

T.1150

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Abd  
M.1150

SUSAM KAVRULMASINDA MİKRODALGA UYGULAMALARI  
VE İŞLEMİN SUSAM VE TAHİNİN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

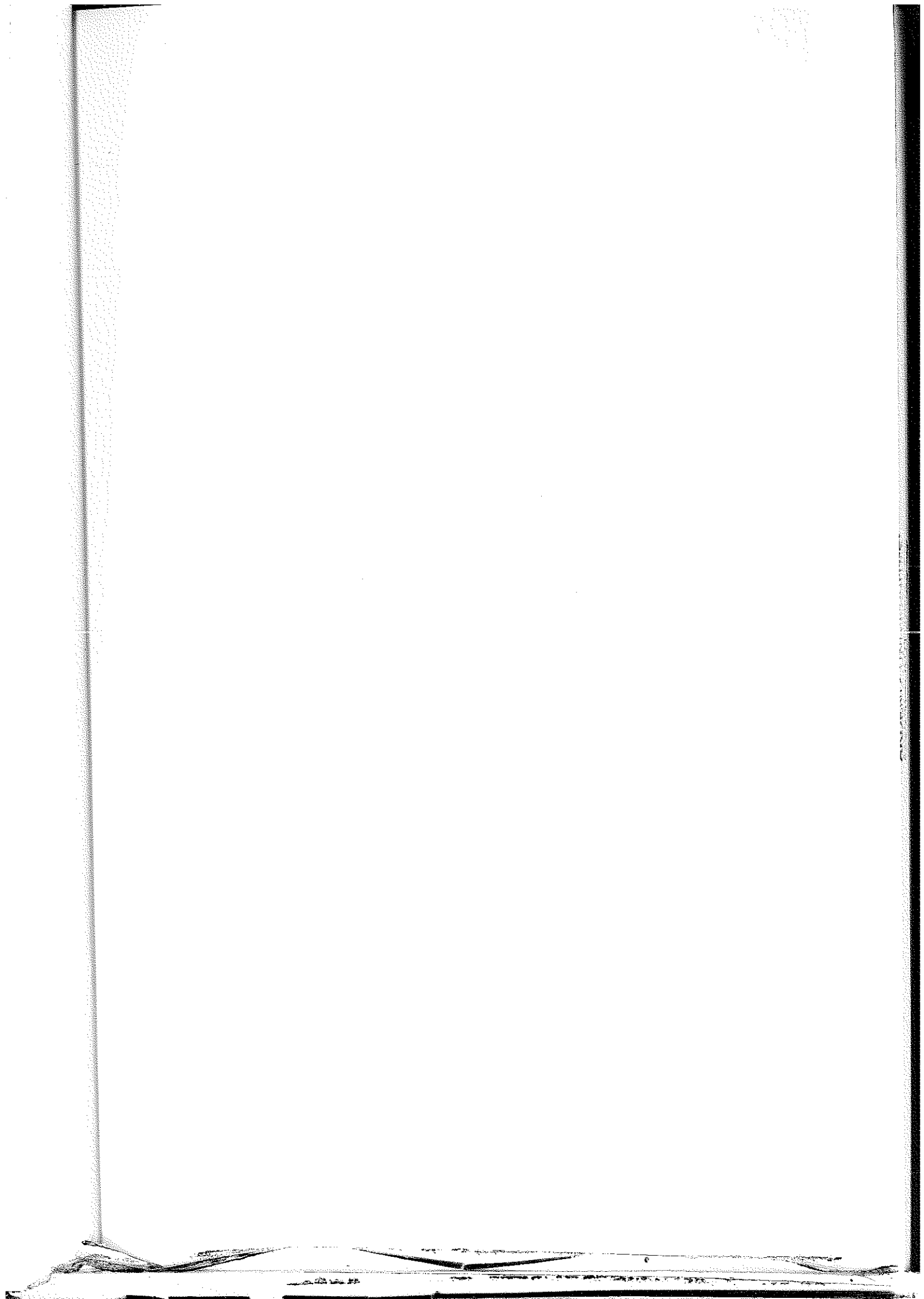
MUHARREM GÖLÜKCÜ

T.1150

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2000



**SUSAM KAVRULMASINDA MİKRODALGA UYGULAMALARI  
VE İŞLEMİN SUSAM VE TAHİNİN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

MUHARREM GÖLÜKCÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2000

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SUSAM KAVRULMASINDA MİKRODALGA UYGULAMALARI  
VE İŞLEMİN SUSAM VE TAHİNİN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

MUHARREM GÖLÜKCÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

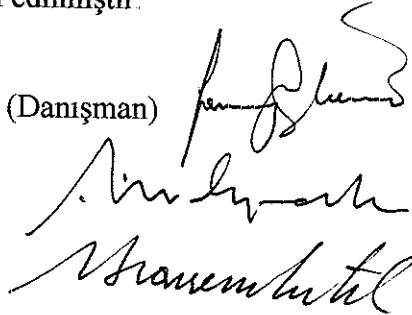
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 14/6/2000 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından (92) not takdir edilerek  
Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Feramuz ÖZDEMİR (Danışman)

Prof. Dr. Ali BAYRAK

Prof. Dr. Muharrem CERTEL



## ÖZET

### SUSAM KAVRULMASINDA MİKRODALGA UYGULAMALARI VE İŞLEMİN SUSAM VE TAHİNİN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

MUHARREM GÖLÜKCÜ

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs 2000, 75 Sayfa

Bu çalışmada susam tohumu ve yağının fiziksel, kimyasal özellikleri, mikrodalga fırın ve klasik yöntemle kavrulmuş tahinin kalite karakteristikleri belirlenerek, mikrodalga fırının bu işlem için uygunluğu araştırılmıştır.

Susam tohumunun bin tane ağırlığı 3.68 gram, kabuk oranı %14.94, nem %3.93, yağ %55.37, kül %5.23 ve protein %19.74 olarak belirlenmiştir. Tohumun mineral madde bileşimi, %0.7 kalsiyum, %0.6 fosfor, %0.3 magnezyum, %0.3 potasyum, 78.15 mg/kg çinko, 12.51 mg/kg demir, 17.28 mg/kg bakır, 11.04 mg/kg manganez olarak belirlenmiştir. Kabuğu soyulmuş susamda bu mineral maddeler sırasıyla %0.06, %0.6, %0.3, %0.2, 88.71 mg/kg, 10.61 mg/kg, 12.53 mg/kg, 7.45 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Susam yağının kırılma indisi (20 °C) 1.466, serbest yağ asitliği %0.79 (oleik), peroksit sayısı 3.44 meqg/kg, iyot sayısı 107, bulanlaşma sayısı ise 186'dır. Susam yağının yağ asitleri bileşimi ise %10.67 palmitik, %0.11 palmitoleik, %4.41 stearik, %38.50 oleik, %46.10 linoleik ve %0.21 araşidik asittir.

Mikrodalga fırında kavrulmuş susamın ortalama su içeriği %0.24, bu tohumdan üretilen tahin yağının serbest yağ asitliği %0.48 (oleik), peroksit sayısı 6.59 meqg/kg, renk değerlerinden L 58.88, a 3.93 ve b 23.13 olarak belirlenmiştir. Bu metotla kavrulmuş tahin yağının yağ asitleri bileşimi, %9.95 palmitik, %4.87 stearik, %42.26 oleik, %42.73 linoleik ve %0.21 araşidik asit olarak tespit edilmiştir. Tahinin üç aylık depolama periyodu sonunda peroksit sayısı 7.74 meqg/kg olurken hacimce ayrılan yağ oranı %11.06'ya ulaşmıştır.

Klasik yöntemle kavrulan susamın su içeriği %0.10, bu tohumdan üretilen tahin yağının serbest yağ asitliği %0.31 (oleik), peroksit sayısı 8.32 meqg/kg, tahinin renk değerlerinden L 47.54, a 11.88, ve b 28.42 olarak belirlenmiştir. Bu metotla kavrularak üretilen tahin yağının yağ asitleri bileşimi, %10.93 palmitik, %4.71 stearik, %43.07 oleik, %41.04 linoleik ve %0.24 araşidik asit olarak tespit edilmiştir. Tahinin üç aylık depolama periyodu sonunda peroksit sayısı 8.97 meqg/kg olurken ayrılan yağ oranı hacimce %10.43'e ulaşmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre mikrodalga fırının bu amaçla kullanılabilceği anlaşılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: *Sesamum indicum* L., Susam, Mikrodalga, Kavurma, Tahin

JÜRİ: Doç. Dr. Feramuz ÖZDEMİR (Danışman)

Prof. Dr. Ali BAYRAK

Prof. Dr. Muharrem CERTEL

## ABSTRACT

### MICROWAVE ROASTING EFFECTS ON THE QUALITY OF SESAME and TEHINA

MUHARREM GÖLÜKCÜ

M. Sc. In Food Engineering,

Adviser: Assoc Prof Dr FERAMUZ ÖZDEMİR

May, 2000, 75 Page

In this study the physical and chemical properties of raw sesame seeds and its oil were investigated. Moreover quality parameters of tehina, produced from this sesame using microwave oven and classical heat processing were researched comparatively.

Some of sesame seed properties; the thousand weight is 3,68 g, hull ratio 14,94 %, moisture content 3,93 %, oil content 55,37 %, ash content 5,23 % and protein content 19,74 %. While mineral composition of whole sesame seed were detected as follows 0,7 % calcium, 0,6 % phosphorus, 0,3 % magnesium, 0,3 % potassium, 78,15 mg/kg zinc, 72,51 mg/kg iron, 17,28 mg/kg copper and 11,04 mg/kg manganese. Same composition belong to dehulled seed are 0,06 %, 0,6 %, 0,3 %, 0,2 %, 88,71 mg/kg, 40,61 mg/kg, 12,53 mg/kg and 7,45 respectively. Among the oil properties, refractive index (20 °C) 1,466, 0,79% (oleic) free fatty acids, 3,44 meqg/kg peroxide value, 107 iodine value and 186 saponification number were determined. Furthermore, fatty acid composition of this oil were researched and the following results were obtained, 10,67 % palmitic, 0,11 % palmitoleic, 4,41 % stearic, 38,50 % oleic, 46,10 % linoleic and 0,21 % arachidic acid.

Moisture content of sesame roasted by using microwave oven is 0,24 %, free fatty acid content of tehina oil produced from this roasted sesame seed is 0,48% (oleic), 6,59 meqg/kg peroxide value, L colour value of the tehina is 58,88, a 3,93, b 23.13. Fatty acid composition of tehina oil is, produced by using this method, 9,95 % palmitic, 4,87 % stearic, 42,26 % oleic, 42,73 % linoleic and 0,21 % arachidic acid. At the end of the storage in three months

peroxide value is reached 7,74 meqg/kg and amount of separated oil ratio as volumetric is 11,06%.

Moisture content of sesame roasted by using conventional method is 0,10%, free fatty acid content of tehina oil produced from this roasted sesame is 0,31 % (oleic), peroxide number 8.32 meqg/kg oil, L colour value of the tehina is 47,54, a 11,88 and b 28,42. The fatty acid composition of the tehina oil is 10,93 % palmitic, 4,71 % stearic, 43,07 % oleic, 41,04 % linoleic and %0,24 arachidic acid. At the end of the storage in three months of the tehina peroxide value is reached 8,97 meqg/kg and separated oil ratio as volumetric 10,43%.

According to obtained results, it was concluded that microwave oven can be successfully used for roasting of sesame seed into tehina producing

KEY WORDS: *Sesamum indicum* L., Sesame, Microwave, Roasting, Tehina

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Prof. Dr. Muharrem CERTEL

Prof. Dr. Ali BAYRAK



## ÖNSÖZ

Dünya enerji kaynaklarındaki azalma araştırmacıları yeni ve daha az enerji kullanacak verimliliği yüksek sistemlerin araştırılıp, geliştirilmesine yönlendirmiştir. Bu araştırmalar sektörler arası işbirliğini gerekli kılmaktadır. Enerji kullanım oranı yüksek olan gıda sektöründe de bu çalışmalar yapılmaktadır. Bu alandaki son gelişmelerden biri de geçen yüzyılın önemli buluşlarından biri sayılabilecek mikrodalga'nın gıda sektöründe kullanılabileceğinin keşfedilmesidir. Mikrodalga enerjisinin ısıtma amacıyla gıda işlemede kullanılabileceği II. Dünya savaşından sonra 1946 yılında Dr. Spencer tarafından ortaya konmuş, ve bu alanda geleneksel ısıtma yöntemlerine göre yaklaşık %30 oranında daha az enerji kullanan, işlem süresinde de oldukça önemli azalma sağlayan mikrodalga enerjisinin kurutma, ısıtma ve kavurma gibi sıcaklık gerektiren birçok alanda kullanımı hızla artmaktadır. Bu çalışma, önemli yağlı tohumlarımızdan biri olan susam tohumunun bazı özellikleri ve ülkemizin geleneksel gıdalarından olan tahin üretiminin susam kavrulması aşamasında mikrodalga kullanımının tahinin bazı kalite kriterleri üzerinde meydana getirdiği değişikliklerin belirlenmesini kapsamaktadır.

Araştırma sonuçlarının yapılacak benzeri çalışmalara ışık tutmasını ve gıda sanayiine aktarılarak ülkemiz ekonomisine katkı sağlamasını dilerim.

Bu konuda bana çalışma olanağı sağlayan ve çalışmamın gerçekleşmesinde her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Feramuz Özdemir'e (Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi) her ne zaman ihtiyaç duyduysam zaman ve enerjisini benim için harcamış olan Arş. Gör. Ayhan Topuz'a, örneklerimin renk değerleri ölçümünde yardımcı olan Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekan Yardımcısı Prof. Dr. Mükerrerem Kaya'ya, yağ asitleri bileşiminin belirlenmesinde yardımcı olan Uzman Nalan Sığındere'ye, tezimin yazımında sağladığı destekten dolayı Arş. Gör. Sinan Uzunlu'ya, Gıda Mühendisliği Bölümündeki hoca ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma, manevi desteğini her zaman hissettiğim aileme ve araştırmamı maddi olarak destekleyen Akdeniz Üniversitesi Araştırma Fonu yetkili ve çalışanlarına teşekkür ederim

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
ÖNSÖZ .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI .....	5
3. MATERYAL ve METOT .....	21
3.1 Materyal .....	21
3.2 Metot .....	21
3.2.1 Tahin üretimi .....	21
3.2.1.1 Kabuk ayırma .....	21
3.2.1.2 Kurutma .....	21
3.2.1.3 Kavurma .....	22
3.2.1.4. Öğütme .....	22
3.2.2 Analiz metotları .....	22
3.2.2.1. Bin tane ağırlığının belirlenmesi .....	22
3.2.2.2. Kabuk oranının belirlenmesi .....	24
3.2.2.3. Toplam kurumadde tayini .....	24
3.2.2.4. Toplam protein miktarının belirlenmesi .....	24
3.2.2.5. Kül içeriğinin belirlenmesi .....	25
3.2.2.6. Mineral madde içeriğinin belirlenmesi .....	25
3.2.2.7. Yağ tayini .....	26
3.2.2.8. Kırılma indisinin belirlenmesi .....	26
3.2.2.9. İyot sayısı tayini .....	26
3.2.2.10. Sabunlaşma sayısının belirlenmesi .....	27
3.2.2.11. Yağ asitlerinin belirlenmesi .....	27
3.2.2.12. Serbest yağ asitliği .....	28
3.2.2.13. Peroksit sayısı tayini .....	28

3.2.2.14. Renk tayini	29
3.2.2.15. Ayrılan yağ miktarı	29
3.2.3. İstatistiksel metot	29
4. BULGULAR ve TARTIŞMALAR	30
4.1. Susam Tohumunun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları	30
4.1.1. Susam tohumunun mineral madde bileşimi	31
4.1.2. Susam yağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	34
4.1.3. Susam yağının yağ asitleri bileşimi	35
4.2. Mikrodalga Fırında Kavurmanın Susam ve Tahinin Kalitesi Üzerine Etkisi	36
4.2.1. Mikrodalga fırında kavurmanın susamın su miktarı üzerine olan etkisi	36
4.2.2. Mikrodalga fırında kavurmanın susam yağının serbest yağ asitliği miktarı üzerine olan etkisi	42
4.2.3. Mikrodalga fırında kavurmanın tahinin L, a, b renk değerleri üzerine etkisi	46
4.3.4. Mikrodalga fırında kavurmanın tahin yağının yağ asitleri bileşimi üzerine etkisi	51
4.3.5. Mikrodalga fırında kavurmanın tahin yağının peroksit sayısı üzerine etkisi	54
4.3.6. Mikrodalga fırında kavurmanın tahin yağının ayrılma oranı üzerine etkisi	60
5. SONUÇ	65
8. KAYNAKLAR	66
9. ÖZGEÇMİŞ	75

## SİMGELER ve KISALTMALAR

### Kisaltmalar

Dak	Dakika
DP	Depolama Periyodu
KO	Kareler ortalaması
Ort	Ortalama
VK	Varyasyon Kaynağı
YY	Yıgın Yüksekliği

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Susam tohumunda bulunan bazı makro besin elementleri .....	33
Şekil 4.2. Susam tohumunda bulunan bazı mikro besin elementleri .....	33
Şekil 4.3. Susam tohumu yağının yağ asitlerinin grafiksel gösterimi .....	35
Şekil 4.4. Dört farklı güç ve iki farklı yığın yüksekliğinin su miktarı üzerine etkisi .....	41
Şekil 4.5. Dört farklı güç ve her güçte 3 farklı sürenin su miktarı üzerine etkisi .....	41
Şekil 4.6. Susamı iki farklı yığın yüksekliğinde kavurmanın tahin yağının SYA miktarı üzerine etkisi .....	45
Şekil 4.7. Susamı üç farklı sürede kavurmanın tahin yağının SYA miktarı üzerine etkisi .....	45
Şekil 4.8. Tahin yağının peroksit sayısı üzerine yığın yüksekliğinin etkisi .....	59
Şekil 4.9. Tahin yağının peroksit sayısı üzerine kavurma süresinin etkisi .....	59
Şekil 4.10. Tahin yağının peroksit sayısı üzerine depolama periyodunun etkisi .....	59
Şekil 4.11. Yığın yüksekliğinin yağ ayrılma oranı üzerine etkisi .....	64
Şekil 4.12. Sürenin yağ ayrılma oranı üzerine etkisi .....	64
Şekil 4.13. Depolama periyodunun yağ ayrılma oranı üzerine etkisi .....	64

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bazı ülkelerde üretilen susam miktarı, ekim alanı ve verimi .....	6
Çizelge 2.2. Susam tohumunun bileşimi .....	6
Çizelge 2.3. Susam yağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	7
Çizelge 2.4. Susam yağının yağ asitleri bileşimi .....	8
Çizelge 3.1 Susam tohumu kavrulmasında uygulanan mikrodalga koşulları .....	23
Çizelge 4.1 Susam tohumunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	30
Çizelge 4.2. Susam tohumunun mineral madde içeriği (mg/kg) .....	32
Çizelge 4.3. Susam yağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	34
Çizelge 4.4. Susam tohumu yağının yağ asitleri bileşimi (%) .....	35
Çizelge 4.5 Mikrodalga fırında kavrulmuş susamın su içeriği .....	38
Çizelge 4.6 Mikrodalga fırında kavrulmuş susam tohumunun su içeriğine ait varyans analizi sonuçları .....	38
Çizelge 4.7. Mikrodalga fırında kavrulmuş susam tohumunun su içeriğine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları .....	38
Çizelge 4.8. Mikrodalga fırında kavrulmuş susamdan üretilen tahin yağının serbest yağ asitliği içerikleri (% oleik) .....	44
Çizelge 4.9. Mikrodalga fırında kavrulmuş susamdan üretilen tahin yağının serbest yağ asitliği içeriğine ait varyans analizi sonuçları .....	44
Çizelge 4.10. Mikrodalga fırında kavrulmuş susamdan üretilen tahin yağının serbest yağ asitliği içeriğine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları .....	44
Çizelge 4.11. Susamların mikrodalga fırında kavrulması sonucu üretilen tahinlerin L, a, b renk değerleri .....	48
Çizelge 4.12. Mikrodalga fırında kavrulan susamlardan üretilen tahinlerin L renk değerine ait varyans analizi sonuçları .....	49
Çizelge 4.13. Mikrodalga fırında kavrulan susamlardan üretilen tahinlerin a renk değerine ait varyans analizi sonuçları .....	49
Çizelge 4.14. Mikrodalga fırında kavrulan susamlardan üretilen tahinlerin b renk değerine ait varyans analizi sonuçları .....	49
Çizelge 4.15. Mikrodalga fırında kavrulan susamlardan üretilen tahinlerin L, a ve b renk değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	50

Çizelge 4.16. Mikrodalga fırında kavrulan susamlardan üretilen tahin yağı yağ asitleri bileşimi .....	52
Çizelge 4.17. Mikrodalga fırında kavrulan susamlardan üretilen tahin yağının yağ asitleri bileşimine ait varyans analizi sonuçları (1330 Watt).....	53
Çizelge 4.18. Mikrodalga fırında kavrulan susamlardan üretilen tahin yağının yağ asitleri bileşimine ait varyans analizi sonuçları (931 Watt).....	53
Çizelge 4.19. Mikrodalga fırında kavrulan susamlardan üretilen tahin yağının yağ asitleri bileşimine ait varyans analizi sonuçları (665 Watt) .....	53
Çizelge 4.20. Mikrodalga fırında kavrulan susamlardan üretilen tahin yağının yağ asitleri bileşimine ait varyans analizi sonuçları (399 Watt).....	53
Çizelge 4.21. Tahin yağının üç aylık depolama periyodunda peroksit sayılarındaki meydana gelen değişimler (milieşdeğerg/kg yağ).....	56
Çizelge 4.22. Tahin yağının üç aylık depolama periyodunda peroksit sayısına ait varyans analizi sonuçları .....	57
Çizelge 4.23. Tahin yağının üç aylık depolama periyodunda peroksit sayısı değişimine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları .....	57
Çizelge 4.24. Tahin yağının üç aylık depolama periyodunda % ayrılma oranları.....	61
Çizelge 4.25. Tahin yağının üç aylık depolama periyodunda % ayrılma oranına ait varyans analizi sonuçları.....	62
Çizelge 4.26. Tahin yağının üç aylık depolama periyodunda % ayrılma oranına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	62

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde şirik, şırlağan gibi isimlerle de bilinen susam Pedaliaceae familyasına ait bir bitki olup yaklaşık 37 türü bulunmaktadır. Ancak *Sesamum cinsine* giren türler arasında sadece *Sesamum indicum* L. türünün kültürü yapılmaktadır. Susam bugün daha çok tropik ve subtropik bölgelerde 40° kuzey ve 40° güney enlemleri arasında yetiştirilebilen, dik büyüyen, çeşit ve yetiştiği iklim şartlarına bağlı olarak boyu 80-180 cm arasında değişen, tek yıllık, önemli bir yağlı bitkidir (Salunkhe vd 1992, Akgül 1993, Baydar 1997).

İnsanlar tarafından bilinen ilk yağlı tohumlardan biri olan susamın kökeni olarak Afrika ve Asya kıtalarının sıcak bölgeleri gösterilmektedir. Günümüzde susam tarımının en fazla yapıldığı ülkeler Hindistan, Çin, Sudan ve Myanmar olup, 1999 yılı dünya susam üretim miktarı 6 425 hektar alanda 380 kg/ha ortalama verim ile 2 444 075 ton olarak gerçekleşmiştir. Ülkemiz ise 26 000 ton ile üretim miktarında 17. sırayı almaktadır (Anon 1999)

Susamın ülkemizde kültürü yapılan yağ bitkileri arasında ayçiçeğinden sonra en fazla ekim alanına sahip olduğu bilinmektedir. Özellikle son yıllarda büyük gelişme gösteren ikinci ürün tarımında, susam oldukça önemli bir yer almıştır. Gelişme süresinin kısıllığı, toprak seçiciliğinin az ve nispeten kuraklığa toleranslı oluşu, besin maddeleri ihtiyacının düşük oluşu ve birçok kültür bitkisiyle ekim nöbetine girebilme özelliği, ikinci ürün tarımında susama oldukça önemli avantajlar sağlamıştır. Bütün bu olumlu yanlarına rağmen, ülkemizde susam tarımının istenen düzeye ulaştığını söylemek oldukça güçtür. Ülkemizde susam tarımının yaygın olduğu bölgeler Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, Marmara ve Ege'dir. Özellikle Şanlıurfa, Antalya, Muğla ve Mersin üretimin en fazla yapıldığı illerdir (Baydar 1997, Anon 1998).

Susam üretiminin fazla yapıldığı Hindistan, Çin ve Sudan gibi ülkelerde bu bitkiden daha çok bitkisel yağ kaynağı olarak faydalanılmaktadır



Susam tohumları dünyada esas olarak, yağ üretiminde kullanılmakla beraber özellikle Ortadoğu ülkelerinde tahin ve helvaya da işlenmektedir. Susam tohumu %45-63 oranında yağ, %19-31 arasında protein ve %14 dolaylarında karbonhidrat içermektedir. Susam tohumunun kabuk oranı %15-20'ye ulaşabilmektedir. Susam kabukları fazla miktarda okzalik asit, kalsiyum ve selüloz içerdiğinden insan beslenmesinde kullanılmak üzere susamdan yapılan her üründe kabuğun mutlaka ayrılmış olması gerekir. Kabuklu susamlarda okzalik asit oranı %2.5-3 dolaylarında olup hemen hemen tamamı kabukta bulunmaktadır. Ayrıca okzalik asit kalsiyumu bağlayarak onu beslenme bakımından elverişsiz konuma getirmektedir. Kabukları soyulmuş susamda okzalik asit oranı %0.25'e kadar düşmektedir. Yağı alınmış susam küspesi ise %60'lara varan oranda protein içermekle beraber fitik asit oranı da %5'e kadar yükselmektedir. Fitat ise birçok mineral maddenin biyolojik elverişliliğini azaltmaktadır (Cemeroğlu ve Acar 1986).

