347.48 ile 11595.80 mg/kg yağsız susam arasında bulunmuştur. Suja ve ark. (2005) yağı alınmış, beyaz ve kırmızı susam çeşitlerinden elde ettikleri ekstraktlarda yaptıkları analizde sesamol içeriğini 2092 ile 4306 mg/kg arasında bulmuşlardır. Çalışmamızda elde edilen veriler uyumludur. Aynı çalışmada, sesamin içeriği 2037 ve 3993 mg/kg arasında bildirilmiştir. Bizim bulgularımız Suja ve ark., (2005)'in bulgularına göre yaklaşık 2 kat daha fazladır. Sesamolin içeriğini ise 2054 ile 3563 mg/kg aralığında bildirmişlerdir. Bizim bulgularımız bu açıdan da yüksektir. Toplam lignan açısından Suja ve ark., (2005)'in çalışmalarında bildirdikleri miktarlar 9905-9881 mg/kg'dır. Bu veriler de yaklaşık %10 oranında bizim değerlerimizden düşüktür. Genel olarak düşünüldüğünde, Suja ve ark., (2005)'in verilerinin bizim bulgularımıza uyumlu olduğu görülmektedir. Farklılıklar tür, çevre şartları, toprak özellikleri ve iklim farklılıklarına bağlı olabilir.



**Şekil 4.13.** Farklı ultrason uygulama parametrelerine sahip susam ekstratlarının ve kontrol

numunesinin sesamol içeriklerine ait sonuçlar

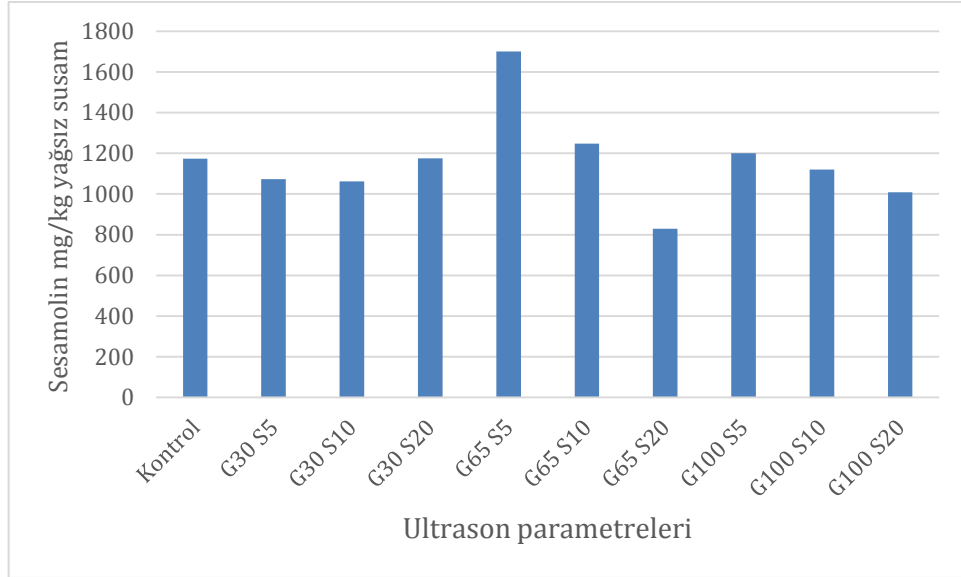
Şekil 4.13.'de farklı ultrason uygulama parametrelerine sahip susam ekstratlarının ve kontrol numunesinin sesamol içeriklerine ait sonuçlar sunulmuştur. Susam ekstratlarının sesamol içeriklerine ait sonuçlar incelendiğinde, 2295.45- 2676.38 mg/kg yağsız susam arasında değişmektedir. Denemede her genliğin 20 dakika uygulamasında daha düşük süre uygulamaya göre daha yüksek miktarda sesamol elde edilmiştir. Kontrol numunesi ise 2356.97 mg/kg yağsız susam olarak ölçülmüştür, %100 genlik ve 20 dakika süre uygulamasında en yüksek sesamol içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Genel olarak yüksek genlik ve yüksek süre uygulamasının sesamol içeriğinde artış göstermiştir.