Kurutulmuş susam tohumu ülkemizde ve dünyada değişik şekillerde pastacılıkta, çörekçilik ve ekmekçilikte kavrulmuş veya ham olarak kullanılmaktadır. Ülkemize özgü gevrek simitin en önemli ayrıcalığı susamdan kaynaklanmaktadır. Son yıllarda değişik sert şekerlemelere de çeşni vermesi için susam katılmaktadır. Bununla birlikte ülkemizde susamın en fazla kullanıldığı alan tahin üretimidir. Tahin kendisine katılan başta pekmez, bal ve şeker şurubu ile tatlandırılarak veya en yaygın şekilde tahin helvası olarak tüketilmektedir. Ayrıca tahin birçok popüler salatalarda ve mezelerde kullanılmaktadır. Tahin ve helva, ülkemizin geleneksel gıdalarından olup enerji değerleri çok yüksek gıdalardır. Susam proteini aminoasitlerinin başında metiyonin gelir. Metiyonin niceliği ile tahin proteini ete özdeş bir değer vermektedir. ABD de bu yüzden tahine sweatmeat (tatlı et) denmektedir. Tahin B vitamini türevleri bakımından da zengindir (Eygi ve Özkan 1996).

Ülkemizde sevilerek tüketilen tahin susam ezmesi olup kabukları ayrılan susamlardan yapılmaktadır. Tahin üretimin başlıca aşamaları; tohumların yabancı unsurlardan temizlenmesi, kabukların soyulması, kurutma-kavurma ve nihayet kavrulmuş susamın öğütülmesidir. Kavurma aşamasında tahin kendine özgü lezzet ve

kokusunu kazanmaktadır (Anon. 1977, Demiray 1985, Cemeroğlu ve Acar 1986, Kılıçoğlu vd 1987)

Kavurma işlemi susamın yağa ve tahine işlenmesinde kaliteyi belirleyen en önemli işlem basamağıdır. Bu nedenle kavurma metodu ve kavurma koşulları elde edilecek ürünün renk, lezzet, aroma ve genel kalitesi açısından son derece önemlidir. Susam yağının stabilitesi kavurma sıcaklığı ve süresinden önemli derecede etkilenmektedir. Ülkemizde suda bekletilerek kabuğu ayrılan susam tohumunun kavrulması genelde klasik bir metot olan gaz alevi üzerinde döner kazanlarda yapılmakta ve bu işlem ortalama 4-5 saat sürmektedir. Optimum kavurma derecesi ustanın maharetine bağlı olup işletmeden işletmeye değişebilmektedir. Ülkemizde bir bütün olarak hammaddeden tahine kadar önemli aşamaları içeren araştırma sonuçlarına rastlanılmamıştır.

Mikrodalga fırınlar, bugünkü klasik kavurma yöntemine alternatif olarak kullanılacak özelliklere sahiptir. Mikrodalgalar güçlü penetre etme gücü olan etkili bir enerji kaynağıdır. Gıdalar içerdikleri nem ve yağa bağlı olarak mikrodalgaların absorbe edilmesini sağlarlar. Mikrodalgaların sağlamış olduğu hızlı işlem süresi ve kullanımlarının uygun olması uygulama alanlarının hızla artmasına neden olmuştur (Yoshida ve Kajimoto 1994).

Gıda endüstrisinde mikrodalgalar değişik amaçlarla kullanılmaktadır. Bazı uygulamalarda amaç yalnızca ürünün yapısını bozmadan sıcaklığını artırmak olduğu halde (donmuş ürünlerin çözülmesi, hazır yemeklerin ısıtılması vb) bazan da gıdaların kurutulmaları ve mikroorganizmaların öldürülmesi gibi amaçlarla da mikrodalgalar kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde mikrodalgalar yaklaşık 30 yıldan beri kullanılmakla beraber henüz yaygın olarak bu ışıklardan yararlanılmamaktadır. Mikrodalga uygulamasının en önemli avantajı işlem süresinin kısalığı ve materyalin homojen olarak ısıtılmasıdır (Ercan vd 1989)

Bu çalışmada; yerli susam tohumunun bin tane ağırlığı, kabuk oranı, su içeriği, kül içeriği, mineral madde bileşimi, protein içeriği, yağ içeriği ve yağın gaz

kromatografisi cihazı ile yağ asitleri bileşimi, kırılma indisi, iyot sayısı, sabunlaşma sayısı, peroksit sayısı, serbest yağ asitliği miktarı belirlenerek klasik yöntem ve farklı mikrodalga uygulamaları ile kavrulan bu tohumun su ve kavrulan susamdan üretilen tahinin L, a, b renk değerleri, ve tahin yağının serbest yağ asitliği, üç aylık depolama periyodu süresince her 15 günde bir peroksit sayısı ve yağ ayrılma oranı belirlenmiştir.

## 2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

Susam Pedaliaceae familyasına ait bir bitki olup yaklaşık 37 türü bulunmaktadır. Ancak, *Sesamum* cinsine giren türler arasında sadece *Sesamum indicum* L. türünün kültürü yapılmaktadır. Kültür susamının bugün dünya üzerinde daha çok tropikal ve subtropikal kuşağa yayılmış yaklaşık 3000 varyete ve ekotipi bulunmaktadır (Baydar 1997).

Ülkemizde küncü, şirik ve şırlağan gibi isimlerle de bilinen susamın hemen her kıtada, ılıman, sıcak ve tropik iklimlerde kültürü yapılmaktadır (Akgül 1993). Susam tarımının en fazla yapıldığı ülke Hindistan'dır. Hindistan'dan sonra susam ziraatının en yaygın olduğu ülkeler Çin ve Sudan'dır (Anon. 1999). Yağlı bitkiler arasında ilk önce kültüre alınan bitki olduğu tahmin edilen susamın, günümüzdeki yağlı tohum ve bitkisel yağ üretiminde payı oldukça düşüktür. Bununla birlikte, ülkemizde kültürü yapılan yağ bitkileri arasında ayçiçeğinden sonra en fazla ekim alanına sahip olduğu bilinmektedir. Özellikle son yıllarda büyük gelişme gösteren ikinci ürün tarımında, susam oldukça önemli bir yer almıştır. Gelişme süresinin kısalığı, toprak seçiciliğinin az ve nispeten kuraklığa toleranslı oluşu, besin maddeleri ihtiyacının düşük oluşu ve birçok kültür bitkisiyle ekim nöbetine girebilme özelliği, ikinci ürün tarımında susama oldukça önemli avantajlar sağlamıştır. Bütün bu olumlu yanlarına karşın, ülkemizde susam tarımının istenen düzeye ulaştığını söylemek oldukça güçtür. Ülkemizde susam tarımının yaygın olarak yapıldığı bölgeler Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, Marmara ve Ege'dir. Özellikle Şanlıurfa, Antalya, Muğla ve Mersin üretimin en fazla yapıldığı illerdir (Anon. 1998). Dünyada önemli susam üretici ülkelerdeki ve ülkemizdeki susam üretim ve verim miktarları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Susam daha çok yağ üretiminde kullanılır. Baharat olarak da kullanılmaktadır. Susam yağı kozmetik ve ilaç endüstrisinde önemli bir yere sahiptir (Ram vd 1990).

Susam üretiminin fazla yapıldığı Hindistan, Çin, Sudan, Burma, Meksika, G Kore ve Venezüella gibi ülkelerde bu bitkiden daha çok bitkisel yağ kaynağı olarak faydalanılmaktadır (Baydar 1997).

Susam yağı özellikle Latin Amerika ülkelerinde "yağların kraliçesi" olarak tanımlanmaktadır. Susam yağı uzun süre depolamaya elverişlidir. Oksidatif ransiditeye karşı dayanıklı olduğu gibi başka yağları da koruyucu özelliğe sahiptir. Bu nedenle yağda çözünen vitamin ampulleri susam yağı ile yapılmaktadır. Susam yağı ayrıca insektisit etkisi bulunan pire otu "pyrethrum" ile birlikte kullanıldığı zaman sinerjistik etki göstermektedir (Keskin 1987).

Birçok alanda değişik amaçlarla kullanılan bu yağlı tohumun bileşimi üzerine birçok kaynağa rastlamak mümkündür. Bu araştırmalardan bazılarında ait sonuçlar Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Bazı ülkelerde üretilen susam miktarı, ekim alanı ve verimi (Anon. 1999)

Ülke	Alan (ha)	Verim (kg/ha)	Üretim miktarı (ton)
Hindistan	2000	325	650.000
Çin	676	814	550.418
Sudan	1450	152	220.000
Myanmar	705	298	210.047
Nijerya	155	387	60.000
Bangladeş	80	616	49.030
Türkiye	60	433	26.000
Dünya	6425	380	2.444.075

Çizelge 2.2. Susam tohumunun bileşimi

İçerik	Cemeroğlu ve Acar (1986)	Salunkhe vd (1992)	Özcan ve Akgül (1995)
Su	-	5.3-8.0	3.16-4.67
Protein	19.0-31.0	18.3-22.0	16.44-22.07
Yağ	45.0-63.0	43.0-51.0	52.0-61.0
Karbonhidrat	14.0	21.0-25.0	-
Kül	-	5.2-6.0	3.67-5.39

Ham susam yağı yüksek kalitelidir ve az veya hiç vintelize edilmeden salata yağı olarak kullanılabilir. Rafine edildiği zaman soluk sarı renklidir. Susam yağı genellikle yemeklik ve salata yağı olarak kullanılmakla beraber margarin ve şortening üretiminde de kullanılabilir. Ayrıca sabun yapımında ve eczacılıkta da kullanılmaktadır (Swern vd 1979). Susam yağının bazı karakteristik özelliklerinin sınırları ise Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Susamda yağ içeriği kadar önemli diğer bir faktör de yağın yağ asitleri kompozisyonudur. Susam yağı birinci sınıf kalitede bir yağ olup %48 oranında çoklu doymamış ve %38 oranında tekli doymamış yağ asiti içermektedir (Bennett vd 1997). Bu yağın yağ asitleri bileşimi üzerine ülkemizde ve daha birçok ülkede yapılmış çok sayıda araştırmaya rastlamak mümkündür (Çizelge 2.4).

Kavrulmuş susam tohumu yağının yağ asitleri bileşimi üzerine de birçok araştırma yapılmış olup bunlardan birisi Yen (1991) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada kavrulmuş susam yağının yağ asitleri kompozisyonu %9.45 palmitik, %5.64 stearik, %39.17 oleik, %44.70 linoleik ve %0.87 linolenik asit olarak belirlenmiştir.

Susam yağının trigiliserit bileşimi ise %39 mol 1 oleik + 2 linoleik, %37 mol 1 doymuş + 1 oleik + 1 linoleik, %15 mol 2 oleik + 1 linoleik, %4 mol 1 doymuş + 2 linoleik, %3 mol 2 doymuş + 1 oleik, %1 mol 2 doymuş + 1 linoleik ve %1 mol 3 linoleik şeklindedir (Swern vd 1979).

Çizelge 2.3. Susam yağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Anon. (1975)	Salunkhe vd (1992)	Nas vd (1998)
Özgül ağırlık	0.915-0.923 (20°C)	0.916-0.924 (25°C)	0.914-0.919 (25°C)
Kırılma indisi	1.465-1.469 (40°C)	1.463-1.474 (25°C)	1.470-1.474 (25°C)
S.Y.A (%oleik)	En çok 2	1.0-3.0	-
S. madde (%)	En çok 2	0.9-2.3	1.8'den az
İyot sayısı	104-120	103-130	103-116
Sabunlaşma sayısı	187-195	186-199	188-195

Çizelge 2.4. Susam yağının yağ asitleri bileşimi

Yağ asiti (%)	Hamilton ve Bhati (1987)	Yen (1991)	Kamal Eldin ve Appelqvist (1994b)	Özcan ve Akgül (1995)	Baydar (1997)
Palmitik	10.5	9.63	9.0-9.6	9.10-11.38	9.5
Palmitoleik	0.1	-	0.1-0.2	-	-
Stearik	6.3	5.13	5.6-6.5	-	4.4
Oleik	36.3	38.72	41.9-45.2	31.61-57.19	39.6
Linoleik	45.7	45.61	38.0-41.6	30.79-57.33	46.0
Linolenik	-	0.92	0.5-0.6	-	-
Araşidik	1.2	-	0.3	-	-

Susam yağının yağ asitleri ve trigliserit bileşiminden yağda taşış olup olmadığının belirlenebileceği belirtilmektedir (Han ve Adams 1984).

Susam yağı içerdiği yüksek orandaki doymamış yağ asiti bileşimine rağmen diğer bitkisel yağlara oranla oldukça stabil bir yağdır. Bu da içerdiği antioksidant özellik gösteren bileşiklerden ileri gelmektedir.

Kavrulmuş ve kavrulmamış susam tohumundan elde edilen her iki yağ da oksidasyona karşı dayanıklıdır. Susam yağının önemli antioksidant maddeleri  $\gamma$ -tokoferol ve sadece susam yağına özgü olan sesamol ve sesaminoldür (Fukuda vd 1986a, Yen ve Shyu 1989).

Sesamol susam yağının oksidasyona karşı stabilitesini sağlayan antioksidan bir maddedir (Kamal-Eldin vd 1991). Sesamol susam yağından çekildiği zaman susam yağında oksidasyon sesamol içeren susam yağına göre hızlanmaktadır (Kikugawa vd 1983). Susam yağı sesamol ve sesaminolden başka sesamolin diye bilinen bir başka antioksidan maddeyi de içermektedir (Kamal-Eldin ve Appelqvist 1994a). Kavrulmamış ham susam yağında sesamol 0.43 mg/100g, sesamolin 510 mg/100g, kavrulmamış rafine susam yağında sesamol 1.7 mg/100g, sesamolin ise belirlenmemiştir. Kavrulmuş ham susam yağında sesamol 4.3 mg/100g, sesamolin 397 mg/100g, kavrulmuş rafine

susam yağında ise sesamol 4.5 mg/100g, sesamolin ise 357 mg/100g yağ olarak belirlenmiştir (Fukuda vd 1986b)

Sesamol ve sesaminolun yağların renk açma aşamasında sesamolinden oluştuğu düşünülmektedir. Sesamol yağ üretiminin koku giderme (deodorizasyon) aşamasında önemli oranda kaybolmaktadır. Sesaminol sıcaklığa karşı oldukça dayanıklı olup susam yağının en önemli antioksidant maddesidir (Fukuda vd 1986a)

Sesamolinin sesaminole asidik dönüşüm mekanizması üzerine bazı çalışmalar yapılmıştır. Rafinasyonun renk açma aşamasında asidik renk açma toprağı kullanılmaktadır. Bu aşamada sesamolin sesaminole dönüşmektedir. Bu reaksiyon mekanizmasının asidik ortamda gerçekleştiği bildirilmektedir (Fukuda vd 1986c, Yoshida vd. 1995b)

Susam yağının önemli bir bileşeni de terapötik bir özelliğe sahip olan sesamindir. Sesamin'in prostaglandin konsantrasyonunun kontrolü, kolesterolü azaltıcı ve göğüs kanserini önleyici etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Bennett vd 1997).

Susamın en önemli diğer bileşeni ise protein olup tohumda yaklaşık %25 oranında bulunmaktadır. Yağı alınmış tohumda ise bu oran %50 civarındadır. Proteinlerin %60'ını yüksek molekül ağırlıklı  $\alpha$ -globulin, %25'ini ise daha düşük molekül ağırlıklı  $\beta$ -globulin oluşturmaktadır.  $\beta$ -globulin'in asidik aminoasitlerce özellikle de glutamik asitce zengin olduğu belirtilmektedir (Parakash 1986, Rajendran ve Prakash 1988).

Susam tohumu proteinlerinin esansiyel amino asit bileşimi (g/16 g N); 11.9-13 arginin, 2.2-2.8 histidin, 3.3-4.7 izolösin, 6.5-8.0 lösin, 2.5-5.5 lisin, 2.5-4.0 metiyonin, 1.1-2.2 sistin, 4.2-6.4 fenilalanin, 3.7 tirozin, 3.1-4.0 treonin, 1.0-2.4 triptofan ve 3.9-5.1 valin olarak bildirilmiştir (Salunkhe vd 1992).

Susam tohumunda önemli oranda bulunan karbonhidrat bileşimi ve ayrıca vitamin içeriği ile ilgili çok fazla çalışmaya rastlanamamıştır. Salunkhe vd (1992) bütün



susam tohumunun % 1.55 glukoz, %0.65 galaktoz, %0.24 fruktoz, %0.34 sakkaroz, % 0.06 planteoz ve yağı alınmış susam küspesinin %3.63 glukoz, %0.40 galaktoz, %3.43 fruktoz, %0.17 sakkaroz, %0.59 rafinoz, %0.38 stakiyoz, %0.23 planteoz, %0.14 sesamoz, %0.16 diğer şekerler olmak üzere %11.26 oranında şeker içerdiğini, susam tohumunun vitamin bileşiminin ise iz miktarda A vitamini, 10 ppm tiamin, 2.5 ppm riboflavin, 50 ppm niasin, 6 ppm pantotenik asit ve 5 ppm askorbik asit şeklinde olduğunu bildirmektedirler.

Susamın mineral madde bileşimi üzerine ülkemizde Özcan ve Akgül (1995) tarafından yapılan çalışmada tohumun %0.07-0.16 sodyum, %0.47-0.60 potasyum, %0.85-1.30 fosfor, 15.58-20.45 ppm bakır, 65.20-85.95 ppm demir, 16.61-22.66 ppm mangan ve 70.10-121.41 ppm arasında çinko içerdiği belirtilmiştir.

Bütün bu bileşim özelliklerinden bahsedilen susam tohumundan yağ üretiminin yanında daha bir çok alanda faydalanılmaktadır. Susam tohumları, şekerlemecilik ve bisküvi, fırın ürünleri (örneğin çörek ve ekmek), tahin, helva, antioksidant üretiminde kullanılmaktadır (Yoshida vd 1995b, Bennett vd 1997).

Tahin ve tahin helvası Ortadoğu'nun diğer ülkelerinde de yaygındır. Nitekim Mısır'da susamın önemli bir kısmı tahin ve tahin helvası üretiminde kullanılmaktadır. Tahin ise melas ve balla karıştırılarak tüketilmektedir. Ayrıca pişmiş nohutla karıştırılarak oldukça popüler olan ve "Homos-b-tehineh" olarak bilinen mutfak ürünü hazırlanmasında da tahin kullanılmaktadır (Damir 1984). Bu ürünün bizdeki piyaza benzediği düşünülmektedir.

Ülkemizde tahin üretimi ve bileşimi üzerinde çok az araştırma yapılmıştır. Özcan ve Akgül (1994) tahinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini ve yağ asidi kompozisyonunu belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, bu ürünün %0.39-1.47 su, %2.60-3.70 kül, %17.88-24.27 ham protein, %46.90-58.70 ham yağ, %3.25-4.70 ham selüloz ve %0.22-0.69 tuz içerdiğini belirlemişlerdir. Mineral madde bileşimi ise %0.17-0.27 Na, %0.24-0.53 K, %0.75-1.40 P, 13.55-20.45 mg/kg Cu, 52.02-80.92 mg/kg Fe, 14.34-21.90 mg/kg Mn ve 61.95-100.65 mg/kg Zn olarak belirlenmiştir.

Tahin yağının kırılma indisi 1.4707-1.4716 ( $n_D^{20}$ ), serbest yağ asitliği % 0.21-0.95 (oleik asit), peroksit sayısı 1.63-2.99 meq/kg, iyot sayısı 110.61-118.27, sabunlaşma sayısı 179.10-197.70 ve sabunlaşmayan madde miktarı ise 1.03-1.76 olarak belirlenmiştir. Yine bu çalışmada tahin yağının yağ asitleri bileşimi ise %9.55-10.32 palmitik, %37.42-45.04 oleik ve %43.25-52.34 linoleik asit olarak belirlenmiştir.

Lindler ve Kinsella (1991) tarafından yapılan çalışmada ise tahinin %59 yağ, %0.18'den az fosfolipid, %25 ham protein, %3.7 çözüner karbonhidrat, %1.8 fitik asit, %0.37 Na ve %0.29 K içerdiği belirlenmiştir.

Sawaya vd (1985a) tahinin amino asit bileşimini 4.04 treonin, 5.22 valin, 4.36 izolösin, 7.81 lösin, 3.22 tirozin, 5.10 fenilalanin, 3.51 lizin, 2.47 metiyonin, 2.23 sistin, 1.36 tiriptofan, 9.10 aspartik asit, 5.09 serin, 21.4 glutamik asit, 3.42 prolin, 5.50 glisin, 5.24 alanin, 2.75 histidin ve 14.1 g/100 g protein arginin olarak belirlemişlerdir.

Diğer bir susam ürünü olan tahin helvası; tahin, şeker ve sitrik asitin karıştırılması ile elde edilen bir üründür. Yörelere bağlı olarak helvaya kakao, ceviz, fıstık vb maddeler de katılabilmektedir. Helva ülkemizin geleneksel bir gıdası olmakla beraber genellikle Orta Asya ve Kuzey Afrika'da da tüketilmektedir. Helvanın popülaritesi Doğu Avrupa ve Rusya'nın yanı sıra az da olsa Batı Avrupa ve Amerika'da da vardır. Helva; %14 protein, %31.6 yağ, %1.67 ham selüloz, %1.68 kül ve %2.95 su içermektedir (Sawaya vd 1985b).

Tahin helvası batıda Türk balı, Türk tatlısı veya Türk helvası olarak da bilinir. Tahin helvası yağının ki, bu yağ tahinden gelmektedir bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ise; peroksit sayısı 1.20-13.94 meqg O<sub>2</sub>/kg yağ, serbest yağ asitliği %0.14-0.74 oleik asit, iyot sayısı 94-123, sabunlaşma sayısı 175-200 ve kırılma indisi 20 °C'de ortalama 1.4680 olarak belirlenmiştir (Ünsal ve Nas 1995).

Türkiye'de yılda 35 000-40 000 tona yakın tahin helvası yapılmaktadır. Tahin helvası, bileşimi, fiziksel özellikleri ve kalori değeri nedeniyle daha ziyade kış aylarında tüketilir. Uluöz vd (1975) yaptıkları bir çalışmada helvanın bileşiminde %2.5-3.0 su,

%11-12 protein, %32-35 yağ ve %40-50 şeker bulunduğunu 100 gramının ise 520-530 kilo kalori verdiğini bildirmişlerdir.

Kavurma işlemi susamın yağa ve tahine işlenmesinde kaliteyi belirleyen en önemli işlem basamağıdır. Bu nedenle kavurma metodu ve kavurma koşulları elde edilecek ürünün renk, lezzet, aroma ve genel kalitesi açısından son derece önemlidir. Susam yağının stabilitesi kavurma sıcaklığı ve süresinden önemli derecede etkilenmektedir. Ülkemizde suda bekletilerek kabuğu ayrılan susam tohumunun kavurulması genelde klasik bir metot olan gaz alevi üzerinde döner kazanlarda yapılmakta ve bu işlem ortalama 4-5 saat sürmektedir. Optimum kavurma derecesi ustanın maharetine bağlı olup işletmeden işletmeye değişebilmektedir. Ancak kavurmanın değişik şekillerde yapılabileceği konusunda pekçok araştırma yapılmıştır. Yoshida (1994) elektrikli fırınlarda değişik sıcaklıklarda kavurmanın susam yağının bileşimi ve kalite özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışma sonucunda kavurma sıcaklığı ve süresinin yağın kalitesini önemli derecede etkilediği, bu nedenle optimum kavurma sıcaklığının belirlenmesinin oldukça önemli olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada optimum kavurma sıcaklığının 180 °C olduğu belirtilmiştir.

Konvensiyonel ısıtmada gıdanın dış yüzü fırın içindeki sıcak hava ile konveksiyon yolu ile ısıtılır. Farklı ısı kaynakları tarafından yayılan kızılötesi dalgalar gıda maddesi tarafından emilir ve böylece yüzeyde ince bir tabaka ısınır. Daha sonra ısı, ısıtılmış dış yüzeyden kondüksiyon yolu ile gıdanın iç kısmına iletilir. Ancak gıdanın içinde ısı iletimi yüksek olmadığından bu yöntemle istenilen sıcaklıklara erişecek şekilde ısınma oldukça uzun süre alır (Ercan vd 1989).

Mikrodalga fırınlar, bugünkü klasik kavurma yöntemine alternatif olarak kullanılacak özelliklere sahiptir. Mikrodalgalar penetrasyon gücü yüksek olan etkili bir enerji çeşitidir. Gıdalar içerdikleri nem ve yağa bağlı olarak mikrodalgaları absorbe ederler. Mikrodalgaların sağlamış olduğu hızlı işlem süresi ve kullanımlarının kolay olması uygulama alanlarının hızla artmasına neden olmuştur (Yoshida ve Kajimoto 1994). Nitekim gıdalara mikrodalga uygulamaları ile ilişkili son yıllarda yapılan yayınlarda bir artış gözlenmiştir (Fulton ve Davis 1983, Ercan vd 1989, Rice 1989,

Anon. 1990, Schwartzberg ve Rao 1990, Tulasidas vd 1992, Kermasha vd 1993, Soyer ve Kolsarıcı 1993, Yeh vd 1994, King vd 1995, Eves 1996, Begüm ve Brewer 1997, Boyes vd 1997, Ndife vd 1998a, Ndife vd 1998b, Türker ve Elgün 1998, Bows vd 1999, Odura ve Clarke 1999)

Mikrodalgalar düşük frekanslı elektrik enerjisini saniyede yönü bir milyon kez değişen pozitif ve negatif yük merkezli manyetik alana çeviren magnetron adı verilen bir alet tarafından üretilmektedir. Mikrodalga ile gıdaların ısıtılması çok hızlı olmaktadır. Konvansiyonel ısıtma yöntemlerine göre 10-20 kat daha hızlı ısınma olmaktadır (Mudgett 1989, Pominski ve Vinnett 1989, Aytaç ve Özbaş 1992).

Mikrodalgalar 2. Dünya savaşı sırasında radar teknolojisinin geliştirilmesinde kullanılırken, daha sonra bu dalgaların gıdaların ısıtılmasında da kullanılabileceği belirlenmiştir. Hemen sonra "Radarange" diye bilinen bir mikrodalga aleti ile 35 saniyede bisküvi ve hamburger pişirilmesi başarılmıştır. İlk ticari ünite 1950 yılında kurulmuş olup mikrodalgaların evlerde kullanımı ise 1970 yıllarında başlamış ve 1980'li yıllarda kullanımı hızla artmıştır. Günümüzde ise gelişmiş ülkelerde hemen her mutfakta bulunur hale gelmiştir (Ramaswamy ve Van de Voort 1990)

Gıda endüstrisinde mikrodalgalar değişik amaçlarla kullanılmaktadır. Bazı uygulamalarda amaç yalnızca ürünün yapısını bozmadan sıcaklığını artırmak olduğu halde (donmuş ürünlerin çözülmesi, hazır yemeklerin ısıtılması vb) bazan da gıdaların kurutulmaları ve mikroorganizmaların öldürülmesi gibi amaçlarla da mikrodalgalar kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde mikrodalgalar yaklaşık 30 yıldan beri kullanılmakla beraber henüz yaygın olarak bu ışınlardan yararlanılmamaktadır.

Gıda işletmelerinde mikrodalga ile ısıtma uygulamaları kondüksiyonla ısıtmaya karşı gıdanın dış yüzeyinde aşırı sıcaklık yükselmelerine neden olmadan hızlı ve homojen bir ısıtma sağlamasıyla önemli avantajlara sahiptir. Mikrodalga ile ısıtmada homojen ısınma sağlamak için gıdanın viskozitesi ne olursa olsun karıştırmak gerekmez. Bu da orijinal yapı ve görünüşü bozmadan ısınma sağlanmasıdır. Isıtma hızı da dikkate alındığında mikrodalga fırınların kabul edilebilirliği artmaktadır. Bu da

evlerde mikrodalga kullanımındaki hızlı artışın niçin olduğunu göstermektedir. Mikrodalga prosesleri gıda sanayinde yaygın olmamakla beraber gıdalarda haşlama, pişirme, kurutma pastörizasyon, sterilizasyon ve çözme gibi işlemlerde kullanımı geliştirilmektedir. Gıda işlemede mikrodalga proseslerini geliştirmek için gelecekte yeni yatırımlar olabilecektir. Mikrodalga ile gıdaların ısıtılması işlem frekansı ve sıcaklığı, gıdanın fiziksel durumu ve kimyasal bileşimi gibi faktörlere göre değişebilmektedir. Buna bağlı olarak mikrodalga prosesleri gıda ile proses ekipmanlarının etkileşimi karşılıklı düşünülerek yüksek verimli sistemler geliştirilmek zorundadır. Bu etkileşimler magnetron tüpünün karakteristiği ve mikrodalga boşluğunda dalgaların etkinliği ile bağlantılıdır. Gıdanın elektrik ve ısı özellikleri gıda yüzeyinde ve gıda tarafından mikrodalga enerjinin emiliminde önemlidir. Gıda içinde zaman sıcaklık profili a) mikrodalga alanında elektriksel enerjinin emilimi ile iç ısı üretimi b) konduksiyon, konveksiyon ve buharlaşma ile ısı transferinden etkilenir. Bu nedenle etkili bir mikrodalga sisteminin dizaynı için gıdanın elektriksel özelliklerinin dikkate alınmasının önemli olduğu belirtilmiştir. (Mudgett 1982, 1988, 1989, Rao ve Rizvi 1986, Komolprasert ve Ofoli 1989, Nott vd 1999)

Gıdaların dielektrik özellikleri, gıda ile mikrodalgaların etkileşiminde en önemli faktördür. Elektromagnetik radyasyonun depolanması, dielektrik sabitinin ölçülmesi ile belirlenirken, kayıp faktörü, elektrik enerjisinin ısı şeklinde dağıtılma oranının belirlenmesinde kullanılır (Saldamlı ve Saldamlı 1990)

Mikrodalgalar, ışık gibi düzgün hatlar halinde yayılırlar. Bazı cam, kağıt ve plastik türleri dışında birçok maddeden ve hava içinden geçebilir, metallere yansır, su dahil birçok gıda tarafında soğurulur. Mikrodalgalar soğuruldukları yüzeyde ısıya dönüşürler. Maddenin ısınması, elektromanyetik enerji kaybı anlamındadır. Bunu belirtmek amacıyla "kayıp faktörü" ya da "kayıp tanjant" terimi kullanılır. Soğurma niteliği yüksek olan maddelere "yüksek soğurucu" denir. Böyle maddeler mikrodalga ile çabuk ısınırlar. Gıdalar yapılarındaki öğelerin miktar ve fiziksel dağılımı yönünden farklı olması nedeniyle farklı ısınma gösterirler (Saldamlı ve Saldamlı 1990)

Elektriksel bakımdan nötr olan bir gıda mikrodalga enerjisine maruz bırakıldığında bileşimindeki moleküller hareket eder. Bu moleküller kendi eksenini etrafında dönerek titreşirler. Bu titreşim sonucu moleküller arasındaki sürtünme ile ısı açığa çıkar. Mikrodalga fırınlarda ısınma bu yolla sağlanmaktadır (Goedeken vd 1991, Erkmen 2000).

Endüstriyel mikrodalga fırınlar evlerde kullanılanlardan çok farklı olup, bu sistemlerde ısınmanın homojenliği ve son ürünün kalitesi çok daha iyi kontrol edilebilmektedir. Mikrodalgaların gıdalarda ön ısıtma, ısıtma, koyulaştırma, kurutma, dondurulmuş halde kurutma, fırınlama, haşlama, pastörizasyon, sterilizasyon ve sıvı dezenfektanların uçurulması amacıyla kullanımı konularında araştırmalar yapılmıştır (Steele 1987, Anon 1989b, Saldamlı ve Saldamlı 1990, Andrews 1991, Pala ve Karakuş 1991, Richardson 1991, Soyer ve Kolsarıcı 1993, Erkmen 2000).

Mikrodalga enerjisi gıda sanayiinde ilk kez dondurulmuş gıdaların çözündürülmesinde kullanılmıştır. Genel olarak gıdaların pişirilmesinde mikrodalga kullanılmasının besin değerinin korunması bakımından diğer bilinen yöntemlere göre önemli farklılıklar meydana getirmediği bildirilmektedir (Tömek ve Serdaroğlu 1988). Çünkü gıdaya ısı yüklemesi bazı besin bileşenlerinin kullanılabilirliğini artırır, enzimleri inaktif hale getirir, besin zararlanmasını hızlandırır ve istenmeyen mikroorganizmaları ve gıda kontaminantlarını yok eder ve aynı zamanda gıdanın renk, tekstür ve aroma gibi özelliklerini değiştirir (Lawal 1986).

Mikrodalgaların vitaminler üzerine etkisi üzerine bazı araştırmalar yapılmıştır. Uherova vd (1993) konvensiyonel ısıtmaya göre mikrodalga ile ısıtmanın gıdalarda daha az besin kaybına neden olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar mikrodalga ile ısıtmanın ısıya çok duyarlı olan B vitaminleri üzerine etkisini belirlemişlerdir. Materyal olarak domuz ve tavuk etini kullanmışlar ve mikrodalga ile ısıtmanın konvensiyonel ısıtmaya göre B vitaminlerine daha az zarar verdiğini saptamışlardır.

Barbeau ve Schnepf (1989) taze, bütün piliç but ve göğüslerini mikrodalga ile kızartma ve elektrikli fırında kızartmanın tiamin üzerindeki etkisini karşılaştırmışlardır.

Elektrikli fırında pişirme sonunda tiamin %33 zarar görürken mikrodalga fırında pişirmede bu oran %2 civarında kalmıştır. Ayrıca bu iki ayrı işlemin ürünün duyuşal özellikleri üzerinde önemli farklılıklar oluşturmadığı ortaya konulmuştur.

Hill (1994) pişirilip soğutulmuş gıdaların mikrodalgada ısıtılmasının vitaminler üzerine etkisi konusunda yayınladığı derlemede gıdaların soğutulma süresinin askorbik asit üzerine direk etkisi olduğunu bildirmektedir. Bu nedenle pişirilmiş yemeklerin hızlı soğutulması tavsiye edilmektedir. Soğutulan bu gıdaların hızlı bir şekilde ısıtılmasının vitamin kayıplarını azaltacağı belirtilmektedir. Bu nedenle ısıtmanın hızlandırılmasını sağlayacak metotlarının seçilmesinin avantajlı olabileceği belirtilmektedir. Bu amaçla mikrodalga fırınlardan yararlanmanın mümkün olduğu bildirilmektedir.

Yoshida ve Takagi (1996) farklı nem içeriğindeki soya fasulyelerinin tokoferol içeriği üzerine mikrodalga fırında kavurmanın etkisini araştırmışlardır. Mikrodalga ile kavurmadan önce suya daldırma ile soya fasulyesinin nem içeriğinin artırılması tokoferol kaybını, yağın oksidatif bozulmasını ve ayrıca esmerleşme reaksiyonu ürünlerinin oluşumunu yavaşlatmıştır. Ayrıca nemlendirilmemiş olanlara kıyasla nem içeriği yükseltilmiş soyanın mikrodalga ile kavrulması ile yağ bileşiminde önemli bir kimyasal değişiklik olmamıştır. Buradan E vitaminini korumak, yanık kokusu ve esmerleşmeyi önlemek için kavurmadan önce soya fasulyesinin nemlendirilmesinin oldukça önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Homojen ağırlıktaki soya fasulyeleri değişik nem içerikli ürünler elde etmek için ısılatılmıştır. Bu fasulyeler mikrodalga fırında kavrulmuş, lipidler ekstrakte edilmiş ve daha sonra fraksiyonel hale getirilerek kromatografi teknikleri ile ayrılmıştır. Nem içeriği en yüksek olan örneklerden daha yüksek oranda lipid ekstrakte edilmiştir. Mikrodalga ile ısıtmanın triaçilgliserol hidrolizlerine etkisi rastgele olmuş ve toplam miktarları değişmemiştir. Monoaçilgliseroller ise nemlendirme ve kavurmadan sonra artmamıştır. En düşük nem içeren örneklerde en yüksek iç sıcaklığa ulaşıldığı tespit edilmiş ve esmerleşme reaksiyonu ürünlerinde artış olmuştur (Yoshida vd 1995a).

Mikrobiyoloji alanında da mikrodalgaların mikroorganizmalar üzerine olan etkisi üzerine yapılan bir çalışmada viskoz ürünlere UHT uygulamaları amacıyla mikrodalga uygulaması geleneksel yöntemlere göre daha homojen bir ısıtma sağladığı için aşırı pişme problemini önleyebileceği bildirilmektedir. Ancak bu tip ürünlere UHT uygulaması için mikrodalgaların kullanımı daha araştırma aşamasındadır. İşlemin etkinliği tiamin miktarının ölçülmesi ve Clostridium botulinum sporlarının yok olma derecesine göre belirlenmektedir. Mikrodalga ile ısıtma sporları öldürmede aynı etkiyi gösterirken tiamin üzerindeki termal zararları azaltmaktadır. Ancak şurası unutulmamalıdır ki bu etki işlenen gıdanın dielektrik özelliğine ve mikrodalga enerjisinin frekansına bağlıdır (Thom ve Yeow 1994)

Pluyer vd (1987) mikrodalga fırın ile elektrikli fırının aflatoksin üzerine etkisini karşılaştırmışlardır. Sonuçlar 150 °C de 30 dakika elektrikli fırında kavurma ile 0.7 kW'lık güçte 8.5 dakika mikrodalgada kavurmanın aflatoksinler üzerine aynı etkiyi yaptığını göstermiştir

Mikrodalganın enzimler üzerine olan etkisi ile ilgili çalışmalara da rastlamak mümkündür. Portakal suyunun pastörizasyonunda konvensiyonel sistemlere alternatif olarak mikrodalga enerjisinin kullanımı araştırılmıştır. Mikrodalga ile ısıtmanın en önemli avantajı gıda yüzeyinde aşırı sıcaklık artışını önlemesidir. Mikrodalga ile ısıtmayla konvensiyonel ısıtmada sağlanan enzim inaktivasyonu (pektin metil esteraz) çok daha kısa sürede sağlanabilmektedir (Tajchakavit ve Ramaswamy 1997).

Mikrodalga ile haşlamanın askorbik asitin bozunması ve peroksidaz enziminin etkinliğinin yok edilmesi üzerindeki etkisi havuç, kabak, lahana, taze fasulye ve bezelyede incelenmiştir. Askorbik asitin bozunması ve enzimin etkinliğinin yok edilmesi birinci derece bir reaksiyon olarak ifade edilmiştir. Mikrodalganın sebzelerde enzim inaktivasyonunda oldukça etkili olduğu belirtilmiştir (Sriwatanapongse vd 1991)

Son yıllarda gıda endüstrisinde kurutma işleminde mikrodalga kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Garci vd (1988) muz kurutmada 1600 Watt güç ve 2450 MHz frekansta çalışan mikrodalga ve hava fırını kullanmışlardır. Kullanılan hava fırını



laboratuvar tipi olup hava hızı 1 m/s ve fırın iç sıcaklığı 60 °C'dir. Kurutma testleri sonucunda mikrodalga fırın ile 17-20 kez daha az zamanda kurutma sağlanabildiği belirtilmiştir. Kurutma enerji etkinliğinin mikrodalga fırın için %30 olduğu tespit edilmiştir.

Mikrodalga enerjisinin gıdaya vakum altında uygulanması enerji etkinliğini artırabilmekte ve ürün kalitesi daha da geliştirebilmektedir. Üzüm gibi birçok ürünün bu şekilde başarıyla kurutulduğu bildirilmektedir. Kraenberi olarak bilinen kızılcağa benzer bir meyvenin vakumlu mikrodalgada kurutulmasının kalite üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Kurutma işlemi sıcak hava ile kurutma ve vakumlu mikrodalga fırında gerçekleştirilmiştir. Vakumlu mikrodalga sistemi kullanılarak kurutulan örneklerin daha kırmızı ve daha yumuşak bir yapıya sahip oldukları belirlenmiştir (Yongsawatdigul ve Gunasekaran 1996).

Bu çalışmalar mikrodalga uygulamalarının zaman ve enerji tasarrufu sağladığını, kullanımın kolay olduğunu, ısıya duyarlı gıda bileşenlerinin yüksek sıcaklığa daha kısa süre maruz kaldığı için daha az zarar gördüğünü ve bu yöntemle besin değeri daha yüksek gıdaların üretilebileceğini göstermektedir. Bu çalışmada zeytin yağındaki  $\alpha$ -tokoferolün mikrodalga ile ısıtma sırasındaki stabilitesi belirlenmiş ve 8 dakikalık mikrodalga uygulamasında  $\alpha$ -tokoferolün %51 stabil kalırken kızartma tavasında aynı sürede bu oranın sadece %38 olduğu belirtilmektedir (Ruiz-Lopez vd 1995).

Yoshida ve Takagi (1997b) mikrodalga uygulamanın soya fasulyesinin yağ asitleri dağılımı ve bileşimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Soya fasulyeleri 2450 MHz'de 6, 12 ve 20 dakika sürelerle kavurulmuştur. Mikrodalga ile kavurma sırasında en fazla fosfolipid kaybı fosfotidiletanolamin üzerinde meydana gelmiştir. Bunu fosfotidilkolin ve fosfotidilinositol izlemiştir. Bununla beraber fosfolipidler üzerindeki yağ asitleri dağılımında ana karakteristikler mikrodalga ile kavurma sırasında aynı kalmıştır. Doymamış yağ asitleri, özellikle linoleik asit baskın olarak 2 pozisyonunda yoğunlaşmış ve doymuş yağ asitleri özellikle palmitik asit 12 veya 20 dakika kavurmadan sonra 1 pozisyonuna yerleşmeye başlamıştır. Sonuçlar 2 pozisyonunda yer

alan doymamış yağ asitlerinin mikrodalga ile kavurma sırasında önemli derecede korunduğunu göstermiştir.

Değişik su içeriğindeki soya fasulyeleri değişik sürelerde mikrodalga ile kavurulmuştur. Soya fasulyelerinin iç kısım sıcaklıkları işlem bitiminde hemen ölçülmüştür. Toplam lipid, fosfolipidler ve fosfolipidlerin yağ asiti dağılımları belirlenmiştir. Fosfotidilkolin kavurulmuş ve kavurulmamış örneklerden ekstrakte edilen lipidlerin içindeki ana lipid olmuştur. Fosfotidiletanolamin mikrodalga ile kavurma sonrasında düşük su içerikli örneklerde daha çok azalmıştır. Su içeriğinin artması soya fasulyesinin iç sıcaklığındaki yükselmeyi, buna bağlı olarak fosfolipidler ve fosfolipidlerdeki çoklu doymamış yağ asitlerindeki azalmayı önlemiştir. Bu sonuçlardan anlaşıldığı gibi mikrodalga ile kavurmada su önemli bir faktör olarak ortaya çıkmıştır (Yoshida vd 1997)

Yüksek sıcaklık ve süre yağ oksidasyonunu hızlandırır, Maillard reaksiyonlarını artırır ve protein lipid etkileşimi ile önemli oranda protein azalmasına neden olur (Mudgett 1988, Basha ve Young 1985). Farklı sıcaklıklarda kavru lan susam tohumlarından elde edilen susam yağlarının oksidasyon stabiliteleri araştırılan çalışmalar (Yen ve Shyu 1989, Yen 1990) dışında işlemin mikrodalga ile ısıtmanın susam yağının kalitesi ve antioksidan maddeleri üzerine etkisi konusunda da araştırmalar bulunmaktadır (Yoshida ve Kajimoto 1994, Shahidi vd 1997, Shimoda vd 1997, Yoshida ve Takagi 1997a).

Susam tohumunun yağ asitleri bileşimi üzerine mikrodalga fırında kavurmanın etkisi araştırılmıştır. Kavurma işlemi 2450 MHz'de 15 dakika sürede gerçekleştirilmiştir. Ham susam tohumu yağının yağ asitleri bileşimi; palmitik asit %8.6, stearik %5.1, oleik asit %38.6 ve linoleik asit %44.8 iken kavurulmuş susam tohumu yağında palmitik asit %9.1, stearik asit %5.4, oleik asit %40.6 ve linoleik asit %43.3 olarak belirlenmiştir (Abou-Gharbia vd 1997).

*Sesamum indicum* L.'nin farklı çeşitleri (kabuk renkleri: siyah, kahverengi ve beyaz) 16 ve 30 dakika sürelerle 2450 MHz frekansa sahip mikrodalga fırında

kavrulmuştur. 16 dakikalık kavurma süresinde açıl lipidler, yağ asitleri kompozisyonu ve antioksidant içeriğinde önemli değişiklikler olmamıştır. Ancak 30 dakikalık kavurma süresi sonunda yanık kokusu ve acı tat oluşmuş, kalite ve yağ asitleri bileşiminde önemli ( $P < 0.05$ ) değişiklikler belirlenmiştir. Mikroalgaların gıdada uygulanma süresi gıdanın bileşimindeki değişimi etkileyen önemli bir parametredir. Bu nedenle uygun sürenin belirlenmesi çok önemlidir (Yoshida ve Kajimoto 1994).

Bu çalışmada; yerli susam tohumunun bin tane ağırlığı, kabuk oranı, su içeriği, kül içeriği, mineral madde bileşimi, protein içeriği, yağ içeriği ve yağın gaz kromatografisi cihazı ile yağ asitleri bileşimi, kırılma indisi, iyot sayısı, sabunlaşma sayısı, peroksit sayısı, serbest yağ asitliği miktarı belirlenerek klasik yöntem ve farklı mikroalga uygulamaları ile kavruyan bu tohumun su ve kavruyan susamdan üretilen tahinin L, a, b renk değerleri, ve tahin yağının serbest yağ asitliği, üç aylık depolama periyodu süresince her 15 günde bir peroksit sayısı ve yağ ayrılma oranı belirlenmiştir.

### **3. MATERYAL VE METOT**

#### **3.1. Materyal**

Denemede Antalya ilinden temin edilen aynı parti, yerli 1998 yılı üretimi 50 kg susam tohumu kullanılmıştır.

#### **3.2. Metot**

##### **3.2.1. Tahin üretimi**

Tahin üretiminde ana hatları ile kabuk ayırma, kurutma, kavurma ve öğütme işlemleri uygulanmıştır.

##### **3.2.1.1. Kabuk ayırma**

Susam tohumundan kabuğun ayrılması tohumun suda bekletilerek kabuğun su alarak şişmesi ve gevşemesinden faydalanılarak yapılır. Bu işlem aşağıdaki şekilde yapılmıştır. Susam tohumları susam/su oranı 1/5 (ağırlık/ağırlık) olan oda sıcaklığındaki su içinde 16 saat süreyle bekletildikten sonra EVA yayık makinesinde 2 saat süreyle çalkalanmıştır. İşlem sonunda kabukların tamamı soyulmuştur. Kabuk iç ayrımı ise yoğunluk farkından yararlanılarak yapılmıştır. Bunun için iç kabuk karışımı % 5 tuz konsantrasyonuna sahip salamura içine aktarılmıştır. Yoğunluk farkından kabuk salamuranın dibine çökerken, iç salamura yüzeyinde toplanmıştır. Salamura yüzeyinden alınan iç, tuzundan arındırmak için çeşme suyu altında yıkanmıştır.

##### **3.2.1.2. Kurutma**

Kabuğu ayrılan susam, laboratuvar tezgahı üzerine 2cm kalınlığında serilmiş ve 16 saat süreyle kurumaya terkedilmiştir. Daha sonra 3 dakika süreyle mikrodalga fırında kurutularak su oranı %5'e düşürülmüştür.

### 3.2.1.3. Kavurma

Kurutulan susam ileri Beko marka dış boyutları: 492×359×298mm (Geniřlik- Derinlik-Yükseklik) ve i hacmi 18 litre olan mikrodalga fırında izelge 3.1'de belirtilen şartlarda kavurma işlemine tabi tutulmuştur.

Klasik yöntemle kavurma işlemi, gaz alevi üzerinde alüminyum tavada 1 5 saatte gerçekleştirilmiştir.

**Mikrodalga Fırının alışma Şartları:** alışma Voltajı: 230V, 50Hz, Güç: 1330, 931, 665 ve 399 W, Mikrodalga Frekansı: 2450 MHz, Dalga Boyu: 10<sup>7</sup>A°, 0 1cm, Enerji: 28 5 kalori/mol.

### 3.2.1.4. Öğütme

Kavrulan susamlar soğutulduktan sonra 250'şer gramlık partiler halinde blender'da (WARING) 12 dakika süreyle öğütme işlemine tabi tutularak tahine işlenmiştir. Üretilen tahinler 660 ml'lik cam kavanozlara doldurularak analiz edilmek üzere oda sıcaklığında depolanmıştır.

## 3.2.2. Analiz metotları

### 3.2.2.1. Bin tane ağırlığının belirlenmesi

Bu analiz denemede kullanılan ham susam tohumunda yapılmıştır.

Bin tane ağırlığı, yabancı maddesi ayrılmış susam tohumlarından bin tanesinin tesadüfi olarak sayılıp tartılması ile belirlenmiştir (Elgün vd 1999).

Çizelge 3.1. Susam tohumu kavrulmasında uygulanan mikrodalga koşulları

Yığın Yüksekliği	Mikrodalga Gücü (Watt)*	Uygulama Süresi (dakika)
1cm	1330	3
		4
		5
	931	4
		6
		8
	665	10
		12
		14
	399	30
		40
		50
2cm	1330	3
		4
		5
	931	4
		6
		8
	665	10
		12
		14
	399	30
		40
		50

\*1330Watt (High %100), 931 Watt (Med High %70), 665 Watt (Medium %50),  
399 Watt (Defrost %30).

### 3.2.2.2. Kabuk oranının belirlenmesi

Kabuk oranı, kabuklu ve kabuksuz susam tohumlarından 100'er tanesinin etüvde  $103\pm 2$  °C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulup ağırlıklarının birbirine oranı ile saptanmıştır (Tashiro vd 1990).

### 3.2.2.3. Toplam kurumadde tayini

Toplam kurumadde miktarı ham ve kavru lan susam tohumlarında yapılmıştır.

Darası alınmış kurutma kaplarına 0.1 mg yaklaşımla yaklaşık 5 g örnek tartmış ve örnekler  $103\pm 2$  °C'de ki etüvde sabit ağırlığa ulaşınca ya kadar kurutularak toplam kurumadde miktarı belirlenmiştir (Anon 1983). Kavru lan susam tohumlarının kurumadde miktarını belirlemek için ise kavru lan tohumlar önce desikatörde soğutulmuş, ve daha sonra tartılarak etüvde sabit ağırlığa ulaşınca ya kadar kurutulmuştur.

### 3.2.2.4. Toplam protein miktarının belirlenmesi

Bu analiz ham susam tohumunda yapılmıştır

Toplam protein miktarının tayini için yakma tüplerine 0.1 mg yaklaşımla 0.5 g susam tartılıp üzerine 10 ml salisik sülfirik asit çözeltisi (A), 3 ml  $H_2O_2$  ve 1 adet katalizör tablet (bileşiminde 3.5 g  $K_2SO_4$  ve 0.0035 g selenyum vardır) ilave edilmiştir. Tüpler yakma ünitesine yerleştirilip sıcaklık kademe kademe artırılarak önce 150 °C'de 15 dakika, 250 °C'de 15 dakika ve son olarak 360 °C'de örnekler saydam ve renksiz oluncaya kadar yakılmıştır. Daha sonra örneklerin üzerine 50 ml bidestile su eklenmiş ve destilasyon ünitesine yerleştirilmiştir. Destilasyon ünitesine 40 ml %40'lık NaOH ilave edilip 20 ml borik asit indikatör çözeltisine (B) destilatın toplanması sağlanmıştır. Daha sonra destilat 0.1 N  $H_2SO_4$  çözeltisiyle titre edilmiştir. Aynı işlemler şahit deneme içinde uygulanmış, kullanılan kimyasal maddelerden kaynaklanan azot miktarına ait titrasyon değeri hesaplanarak örnek titrasyon değerinden çıkarılmıştır (Kacar 1972).

Toplam azot miktarı 6.25 faktörü ile çarpılarak ham protein bulunmuştur (Altuğ vd 1994).

A (Salisilik sülfürik asit çözeltisi): 1 litre %98 sülfürik asit içinde 15 g saf salisilik asit çözündürülerek hazırlanmıştır.

B (Borik asit indikatör çözeltisi): 1 litrelik ölçülü balonda %2'lik borik asit içinde %1'lik brom krezol yeşilinden 20 ml ve %1'lik metil kırmızıdan 14 ml ilave edilerek hazırlanmıştır.

### 3.2.2.5. Kül içeriğinin belirlenmesi

Kül içeriği tahine işlenecek ham susam tohumu örneğinde yapılmıştır.