**Şekil 4.14.** Farklı ultrason uygulama parametrelerine sahip susam ekstratlarının ve kontrol numunesinin sesamin içeriklerine ait sonuçlar

Şekil 4.14.'de farklı ultrason uygulama parametrelerine sahip susam ekstratlarının ve kontrol numunesinin sesamin içeriklerine ait sonuçlar görülmektedir. Susam ekstratlarının sesamin içeriklerine ait sonuçlar incelendiğinde, G65 S5 numunesi en yüksek değer 7535.52 mg/kg yağsız susam iken en düşük değer 5041.49 mg/kg yağsız susam bulunmuştur. Kontrol numunesi ise 6071.03 mg/kg yağsız susam değeri ile diğer

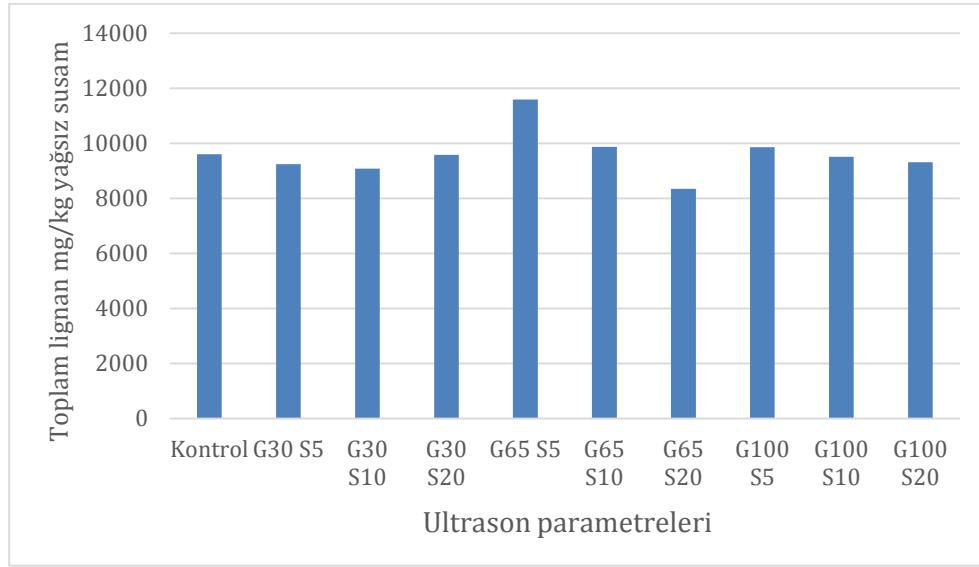
uygulamalardan çok bir farklılık göstermemektedir.



**Şekil 4.15.** Farklı ultrason uygulama parametrelerine sahip susam ekstratlarının ve kontrol numunesinin sesamolün içeriklerine ait sonuçlar

Şekil 4.15.'de farklı ultrason uygulama parametrelerine sahip susam ekstratlarının ve kontrol numunesinin sesamolün içeriklerine ait sonuçlar görülmektedir. Susam ekstratlarının sesamolün içeriklerine ait sonuçlar incelendiğinde, en yüksek değer G65 S5 numunesi ile 1700.69 mg/kg yağsız susam olarak bulunmuştur. En düşük değer 829.61 mg/kg yağsız susam olarak G65 S20 numunesine aittir.

Susam ekstratlarının sesamin ve sesamolün içeriklerine ait sonuçlar incelendiğinde, %65 ve 5 dakika uygulamasında en yüksek sesamin içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Denemede en az sesamin ve sesamolün içerikleri ise %65 genlik ve 20 dakika uygulamasında görülmüştür.