Kül içeriği, darası alınmış krozelere 0.1 mg yaklaşımla tartılan yaklaşık 5 g susamın  $525 \pm 25$  °C'de tamamen yakılması ile saptanmıştır (Anon. 1983).

### 3.2.2.6. Mineral madde içeriğinin belirlenmesi

Mineral madde bileşimi kabuklu ve soyulmuş ham susam tohumunda yapılmıştır

Mineral madde miktarının belirlenmesi için 0.1 mg yaklaşımla tartılan 5 gram susam örneği 250 ml lik erlen içine konulup nitrik:perklorik asit çözeltisi (4:1) ile berraklaşmaya kadar sıcak tabla üzerinde 300 °C'de yakılmıştır. Üzerine sıcak saf su ilave edilerek örnekler 100 ml'lik ölçülü balona aktarılıp işaret çizgisine kadar su ile tamamlanmıştır (Kacar 1972). Bu şekilde elde edilen ekstraktlar külsüz süzgeç kağıdından (Whatman 42) süzülükten sonra atomik absorpsiyon spektrofotometresinde (Varian Spektra A-550) absorbansının okunması ile K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, ve Cu miktarları saptanmıştır (Anon. 1989a) P ise elde edilen ekstraktın Barton çözeltisi (%5'lik amonyummolibdat ve %0.25'lik amonyummetavanadat çözeltisi (1:1)) ile renklendirilerek spektrofotometrede (Shimadzu UV 160) 430 nm dalga boyunda



absorbansının ölçülmesi ve ölçülen absorbansın standart  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  çözeltisinin absorbansına oranlanması ile hesaplanmıştır.

### 3.2.2.7. Yağ tayini

Bu analiz ham susam tohumunda yapılmıştır.

Blender da öğütülmüş susam örneğinden yaklaşık 5 g 0.1 g yaklaşımla Soxhlet ekstraksiyon kartuşlarına tartılmıştır Soxhlet ekstraksiyon düzeneğinde petrol eteri ile örneklerin yağı 8 defa sifon yaptırılarak ekstrakte edilmiş ve balondaki petrol eteri yağ karışımı vakum altında döner buharlaştırıcıda petrol eterinden ayrılmıştır. Daha sonra petrol eteri uzaklaştırılmış yağ, etüvde  $103 \pm 2$  °C'de 2 saat süreyle kurutularak ham yağ kuru madde üzerinden % olarak hesaplanmıştır (Nas vd 1998).

### 3.2.2.8. Kırılma indisinin belirlenmesi

Kırılma indisi ham susam tohumu yağında belirlenmiştir.

Susam yağının kırılma indisi termostatlı refraktometrede (Abbe) yapılmıştır. 20 °C saf su ile ayarı yapılan refraktometreye daha sonra bir damla susam yağı konularak kırılma indisi virgülden sonra dördüncü haneye kadar okunmuştur (Nas vd 1998).

### 3.2.2.9. İyot sayısı tayini

İyot sayısı susam tohumu yağında yapılmıştır.

0.2-0.3 g susam yağı 0.1 mg yaklaşımla 250 ml'lik ağzı traşlı ve kapaklı erlene tartılmış ve yağın çözünmesi için 15 ml karbontetraklorür eklenerek 1 dakika çalkalanmıştır. Üzerine 25 ml Wijs çözeltisi ilave edilip erlenin kapağı kapatılarak yavaşça çalkalandıktan sonra 1 saat süreyle karanlık bir yerde bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda 20 ml potasyum iyodür çözeltisi (%10'luk ağırlık/hacim) ve 150 ml saf su eklenmiştir. 1 ml %1'lik nişasta çözeltisi ilave edildikten sonra 0.1 N sodyum tiosülfat

çözeltisi ile renksiz hale gelinceye kadar titre edilmiştir. Aynı işlemler şahit deneme için de yapılarak iyot sayısı hesaplanmıştır (Nas vd 1998).

### 3.2.2.10. Sabunlaşma sayısının belirlenmesi

Sabunlaşma sayısı analizi ham susam tohumu yağında yapılmıştır.

2 g susam yağı 0.1 mg yaklaşımla 200 ml lik ağız traşlı ve kapaklı balona tartılmış ve üzerine 25 ml 0.5 N KOH çözeltisi eklenmiştir. Sıcak tabla üzerinde geri soğutucuya bağlanan balon zaman zaman karıştırılarak 60 dakika süreyle kaynatılmıştır. Bu süre sonunda geri soğutucunun üstünden piset yardımı ile geri soğutucunun içi balona doğru yıkanarak balon geri soğutucudan çıkarılmış ve üzerine 4-5 damla %1'lik fenolftalein çözeltisi (%96'luk etanolde hazırlanmış) ilave edilip 0.5 N HCl çözeltisi ile renksiz nokta yakalanıncaya kadar titre edilmiştir. Aynı işlemler şahit deney için de yapılarak sabunlaşma sayısı hesaplanmıştır (Nas vd 1998)

### 3.2.2.11. Yağ asitlerinin belirlenmesi

Yağ asitleri ham susam tohumu ve tahin yağında yapılmıştır

0.005-0.01 g susam yağı 8 ml hacimli sızdırmaz kapaklı tüpe konulmuştur. Örnek üzerine metil alkol, benzen, 2,2-dimetoksiopropan ve sülfürik asitten oluşan 3 ml reaksiyon karışımı ve 2 ml heptan eklenmiştir. Daha sonra örnek 80 °C'ye ayarlanmış su banyosunda 2 saat reaksiyona terkedilmiş ve oda sıcaklığında iki faz oluşuncaya kadar bekletilmiştir. Yağ asitleri metil esterlerini içeren üst fazdan Gaz kromatografi cihazına (Fisons Inst HRGC Mega 2) 3 µl enjekte edilerek analiz edilmiştir (Garces ve Mancha 1993).

Gaz kromatografisinin çalışma koşulları

Kolon: Kapiler (25m\*0.25mm ID)

Kolon sıcaklığı: 150 °C'den 200 °C'ye 5°C/dak. hızla yükseltilmektedir.

Dedektör: FID (H<sub>2</sub> ve Kuru hava)

H<sub>2</sub>: 30 ml/dak.

Kuru hava: 300 ml/dak

Dedektör sıcaklığı: 260 °C

Taşıyıcı gaz: Helyum, taşıyıcı gaz akış hızı: 1 ml/dak  $\cong$  150 kPa

Enjeksiyon bloğu sıcaklığı: 250 °C

### 3.2.2.12. Serbest yağ asitliği

Serbest yağ asitliği tayini, tahinden ekstrakte edilen yağda gerçekleştirilmiştir.

5 g susam yağı 0.1 mg duyarlıkta 250 ml'lik ağız traşlı ve kapaklı erlene tartıldıktan sonra 50 ml etil alkol-dietileter (1:1) çözücü karışımı ilave edilerek yağ çözülmüştür. Yağın serbest yağ asitliği 0.1 N etanollü KOH çözeltisi ile %1'lik fenolftalein indikatörünün kalıcı pembe rengi elde edilinceye kadar (15 sn) titre edilmesi ile saptanmıştır (Nas vd 1998)

### 3.2.2.13. Peroksit sayısı tayini

Peroksit sayısı analizi, tahin yağında yapılmıştır

1.2-1.6 g susam yağı 0.1 mg duyarlıkta 250 ml'lik ağız traşlı ve kapaklı erlene tartılmış, üzerine 10 ml kloroform ve 15 ml asetik asit (buzlu) eklenerek hızla çalkalanmıştır. Yağ çözüldükten sonra 1 ml doymuş potasyum iyodür çözeltisi ilave edilerek erlenin ağız kapatılıp 1 dakika süreyle tekrar çalkalanmıştır. Örnek 5 dakika karanlık bir ortamda ağız kapalı olarak bekletildikten sonra 75 ml saf su ve 1 ml % 1'lik nişasta çözeltisi ilave edilerek iyodun serbest hale geçmesi sağlanmıştır. Serbest hale geçen iyot 0.002 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edilmiş ve bulunan peroksit sayısı kilogramda milieşdeğer gram olarak hesaplanmıştır (Nas vd 1998)

### 3.2.2.14. Renk tayini

Renk ölçümü Minolta CR 200 cihazı ile L, a, b değerlerinin belirlenmesi ile yapılmıştır. Tahinlerde renk ölçümü petri kutusu kapaklarına konan örneklerin üç farklı noktadan alınan değerlerin ortalaması hesaplanarak yapılmıştır. Ölçümlerden önce cihaz beyaz yüzeye göre kalibre edilmiş, bütün ölçümler beyaz bir zemin üzerinde gerçekleştirilmiştir (Certel 1990).

### 3.2.2.15. Ayrılan yağ miktarı

Ayrılan yağ miktarı üretilen tahinlerde yapılmıştır.

Ayrılan yağ miktarı cam tüp (100X10mm) içerisine homojen tahin örneklerinden 7.5 ml konularak oda sıcaklığında depolama periyodu boyunca her 15 günde bir milimetrik olarak ölçülmesi ile belirlenmiştir (Damir 1984) Ayrılan yağ miktarı hacimce % olarak verilmiştir.

### 3.2.3. İstatistiksel metot

Araştırma planında dört farklı mikrodalga güç seviyesinde iki yığın yüksekliği, ve her güç seviyesinde farklı olmak koşuluyla ön deneme ile belirlenen üç kavurma süresi uygulanmıştır.

Araştırma bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre planlanmış, araştırmadan elde edilen sonuçlar varyans analizine ve önemli bulunan varyasyon kaynakları ortalamaları Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine tabi tutulmuştur (Düzgüneş vd 1987)

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMALAR

### 4.1. Susam Tohumunun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Araştırmada materyal olarak kullanılan susam tohumunun bazı özellikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Susam tohumunun bin tane ağırlığı ortalama 3 68 g, kabuk oranı ise ortalama % 14.94 olarak belirlenmiştir. Özcan ve Akgül (1995) susamın bin tane ağırlığının 2 17-4 11 g arasında değiştiğini belirtmektedirler. Tohumun önemli özelliklerinden biri olan bin tane ağırlığı, diğer tohumlarda olduğu gibi başta çeşit olmak üzere çevre ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir. Susamda kabuk oranı ise oldukça önemlidir. Çünkü henüz ekonomik olarak bir kullanım alanı mevcut değildir. Ayrıca kabuk, içerdiği yüksek orandaki okzalik asit ve fitik asitten dolayı metabolizmada olumsuzluklara neden olmaktadır. Okzalik asit ve fitat birçok maddenin biyolojik elverişliliğini azaltmaktadır. Tahine işlemede, susam kabuğunun soyulmasının önemli nedenlerinden biri budur. Tashiro vd (1990) susamın kabuk oranını % 9 1 olarak belirlemişlerdir. Cemeroglu ve Acar (1986) ise bu oranın % 15-20'lere kadar ulaşabildiğini belirtmişlerdir. Bulgularımız literatür verileri ile uyum içindedir.

Tohumun su miktarı ortalama % 3.93, kül içeriği % 5.23 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Su miktarı yağlı tohumlarda oldukça önemlidir. TSE standardında susam tohumunun su oranının %8'i geçmemesi istenmiştir (Anon. 1976). Yağlı tohumlarda fiyat belirlemede su içeriği bir kriter olarak kullanılabilir. Ayrıca tohumun depolama süresi içerdiği nem oranı ile ilişkilidir. Yüksek nem içeriği depolama süresini kısaltır. Kül oranı ise, tohumun mineral madde içeriğinin miktarı hakkında bilgi vermektedir. Özcan ve Akgül (1995) susamın nem oranını % 3.74 ve kül içeriğini % 4.59 olarak bildirmektedirler.

Çizelge 4.1. Susam tohumunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Bin Tane Ağ. (g)	Kabuk (%)	Su (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Protein (%)
3.68	14.94	3.93	55.37	5.23	19.74

Protein susam tohumunun ana bileşenlerinden biri olup % 19.74 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.1) Özcan ve Akgül (1995) susam tohumunun ortalama % 19.26 protein içerdiğini rapor etmişlerdir. Bu oran ile susam baklagillere eşdeğer miktarda protein içermekte olup proteince zengin bir gıdadır. Ancak proteinin tohumun daha çok dış kısmında yer aldığı belirtilmektedir. Bu da susam proteinlerinin tamamının kullanılmayacağını göstermektedir. Susam proteinleri %67.3 globulin, %8.6 albumin, %6.9 gluten ve %1.3 prolaminde oluşmaktadır (Salunkhe vd 1992).

Susamın en önemli bileşeni yağdır. Bu çalışmada tohumun yağ oranı ortalama % 55.37 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Susam tohumu diğer birçok yağlı tohumdan daha fazla yağ içermektedir. Yağ içeriği çeşit ve çevre faktörlerine göre % 37 ile % 63 arasında değişmektedir (Swern vd 1979, Salunkhe vd 1992, Özcan ve Akgül 1995). Yağ içeriği aynı zamanda tohumun renk, boyut ve yetiştirme şartlarına ve iklime göre de farklılık göstermektedir. Beyaz ve açık renkli iri susamların koyu renkli ve küçük boyutlulardan daha fazla yağ içerdiği bildirilmektedir. Ayrıca hasat zamanının da tohumun yağ içeriği miktarını etkilediği bildirilmektedir (Salunkhe vd 1992).

#### 4.1.1. Susam tohumunun mineral madde bileşimi

Araştırmada kullanılan kabuklu ve soyulmuş tohum örneklerinin mineral madde bileşimi Çizelge 4.2'de verilmiştir. Ayrıca analiz sonuçları Şekil 4.1'de ve Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Başta kalsiyum olmak üzere magnezyum, potasyum, demir, bakır ve mangan oranı kabuklu susamda soyulmuş olana oranla daha yüksek bulunmaktadır. Fosfor ve çinko oranı ise soyulmuş susamlarda kabuklu olanlara oranla biraz daha yüksek bulunmuştur. Buradan kabuk ayrıldığında oransal olarak azalan minerallerin kabukta daha yüksek, diğerlerinin ise içte daha yüksek olarak bulunduğu sonucuna varılabilir.

Mineral maddeler canlılarda enzim, hormon, vitamin ve vücut akışkan sıvılarının yapısında bulunması, hücre içinde ve dışında osmotik basınç ve su dengesini sağlaması, hücre zarı geçirgenliğini düzenlemesi, sinirsel uyarılarla kas hareketlerini kontrol etmesi

ve vücutta asit baz dengesini sağlaması gibi hayati fonksiyonları nedeniyle oldukça önemlidir (Robinson vd 1986).

Ham susamda % 0.73, soyulmuş susamda ise % 0.07 oranında (Çizelge 4.2) olan kalsiyum vücutta çeşitli fonksiyonlara sahip olup, bunlardan en önemlisi kemik ve dişlere sertlik vermesidir. Ayrıca bazı enzimleri aktif duruma getirmek (pankreatik lipaz, bazı proteolitik enzimler), sinir uyarılarının taşınması için gerekli olan asetilkolinin sentezinde kullanılmak, hücre zarının geçirgenliğini artırmak, kasların kasılıp gevşemesini düzenlemek gibi birçok önemli fonksiyona sahiptir (Robinson vd 1986). Kabuklu ve kabuksuz susamın kalsiyum oranı karşılaştırıldığında kalsiyumun daha çok kabukta bulunduğu ve kabuğun soyulması durumunda kalsiyumun yaklaşık %90 oranında azaldığı görülmektedir. Susamdaki kalsiyumun kullanılabilirliği içerdiği yüksek orandaki okzalit ve fitatlardan dolayı düşüktür.

Susamın önemli mineral maddelerinden biri olan fosfor ise soyulmuş olan susamda % 0.64 ile ham susama oranla (% 0.62) daha yüksek oranda bulunmaktadır (Çizelge 4.2).

Susamın bir diğer önemli mineral maddesi olan magnezyum, ham susamda % 0.32 ve soyulmuş olanda % 0.30 oranında bulunmaktadır (Çizelge 4.2). Magnezyum bütün canlı hücreler için zorunlu bir mineral madde olup sinir sistemi ve kasların düzenli çalışmasında görev alır (Robinson vd 1986).

Mineral maddelerden potasyum susamın kabuk kısmında daha yüksek oranda bulunmaktadır (Çizelge 4.2). Potasyum da magnezyum gibi hücreler için zorunlu mineral maddelerdendir. Hücre içinde ve dışında osmotik basıncı düzenler, sinir

Çizelge 4.2. Susam tohumunun mineral madde içeriği (mg/kg)

Susam	Ca	P	Mg	K	Zn	Fe	Cu	Mn
Kabuklu	7265	6163	3182	2935	78.15	72.51	17.28	11.04
Soyulmuş	661	6416	2957	2293	88.71	40.61	12.53	7.45

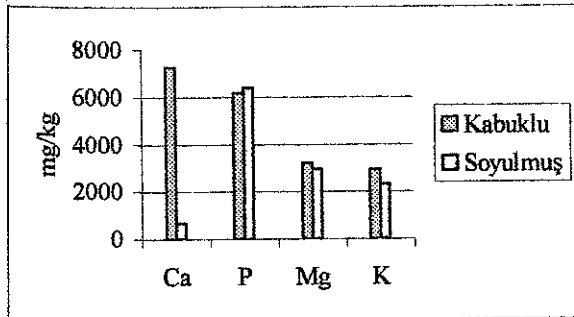
uyarılarının taşınmasına yardımcı olur. Hücre içinde enzimatik reaksiyonların gerçekleşmesinde de kullanılmaktadır (Robinson vd 1986)

Canlı organizma için zorunlu olan çinko, fosfor gibi soyulmuş olana susamda kabuklu olana oranla daha yüksek oranda bulunan diğer mineral maddedir (Çizelge 4.2). Çinko büyümede rolü olan bir mineral maddedir (Robinson vd 1986).

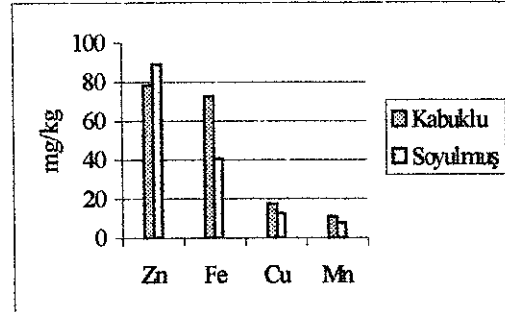
Susam tohumunun önemli mikro elementlerinden biri olan demir kabuklu susamda 72.51 mg/kg değeri ile soyulmuş olana oranla oldukça yüksek oranda bulunmaktadır (Çizelge 4.2). Demirin en önemli fonksiyonu kanda oksijen taşınmasını sağlamasıdır (Robinson vd 1986).

Ham susam tohumunda soyulmuş olana oranla daha yüksek oranda bulunan bakır bazı enzimlerin (katalaz, askorbik asit oksidaz) yapısında bulunmaktadır. Bakır, demirin hemoglobin yapımında kullanılmasında yardımcı olur. Analiz sonuçları kabuklu ve soyulmuş örneklerde bakır miktarının sırası ile 17.28 ve 12.53 mg/kg olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.2).

Mineral maddelerden manganez de kabukta daha yüksek oranda bulunmaktadır. Bu mineral madde bazı enzimlerin etkinliğini artırmakta ve ayrıca kemiklerin gelişmesinde kullanılmaktadır. Kabuklu ve kabuksuz susam tohumunda Mn miktarı sırası ile 11.04 ve 7.45 mg/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2).



Şekil 4.1 Susam tohumunda bulunan bazı makro besin elementleri



Şekil 4.2 Susam tohumunda bulunan bazı mikro besin elementleri



#### 4.1.2. Susam yağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Susam yağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 4.3'de verilmiştir. Susam yağının kırılma indisi 20 °C'de 1.466, iyot sayısı 107 ve sabunlaşma sayısı 186 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Kırılma indisi, sabunlaşma sayısı ve iyot sayısı gibi özellikler yağların karakteristik özellikleri olup her yağ için farklılıklar göstermektedir. İyot sayısı yağın yağ asitlerinin doymuşluk ve doymamışlıkları hakkında bilgi vermektedir. Susam yağı iyot sayısına göre yarı kuruyan yağlar sınıfındadır (Nas vd 1998) Özcan ve Akgül (1995) susam yağının iyot sayısını 107.08, sabunlaşma sayısını ise 185.96 olarak bildirmişlerdir. Salunkhe vd (1992) kırılma indisinin 25 °C'de 1.463-1.474 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bulgularımız literatür verilerine uygundur.

Susam yağının serbest yağ asitliği değeri % 0.79 (oleik asit) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Serbest yağ asitliği yağdaki acılaştırma hakkında bilgi vermekte olup hidroliz sonucu ortaya çıkmaktadır. Lipaz enzimi hasattan sonra serbest yağ asitliğinde artışa neden olmaktadır. Yemeklik susam yağı standardında serbest yağ asitliği değeri en fazla % 2 olarak belirtilmiştir (Anon 1975)

Tohum yağının peroksit sayısı 3.44 meqg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3) Yemeklik (rafine) susam yağı standardında peroksit sayısı en yüksek 10 meqg/kg olarak belirtilmiştir (Anon 1975). Özcan ve Akgül (1995) susam yağının peroksit sayısını 2.97 meqg/kg olarak tespit etmişlerdir. Peroksit sayısı yağda oksidatif bozulmanın (acılaştırma) bir göstergesi olup, depolanan yağlarda bu test yapılarak oksidasyon derecesi hakkında fikir sahibi olunur.

Çizelge 4.3. Susam yağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

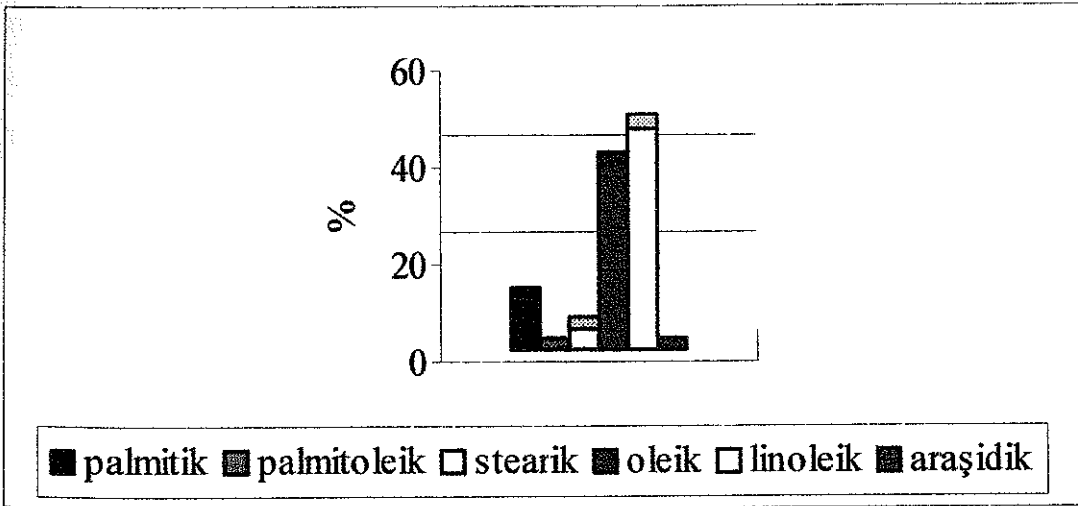
Kırılma indisi ( $n_D^{20}$ )	Serbest yağ asitliği (% oleik)	Peroksit sayısı (milyeşdeğer/kg)	İyot sayısı	Sabunlaşma sayısı
1.4660	0.79	3.44	107	186

### 4.1.3. Susam yağının yağ asitleri bileşimi

Susam tohumu yağının yağ asitleri bileşimi gaz kromatografisiyle belirlenerek Çizelge 4.4'de ve oransal dağılımı Şekil 4.3'de verilmiştir. Susam yağı özellikle oleik ve linoleik asit bakımından oldukça zengindir. Doymamış yağ asitleri oranı % 84.71 olup bununda en önemli kısmını linoleik (% 46.10) ve oleik (% 38.50) asitler oluşturmaktadır (Çizelge 4.4). Linoleik asit vücut için temel bir yağ asiti olup hücre zarının yapısında bulunmakta, kolesterolün kandaki taşınmasını sağlamakta ve damarlarda kanın pıhtılaşma süresini uzatmaktadır. Ayrıca esansiyel yağ asitleri vitamin F olarak da bilinmektedir (Nas vd 1998). Susam yağında bulunan doymuş yağ asitlerinin oranı ise % 15.29 olup bunun önemli bir kısmını palmitik (% 10.67) ve stearik (% 4.41) asit oluşturmaktadır. Susam yağında az miktarda da (% 0.21) araşidik asit bulunmaktadır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Susam tohumu yağının yağ asitleri bileşimi (%)

Palmitik	Palmitoleik	Stearik	Oleik	Linoleik	Araşidik
10.67	0.11	4.41	38.50	46.10	0.21



Şekil 4.3. Susam tohumu yağının yağ asitlerinin grafiksel gösterimi

## 4.2. Mikrodalga Fırında Kavurmanın Susam ve Tahinin Kalitesi Üzerine Etkisi

### 4.2.1. Mikrodalga fırında kavurmanın susamın su miktarı üzerine olan etkisi

Tahin üretiminde susam tohumları kabukları ayrıldıktan sonra su oranını düşürmek ve hoş bir aroma oluşturarak, tüketimini kabul edilebilir hale getirmek amacıyla kavurma işlemine tabi tutulur

Mikrodalga fırında kavurma dört farklı güçte, iki yığın yüksekliği ve her güçte üç farklı sürede gerçekleştirilmiş olup bu faktörlerin susamın su miktarı üzerine olan etkilerinin ortalama sonuçları Çizelge 4.5'de, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6'da ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. 1330 Watt güç ki bu denemede kullanılan mikrodalga fırının kullandığı maksimum güçtür, kullanılarak yapılan kavurma işleminde susamın su içeriği üzerine yığın yüksekliği, kavurma süresi ve kavurma süresi x yığın yüksekliği interaksyonunun önemli ( $P < 0.01$ ) etkisi olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

Mikrodalğanın gıdaya işleme derinliği gıdalara göre çok az değişmekle beraber aynı gıda için sabittir. Bu durum mikrodalga ile ısıtma yapılacak gıdaların yığın yüksekliğinin artmasını sınırlamaktadır. Susam tohumlarını mikrodalga ile kavurmadaki yığın yüksekliğini belirlemek için tarafımızdan yapılan ön denemelerde 1 ve 2 cm yığın yüksekliğinin uygun olduğu belirlenmiştir. Nitekim 2450 MHz mikrodalga frekansında uygun işleme kalınlığının ürüne göre değişmekle beraber 13 mm olduğu belirtilmektedir (Potter 1986). 1330 Watt güçte 1 cm yığın yüksekliğinde kavru lan susamların su içeriği % 0.15 ile % 0.42 değerleri arasında değişmiş olup, ortalama % 0.27 olarak belirlenmiştir. 2 cm yığın yüksekliği uygulamasında ise su içeriği %0.37 ile %0.51 değerleri arasında değişmiş, ortalama %0.43 olarak gerçekleşmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre 1330 Watt güçteki mikrodalga uygulamasında yığın yüksekliğinin su içeriği üzerine etkisi önemli ( $P < 0.01$ ) olmuştur (Çizelge 4.6). Nitekim Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları da kavrulmuş susamın su içeriği üzerine yığın yüksekliğinin önemli ( $P < 0.05$ ) etkisi olduğunu göstermiştir. Aslında bu beklenen bir sonuçtur. Çünkü yığın yüksekliğinin artması sonucu kavurma ile uzaklaştırılması

gereken su miktarı da artmaktadır. Buna karşılık ürüne yüklenen enerji aynı kalmaktadır

1330 Watt (mikrodalga fırın üzerinde "High" olarak belirtilen ayar noktası) araştırmada kullanılan mikrodalga fırının kullanabildiği en yüksek güç olması nedeni ile, kavurma işlemi bu güçte 3, 4 ve 5 dakika sürelerle gerçekleştirilmiş ve uygulanan her üç sürede de su miktarı kavrulmuş susam için üst limit olarak belirlenen %15'in altına düşmüştür (Anon. 1977). Ancak daha sonra açıklanacağı gibi gücün azaltılması bu süreler dahilinde susamın su içeriğini %1'in altına düşürmeye yetmemiştir. Nitekim düşük güç uygulamalarında daha uzun süre uygulaması bu nedenle yapılmıştır. Seçilen süreler de ön denemelerle belirlenmiş aralıklarla ortaya konmuştur

Materyal kalınlığının 1 cm olarak uygulanması susamın su içeriğini, 2 cm yığılma yüksekliği uygulamasından daha çok düşürmüştür. Ancak uygulanan sürelerde susam kavurulmasında önemli ve kritik bir gösterge olan kahverengileşme ya da yanık kokusu her iki yükseklikte de görülmemiştir. Ancak bu güçte yapılan kavurma uygulamasında 5 dakikayı aşan sürelerde bu olumsuz dönüşüm kısa sürede ortaya çıkabilmektedir. Nitekim kavurma süresinin susamın su miktarı üzerine olan etkisi incelendiğinde kavurma süresindeki artışa paralel olarak susamın su miktarında azalma görülmektedir. Varyans analizi sonuçları kavurma süresinin susamın su miktarı üzerine etkisinin önemli ( $P < 0.01$ ) olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.6). 1330 Watt'ta yapılan uygulamanın sürelerle bağlı olarak su içeriği ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları da bu farklılığının önemli ( $P < 0.05$ ) olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.7). Bu güçte 3 dakika süreyle kavru lan susamların ortalama su içeriği %0.46 oranı ile en yüksek su içeriğine sahipken 5 dakikalık uygulamada bu oran %0.26 değeri ile en düşük seviyede gerçekleşmiştir. Elde edilen bu su içeriği sonuçları klasik kavurma yöntemi ile kavru lan örneklerin su içeriğinden yüksek olmakla beraber (Çizelge 4.5) amaçlanan sonuca ulaşılabilmesi açısından uygun görülmektedir

Çizelge 4.5. Mikrodalaga fırında kavrulmuş susamın su içeriği (%)

Güç (Watt)	1330					931					665					399					Ort	Şahit
	3	4	5	Ort	4	6	8	Ort	10	12	14	Ort	30	40	50	Ort						
Süre (dak)	1	0.42	0.25	0.15	0.27	0.61	0.16	0.07	0.28	0.12	0.08	0.06	0.09	0.15	0.08	0.05	0.09	0.18	0.10			
Y.Y. (cm)	2	0.51	0.42	0.37	0.43	0.42	0.35	0.25	0.34	0.48	0.22	0.17	0.29	0.17	0.14	0.11	0.14	0.30	0.30			

Çizelge 4.6. Mikrodalaga fırında kavrulmuş susam tohumunun su içeriğine ait varyans analizi sonuçları

V.K.	Güç (Watt)	1330 Watt			931 Watt			665 Watt			399 Watt		
		KO	F	KO	KO	F	KO	F	KO	F			
Y.Y. (A)	1	0.0769	911.56**	0.0112	256.19**	0.1231	7220.39**	0.0071	179.51**				
Süre (B)	2	0.0434	514.10**	0.1349	3092.32**	0.0399	2358.74**	0.0067	167.39**				
A x B	2	0.0040	47.32**	0.0494	1132.12**	0.0180	1064.29**	0.0004	10.29*				
Hata	6	0.0001		0.0000		0.0000		0.0000					

(\*) P<0.05 seviyesinde, (\*\*) P<0.01 seviyesinde önemlidir.

Çizelge 4.7. Mikrodalaga fırında kavrulmuş susam tohumunun su içeriğine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Güç (Watt)	1330			931			665			399		
	3	4	5	4	6	8	10	12	14	30	40	50
Süre (dak.)	0.46 <sup>a</sup>	0.33 <sup>b</sup>	0.26 <sup>c</sup>	0.51 <sup>a</sup>	0.25 <sup>b</sup>	0.16 <sup>c</sup>	0.30 <sup>a</sup>	0.15 <sup>b</sup>	0.11 <sup>c</sup>	0.16 <sup>a</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.08 <sup>c</sup>
Y.Y. (cm)	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2
	0.27 <sup>b</sup>	0.43 <sup>a</sup>	0.34 <sup>a</sup>	0.28 <sup>b</sup>	0.34 <sup>a</sup>	0.29 <sup>a</sup>	0.09 <sup>b</sup>	0.29 <sup>a</sup>	0.09 <sup>b</sup>	0.09 <sup>b</sup>	0.14 <sup>a</sup>	0.14 <sup>a</sup>

Değişik harfler P<0.05 düzeyinde ortalamaların farklılığını göstermektedir.

Kullanılan mikrodalga fırın "Medhigh" ayar noktasında çalıştırılması durumunda güç 931 Watt'a düşmekte ve işlem süresi uzamaktadır. Bu güçte kavru lan örneklerin su içeriği üzerine yığın yüksekliği, süre ve süre x yığın yüksekliği interaksiyonunun etkisi önemli ( $P<0.01$ ) olmuştur (Çizelge 4.6). Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları da su içeriği ortalamalarının birbirlerinden önemli ( $P<0.05$ ) düzeyde farklı olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.7).

Bu güçte 1 cm yığın yüksekliğinde kavru lan susamların su içeriği %0.07-0.61 arasında değişmiş olup ortalama %0.28 olarak gerçekleşmiştir. 2 cm yığın yüksekliğinde ise bu değerler sıra ile %0.25-0.42 arasında ve ortama %0.34 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Bu değerlerden de anlaşıldığı gibi yığın yüksekliğinin artması ile örneklerin su içeriği de artmıştır. Ancak her iki yığın yüksekliğinde de uygulanan kavurma sürelerinin tamamında örneklerin su içeriği %1 kritik değerinin altına düşmüştür.

931 Watt güçte süreler 4, 6 ve 8 dakika olarak uygulanmıştır. Kavurma süresindeki artış ile ürünlerin su içeriğinde oransal bir azalma görülmüştür. En kısa kavurma süresinde (4 dakika) ortalama su içeriği % 0.51 iken, 6 dakikalık kavurma süresinde bu değer % 0.25 ve 8 dakikalık kavurma süresinde ise % 0.16 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları bu değerlerin önemli ( $P<0.05$ ) derecede farklı olduğunu göstermiştir. Ön denemelerle belirlenen bu süreler çok kritik süreler olup özellikle 1 cm yığın yüksekliğinde kavurma süresinin 4 dakikadan daha kısa olması durumunda susamın yeteri kadar kavrulamayacağını 8 dakikayı aşan sürelerde ise istenilmeyen aşırı kahverengi rengin hatta yanık kokusunun ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Nitekim 8 dakikalık uygulama süresinde su içeriği %0.07'ye düşerek renkte gözle fark edilebilecek bir esmerleşme görülmüştür. İleriki sayfalarda örneklerden elde edilen tahinlerin L, a ve b renk değerinin tartışılması sırasında bu konu tekrar dikkate alınacaktır.

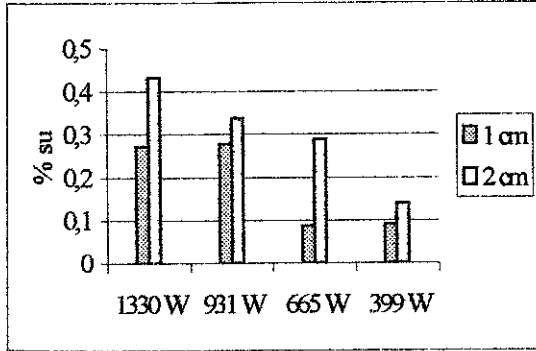
Susam örneklerinin mikrodalga fırında kavrulmasında uygulanan üçüncü güç seviyesi 665 Watt'tır. Mikrodalga fırın üzerinde bu "medium" olarak gösterilen ayar noktasıdır. Bu güç kullanılarak yapılan kavurma işleminde örneklerin yığın yüksekliği

önceki uygulamalarla aynı tutulmuş ancak kavurma süreleri 10, 12 ve 14 dakika olarak uygulanmıştır. Bu güçte kavru lan susam örneklerinin su içeriği üzerine yine yığın yüksekliği, süre ve süre x yığın yüksekliği interaksyonunun etkisi önemli ( $P<0.01$ ) olmuştur (Çizelge 4.6). Örneklerin yığın yükseklikleri ve kavurma sürelerine göre değişen su içeriği ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları da farklılığın önemli ( $P<0.05$ ) olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.7).

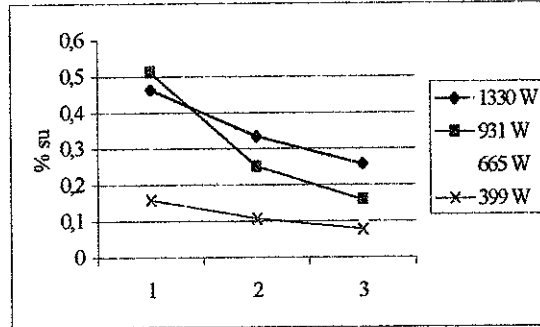
Bu güçte 1 cm yığın yüksekliğinde kavru lan örneklerde su içeriği %0.06-0.12 değerleri arasında değişmiş, ortalama %0.09 olarak gerçekleşmiştir. 2 cm'lik yığın yüksekliğinde ise bu oranlar %0.17-0.48 arasında ve ortalama %0.29 olarak belirlenmiştir. Bu güçte de yığın yüksekliğinin artması ve kavurma süresinin kısılması ile ilişkili olarak kavru lan örneklerin su içeriği de yükselmiştir (Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.7). 665 Watt güçte uygulanan süreler de sonuçlardan anlaşılacağı gibi kritik süreler olup arzu edilen sonucu elde etmede başarılı olunan sürelerdir. Nitekim örneklerin hiçbirinde belirgin bir olumsuz tat, aroma, renk değişimi gözlenmemiştir.

Mikrodalga fırınlarda donmuş gıdaların genellikle de et vb ürünlerin çözündürülmesinde kullanılan güç seviyesi 399 Watt olup bu fırın üzerinde "defrost" ifadesi ile tanımlanmaktadır. Susam örnekleri bu güçte de aynı yığın yüksekliklerinde fakat 30, 40 ve 50 dakikalık sürelerle kavru lmuştur. Daha önce sözü edilen uygulamalarda olduğu gibi bu seviyede de örneklerin su içeriği üzerine yığın yüksekliği ve kavurma süresinin etkisi varyans analizi sonuçlarına göre önemli ( $P<0.01$ ) olmuştur. Ancak diğer uygulamalardan farklı olarak süre x yığın yüksekliği interaksyonunun etkisi  $P<0.05$  önem seviyesinde kalmıştır (Çizelge 4.6). Ancak tüm uygulamalara ait su içeriği ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları yine aynı seviyede önemli ( $P<0.05$ ) bulunmuştur. 399 Watt güç uygulamasında genel olarak örneklerin su içerikleri diğer uygulamalarda daha düşük olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Bu da uygulanan sürelerin değişim aralığının daha fazla oluşundan kaynaklanmaktadır. Süre ve yığın yüksekliğini optimize ederek veya yığın yüksekliği aynı kalması durumunda kavurma sürelerini değiştirerek istenen su içeriğini elde etmek mümkün görülmektedir.

Dört farklı güçte iki farklı yığın yüksekliğinin susamın su içeriği üzerine olan etkisi Şekil 4.5'te, sürelerin etkisi Şekil 4.6'da görülmektedir. En düşük su içeriğine 399 Watt'ta ulaşılmıştır. Bunun uygulama süresinin uzunluğundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak duyu analizler yapılmamış olmakla beraber deneme sırasındaki gözlemler bu güçte kavrulan susam örneklerinin düşük su içeriğine rağmen kavrulmuş susamda istenilen tipik aromaya sahip olmadığı şeklindedir. Bunun 399 Watt güçte kavrulan susamların yığın içi sıcaklığının daha yüksek güçlerde kavrulan örneklerin yığın içi sıcaklığından çok daha düşük olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Denemeler sırasında her örneğin yığın içi sıcaklığı kavurmanın hemen akabinde termometre ile ölçülmüştür. 1330 Watt güçte kavrulan örneklerde yığın içi sıcaklığı 150-160 °C'ler arasında değişmekte iken 399 Watt güçte kavrulan örneklerin yığın içi sıcaklığı 95-105 °C arasında değişmiştir. Bu husus susam tohumunun kavrulması sırasında tipik tat, aroma maddelerinin oluşması için kavurma sıcaklığının önemli bir faktör olduğunu göstermektedir. Nitekim yapılan pek çok araştırmada susamın optimum kavurma sıcaklığı belirlenmeye çalışılmıştır (Yen ve Shyu 1989, Yoshida 1994, Yoshida ve Takagi 1997a). Bu çalışmalarda 180 °C kavurma sıcaklığının susam yağı üretimi için optimum sıcaklık derecesi olduğu bildirilmektedir. Tahin üretimi amaçlı susam kavrulmasında da bu tip araştırmalara ihtiyaç olduğu açıktır.



Şekil 4.4. Dört farklı güç ve iki farklı yığın yüksekliğinin su miktarı üzerine etkisi



Şekil 4.5. Dört farklı güç ve her güçte 3 farklı sürenin su miktarı üzerine etkisi



#### 4.2.2. Mikrodalga fırında kavurmanın susam yağının serbest yağ asitliği üzerine olan etkisi

Mikrodalga fırında kavurma dört farklı güçte, iki yığın yüksekliği ve her güçte üç farklı sürede gerçekleştirilmiş olup bu susamdan elde edilen tahin yağının serbest yağ asitliği üzerine olan etkisinin ortalama sonuçları Çizelge 4.8'de, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9'da ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. 1330 Watt güçte kavurmada, yığın yüksekliği ve kavurma süresinin üretilen tahin yağının serbest yağ asitliği üzerine etkisi önemli ( $P<0.01$ ), kavurma süresi x yığın yüksekliği interaksyonunun ise bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4.9). Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları da yığın yüksekliği ve kavurma süresinin tahin örneklerinin serbest yağ asitliği içeriği üzerine önemli ( $P<0.05$ ) etkisi olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.10). Yığın yüksekliği ve süredeki artış tahin yağının serbest yağ asitliği miktarında artışa sebep olmuştur. 3 dakika süre ile kavru lan örneklerin yağın da serbest yağ asitliği %0.48 iken, 4 dakika süre ile kavru lan örneklerde bu değer %0.54, 5 dakika süre ile kavru lan örneklerde ise %0.60 değerine ulaşmıştır. 1cm yığın yüksekliğinde kavru lan örneklerde bu değer %0.48 2 cm yığın yüksekliğinde uygulamasında %0.60 olarak gerçekleşmiştir. Yığın yüksekliği ve uygulama süresindeki artışla kütle sıcaklığının arttığı gözlemlenmiştir. Sıcaklık artışının serbest yağ asitliği miktarındaki artışın nedeni olduğu düşünülmektedir. Nitekim Yoshida ve Kajimoto (1994) yaptıkları çalışmada, mikrodalga fırında kavurma süresindeki artışın kavru lmuş susam yağının serbest yağ asitliği içeriğinde önemli ( $P<0.05$ ) artışa neden olduğunu belirtmektedirler.

931 Watt güçte, yığın yüksekliği ve sürenin tahin yağının serbest yağ asitliği miktarı üzerine olan etkisi önemli ( $P<0.01$ ), bulunurken kavurma süresi x yığın yüksekliği interaksyonunun ise etkisi önemsiz ( $P<0.05$ ) olmuştur (Çizelge 4.9). Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları da bu farklılığın  $P<0.05$  düzeyinde önemli olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.10). Yığın yüksekliği ve süredeki artışla ürün yağının serbest yağ asitliği miktarında artış olduğu tespit edilmiştir. Bu güçte kavru lan susam yağlarında serbest yağ asitliği %0.43 ile %0.60 arasında değişmiştir. Kavurma süresi ve yığın yüksekliğinin artması ile yine serbest yağ asitliği değeri artmıştır.

Mikrodalga fırının üçüncü güç seviyesi olan 665 Watt güçte yığın yüksekliği ve sürenin üretilen tahin yağının serbest yağ asitliği miktarı üzerine olan etkisi önemli ( $P<0.01$ ) olurken bu güçte kavru lan susamlardan elde edilen yağın serbest yağ asitliği üzerine kavurma süresi x yığın yüksekliği interaksiyonunun etkisi önemsiz ( $P<0.05$ ) olmuştur (Çizelge 4.9). Kavurma süresi x yığın yüksekliği interaksiyonunun ise bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4.9)

665 Watt güç kullanılarak 10, 12 ve 14 dakika süre ile kavru lan susam örneklerinden elde edilen yağların serbest yağ asitliği %0.33 ile %0.49 arasında değişmiştir. Serbest yağ asitliği değerinde kavurma süresine bağlı olarak bu güçte kavru lan örneklerde de artış görülmüştür. Yani kavurma süresi arttıkça serbest yağ asitliği oranı da artmıştır. Ancak bu uygulamadan elde edilen örneklerin serbest yağ asitliği daha yüksek güç kullanılarak kavru lan susam örneklerine ait değerlerden genel olarak daha düşük olmuştur (Çizelge 4.8, Çizelge 4.10). Ayrıca yığın yüksekliğinin artması ile serbest yağ asitliği diğer uygulamalarda artarken, burada azalmıştır. Farklı yığın yüksekliği ve farklı sürelerde susamın kavurma işlemine tabi tutulması ile üretilen tahin yağının serbest yağ asitliği içeriği ortalamalarının birbirinden önemli ( $P<0.05$ ) derecede farklı olduğunu Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları da göstermiştir (Çizelge 4.10).

Denemede kullanılan en düşük mikrodalga güç seviyesi olan 399 Watt güçte işe yığın yüksekliği, süre ve süre x yığın yüksekliği interaksiyonunun üretilen tahin yağının serbest yağ asitliği üzerine olan etkisi önemli ( $P<0.01$ ) olmuştur (Çizelge 4.9). Bu güç kullanılarak 30 dakika süre ile kavru lan örneklerin yağında serbest yağ asitliği değeri %0.42 iken 40 dakika kavru lan örneklerde bu oran %0.47 ve 50 dakika kavru lan örneklerde ise %0.50 değerine yükselmiştir. Yığın yüksekliğinin artması ile serbest yağ asitliği değerinde artış olmuştur. 1 ve 2 cm yığın yüksekliğine sahip örneklerden elde edilen yağların serbest yağ asitliği oranı sırası ile %0.42 ve %0.51 olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 4.10).

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre de 399 Watt güçte farklı yığın yüksekliği ve farklı sürelerde kavru lan susamdan üretilen tahin yağının serbest yağ asitliği içeriği ortalamaları birbirinden önemli ( $P<0.05$ ) derecede farklılık göstermiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.8. Mikrodalga fırında kavrulmuş susamdan üretilen tahin yağının serbest yağ asitliği içerikleri (% oleik)

Güç (Watt)	1330					931					665					399			Ort	Şahit
	3	4	5	Ort	4	6	8	Ort	10	12	14	Ort	30	40	50	Ort				
Y.Y.	1	0.43	0.47	0.53	0.48	0.43	0.47	0.52	0.47	0.42	0.45	0.49	0.45	0.40	0.42	0.45	0.42	0.46	0.31	
(cm)	2	0.53	0.61	0.66	0.60	0.48	0.56	0.60	0.55	0.33	0.38	0.42	0.37	0.44	0.52	0.55	0.51	0.51		

Çizelge 4.9. Mikrodalga fırında kavrulmuş susamdan üretilen tahin yağının serbest yağ asitliği içeriklerine ait varyans analizi sonuçları

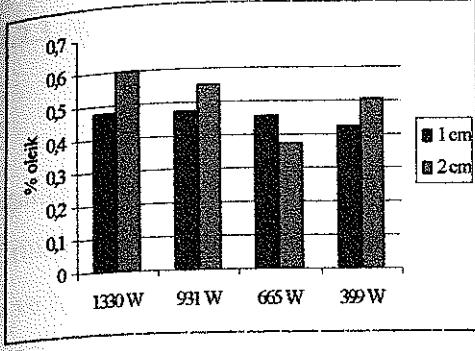
V.K.	SD	1330 Watt			931 Watt			665 Watt			399 Watt		
		KO	F	KO	KO	F	KO	F	KO	F			
Y.Y. (A)	1	0.0480	455.01**	0.0169	153.98**	0.0182	234.11**	0.0202	416.11**				
Süre (B)	2	0.0145	137.14**	0.0113	102.45**	0.0067	86.14**	0.0063	130.61**				
A x B	2	0.0005	4.41	0.0003	2.27	0.0001	1.37	0.0013	26.48**				
Hata	6	0.0001		0.0001		0.0001		0.0000					

(\*) P<0.05 seviyesinde, (\*\*) P<0.01 seviyesinde önemlidir.

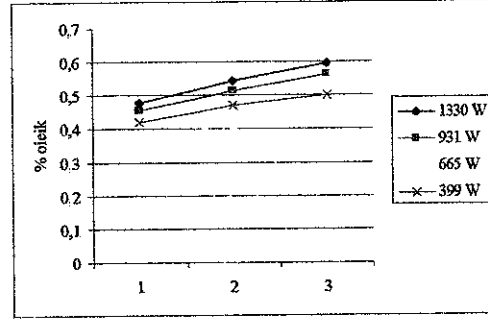
Çizelge 4.10. Mikrodalga fırında kavrulmuş susamdan üretilen tahin yağının serbest yağ asitliği içeriklerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Güç (Watt)	1330					931					665					399		
	3	4	5	Ort	4	6	8	Ort	10	12	14	Ort	30	40	50	Ort		
Süre (dak.)	0.48 <sup>c</sup>	0.54 <sup>b</sup>	0.60 <sup>a</sup>	0.60 <sup>a</sup>	0.46 <sup>c</sup>	0.51 <sup>b</sup>	0.56 <sup>a</sup>	0.56 <sup>a</sup>	0.37 <sup>c</sup>	0.41 <sup>b</sup>	0.45 <sup>a</sup>	0.45 <sup>a</sup>	0.42 <sup>c</sup>	0.47 <sup>b</sup>	0.50 <sup>a</sup>	0.50 <sup>a</sup>		
Y.Y.(cm)	1	0.48 <sup>b</sup>	0.60 <sup>a</sup>	0.60 <sup>a</sup>	1	0.47 <sup>b</sup>	0.55 <sup>a</sup>	0.55 <sup>a</sup>	1	0.45 <sup>a</sup>	0.37 <sup>b</sup>	0.37 <sup>b</sup>	1	0.42 <sup>b</sup>	0.51 <sup>a</sup>	0.51 <sup>a</sup>		

Değişik harfler P<0.05 düzeyinde ortalamaların farklılığını göstermektedir.



Şekil 4.6 Susamı iki farklı yığın yüksekliğinde kavurmanın tahin yağının S.Y.A miktarı üzerine etkisi



Şekil 4.7 Susamı üç farklı sürede kavurmanın tahin yağının S.Y.A miktarı üzerine etkisi

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de dört farklı güçte, iki farklı yığın yüksekliği ve üç farklı sürede kavurmanın tahin yağının serbest yağ asitliği miktarı üzerine etkisi gösterilmiştir.

### 4.2.3. Mikrodalga fırında kavurmanın tahinin L, a, b renk değerleri üzerine etkisi,

Renk tahininin en önemli kalite kriterlerinden biri olup susamın kavrulma aşamasında ısı işlem derecesine göre önemli oranda değişebilmektedir. Mikrodalga fırında farklı kavurma şartlarında kavru lan susamlardan elde edilen tahinin ortalama L, a ve b renk değerleri Çizelge 4.11'de, ortalamalara ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.12, Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14'de, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.15'de verilmiştir.