**Şekil 4.16.** Farklı ultrason uygulama parametrelerine sahip susam ekstratlarının ve kontrol numunesinin toplam lignin içeriklerine ait sonuçlar

Şekil 4.16.'de farklı ultrason uygulama parametrelerine sahip susam ekstratlarının ve kontrol numunesinin toplam lignan içeriklerine ait sonuçlar görülmektedir. Susam ekstratlarının lignan içeriklerine ait sonuçlar incelendiğinde, en yüksek G65 S5 numunesi 11595.80 mg/kg yağsız susam. en düşük G65 S20 numunesi 8347.48 mg/kg yağsız susam olarak tespit edilmiştir. Ardından %65 ve 10 dakika. %100 ve 5 dakika. %100 ve 10 dakika ve kontrol numunede yüksek lignan içerik görülmüştür.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gıda sanayinde yaygın kullanımı olan Nijerya Maide Guri susam tohumu çeşidinde ekstraksiyon aşamasında ultrason uygulaması kullanılarak lignanların ekstraksiyon veriminin. geleneksel ekstraksiyon ile kıyaslanarak, insan sağlığı açısından etki durumunun değerlendirilmesine yardımcı olacak veriler elde edilmeye çalışılmıştır. Toplam lignan açısından en yüksek verim 5 dakika ve %65 genlik için elde edilmiştir. Sesamolde ise en yüksek genlik ve süre uygulamasında en yüksek miktarda ekstrakta geçtiği görülmüştür.

Çalışmada genlik farklılığı ve ultrason uygulamanın süresi farkının etkisi incelenmeye çalışılmıştır. Susamdan elde edilen ekstraktlarda antioksidan aktivite genlik ve süre artıkça, artmıştır. Fakat toplam fenolik madde miktarı ise uyumlu bir artış göstermemiştir. Genlik ve süre artışı ile ekstraksiyon verimi artmıştır. İndüksiyon zamanı açısından ele alındığında ise 120°C’de bütün ekstraktlar kontrol Ayçiçek yağına göre etkili bulunmuştur. Yüksek genliklerde düşük değerler elde edilmiştir fakat ekstraktların çoğunluğu geleneksel ekstraksiyon yöntemine göre daha iyi antioksidan etki göstermiştir.

Geleneksel ekstraksiyon yöntemine göre ultrasonda genlik ve süre parametrelerinin değişimi susam ekstraktının bazı kalite parametrelerine etkili olduğu gözlemlenmiştir. Ekstraksiyonda ultrason uygulaması önerilebilir.

## KAYNAKLAR

Abe, C., Ikeda, S., and Yamashita, K. (2005). Dietary sesame seeds elevate  $\alpha$ -tocopherol concentration in rat brain. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 51:223–230.

Ando K, Sako KI, Takahashi M, Beppu M and Kikugawa K (2000). Increased Band 3 Protein Aggregation and Anti-band 3 Binding of Erythrocyte Membrane on Treatment with Sesamol. *Biol Pharm Bull.* 23: 159–164.

Anonim, 2014. 2013 yılı Ayçiçeği Raporu. T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü. s. 26.

Anonymous. 2006. Official methods and recommended practices of the American.

Bedigian, D., Seigler, D.S. and Harlan, J.R. (1985). Sesamin, sesamolin and the origin of sesame. *Biochemical Systematics and Ecology*13, 133-139.

Bensmira, M., Jiang, B., Nsabimana, C. and Jian, T., 2007. Effect of Lavender and Thyme incorporation in sunflower seed oil on its resistance to frying temperatures. *Food Research International*, 40 (3), 341–346.

Bisht, I. S., Mahajan, R. K., Loknathan, T. R., & Agrawal, R. C. (1998). Diversity in Indian sesame collection and stratification of germplasm accessions in different diversity groups. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 45(4), 325-335.

Budowsky, P. (1964). Recent research on sesamin, sesamolin, and related compounds. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 41:280–285.

Cheung, S.C., Szeto, Y.T. and Benzie, I.F. (2007). Antioxidant protection of edible oils. *Plant Foods Human Nutrition*. 62: 39–42.

Cosgrove, J. P., Church, D. F., & Pryor, W. A. (1987). The kinetics of the autoxidation of polyunsaturated fatty acids. *Lipids*, 22, 299–304.

Fukuda, Y., Osawa, T., and Namiki, M. (1985b). Studies on the enhancement in antioxidative activity of sesame seed induced by germination. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 32:407–412.

Fukuda, Y., Osawa, T., Namiki, M., and Ozaki, T. (1985a). Studies on antioxidative substances in sesame seed. *Agric. Biol. Chem.*, 49:301–306.