Kavurma işlemi mikrodalga fırında yapılarak üretilen tahinin L renk değeri 53.02 ile 63.41 arasında, a değeri 1.71 ile 7.60 arasında ve b renk değerleri 18.49 ile 26.76 arasında değişmiştir (Çizelge 4.11). Tahinin L ve a renk değerleri üzerine 1330 Watt'ta kavurmada sürenin etkisi önemli ( $P < 0.01$ ) iken yığın yüksekliği ve yığın yüksekliği x süre interaksyonunun etkisi önemsiz, b renk değeri üzerine ise hem yığın yüksekliği, kavurma süresi ve hem de yığın yüksekliği x süre interaksyonunun etkisi önemli ( $P < 0.01$ ) olmuştur (Çizelge 4.12, Çizelge 4.13, Çizelge 4.14). Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları da bu güçte kavru lan örneklerden üretilen tahinin L ve a renk değeri üzerine kavurma süresinin etkisinin önemli ( $P < 0.05$ ), b renk değeri üzerine ise hem kavurma süresi ve hem de yığın yüksekliğinin önemli ( $P < 0.05$ ) etkisi olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.15). Kavurma süresindeki artışla L renk değerinde azalma, a ve b renk değerlerinde ise artış görülmüştür. En yüksek L renk değeri 60.82 ile üç dakikalık kavurma süresi sonucu üretilen tahininde saptanırken en düşük 55.09 değer ile beş dakika sürede kavru lan örnekte tespit edilmiştir. Çizelge 4.15 incelendiğinde L renk değerinin süre artarken düştüğü açıkça görülmektedir. L değerinin düşmesi renkte beyazdan siyaha doğru dönme olduğunu göstermektedir. Pozitif a değeri kırmızı renk yoğunluğunu, pozitif b değeri ise sarı renk yoğunluğunu göstermektedir. L ve a renk değerleri bu güçte yığın yüksekliğindeki artışla önemli oranda değişmezken b renk değerindeki artış önemli ( $P < 0.05$ ) olmuştur. Düşük L ve yüksek a ve b değerli tahinlerdeki renk esmerleşmesi, yüksek L ve düşük a ve b renk değerlerine sahip olan tahinlerden daha fazladır.

Tahindeki renk esmerleşmesi enzimatik olmayan bir esmerleşme olup esmerleşme ürünlerinin karamelizasyon, fosfolipid bozunumu ve maillard reaksiyonu sonucu ortaya çıkan ürünlerdir. Bu ürünlerin oluşumu kavurma sıcaklık ve süresine göre değişim göstermektedir. Kavurma süre ve sıcaklığındaki artışla tahinde renk esmerleşmesi artmaktadır (Yen 1990, Yoshida 1994, Yoshida ve Takagi 1997a). Bu nedenle tahinden istenilen renk değerlerinin elde edilmesi için kavurma süre ve sıcaklığının optimize edilmesi oldukça önemlidir.

Tahinin L, a ve b renk değerleri üzerine 931 Watt güçte kavurmada yığın yüksekliği, süre ve yığın yüksekliği x süre interaksiyonunun etkisi önemli ( $P < 0.01$ ) olmuştur (Çizelge 4.12, Çizelge 4.13, Çizelge 4.14). Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları da bu güçte kavru lan susamlardan elde edilen tahinin L, a, b renk değerleri üzerine kavurma süresi ve yığın yüksekliğinin önemli ( $P < 0.05$ ) etkisi olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.15). Kavurma süresindeki artışla L renk değerinde düşme, a ve b renk değerlerinde ise artış olmuştur. Aynı şekilde yığın yüksekliğinin artması ile de L renk değerinde düşme, a ve b renk değerinde artış olmuştur. Bu da yığın yüksekliği ve süredeki artışla elde edilen örneklerin rengindeki esmerleşmede artış olduğunu göstermektedir.

Mikrodalga fırının üçüncü güç seviyesi olan 665 Watt güçte kavru lan susamlardan elde edilen tahin örneklerinin L renk değerleri 53.02 ile 61.81 arasında, a renk değerleri 1.84 ile 7.52 arasında ve b renk değerleri 19.70 ile 26.25 arasında değişmiştir (Çizelge 4.11). Bu güçte kavurmada yığın yüksekliği ve kavurma süresinin L, a ve b renk değerleri üzerine etkisi önemli ( $P < 0.01$ ,  $P < 0.05$ ), yığın yüksekliği x süre interaksiyonunun ise sadece a renk değeri üzerinde önemli etkisi ( $P < 0.05$ ) olmuştur (Çizelge 4.12, Çizelge 4.13, Çizelge 4.14). Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları da L, a, b renk değeri üzerine yığın yüksekliği ve kavurma süresinin önemli ( $P < 0.05$ ) etkisi olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.15). Yığın yüksekliği ve kavurma süresindeki artış örneklerin L renk değerinde azalmaya, a ve b renk değerlerinde artışa neden olmuştur.

Denemede kullanılan en düşük mikrodalga gücü olan 399 Watt'ta gerçekleştirilen kavurma işleminden üretilen tahinlerin L değeri 53.45 ile 63.41 arasında, a değerleri ise 1.28 ile 7.09 arasında ve b renk değerleri 18.49 ile 26.76 arasında değişmiştir (Çizelge 4.11) Bu güçte kavurmada L ve b değeri üzerine yığın yüksekliği, süre ve yığın yüksekliği x süre interaksyonunun etkisi önemli ( $P < 0.01$ ,  $P < 0.05$ ), a renk değeri üzerine ise yığın yüksekliği ve kavurma süresinin etkisi önemli ( $P < 0.05$ ) iken yığın yüksekliği x süre interaksyonunun etkisi önemsiz olmuştur (Çizelge 4.12, Çizelge 4.13, Çizelge 4.14) Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları da yığın yüksekliği ve kavurma süresinin L, a, b renk değerleri üzerine önemli ( $P < 0.05$ ) etkisi olduğunu göstermiştir. Yine bu güçte de yığın yüksekliği ve kavurma süresindeki artışla örneklerin L renk değerinde düşme olurken, a ve b renk değerlerinde artış olmuştur (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.11. Susamların mikrodalga fırında kavurulması sonucu üretilen tahinlerin L, a, b renk değerleri

Güç (Watt)	Süre (dak)	L		a		b	
		1 cm	2 cm	1 cm	2 cm	1 cm	2 cm
1330	3	60.87	60.45	2.38	2.32	21.84	21.66
	4	59.73	59.93	3.48	3.40	22.74	24.01
	5	55.09	56.27	5.19	5.00	24.57	25.98
	Ort.	58.56	58.88	3.68	3.57	23.05	23.88
931	4	63.22	61.14	1.71	2.25	21.69	20.52
	6	60.52	57.53	3.11	5.25	23.06	24.29
	8	59.70	53.92	3.57	7.60	24.63	26.31
	Ort.	61.15	57.53	2.80	5.03	23.13	23.71
665	10	61.81	56.57	1.84	5.54	19.70	24.71
	12	61.66	54.32	2.28	7.15	20.38	25.60
	14	61.07	53.02	2.69	7.52	21.55	26.25
	Ort.	61.51	54.64	2.27	6.74	20.54	25.52
399	30	63.41	58.54	1.28	4.27	18.49	24.88
	40	62.78	55.84	1.34	6.23	19.33	26.03
	50	62.17	53.45	1.67	7.09	20.13	26.76
	Ort.	62.79	55.94	1.43	5.86	19.32	25.89
Ortalama		61.00	56.75	2.55	5.30	21.51	24.75
Şahit		47.54		11.88		28.42	

Çizelge 4.12. Mikrodalga fırında kavruyan susamlardan üretilen tahinlerin L renk değerine ait varyans analizi sonuçları

V.K.	Güç (Watt)		1330		931		665		399	
	SD		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Y.Y. (A)	1	0.3096	0.3096	1.23	39.241	237.03**	141.93	310.52**	140.63	327.67**
Süre (B)	2	26.135	103.84**		29.128	175.95**	4.6322	10.13*	10.026	23.36**
A x B	2	0.5055	2.01		3.7356	22.56**	2.1269	4.65	3.7314	8.69*
Hata	6	0.2517			0.1656		0.4571		0.4291	

(\*) P<0.05 seviyesinde, (\*\*) P<0.01 seviyesinde önemlidir.

Çizelge 4.13. Mikrodalga fırında kavruyan susamlardan üretilen tahinlerin a renk değerine ait varyans analizi sonuçları

V.K.	Güç (Watt)		1330		931		665		399	
	SD		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Y.Y. (A)	1	0.0374	1.18		14.963	374.71**	59.898	2802.25**	59.008	1208.55**
Süre (B)	2	7.6268	241.54**		13.185	330.17**	2.1306	99.68**	2.6436	54.14**
A x B	2	0.0053	0.17		3.0262	75.78**	0.4431	20.73**	1.6376	33.54**
Hata	6	0.0316			0.0399		0.0214		0.0488	

P<0.05 seviyesinde, (\*\*) P<0.01 seviyesinde önemlidir.

Çizelge 4.14. Mikrodalga fırında kavruyan susamlardan üretilen tahinlerin b renk değerine ait varyans analizi sonuçları

V.K.	Güç (Watt)		1330		931		665		399	
	SD		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Y.Y. (A)	1	2.0917	58.58**		0.9976	36.41**	65.901	2261.54**	129.76	2041.82**
Süre (B)	2	12.4518	348.71**		19.246	702.40**	2.8669	98.38**	3.1152	49.02**
A x B	2	0.7772	21.77**		2.3508	85.79**	0.0340	1.17	0.0270	0.43
Hata	6	0.0357			0.0274		0.0291		0.0636	

P<0.05 seviyesinde, (\*\*) P<0.01 seviyesinde önemlidir.



Çizelge 4.15. Mikrodalga fırında kavruktan susamlardan üretilen tahinlerin L, a ve b renk değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Güç (Watt)	1330			931			665			399		
	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>6</u>	<u>8</u>	<u>10</u>	<u>12</u>	<u>14</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>50</u>
<u>Süre (dak.)</u>												
L	60.82 <sup>a</sup>	59.69 <sup>b</sup>	55.68 <sup>c</sup>	62.18 <sup>a</sup>	59.03 <sup>b</sup>	56.81 <sup>c</sup>	59.19 <sup>a</sup>	57.99 <sup>b</sup>	57.04 <sup>b</sup>	60.98 <sup>a</sup>	59.31 <sup>b</sup>	57.81 <sup>c</sup>
a	2.35 <sup>c</sup>	3.44 <sup>b</sup>	5.09 <sup>a</sup>	1.98 <sup>c</sup>	4.18 <sup>b</sup>	5.59 <sup>a</sup>	3.69 <sup>c</sup>	4.72 <sup>b</sup>	5.10 <sup>a</sup>	2.77 <sup>c</sup>	3.79 <sup>b</sup>	4.38 <sup>a</sup>
b	21.75 <sup>c</sup>	23.37 <sup>b</sup>	25.28 <sup>a</sup>	21.11 <sup>c</sup>	23.67 <sup>b</sup>	25.47 <sup>a</sup>	22.21 <sup>b</sup>	23.92 <sup>a</sup>	23.90 <sup>a</sup>	21.69 <sup>c</sup>	22.68 <sup>b</sup>	23.45 <sup>a</sup>
<u>Y.Y.(cm)</u>	<u>1</u>	<u>2</u>		<u>1</u>	<u>2</u>		<u>1</u>	<u>2</u>		<u>1</u>	<u>2</u>	
L	58.57 <sup>a</sup>	58.21 <sup>a</sup>		61.15 <sup>a</sup>	57.53 <sup>b</sup>		61.51 <sup>a</sup>	54.63 <sup>b</sup>		62.79 <sup>a</sup>	55.94 <sup>b</sup>	
a	3.68 <sup>a</sup>	3.57 <sup>a</sup>		2.80 <sup>b</sup>	5.03 <sup>a</sup>		2.27 <sup>b</sup>	6.74 <sup>a</sup>		1.43 <sup>b</sup>	5.87 <sup>a</sup>	
b	23.05 <sup>b</sup>	23.88 <sup>a</sup>		23.13 <sup>b</sup>	23.71 <sup>a</sup>		20.61 <sup>b</sup>	25.52 <sup>a</sup>		19.32 <sup>b</sup>	25.89 <sup>a</sup>	

Değişik harfler P<0.05 düzeyinde ortalamaların farklılığını göstermektedir.

#### 4.3.4. Mikrodalga fırında kavurmanın tahin yağının yağ asitleri bileşimi üzerine etkisi.

Dört farklı mikrodalga gücünde; iki farklı yığın yüksekliği ve her güçte üç farklı sürede kavrulmuş tahin örneklerinin yağ asitleri bileşimi Çizelge 4 16'da, 1330 Watt'ta kavrulmuş tahinleri yağ asitleri bileşimi bulgularına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4 17'de, 931 Watt güçteki bulguların varyans analizi sonuçları Çizelge 4 18'de, 665 Watt güçteki varyans analizi sonuçları Çizelge 4 19'da ve 399 Watt güçteki bulgulara ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4 20'de verilmiştir.

Tahin örneklerinin yağ asitleri bileşimi üzerine mikrodalga fırında uygulanan dört farklı gücün, yığın yüksekliğinin ve kavurma süresinin etkisi önemsiz olmuştur. (Çizelge 4 17, Çizelge 4 18, Çizelge 4 19, Çizelge 4 20). Üretilen tahin yağının yağ asitleri bileşimi kavurma ile önemli oranda değişime uğrarken kavruktan elde edilen tahinlerin yağ asitleri bileşiminde kendi aralarında farklılık olmamıştır. Nitekim yapılan bir çok çalışma da yağ üretimi amaçlı susam kavrulması üretiminde uygulanan farklı kavurma süreleri ve sıcaklıklarının yağ asitleri bileşimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını göstermiştir. Ancak kavurma sıcaklığının 240 °C'nin üzerine çıkması ile yağ asitleri bileşiminde önemli değişiklikler olmaktadır (Yen 1990, Yoshida 1994, Yoshida ve Kajimoto 1994, Yoshida ve Takagi 1997a).

Mikrodalga fırında kavrulmuş tahin yağının yağ asitlerinden palmitik asit %9 10-10 95, stearik asit %4 25-5 14, oleik asit %41 57-43 23, linoleik asit %42 00-43 64 ve araşidik asit %0 13-0 30 arasında değişim göstermiştir. Klasik metotla alev üzerinde kavruktan elde edilen tahin yağının yağ asitleri dağılımı ise palmitik asit %10 93, stearik asit %4 71, oleik asit %43 07, linoleik asit %41 04 ve araşidik asit %0 24 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4 16).

Çizelge 4.16. Mikrodalgda fırında kavruılan susamlardan üretilen tahin yağı yağ asitleri bileşimi

Güç (Watt)	Süre (dak)	1 cm					2 cm				
		Palmitik	Stearik	Oleik	Linoleik	Araşidik	Palmitik	Stearik	Oleik	Linoleik	Araşidik
1330	3	10.58	4.42	41.77	43.05	0.19	10.01	4.25	41.96	43.64	0.15
	4	10.59	4.57	42.36	42.24	0.24	9.88	4.75	41.57	43.60	0.21
	5	9.86	4.80	42.60	42.47	0.27	9.10	5.03	42.61	43.09	0.18
	Ort.	10.34	4.60	42.24	42.59	0.23	9.66	4.68	42.05	43.44	0.18
931	4	10.07	4.92	42.24	42.64	0.17	10.43	4.73	42.50	42.10	0.23
	6	9.53	5.11	42.00	43.12	0.24	10.07	5.05	42.67	42.00	0.22
	8	10.11	4.86	41.71	43.08	0.24	9.33	5.07	43.23	42.06	0.30
	Ort.	9.90	4.96	41.98	42.95	0.22	9.94	4.95	42.80	42.05	0.25
665	10	9.47	4.95	41.95	43.38	0.25	10.22	4.79	42.37	42.49	0.14
	12	9.46	5.09	41.80	43.44	0.19	10.04	4.96	42.47	42.37	0.17
	14	9.48	5.14	42.42	42.76	0.20	10.34	4.67	42.27	42.59	0.13
	Ort.	9.47	5.06	42.06	43.19	0.21	10.20	4.81	42.37	42.48	0.15
399	30	9.46	5.06	42.84	42.43	0.22	10.31	4.89	42.12	42.49	0.20
	40	9.56	4.88	42.27	43.10	0.18	10.03	5.02	42.53	42.27	0.22
	50	9.83	5.00	42.01	42.96	0.28	10.95	4.82	41.97	42.10	0.17
	Ort.	9.62	4.98	42.37	42.83	0.23	10.43	4.91	42.21	42.29	0.20
Ortalama		9.83	4.90	42.16	42.89	0.22	10.06	4.84	42.36	42.57	0.19
Şahit		10.93	4.71	43.07	41.04	0.24					

Çizelge 4.17. Mikrodalga fırında kavruan susamlardan tretülen tahin yağının yağ asitleri bileşimine ait varyans analizi sonuçları (1330 Watt)

V.K.	SD	Palmitik		Stearik		Oleik		Linoleik		Araşidik	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Y.Y. (A)	1	1.3804	3.15	0.0192	0.15	0.1180	0.18	2.2016	3.14	0.0091	4.17
Süre (B)	2	0.8194	1.87	0.3325	2.65	0.6522	0.99	0.3379	0.48	0.0037	1.69
A x B	2	0.0105	0.02	0.0475	0.38	0.2751	0.28	0.1902	0.27	0.0010	0.45
Hata	6	0.4384		0.1254		0.6617		0.7004		0.0022	

(\*) P<0.05 seviyesinde, (\*\*) P<0.01 seviyesinde önemlidir.

Çizelge 4.18. Mikrodalga fırında kavruan susamlardan tretülen tahin yağının yağ asitleri bileşimine ait varyans analizi sonuçları (931 Watt)

V.K.	SD	Palmitik		Stearik		Oleik		Linoleik		Araşidik	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Y.Y. (A)	1	0.0044	0.01	0.0010	0.03	2.0172	2.70	2.3941	2.44	0.0040	1.08
Süre (B)	2	0.3265	0.60	0.0628	1.77	0.0210	0.03	0.0528	0.05	0.0049	1.31
A x B	2	0.5156	0.94	0.0416	1.17	0.4158	0.56	0.0986	0.10	0.0024	0.64
Hata	6	0.5469		0.0355		0.7470		0.9797		0.0038	

(\*) P<0.05 seviyesinde, (\*\*) P<0.01 seviyesinde önemlidir.

Çizelge 4.19. Mikrodalga fırında kavruan susamlardan tretülen tahin yağının yağ asitleri bileşimine ait varyans analizi sonuçları (665 Watt)

V.K.	SD	Palmitik		Stearik		Oleik		Linoleik		Araşidik	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Y.Y. (A)	1	1.5914	2.44	0.1976	2.17	0.2914	0.24	1.5408	0.79	0.0140	2.21
Süre (B)	2	0.0257	0.04	0.0268	0.29	0.0519	0.04	0.0809	0.04	0.0011	0.17
A x B	2	0.0212	0.03	0.0358	0.39	0.1749	0.14	0.2322	0.12	0.0023	0.36
Hata	6	0.6531		0.0913		1.2185		1.9488		0.0063	

(\*) P<0.05 seviyesinde, (\*\*) P<0.01 seviyesinde önemlidir.

Çizelge 4.20. Mikrodalga fırında kavruan susamlardan tretülen tahin yağının yağ asitleri bileşimine ait varyans analizi sonuçları (399 Watt)

V.K.	SD	Palmitik		Stearik		Oleik		Linoleik		Araşidik	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Y.Y. (A)	1	1.9764	3.49	0.0161	0.60	0.0867	0.05	0.8856	0.28	0.0030	0.31
Süre (B)	2	0.4128	0.73	0.0046	0.17	0.2805	0.16	0.0553	0.02	0.0008	0.08
A x B	2	0.1038	0.18	0.0326	1.21	0.2562	0.15	0.2777	0.09	0.0054	0.55
Hata	6	0.5659		0.0269		1.7006		3.1299		0.0097	

(\*) P<0.05 seviyesinde, (\*\*) P<0.01 seviyesinde önemlidir.

#### 4.3.5. Mikrodalga fırında kavurmanın tahin yağının peroksit sayısı üzerine etkisi.

Mikrodalga fırında dört farklı güçte; iki farklı yığın yüksekliği ve her güçte üç farklı sürede kavrulmuş tahin yağının üç aylık depolama periyodunda 15'şer gün aralıklarla belirlenen ortalama peroksit sayıları Çizelge 4.21'de, bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.22'de ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.23'de verilmiştir.

1330 Watt güçte iki farklı yığın yüksekliği ve üç farklı sürede kavrulmuş tahinlerin üretimden hemen sonra ölçülen peroksit sayıları 4.98 ile 6.68 milieşdeğer/kg yağ arasında değişmiştir. Üç aylık depolama periyodu sonunda ise bu değer 7.51 milieşdeğer/kg yağ'a kadar ulaşmıştır (Çizelge 4.21). Bu güçte kavurmanın üretilen tahin örneği yağının peroksit sayısı üzerine yığın yüksekliği, süre, depolama periyodu ve yığın yüksekliği x kavurma süresi ve kavurma süresi x depolama periyodu interaksyonlarının etkisi önemli ( $P<0.01$ ,  $P<0.05$ ), yığın yüksekliği x depolama periyodu interaksyonunun etkisi ise önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.22).

Denemede kullanılan mikrodalga fırının en yüksek gücü olan 1330 Watt güçte kavurmada iki farklı yığın yüksekliğinden 1 cm de peroksit sayısı (milieşdeğer/kg) 6.64 ve 2 cm de 6.93 ile birbirinden önemli farklılık ( $P<0.05$ ) göstermiştir. Bu güçte üç farklı kavurma süresinin etkisi incelendiğinde ise en düşük peroksit sayısı (milieşdeğer/kg) 6.19 ile üç dakikalık kavurma işlemine tabi tutulan örneklerde, en yüksek peroksit sayısı (milieşdeğer/kg) ise 7.11 ile beş dakikalık işleme tabi tutulan örnekte belirlenmiş olup farklı sürelerde kavrulmuş tahin örneklerinin peroksit sayısı arasında önemli ( $P<0.05$ ) farklılık tespit edilmiştir. Yığın yüksekliği ve kavurma süresindeki artışla örneklerin peroksit sayısında artış olmuştur. Bu artışın kütle sıcaklığındaki artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim yapılan bazı çalışmalarda yağ üretimi amaçlı susam kavurulmasında süre ve sıcaklıktaki artışla üretilen yağların peroksit sayısında artış olduğu bildirilmektedir (Yoshida 1994, Yoshida ve Kajimoto 1994, Yoshida vd 1995b, Abou-Gharbia vd 1996a, 1996b, Yoshida ve Takagi 1997a). Depolama periyodu boyunca peroksit sayısında bir artış olmuş ve bu değerler arasında önemli ( $P<0.05$ ) farklılıklar belirlenmiştir. Depolama

periyodu sonunda peroksit sayısı en yüksek (milieşdeğerg/kg) 7.14 değerine ulaşmıştır (Çizelge 4.23) Nitekim Abou-Gharbia vd (1996a) yaptıkları çalışmada depolama periyodu boyunca tahin yağının peroksit sayısının önemli oranda arttığını belirlemişlerdir. Susam yağının oksidasyon hızı diğer bitkisel yağlara göre daha yavaş olmaktadır. Bu da susam yağının içermiş olduğu antioksidant maddelerden kaynaklanmaktadır. Susam yağı diğer bitkisel yağlardan sesamol, sesaminol ve sesamolin gibi farklı antioksidant maddeler içermektedir (Yoshida 1994, Yoshida ve Kajimoto 1994, Yoshida vd 1995b, Abou-Gharbia vd 1996a, 1996b, Yoshida ve Takagi 1997a). Tahin yağında kabul edilebilir en yüksek peroksit sayısı 10 milieşdeğerg/kg yağ olup, bu noktadan sonra üründeki oksidatif acılaşıma bozulma göstergesi olarak kabul edilmektedir (Anon. 1977). Örneklerin peroksit sayısı 4.62 milieşdeğerg/kg yağ ile 9.17 milieşdeğerg/kg yağ arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.21).

Mikrodalga fırının ikinci güç seviyesi olan 931 Watt güçte kavru lan örneklerden üretilen tahinlerin peroksit sayısı üzerine yığın yüksekliği, kavurma süresi, depolama periyodu ve yığın yüksekliği x kavurma süresi interaksiyonunun etkisi önemli ( $P<0.01$ ), yığın yüksekliği x depolama periyodu ve kavurma süresi x depolama periyodunun etkisi ise önemsiz olmuştur (Çizelge 4.22). Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları da yığın yüksekliği, kavurma süresi ve depolama periyodunun peroksit sayısı üzerine etkisinin önemli ( $P<0.05$ ) olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.23). Yığın yüksekliği, kavurma süresi ve depolama periyodundaki artışla örneğin peroksit sayısında bir artış gözlenmiştir. Bu güçte (931 Watt) iki farklı yığın yüksekliğinde kavru lan susamlardan üretilen tahin yağının 1 cm deki peroksit sayısı (milieşdeğerg/kg) 6.95 iken bu değer 2 cm de 7.11 olmuştur. Kavurma sürelerinin peroksit sayısı üzerine etkisi kavurma süresindeki artış ile peroksit sayısında artış olmuştur. Depolama periyodunun sonunda peroksit sayısı en yüksek değerine ulaşmıştır (Çizelge 4.23).

665 Watt güçte kavru lan susamlardan üretilen tahinlerin peroksit sayılarına ait varyans analizi sonuçları, peroksit sayısı üzerine yığın yüksekliği, kavurma süresi, depolama periyodu ve yığın yüksekliği x süre interaksiyonunun önemli ( $P<0.01$ ) yığın yüksekliği x depolama periyodu ve süre x depolama periyodunun ise önemsiz olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.22). Duncan Çoklu karşılaştırma testi sonuçları da

Çizelge 4.21. Tahin yağının üç aylık depolama periyodunda peroksit sayılarındaki meydana gelen değişmeler (milieşdeğerg/kg yağ)

Güç (Watt)	Süre (dak)	Depolama periyodu (gün)																							
		1 cm									2 cm														
		0	15	30	45	60	75	90	0	15	30	45	60	75	90										
1330	3	4.98	5.80	5.90	5.98	6.08	6.14	6.22	5.80	6.40	6.54	6.63	6.67	6.73	6.83	6.04	6.82	6.91	7.01	7.11	7.15	7.22	7.29	7.35	7.45
	4	6.04	6.88	7.02	7.10	7.26	7.34	7.44	6.17	6.91	7.04	7.18	7.30	7.38	7.47	5.84	6.52	6.65	6.72	6.84	6.91	7.01	7.06	7.14	7.22
	5	6.25	6.95	7.06	7.11	7.17	7.23	7.40	6.68	7.09	7.15	7.22	7.35	7.40	7.51	7.53	7.45	7.53	7.62	7.69	7.74	7.84	8.22	8.28	8.37
	Ort.	5.76	6.54	6.66	6.73	6.84	6.90	7.02	6.22	6.80	6.91	7.01	7.11	7.17	7.27	5.72	6.40	6.54	6.63	6.72	6.80	6.91	7.01	7.11	7.27
931	4	4.62	5.52	5.65	5.75	5.83	5.94	6.04	4.82	5.72	5.84	5.91	5.96	6.04	6.13	7.06	7.45	7.53	7.62	7.69	7.74	7.84	8.22	8.28	8.37
	6	6.46	7.10	7.21	7.30	7.39	7.45	7.55	6.65	7.45	7.53	7.62	7.69	7.74	7.84	7.06	7.45	7.53	7.62	7.69	7.74	7.84	8.22	8.28	8.37
	8	7.25	7.94	8.02	8.11	8.19	8.27	8.39	7.34	8.01	8.07	8.13	8.22	8.28	8.37	7.06	7.45	7.53	7.62	7.69	7.74	7.84	8.22	8.28	8.37
	Ort.	6.11	6.85	6.96	7.05	7.14	7.22	7.33	6.27	7.06	7.15	7.22	7.29	7.35	7.45	6.04	6.72	6.84	6.91	7.01	7.11	7.22	7.29	7.35	7.45
665	10	6.44	7.24	7.39	7.47	7.57	7.62	7.72	5.42	6.04	6.21	6.31	6.41	6.83	6.91	7.06	7.45	7.53	7.62	7.69	7.74	7.84	8.22	8.28	8.37
	12	6.96	7.65	7.73	7.84	7.89	7.94	8.04	6.27	7.42	7.52	7.58	7.65	7.72	7.83	7.06	7.45	7.53	7.62	7.69	7.74	7.84	8.22	8.28	8.37
	14	8.45	8.85	8.92	8.99	9.21	9.25	9.36	8.00	8.69	8.78	8.89	8.95	9.02	9.10	7.06	7.45	7.53	7.62	7.69	7.74	7.84	8.22	8.28	8.37
	Ort.	7.28	7.91	8.01	8.10	8.22	8.27	8.37	6.56	7.38	7.50	7.59	7.67	7.86	7.78	6.04	6.72	6.84	6.91	7.01	7.11	7.22	7.29	7.35	7.45
399	30	6.32	7.06	7.32	7.41	7.50	7.56	7.67	6.66	7.15	7.34	7.39	7.59	7.68	7.79	7.06	7.45	7.53	7.62	7.69	7.74	7.84	8.22	8.28	8.37
	40	7.27	7.87	7.98	8.10	7.86	7.93	8.36	7.31	7.97	8.13	8.21	8.30	8.35	8.46	7.06	7.45	7.53	7.62	7.69	7.74	7.84	8.22	8.28	8.37
	50	7.84	8.27	8.33	8.42	8.52	8.56	8.73	8.19	8.80	8.90	8.98	9.05	9.08	9.17	7.06	7.45	7.53	7.62	7.69	7.74	7.84	8.22	8.28	8.37
	Ort.	7.14	7.73	7.88	7.98	7.96	8.02	8.25	7.39	7.97	8.12	8.19	8.31	8.37	8.47	6.04	6.72	6.84	6.91	7.01	7.11	7.22	7.29	7.35	7.45
Ortalama	6.57	7.26	7.38	7.47	7.54	7.60	7.74	6.61	7.30	7.42	7.50	7.60	7.69	7.74	6.04	6.72	6.84	6.91	7.01	7.11	7.22	7.29	7.35	7.45	
Şahit	8.32		8.59		8.74		8.81	8.76		8.89		8.97		8.97											

4.22. Tahin yağının üç aylık depolama periyodunda peroksit sayısına ait varyans analizi sonuçları

V.K.	Güç (Watt)		1330		931		665		399	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO
Y.Y. (A)	1	1.7835	185.78**	0.5472	48.31**	9.2734	605.35**	1.1387	62.43**	1.1387
Süre (B)	2	7.2884	759.18**	40.705	3593.68**	32.134	2097.61**	12.150	666.21**	12.150
D.P. (C)	6	1.7672	184.08**	1.8899	166.85**	1.7395	113.55**	1.5907	87.22**	1.5907
A x B	2	0.6820	71.03**	0.1160	10.24**	1.1876	77.52**	0.3752	20.57**	0.3752
A x C	6	0.0175	1.83	0.0025	0.22	0.0096	0.63	0.0006	0.03	0.0006
B x C	12	0.0208	2.16*	0.0127	1.12	0.0243	1.59	0.0148	0.81	0.0148
Hata	54	0.0980		0.0113		0.0153		0.0182		0.0182

(\*) P<0.05 seviyesinde. (\*\*) P<0.01 seviyesinde önemlidir.

4.23. Tahin yağının üç aylık depolama periyodunda peroksit sayısı değişimine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Güç (Watt)	Y.Y. (cm)		Süre			Depolama periyodu (gün)						
	1	2	3 (dak)	4 (dak)	6 (dak)	0	15	30	45	60	75	90
1330	6.64 <sup>b</sup>	6.93 <sup>a</sup>	$\frac{3(dak)}{6.19^c}$	$\frac{4(dak)}{7.04^b}$	$\frac{4(dak)}{7.36^b}$	5.99 <sup>f</sup>	6.67 <sup>e</sup>	6.79 <sup>d</sup>	6.87 <sup>c</sup>	6.97 <sup>b</sup>	7.04 <sup>b</sup>	7.14 <sup>a</sup>
931	6.95 <sup>b</sup>	7.11 <sup>a</sup>	$\frac{4(dak)}{5.70^c}$	$\frac{6(dak)}{7.36^b}$	$\frac{8(dak)}{8.04^a}$	6.19 <sup>f</sup>	6.96 <sup>e</sup>	7.06 <sup>d</sup>	7.14 <sup>cd</sup>	7.21 <sup>ob</sup>	7.29 <sup>b</sup>	7.38 <sup>a</sup>
665	8.03 <sup>a</sup>	7.36 <sup>b</sup>	$\frac{10(dak)}{6.83^c}$	$\frac{12(dak)}{7.36^b}$	$\frac{14(dak)}{8.89^a}$	6.93 <sup>e</sup>	7.56 <sup>d</sup>	7.68 <sup>c</sup>	7.76 <sup>c</sup>	7.87 <sup>b</sup>	7.98 <sup>a</sup>	8.08 <sup>a</sup>
399	7.89 <sup>b</sup>	8.12 <sup>a</sup>	$\frac{30(dak)}{7.32^c}$	$\frac{40(dak)}{8.06^b}$	$\frac{50(dak)}{8.63^a}$	7.27 <sup>e</sup>	7.85 <sup>d</sup>	8.00 <sup>c</sup>	8.09 <sup>c</sup>	8.20 <sup>b</sup>	8.25 <sup>ab</sup>	8.36 <sup>a</sup>

Değişik harfler P<0.05 düzeyinde ortalamaların farklılığını göstermektedir.

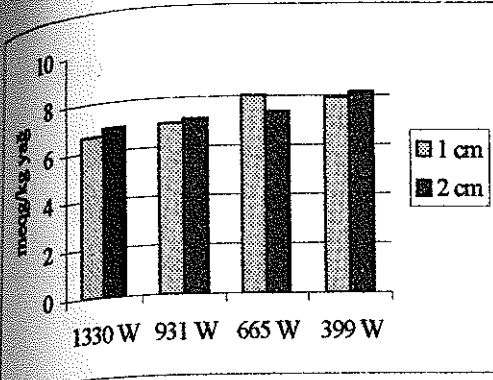


yığın yüksekliği, süre ve depolama periyodunun örneklerin peroksit sayısı üzerine etkisinin önemli ( $P < 0.05$ ) olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.23). Bu güçte (665 Watt) iki farklı yığın yüksekliğinde kavru lan susamlardan üretilen tahin yağının 1 cm deki peroksit sayısı (milieşdeğerg/kg) 8.03 iken bu değer 2 cm de 7.36 olmuştur. Kavurma süresindeki artışla örneklerin peroksit sayısında artış gözlenmiştir. Depolama periyodunun sonunda peroksit sayısı en yüksek değerine ulaşmıştır (Çizelge 4.23).

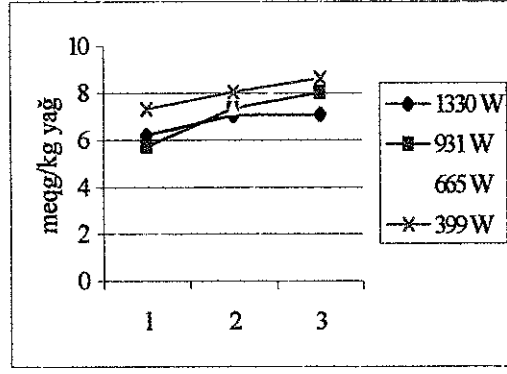
Denemede kullanılan en düşük güç seviyesi olan 399 Watt güçte kavru lan örneklerin peroksit sayısı üzerine yığın yüksekliği, kavurma süresi, depolama periyodu ve yığın yüksekliği x süre interaksiyonunun önemli ( $P < 0.01$ ) etkisi, yığın yüksekliği x depolama periyodu ve süre x depolama periyodu interaksiyonunun etkisi ise önemsiz olmuştur (Çizelge 4.22). Duncan Çoklu karşılaştırma testi sonuçları da yığın yüksekliği, süre ve depolama periyodunun peroksit sayısı üzerine etkisinin önemli ( $P < 0.05$ ) olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.23).

Bu güçte (399 Watt) iki farklı yığın yüksekliğinde kavru lan susamlardan üretilen tahin yağının 1 cm deki peroksit sayısı (milieşdeğerg/kg) 7.89 iken bu değer 2 cm de 8.12 olmuştur (Çizelge 4.23). Diğer güçlerde olduğu gibi kavurma süresindeki artışla örneğin peroksit sayısında artış olmuştur. Depolama periyodunun sonunda peroksit sayısı bu güçteki en yüksek değerine ulaşmıştır (Çizelge 4.23).

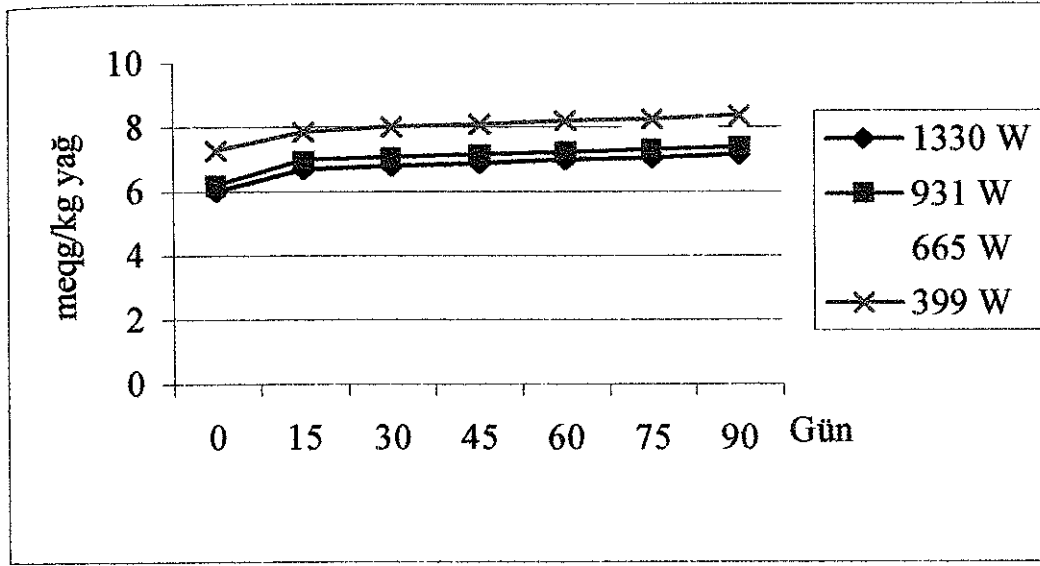
Üç aylık depolama periyodunda; dört farklı mikrodalga gücünde iki farklı yığın yüksekliği ve üç farklı sürede kavru larak üretilen tahin yağının peroksit sayısındaki değişimler Şekil 4.8 Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da gösterilmiştir. En yüksek peroksit sayısı en düşük güçte (399 Watt) kavru lan örnekte, en düşük peroksit sayısı ise mikrodalga fırının ikinci güç seviyesi olan 931 Watt güçte 4 dakika süre ile kavru lan örnekte tespit edilmiştir (Çizelge 4.21). Nitekim peroksit sayısı üzerine işlemin uygulama süresi ve sıcaklığının önemli etkisi olduğu belirtilmektedir. Tahin üretiminde diğer bir çok kalite kriteri üzerine etkisi bakımında da kavurma, işlemin anahtar basamağıdır. Bu nedenle optimum kavurma sıcaklık ve süresinin belirlenmesi oldukça önemlidir (Yoshida ve Kajimoto 1994, Abou-Gharbia vd 1996a)



Şekil 4.8. Tahin yağının peroksit sayısı üzerine yığın yüksekliğinin etkisi



Şekil 4.9. Tahin yağının peroksit sayısı üzerine kavurma süresinin etkisi



Şekil 4.10. Tahin yağının peroksit sayısı üzerine depolama periyodunun etkisi

Sonuçlar tahin yağının oda şartlarında üç ay süre saklanmasıyla yağların peroksit sayısının kritik üst sınır olan 10 milieşdeğer/kg yağ sınırının altında kaldığını, mikrodalga fırında yapılan tüm muamelelerde bu sınırın aşılmadığı, ancak mikrodalganın gücü, yığın yüksekliği ve kavurma süresinin peroksit sayısını etkilediğini, depolama süresinin uzamasına bağlı olarak peroksit sayısının arttığı görülmüştür.

#### 4.3.6. Mikrodalga fırında kavurmanın tahin yağının ayrılma oranı üzerine etkisi.

Mikrodalga fırında dört farklı güç, iki farklı yığın yüksekliği ve her güçte üç farklı sürede kavularak üretilen tahin yağının üç aylık depolama periyodunda 15'şer gün aralarla belirlenen ayrılma oranı ortalamaları Çizelge 4.24'de, ortalamalara ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.25'de ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Denemede kullanılan en yüksek mikrodalga gücü olan 1330 Watt'ta kavurmanın üretilen tahin örneği yağının ayrılma oranı üzerine depolama periyodunun, yığın yüksekliği ve yığın yüksekliği x süre interaksiyonunun etkisi önemli ( $P < 0.01$ ,  $P < 0.05$ ), kavurma süresi, yığın yüksekliği x depolama periyodu ve süre x depolama periyodu interaksiyonlarının etkisi ise önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.25). Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları da yığın yüksekliği ve depolama periyodunun örnekten ayrılan yağ miktarı üzerine önemli ( $P < 0.05$ ) etkisi olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.26). Ancak depolama periyodunun 75. gününden sonra ayrılan yağ oranındaki değişim önemsiz olmuştur. Bu da tahinde yağın önemli miktarının ilk 75 gün içinde ayrıldığını bundan sonra ayrılan yağ oranının önemsiz olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.26). Damir (1984) tahin yağının ayrılması üzerine bir çalışmada tahini üç ay süreyle depolamıştır. Bu süre sonunda ayrılan yağ oranı % 7.6'ya ulaşmıştır. Araştırmacı tahinde yağ ayrılmasını önlemek için gliserol monostearat kullanımını önermektedir. Cemeroglu ve Acar (1986) da tahinde yağ ayrılmasını önlemede lesitin kullanımının başarılı olabileceğini belirtmektedir. Buradan tahinde yağ ayrılmasını önleyici çalışmalara hala ihtiyaç olduğu görülmektedir.

931 Watt güçte kavru lan susamlardan üretilen tahinlerde yağın ayrılma oranı üzerine kavurma süresi, depolama periyodu ve yığın yüksekliği x süre interaksiyonunun etkisi önemli ( $P < 0.01$ ), yığın yüksekliği ve yığın yüksekliği x depolama periyodu ve süre x depolama periyodu interaksiyonunun etkisi ise önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.25). Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları da örnekten ayrılan yağ oranı üzerine kavurma süresi ve depolama periyodunun önemli ( $P < 0.05$ )

Çizelge 4.24. Tahin yağının üç aylık depolama periyodunda % ayrılma oranları

Güç (Watt)	Süre (dak)	Depolama periyodu (gün)																	
		1 cm									2 cm								
		0	15	30	45	60	75	90	0	15	30	45	60	75	90				
1330	3	0.00	3.73	5.36	6.71	7.31	7.75	8.05	0.00	4.77	6.56	7.60	9.24	9.69	9.69				
	4	0.00	3.28	5.07	6.71	7.75	8.80	9.24	0.00	4.92	6.56	8.20	9.39	10.29	10.43				
	5	0.00	4.62	5.82	7.60	8.50	9.83	9.99	0.00	3.87	5.52	6.85	8.34	9.09	9.24				
	Ort.	0.00	3.87	5.41	7.01	7.84	8.80	9.09	0.00	4.52	6.21	7.55	8.99	9.69	9.79				
931	4	0.00	4.47	6.41	8.34	9.24	10.43	10.43	0.00	2.38	3.73	4.92	5.66	6.41	6.41				
	6	0.00	3.58	5.36	8.05	9.24	10.43	11.32	0.00	3.87	5.96	7.60	8.50	9.39	9.39				
	8	0.00	4.03	5.96	7.90	9.09	10.58	10.73	0.00	7.15	9.09	11.03	12.22	13.11	13.11				
	Ort.	0.00	4.03	5.91	8.09	9.19	10.48	10.82	0.00	4.47	6.26	7.84	8.80	9.63	9.63				
665	10	0.00	2.68	4.17	5.82	7.31	8.20	8.20	0.00	5.36	6.85	8.34	8.94	10.13	10.29				
	12	0.00	2.09	4.33	5.52	7.45	8.50	9.24	0.00	7.75	9.54	11.32	13.11	13.71	14.16				
	14	0.00	4.03	5.66	7.60	8.64	10.13	11.18	0.00	5.07	6.56	8.34	9.83	10.58	11.18				
	Ort.	0.00	2.93	4.72	6.31	7.80	8.94	9.54	0.00	6.06	7.65	9.33	10.63	11.48	11.87				
399	30	0.00	5.96	7.75	9.24	11.03	11.78	12.37	0.00	6.56	8.80	10.73	12.07	13.11	13.56				
	40	0.00	5.07	7.15	8.64	10.43	11.92	12.67	0.00	8.50	11.03	12.37	13.56	14.01	14.60				
	50	0.00	3.73	5.52	7.45	9.39	10.73	11.32	0.00	3.28	5.52	7.15	8.80	9.83	10.73				
	Ort.	0.00	4.92	6.81	8.44	10.28	11.48	12.12	0.00	6.11	8.45	10.08	11.48	12.32	12.96				
Ortalama	0.00	3.94	5.71	7.46	8.78	9.92	10.39	0.00	5.29	7.14	8.70	9.97	10.78	11.06					
Şahit	0.00		4.17		5.96		8.34		8.94		10.13		10.43						

Çizelge 4.25. Tahin yağının üç aylık depolama periyodunda % ayrılma oranına ait varyans analizi sonuçları

V.K.	Güç (Watt)		1330		931		665		399	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO
Y.Y. (A)	1	9.5411	4.73*	1.5266	0.63	131.74	40.18**	23.157	9.75**	
Süre (B)	2	0.6481	0.32	44.822	18.64**	12.361	3.77*	53.620	22.57**	
D.P. (C)	6	136.51	67.70**	163.65	68.07**	172.36	52.57**	231.14	97.32**	
A x B	2	7.1117	3.53*	49.763	20.70**	34.689	10.58**	15.808	6.66**	
A x C	6	0.3771	0.19	1.0826	0.45	4.2228	1.29	0.9606	0.40	
B x C	12	0.2509	0.12	1.6247	0.68	0.9777	0.30	1.6434	0.69	
Hata	54	2.0165		2.4042		3.2788		2.3752		

(\*) P<0.05 seviyesinde, (\*\*) P<0.01 seviyesinde önemlidir.

Çizelge 4.26. Tahin yağının üç aylık depolama periyodunda % ayrılma oranına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

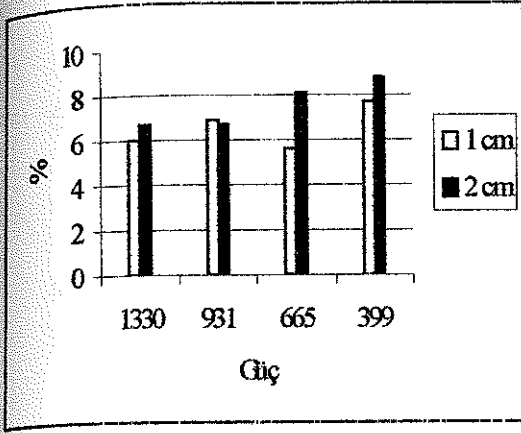
Güç (Watt)	Y.Y. (cm)		Süre		Depolama periyodu (gün)							
	1	2	4 (dak)	6 (dak)	0	15	30	45	60	75	90	
			3 (dak)	4 (dak)	5 (dak)							
1330	6.00 <sup>b</sup>	6.68 <sup>a</sup>	6.17 <sup>a</sup>	6.47 <sup>a</sup>	6.38 <sup>a</sup>	0.00 <sup>e</sup>	4.20 <sup>d</sup>	5.81 <sup>c</sup>	7.28 <sup>b</sup>	8.42 <sup>ab</sup>	9.24 <sup>a</sup>	9.44 <sup>a</sup>
931	6.93 <sup>a</sup>	6.66 <sup>a</sup>	4 (dak)	6 (dak)	8 (dak)	0.00 <sup>e</sup>	4.25 <sup>d</sup>	6.08 <sup>c</sup>	7.97 <sup>b</sup>	8.99 <sup>ab</sup>	10.06 <sup>a</sup>	10.23 <sup>a</sup>
665	5.64 <sup>b</sup>	8.15 <sup>a</sup>	10 (dak)	12 (dak)	14 (dak)	0.00 <sup>d</sup>	4.50 <sup>c</sup>	5.81 <sup>c</sup>	7.81 <sup>b</sup>	9.21 <sup>ab</sup>	10.21 <sup>a</sup>	10.70 <sup>a</sup>
399	7.72 <sup>b</sup>	8.77 <sup>a</sup>	30 (dak)	40 (dak)	50 (dak)	0.00 <sup>f</sup>	5.51 <sup>e</sup>	7.62 <sup>d</sup>	9.26 <sup>c</sup>	10.88 <sup>b</sup>	11.90 <sup>ab</sup>	12.54 <sup>a</sup>

Değişik harfler P<0.05 düzeyinde ortalamaların farklılığını göstermektedir.

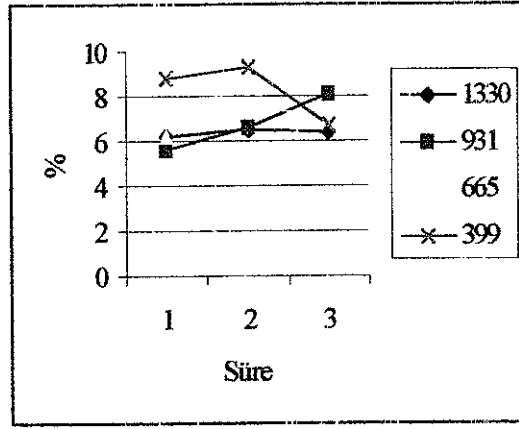
etkisi olduğunu göstermiştir. Ancak depolama periyodunun 75. gününden sonra ayrılan yağın oranındaki değişim önemsiz olmuştur (Çizelge 4.26).

Mikrodalga fırının üçüncü güç seviyesi olan 665 Watt güçte kavru olarak elde edilen tahin örneği yağının ayrılma oranı üzerine yağın yüksekliği, kavurma süresi, depolama periyodu ve yağın yüksekliği x süre interaksiyonunun etkisi önemli ( $P < 0.01$ ,  $P < 0.05$ ), yağın yüksekliği x depolama periyodu ve süre x depolama periyodu interaksiyonlarının etkisi ise önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.25). Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları da yağın yüksekliği, kavurma süresi ve depolama periyodunun ayrılan yağ oranı üzerine önemli ( $P < 0.05$ ) etkisi olduğunu göstermiştir. Ancak diğer güçlerde olduğu gibi depolama periyodunun 75. gününden sonra ayrılan yağın oranındaki değişim önemsiz olmuştur (Çizelge 4.26). Örneklerin kavrulmasında kullanılan en düşük mikrodalga gücü olan 399 Watt güçte kavru olan susamlardan elde edilen tahinlerde yağ ayrılma oranı üzerine yağın yüksekliği, kavurma süresi, depolama periyodu ve yağın yüksekliği x süre interaksiyonunun etkisi önemli ( $P < 0.01$ ), yağın yüksekliği x depolama periyodu ve süre x depolama periyodu interaksiyonunun etkisi ise önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.25). Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları da yağın yüksekliği ve depolama periyodunun etkisinin örneklerin ayrılan yağ oranı üzerine önemli ( $P < 0.05$ ) etkisi olduğunu göstermiştir. Nitekim kavurma sürelerinden 50 dakikalık kavurma işlemine tabi tutulan örnekteki yağ ayrılma oranı 30 ve 40 dakika süreyle kavru örneklerdeki yağ ayrılma oranından önemli ( $P < 0.05$ ) farklılık göstermiştir. Bu güçte de depolama periyodunun 75. gününden sonra ayrılan yağın oranındaki değişim önemsiz olmuştur (Çizelge 4.26). Bu da tahinde yağ ayrılma oranının 75 günlük depolama periyodundan sonra önemsiz seviyeye indiğini göstermektedir. Şekilde 4.13'de de görüleceği üzere yağ ayrılma hızı depolama periyodu boyunca azalmaktadır. Susam tohumunun klasik yöntemle kavru olması ile üretilen tahin yağındaki ayrılma oranı da mikrodalga fırında kavru olarak üretilen örneklerle benzerlik göstermekte olup üç aylık depolama periyodu sonunda bu oran %10.43'e ulaşmıştır. Mikrodalga fırında kavru olarak üretilen örneklerde ise bu değer ortalama %11.06 olarak tespit edilmiştir.