Gutteridge J. M. C., *Chem.-Biol. Interact.*, 1994, 91, 133.

Hsieh, T. J., Lu., L. H., and Su, C. C. (2005). NMR spectroscopic, mass spectroscopic, X-ray crystallographic and theoretical studies of molecular mechanics of natural products: farformolide B and sesamin. *Biophys. Chem.*, 114:13–20.

Hsu HC, et al. (2005) Structural basis for origin recognition complex 1 protein-silence information regulator 1 protein interaction in epigenetic silencing. *Proc Natl Acad Sci USA* 102(24):8519-24.

Ito, N., Fukushima, S., & Tsuda (1986). Carcinogenicity and modification of the carcinogenic response by BHA, BHT and other antioxidants. *CRC Critical Reviews in Toxicology*, 5, 109–150.

Jones, W. A., Beroza, M., and Pecker, E. D. (1962). Isolation and structure of sesangolin, a constituent of *Sesamum angolense*. *J. Org. Chem.*, 27:3232–3235.

Judde, A., Villeneuve, P., Rossignol-Castera, A. and Le Guillou, A., 2003. Antioxidant Effect of Soy Lecithins on Vegetable Oil Stability and Their Synergism with Tocopherols. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80 (12), 1209-1215.

Kahyaoğlu, T., and Kaya, S. (2006) Modelling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. *Journal of Food Engineering*, 75:165-177.

Kamal-Eldin, A. and Appelqvist, L.-A. (1994). Variation in the composition of sterols, and lignans in seed oils from four *Sesamum* species. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 71:149–156.

Kıralan, M. (2006). *Ayçiçek Yağının Oksidatif Stabilitesi Üzerine Isırgan (Urtica dioica L.) Keten (Linum usitassium L.), Kişniş (Coriandrum sativum L.) ve Çörekotu (Nigella sativa L.) Tohum Ekstraktlarının Etkileri* (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, I).

Kushiro, M., Masaoka, T., Hageshita, S., Takahashi, Y., Ide, T., and Sugano, M. (2002). Comparative effect of sesamin and episesamin on the activity and gene expression of enzymes in fatty acid oxidation and synthesis in rat liver. *J. Nutr. Biochem.*, 13:289–295.

Marinova, E. M. and Yanishlieva, N. V., 1997. Antioxidative activity of extracts from selected species of the family Lamiaceae in sunflower oil. *Food Chemistry*, 58 (3),

245–248.

Mstat-C, 1989, A microcomputer program for the design, management, and analysis of agronomic research experiments, (Distribution April 1989, After Version I in 1983), Michigan.

Nagata, M., Osawa, T., Namiki, M., Fukuda, Y., and Ozaki, T. (1987). Stereochemical structures of antioxidative bisepoxylignans, sesaminol and its isomers, transformed from sesamolin. *Agric. Biol.Chem.*, 51:1285–1289.

Namiki, M. (1995). The chemistry and physiological functions of sesame. *Food Rev. Int.*, 11:281–329.

Namiki, M., (2007). Nutraceutical Functions of Sesame: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 47:691-673.

Namiki, M., Ed. (1998). *Goma, sono Kagaku to Kinousei* (Advances in sesame science and function). Maruzen Planet Co. Tokyo. p. 268.

Namiki, M., Kobayashi, T. Eds. (1989). *Goma no Kagaku (Sesame Science)*. Asakura Shoten Co. Tokyo. p. 246.

Osawa, T., Nagata, M., Namiki, M., and Fukuda, Y. (1985). Sesamolol, a novel antioxidant isolated from sesame seeds. *Agric. Biol. Che.*, 49:3351–3352.

Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon, M., 2001. Antioxidants in food. Woodhead Publishing Ltd., 365 p., England.

Sano, M., Ernesto, C., Thomas, R G., Klauber,MR., Scafer, K., Grundman, M., Woodbury, P., Growdon, J., Cotman, C W., Pfeiffer, E., Schneider, L. S., and Thal, L J. (1997). A controlled trial of selegillin, alpha-tocopherol, or both as treatment for Alzheimer's disease. *N. Engl. J. Med.*, 336:1216–1222.