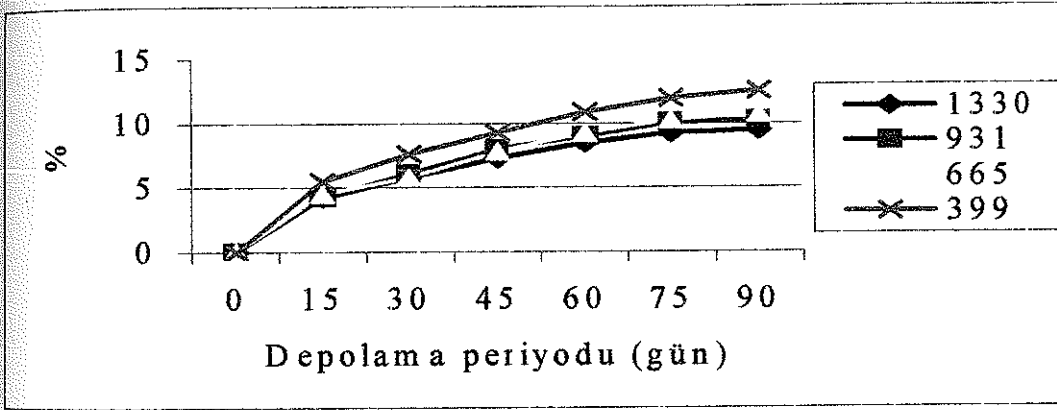
Dört farklı mikrodalga gücü kullanılarak kavru olan susamlardan üretilen tahinlerde yağ ayrılma oranı üzerine iki farklı yağın yüksekliği, üç farklı süre ve üç aylık depolama periyodunun etkisi Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Yiğın yüksekliğinin yağ ayrılma oranı üzerine etkisi



Şekil 4.12. Sürenin yağ ayrılma oranı üzerine etkisi



Şekil 4.13. Depolama periyodunun yağ ayrılma oranı üzerine etkisi

Sonuçlar oda şartlarında depolanan tahinlerde yağ ayrılmasının olduğunu, ayrılmanın giderek azalan oranda olduğunu ve 75. günden itibaren çok azaldığını göstermiştir. Ayrıca klasik usül ve mikrodalga fırın kullanılarak kavrulan susamlardan elde edilen tahinlerde yağ ayrılma oranının farklı olmadığı belirlenmiştir. Tüketiciyi olumsuz etkileyen yağ ayrılmasını önlemek için değişik emülgatörler kullanılarak yapılacak çalışmalara ihtiyaç görülmektedir.

## 5. SONUÇ

Susam önemli yağlı bitkilerimizden birisi olup, ülkemizde Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, Marmara ve Ege bölgeleri bu bitkinin tarımının yaygın olduğu bölgelerdir. Özellikle Şanlıurfa, Antalya, Muğla ve Mersin üretimin en fazla yapıldığı illerdir.

Susam tohumu dünyada en fazla yağ üretiminde olmak üzere değişik şekillerde pastacılıkta, çörekçilik ve ekmekçilikte kavrulmuş veya ham olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde ise susamın en fazla kullanıldığı ürün tahindir.

Bu araştırmada susam tohumu ve yağının pek çok fiziksel ve kimyasal özelliği tespit edilmiştir. Ayrıca susam tohumlarının mikrodalga fırında ve klasik yöntemle kavrulup tahine işlenerek, tahinlerin önemli kalite karakteristikleri belirlenip, mikrodalga fırından bu amaçla yararlanılabileceği ortaya konmuştur.

Mikrodalga fırında kavurma, dört farklı güç seviyesi, iki farklı yığın yüksekliği ve her güçte üç farklı sürede gerçekleştirilmiştir. Ayrıca üretilen tahinler üç ay süreyle depolanmış, depolama sürecinde belirli periyotlarda tahin yağının peroksit sayısı ve hacimce ayrılan yağ oranı belirlenerek yağın stabilitesi değerlendirilmiştir. Belirlenen özellikler üzerine yığın yüksekliği ve kavurma süresinin önemli ( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ ) etkisi olmuştur. Ancak bu faktörler tahin yağının yağ asitleri bileşiminde önemli bir değişikliğe sebep olmamıştır. Mikrodalga fırında kavurmanın su, serbest yağ asitliği, yağ asitleri bileşimi, peroksit sayısı ve ayrılan yağ oranı gibi özellikler açısından klasik kavurma yöntemi yerine alternatif olarak kullanılabileceği, renk değerleri (L, a, b) ile klasik yöntemle karşı bir üstünlüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca mikrodalga fırın ile susam kavurulmasının çok daha kısa sürede gerçekleştirilebileceği belirlenmiştir. Belirlenen kalite karakteristiklerini daha da geliştirmek amacıyla daha detaylı çalışmalara gereksinim olduğu anlaşılmıştır.

Elde edilen veriler yapılacak yeni çalışmalara önemli katkılar sağlayabilecek ve yön verebilecek niteliktedir.



## 6. KAYNAKLAR

- ABOU-GHARBIA, H.A., SHEHATA, A.A.Y., YOUSSEF, M. and SHAHIDI, F. 1996a Oxidative stability of sesame paste (tehina) *Journal of Food Lipids*, 3: 129-137.
- ABOU-GHARBIA, H.A., SHAHIDI, F., SHEHATA, A.A.Y. and YOUSSEF, M.M. 1996b Oxidative stability of extracted sesame oil from raw and processed seeds *Journal of Food Lipids*, 3: 59-72.
- ABOU-GHARBIA, H.A., SHAHIDI, F., SHEHATA, A.A.Y. and YOUSSEF, M.M. 1997. Effects of processing on oxidative stability of sesame oil extracted from intact and dehulled seeds *JAOCS*, 74(3): 215-221
- AKGÜL, A. 1993. Baharat Bilimi & Teknolojisi. Selçuk Üni. Ziraat Fak. Gıda Bilimi ve Teknolojisi Böl., Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:15, Ankara, 235 ss.
- ALTUĞ, T., DEMİRAĞ, K., KURTCAN, Ü ve İÇİBAL, N. 1994. Food Quality Control, II Baskı. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayın No:85, İzmir, 171 ss.
- ANDREWS, G. 1991. Safe foods by microwaves. *Food Manufacture*, 66(7): 25-26.
- ANONİM 1975 TS-889 Yemeklik Susam Yağı Standardı, TSE, Ankara, 8 ss.
- ANONİM 1976 TS-311 Susam Tohumu Standardı, TSE, Ankara, 6 ss.
- ANONİM 1977 Tahin TS-2589, TSE, Ankara, 8 ss.
- ANONİM, 1983. Gıda Maddeleri Muayene ve Analiz Yöntemleri Kitabı. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Gıda İşleri Genel Müdürlüğü. Yayın No:62, Ankara, 875 ss.
- ANONİM, 1998. Türkiye İstatistik Yıllığı. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü.
- ANONYMOUS, 1989a Analytical Methods Varian Australia Pty. Ltd. Mutgrave Victoria, Publication No:85, Australia.
- ANONYMOUS, 1989b Microwave food processing *Food Technology*, 43(1): 117-126.
- ANONYMOUS, 1990. Microwave matters *Food Processing*, 59(2): 43-47.
- ANONYMOUS, 1999. Fao Production Year Book, Roma
- AYTAÇ, S.A. ve ÖZBAŞ, Z.Y. 1992. Elektriğin antimikrobiyal etkisi. Gıda Mühendisliği Kongresi, İzmir, 27 Nisan-1 Mayıs, 337-346.

- BARBEAU, W.E. and SCHNEPF, M. 1989. Sensory attributes and thiamine content of roasting chickens cooked in a microwave, convection microwave and conventional electric oven. *Journal of Food Quality*, 12: 203-213.
- BASHA, S.M. and YOUNG, C.T. 1985. Changes in the polypeptide composition of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seed during oil roasting. *J. Agric. Food Chem.*, 33: 350-354.
- BAYDAR, H. 1997. Türkiye Susam (*Sesamum indicum* L.) Populasyonlarında Bazı Özelliklerin Varyasyonu ve Verim ile Kalite Tipi Hat Geliştirme Olanakları, Akdeniz Üni Fen Bil. Enst (Doktora Tezi), Antalya.
- BEGÜM, S. and BREWER, M.S. 1997. Microwave blanching effects on color, chemical and sensory characteristics of frozen asparagus. *Journal of Food Quality*, 20, 471-481.
- BENNETT, M.R., IMRIE, B.C., RAYMOND, L. and WOOD, I.M. 1997. Grade standards for sesame seed and sesame oil. Northern Territory Department of Primary Industry & Fisheries, Australia, 5pp.
- BOWS, J.R., PATRICK, M.L., JANES, R., METAXAS, A.C.R. and DIBBEN, D.C. 1999. Microwave phase control heating. *Int. Journal of Food Sci. and Technology*, 34: 295-304.
- BOYES, S., CHEVIS, P., HOLDEN, J. and PERERA, C. 1997. Microwave and water blanching of corn kernels: Control of uniformity of heating during microwave blanching. *Journal of Food Processing and Preservation*, 21: 461-484.
- CEMEROĞLU, B. ve ACAR, J. 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Literatür Yayıncılık-Dağıtım-Pazarlama Sanayi ve Tic. Lmt. Şti, Ankara, 496 ss.
- CERTEL, M., 1990. Makarnalık (Tr. Durum) ve Ekmeklik (Tr. Aestivum) Buğdaylardan Farklı Isıl İşlem Uygulamalarıyla Üretilen Bulgur ve Ürünlerinin Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri. (Doktora Tezi). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enst., Erzurum, 130 ss.
- DAMIR, A.A. 1984. Utilization of sunflower seeds in tahina and halawa processing. *Food Chem.*, 14: 83-92.
- DEMİRAY, K. 1985. Temel Türkçe Sözlük, 2 Baskı, Ankara Ofset A.Ş. İstanbul.
- DÜZGÜNEŞ, O., KESİCİ, T., KAVUNCU, O. ve GÜRBÜZ, F. 1987. Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1021, Ankara, 381 ss.
- ELGÜN, A., ERTUGAY, Z., CERTEL, M. ve KOTANCILAR, H.G. 1999. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Klavuzu. Atatürk Üniversitesi Yayın No: 867, Erzurum, 245ss.

- ERCAN, B., ACAR, J. ve AŞKIN, O. 1989. Mikroalgalar, gıda endüstrisinde kullanım alanları ve mikroorganizmaların üzerine etkileri. *Gıda* 14(3): 141-148.
- ERKMEN, O. 2000. Kalite ve güvenli gıda üretimi için ışınlama yöntemi. *Dünya Gıda* 6(200002): 58-61
- EVES, G. 1996. Industrial microwave food processing. *Microwave World*, 17(1): 15-18.
- EYGİ, G. ve ÖZKAN, N. 1996. Tahinin Pekmez ve Balla Sürülebilme Niteliğinin Araştırılması. T.C. Ege Üniversitesi, Müh. Fak., Gıda Müh. Böl., İzmir.
- FUKUDA, Y., NAGATA, M., OSAWA, T. and NAMIKI, M. 1986a. Contribution of lignan analogues to antioxidative activity of refined unroasted sesame seed oil. *JAOCs*, 63(8): 1027-1031.
- FUKUDA, Y., NAGATA, M., OSAWA, T. and NAMIKI, M. 1986b. Chemical aspects of the antioxidative activity of roasted sesame seed oil, and the effect of using the oil for frying. *Agric. Biol. Chem.*, 50 (4): 857-862.
- FUKUDA, F., ISOBE, M., NAGATA, M., OSAWA, T. and NAMIKI, M. 1986c. Acidic transformation of sesamol, the sesame oil constituent, into an antioxidant bisepoxylignan, sesaminol. *Heterocycles*, 24(4): 923-926.
- FULTON, L. and DAVIS, C. 1983. Roasting and braising beef roasts in microwave ovens. *J. American Dietetic Association*, 83(5): 560-563
- GARCES, R. and MANCHA, M. 1993. One step lipid extraction and fatty acids methyl esters preparation from tree plant tissues. *Analytical Biochemistry*, 211, 139-143.
- GARCI, R., LEAL, F. and ROLZ, C. 1988. Drying of bananas using microwave and air ovens. *Int. Journal of Food Sci and Technology*, 23: 73-80.
- GOEDEKEN, D.L., TONG, C.H. and LENTZ, R.R. 1991. Design and calibration of a continuous temperature measurement system in a microwave cavity by infrared imaging. *Journal of Food Processing and Preservation*, 15: 331-337.
- HAMILTON, R.J. and BHATI, A. 1987. Recent Advances In Chemistry and Technology of Fats and Oils, Elsevier Applied Science Publishers Ltd., Crown House, Linton Road, Barking, Essex, 1611 8JU, England.
- HAN, L.M. and ADAMS, J.M. 1984. Liquid chromatographic determination of adulteration of sesame oil. *JAOCs*, 67(5): 916-918.
- HILL, M.A. 1994. Vitamin retention in microwave cooking and cook-chill foods. *Food Chemistry*, 49: 131-136.

- KACAR, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. A.Ü.Zir. Fak. Yay. 453, Ankara
- KAMAL ELDIN, A., YOUSIF, G. and APPELQVIST L.A., 1991 Thin layer chromatographic separation of seed oil unsaponifiables from four *Sesamum* species. *JAOCs*, 68(11): 844-847.
- KAMAL-ELDIN, A. and APPELQVIST, L.Å. 1994a. Variation in the composition of sterols, tocopherols and lignans in seed oils from four *Sesamum* species. *JAOCs*, 71(2): 149-156.
- KAMAL-ELDIN, A. and APPELQVIST, L.Å. 1994b. Variations in fatty acid composition of the different acyl lipids in seed oils from *Sesamum* species. *JAOCs*, 71(2): 135-139.
- KERMASHA, S., BISAKOWSKI, B., RAMASWAMY, H. and VAN DE VOORT, FR. 1993 Thermal and microwave inactivation of soybean lipoxygenase. *Lebensm.-Wiss.u.-Technol.*, 26: 215-219.
- KESKİN, H. 1987. Besin Kimyası, Cilt 1. 5. Baskı, İstanbul Üniversitesi Sıra 3450 Mühendislik Fak. No:72, İstanbul.
- KIKUGAWA, K., ARAI, M. and KURECHI, T. 1983 Participation of sesamol in stability of sesame oil. *JAOCs*, 60(8): 1528-1532.
- KILIÇOĞLU, S., ARAZ, N. ve DEVRİM, H. 1987. Büyük Lügat ve Ansiklopedi (Meydan-Larousse), Meydan Yayınevi, Cağaloğlu, İstanbul.
- KING, M.F., MATTHEWS, M.A., RULE, D.C. and FIELD, R.A. 1995 Effect of beef packaging method on volatile compounds developed by oven roasting or microwave cooking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(3): 773-778.
- KOMOLPRASERT, V. and OFOLI, R.Y. 1989. Mathematical modeling of microwave heating by the method of dimensional analysis. *Journal of Food Processing and Preservation*, 13: 87-106.
- LAWAL, R.O. 1986. Effect of roasting on the chemical composition of the seeds of *Treculia africana*. *Food Chemistry*, 22: 305-314.
- LINDLER, P. and KINSELLA, J.E. 1991. Study of hydration process in tehina. *Food Chem.*, 42: 301-319.
- MUDGETT, R.E. 1982. Electrical properties of foods in microwave processing. *Food Technology*, 2, 109-115
- MUDGETT, R.E. 1988. Electromagnetic energy and food processing. *J. of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 23(4): 225-230

- MUDGETT, R.E. 1989. Microwave food processing. *Food Technology*, 1, 117-126.
- NAS, S., GÖKALP, H.Y. ve ÜNSAL, M. 1998. Bitkisel Yağ Teknolojisi Pamukkale Üni Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları, Yayın No: 005, Denizli, 329 ss
- NDIFE, M.K., ŞUMNU, G. and BAYINDIRLI, L. 1998a. Dielektrik properties of six different species of starch at 2450 MHz. *Food Research International*, 31(1): 43-52.
- NDIFE, M.K., ŞUMNU, G. and BAYINDIRLI, L. 1998b. Differential scanning calorimetry determination of gelatinization rates in different starches due to microwave heating. *Lebensm.-Wiss.u.-Technol.*, 31: 484-488
- NOTT, K.P., HALL, D.L., BOWS, J.R., HALE, M. and PATRICK, M.L. 1999. Three-dimensional MRI mapping of microwave induced heating patterns. *Int. Journal of Food Sci. and Technology*, 34: 305-315
- ODURA, I. and CLARKE, B. 1999. The quality assessment of gari produced by using microwave energy. *Int. Journal of Food Sci. and Technology*, 34: 365-370.
- ÖZCAN, M. ve AKGÜL, A. 1994. Tahinde fiziksel-kimyasal analizler ve yağ asitleri bileşiminin belirlenmesi. *Gıda*, 19(6): 411-416.
- ÖZCAN, M. ve AKGÜL, A. 1995. Susam tohumu ve yağının bazı bileşim özellikleri. *Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 19: 59-65.
- PALA, M. ve KARAKUŞ, M. 1991. Gıda sanayiinin gelişme perspektifinde yeni yönelimler. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Gıda Teknolojisi Araştırma Enstitüsü Bursa II Uluslararası Gıda Sempozyumu, s. 1-14. 1-3 Ekim, Bursa, 398 ss
- PARAKASH, V. 1986. Effect of sodium chloride on the extractivity of proteins from sesame seed (*Sesamum indicum* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 34: 256-259.
- PLUYER, P.R., AHMED, E.M. and WEI, C.I. 1987. Destruction of aflatoxin on peanut by oven and microwave roasting. *Journal of Food Protection*, 50(6): 504-508.
- POTTER, N.N. 1986. Food Science Fourth Edition, Published by Van Nostrand Reinhold, New York.
- POMINSKI, J. and VINNETT, C.H. 1989. Production of peanut flour from microwave vacuum-dried peanuts. *J. of Food Science*, 54(1): 187-189
- RAJENDRAN, S. and PRAKASH, V. 1988. Isolation and characterization of  $\beta$ -globulin low molecular weight protein fraction from sesame seed (*Sesamum indicum* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 36: 269-275.

- RAM, R., CATLIN, D., ROMERO, J. and COWLEY, C. 1990. Sesame: New Approaches for Crop Improvement. p. 225-228. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR.
- RAMASWAMY, H. and VAN DE VOORT, F.R. 1990. Microwave applications in food processing *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, 23(1): 17-21.
- RAO, M.A. and RIZVI, S.S.H. 1986. *Engineering properties of foods*. Marcel Dekker Inc., New York. S. 329-390.
- RICE, J. 1989. Microwave packaging technology advances. *Food Processing*, Eylül, 40-41.
- RICHARDSON, P. 1991. Microwave technology-the opportunity for food processors. *Food Science and Technology-Today*, 5(3): 146-148.
- ROBINSON, C.H., LAWYER, M.R., CHENOWETH, W.C. and GARWICK, A.E., 1986. *Norman and Therapeutic Nutrition*. Macmillan Publishing Company, New York.
- RUIZ-LOPEZ, M.D., ARTACHO, R., FERNANDEZ PINEDA, M.A., GARCIA, H.L. and MARTINEZ, M.C.L. 1995. Stability of  $\alpha$ -tocopherol in virgin olive oil during microwave heating. *Lebensm.-Wiss u -Technol.*, 28: 644-646.
- SALDAMLI, İ. ve SALDAMLI, E. 1990. *Gıda Endüstrisi Makinaları. Önder Matbaa*, Ankara, 456 ss.
- SALUNKHE, D.K., CHAVAN, J.K., ADSULE, R.N. and KADAM, S.S. 1992. *World Oilseeds Chemistry, Technology and Utilization*. An Avi Book Published by Van Nostrand Reinhold, New York.
- SAWAYA, W.N., AYAZ, M., KHALIL, J.K. and SHALHAT, A.F. 1985a. Chemical composition and nutritional quality of tehneh (Sesame butter). *Food Chemistry*, 18: 35-45.
- SAWAYA, W.N., KHALIL, J.K., AYAZ, M. and AL-MOHAMMED, M.M. 1985b. Chemical composition and nutritional quality of halva. *Nutritional Reports International*, 31(2): 389-397.
- SCHWARTZBERG, H.G. and RAO, M.A. 1990. *Biotechnology and Food Process Engineering*. Marcel Dekker Inc., New York.
- SHIMODA, M., NAGADA, Y., NAKASHIMA, M. and OSAJIMA, Y. 1997. Quantitative comparison of volatile flavor compounds in deep-roasted and light-roasted sesame seed oil. *J. Agric. Food Chem.*, 45: 3193-3196.

- SHAHIDI, F., AISHIMA, T., ABOU-GHARBA, H.A., YOUSSEF, M. and SHEHATA, A.A.Y. 1997 Effect of processing on flavor precursor amino acids and volatiles of sesame paste (tehina). *JAOCS*, 74(6): 667-678.
- SOYER, A. ve KOLSARICI, N. 1993 Mikrodalga fırında pişirmenin etlerin kalite özelliklerine etkisi. *Gıda*, 18(1): 35-43.
- SRIWATANAPONGSE, A., ŞUMNU, G. and BAYINDIRLI, A. 1991 Peroxidase inactivation and ascorbic acid degradation of selected vegetables during microwave blanching. *Gıda*, 16(4): 233-236.
- STEELE, R.J. 1987. Microwaves in the food industry. *CSIRO-Food-Research-Quarterly*, 47(4): 73-78.
- SWERN, D., FORMO, M.W., JUNGERMANN, E., NORRIS, F.A. and SONNTAG, N.O.V. 1979. Bailey's Industrial Oil and Fat Products Volume 1, Fourth edition, New York.
- TAJCHAKAVIT, S. and RAMASWAMY, H.S. 1997. Continuous flow microwave inactivation kinetics of pectin methyl esterase in orange juice. *J. of Food Processing and Preservation*, 21: 365-378.
- TASHIRO, I., FUKUDA, Y., OSAWA, T. and NAMIKI, M. 1990 Oil and minor components of sesame (*Sesamum indicum* L.) strains. *JAOCS*, 67(8): 508-511.
- THOM, M.L. and YEOW, Y.L. 1994 An investigation into the use of microwave heating for the UHT treatment of viscous liquid foods. *Food and Bioproducts-Processing*, 72(1): 55-59.
- TÖMEK, S.O. ve SERDAROĞLU, M. 1988. Microwave yöntemiyle etlerin pişirilmesi. *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Seri:B, Gıda Mühendisliği, 6(1): 111-124, İzmir.
- TULASIDAS, T.N., RAGHAVAN, G.S.V. and NORRIS, E.R. 1992. Comparative studies on air and microwave drying of grapes. An Asae Meeting Presentation, American Society of Agricultural Engineers 2950, Niles Road, St. Joseph, Michigan, USA.
- TÜRKER, S. ve ELGÜN, A. 1998. Süne-kımlı zararlı tavlı buğdaylara mikrodalga uygulamasının öğütme ve un özelliklerine etkisi. *Gıda*, 23(1): 67-73.
- UHEROVA, R., HOZOVA, B. and SMIRNOV, V. 1993 The effect of microwave heating on retention of some B vitamins. *Food Chemistry*, 46(3): 293-295.
- ULUÖZ, M., YİĞİT, V. ve GÖZLÜ, S. 1975. Tahin helvasında yağın stabilitesinin artırılması üzerinde araştırmalar. T.B.T.A.K. Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü, Yayın No:9.

- ÜNSAL, M ve NAS, S. 1995. Tahin helvasının ve yağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri *Gıda*, 20(1): 43-47.
- YEH, R.S. ANANTHESWARAN, R.C., SHENK, J. and PURI, V.M. 1994. Determination of moisture profile in foods during microwave heating using VIS-NIR spectroscopy. *Lebensm.-Wiss.u.-Technol.*, 27: 358-362.
- YEN, G.C. 1990. Influence of seed roasting process on the changes in composition and quality of sesame (*Sesamum indicum*) oil. *J. Sci. Food Agric.*, 50: 563-570.
- YEN, G.C. 1991. Thermal stability of sesame/soybean oil blends. *Food Chemistry*, 41: 355-360.
- YEN G.C. and SHYU, S.L. 1989. Oxidative stability of sesame oil prepared from sesame seed with different roasting temperatures. *Food Chemistry*, 31, 215-224.
- YONGSAWATDIGUL, J. and GUNASEKARAN, S. 1996. Microwave-vacuum drying of cranberries: Part II. Quality evaluation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 20: 145-156.
- YOSHIDA, H. 1994. Composition and quality characteristics of sesame seed (*Sesamum indicum*) oil roasted at different temperatures in an electric oven. *J. Sci. Food Agric.*, 65: 331-336.
- YOSHIDA, H. and KAJIMOTO, G. 1994. Microwave heating affects composition and oxidative stability of sesame (*Sesamum indicum*) oil. *J. of Food Science*, 59(3): 613-616.
- YOSHIDA, H., MIENO, A., TAKAGI, S., YAMAGUCHI, M. and KAJIMOTO, G. 1995a. Microwave roasting effects on acyl lipids in soybeans (*Glycine max L.*) at different moisture content. *Journal of Food Science*, 60): 801-805.
- YOSHIDA, H., SHIGEZAKI, J. TAKAGI, S. and KAJIMOTO, G. 1995b. Variations in the composition of various acyl lipids, tocopherols and lignants in sesame seed oils roasted in a microwave oven. *J. Sci. Food Agric.*; 68: 407-415.
- YOSHIDA, H. and TAKAGI, S. 1996. Vitamin E and oxidative stability of soya bean oil prepared with beans at various moisture contents roasted in a microwave oven. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 72(1): 111-119.
- YOSHIDA, H. and TAKAGI, S. 1997a. Effects of seed roasting temperature and time on the quality characteristics of sesame (*Sesamum indicum*) oil. *J. Sci. Food Agric.*, 75: 19-26.
- YOSHIDA, H. and TAKAGI, S. 1997b. Microwave roasting and positional distribution of fatty acids of phospholipids in soybeans (*Glycine max L.*) *JAOCs*, 74(8): 915-921.



YOSHIDA, H., TAKAGI, S., KAJIMOTO, G and YAMAGUCHI, M. 1997.  
Microwave roasting and phospholipids in soybeans (*Glycine max* L ) at different  
moisture contents. *JAOCs*, 74(2): 117-124.

## 7. ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Adana'nın Aladağ ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana'da tamamladıktan sonra 1991 yılında Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümüne girdi. 1994 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümüne yatay geçiş yaptı. 1997 yılında aynı üniversiteden mezun oldu. Aynı yıl Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı. Ekim 1997 yılında Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Görevlisi kadrosuna atandı. Halen aynı kurumda görevine devam etmektedir.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