Sato, E., Miki, E., Gohtani, S., and Yamano, Z. (1995). The effect of sesame contents on viscoelasticity and microstructure of *goma-dofu* (sesame tofu). *Nippon Shokuhin Kagaku Kougaku Kaishi*, 42:871–877.

Schwartz, H., & Sontag, G. (2011). Analysis of lignans in food samples-impact of sample preparation. *Current Bioactive Compounds*, 7(3), 156-171.

Silva, F. A. M., Borges, F. and Ferreira, M. A., 2001. Effects of Phenolic Propyl Esters on the Oxidative Stability of Refined Sunflower Oil. *Journal of Agricultural and*

*Food Chemistry*, 49, 3936-3941.

Singh, R. P., Chidambara, K. N., Jayaprakasha, G. K., (2002), Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 81- 87.

Singleton, V. L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R. M., (1999), Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent, *Methods in Enzymology*, 299, 152–178.

Sivakumar, V., Anna, J. L., Vijayeeswarri, J., & Swaminathan, G. (2009). Ultrasound assisted enhancement in natural dye extraction from beetroot for industrial applications and natural dyeing of leather. *Ultrasonics Sonochemistry*, 16(6), 782–789.

Steel, R. G. D., ve Torrie, J. H., 1980, Principle and procedures of statistic: A biometrical approach, New York: McGraw-Hill.

Suja. K. P., Jayalekshmy. A., & Arumughan. C. (2005). Antioxidant activity of sesame cake extract. *Food Chemistry*. 91(2). 213-219.

Tashiro, T., Fukuda, Y., Osawa, T., and Namiki, M. (1990). Oil and minor components of sesame (*Sesamum indicum* L.) strains. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 67:506–511.

Toma RB, Tabekhia MM (1979). Phytate and oxalate contents in sesame seed. *Nutrition Reports International* 20:25-30.

Uchida M, Nakajin S, Toyoshima S and Shinoda M (1996). Antioxidative Effect of Sesamol and Related Compounds on Lipid Peroxidation. *Biol Pharm Bull.* 19: 623–626.

Ulaş, M., 2015. Ayçiçek Yağının Oksidatif Stabilitesi Üzerine Çörekotu (*Nigella sativa*) Yağının Etkileri. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*. Yüksek lisans tezi.

Umezawa, T., *Wood Res. (Kyoto, Jpn.)*, 2003, vol. 90, p. 27.

Xu R.N., Qin Z.R., Ren Y.P., Ding X.R., Sun R.H. and Chen Q.J. (2006). Study on lignans content in sesame oil. *Food Sci.*, 27 (9): 208-210.

Yamashita, K., (2004). Enhancing effects on vitamin E activity of sesame lignans. *J. Clin. Biochem. Nutr.*, 35:17–27.

Yokota T, Matsuzaki Y, Koyama M, Hitomi T, Kawanaka M, Enoki- Konishi M (2007). Sesamin, a lignan of sesame, down-regulates cyclin D1 protein expression in human tumor cells. *Cancer Science* 98:1447-1453.

Zafra-Rojas, Q. Y., Cruz-Cansino, N., Ramírez-Moreno, E., Delgado-Olivares, L., Villanueva-Sánchez, J., and Alanís-García, E., (2013), Effects of ultrasound treatment in purple cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(5), 1283–1288.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Moussa HOUNKONNOU  
**Uyuğu** : Benin Cumhuriyeti  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Cotonou – 24.10.1992  
**Telefon** : +90 538 052 70 92  
**e-mail** : hounkonnoumoussa@gmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı. İlçe. İl	Bitirme Yılı
Lise	: CS La Grace, Cotonou	2011
Üniversite	: Abomey-Calavi Üniversitesi, Abomey-Calavi	2015
Yüksek Lisans	: Necmettin Erbakan Üniversitesi. Meram. Konya	2017-Devam
Doktora	: -	-

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
20015-2016 (20 Ay)	Ste Celestine, Maden su ve Tropikal meyve suları San. Tic. Ltd. Şti	Üretim Elemanı

**UZMANLIK ALANI:** Baharat, Uçucu Yağ ve Tropikal Meyve Suların Teknolojisi

**YABANCI DİLLER:** Fransızca, İngilizce ve Türkçe.