

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FINDIKTA MİKRODALGA İLE KURUTMANIN
ASPERGİLLUS FLAVUS KÜFÜNE ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda. Müh. Dilek ERARSLAN

Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Programı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2006

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FINDIKTA MİKRODALGA İLE KURUTMANIN
ASPERGİLLUS FLAVUS KÜFÜNE ETKİSİNİN**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Müh. Dilek ERARSLAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 8 Mayıs 2006

Tezin Savunulduğu Tarih: 14 Haziran 2006

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Dilek HEPERKAN

Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Y. Onur DEVRES (İ.T.Ü.)

Doç. Dr. Emine Ubay ÇOKGÖR (İ.T.Ü.)

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Ülkemiz dünyada üretilen fındığın %80'inini yetiştirmekte ve üretiminde dünyada birinci sırada yer almaktadır. Ülkemiz ekonomisinde çok önemli bir yere sahip olan ve önemli ihraç ürünlerimizden biri olan fındık, dünya pazarında hak ettiği değeri bulamamaktadır. Bunun nedeni ise fındıkta *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* küflerinin ürettiği mikotoksin olan aflatoksindir. Aflatoksinler karsinojen ve genotoksik özellikleri nedeniyle sağlık açısından tehlikeli kimyasal bileşiklerdir. Bu nedenle gıdalardaki miktarı yasal limitlerle sınırlanmıştır. Fındığın küflerle bulaşması hasattan sonra harman ve kurutma aşamalarında başlamakta sıcaklık ve nemin uygun olması durumunda aflatoksin oluşumu ile sonuçlanmaktadır. Özellikle güneşte kurutma sırasında, fındıklarda su aktivitesinin yüksek olduğu ilk 6–10 günde aflatoksin oluşabilmektedir. Uygun olmayan nakil ve depolama koşulları da fındıktaki aflatoksin miktarını artırmaktadır. Fındıklarda hasadı takiben, kurutma yapılarak su aktiviteleri düşürülmeli ve kuru ve serin ortamlarda saklanmalıdır. Bu çalışmada aflatoksin probleminin elimine edilebilmesi ve ülkemizde yetişen fındıkların dünya pazarında hak ettiği değeri kazanabilmesi amacıyla ülkemizde genellikle uygulanan güneşte kurutma yerine daha kısa sürelerde gerçekleşen ve daha yüksek kalitede ürün eldesi sağlayan mikrodalga ile kurutma uygulamasının denemeleri yapılmıştır. Bu denemeler süresince fındıklarda su aktivitesi, nem ve toplam küf sayısı belirlenmiş ve uygulamanın *Aspergillus flavus* küfüne etkisi incelenmiştir.

Tez çalışmam sırasında, çalışmamı yönlendiren ve her türlü desteği gösteren değerli hocam Prof. Dr. Dilek HEPERKAN'a, çalışmam boyunca katkılarını esirgemeyen, sanayi tipi mikrodalga fırını ve fındıkları temin eden SETA Mühendislik ve Makine İmalat San. A.Ş.'ye, Sayın Harun KURANER'e, Günay AKTAY'a ve Hasan GÖDEKOĞLU'na, laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımcı olan Funda K. GÜLER ve Levent DİNÇER'e teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca her zaman yanımda olan ve varlıkları ile bana güç veren aileme ve tüm arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Haziran 2006

Dilek ERARSLAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa no
ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	ix
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1. Fındığın genel özellikleri	3
2.2. Fındığın Türk ekonomisindeki önemi	4
2.3. Fındık çeşitleri ve Türk fındığı	5
2.4. Fındığın kullanım alanları	8
2.5. Fındığın bileşimi ve insan diyetindeki önemi	8
2.6. Fındıkta hasat, harman-kurutma ve depolama	15
2.7. <i>Aspergillus flavus</i>	16
2.8. Aflatoksin	17
2.8.1 Fındıkta aflatoksin problemi	20
2.9. Mikrodalga enerjisi	23
2.9.1 Mikrodalga enerjisinin tarihçesi	24
2.9.2 Mikrodalga enerjisi ile ısı oluşumu	25
2.10 Mikrodalga enerjisinin gıda sanayinde kullanım alanları	26
2.10.1 Ön ısıtma ve pişirme	26
2.10.2 Temperleme	27
2.10.3 Pastörizasyon ve sterilizasyon	28
2.10.4 Kurutma	29
2.10.4.1 Mikrodalga ile kurutmanın avantajları	31
2.11 Mikrodalga'nın mikroorganizmalar üzerine etkileri	32
3. MATERYAL ve METOT	35
3.1 Materyal	35
3.2 Metot	35
3.2.1 Mikrobiyolojik analizler	36

3.2.1.1 Fındık numunelerinde toplam küf sayısının belirlenmesi	36
3.2.1.2 Küflerin izolasyonu	36
3.2.1.3 <i>Aspergillus flavus</i> küfünün identifikasyonu	36
3.2.1.3.1 Malt Extract Agar ve Czapek Dox Agar besiyerinin bileşimi	37
3.2.1.4. Spor süspansiyonlarının hazırlanması	37
3.2.2 Fındıkların şartlandırılması	37
3.2.3 Doymuş tuz çözeltilerinin hazırlanması	38
3.2.4 Fiziksel ve kimyasal analizler	39
3.2.4.1 Fındıkta nem tayini	39
3.2.4.2 Fındıkta su aktivitesi tayini	39
3.2.4.3 Fındıkta serbest yağ asitliği tayini (volumetrik)	39
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	40
4.1. Fındığın farklı tuz çözeltilerinde ve saf su varlığında şartlandırılması	40
4.2. Mikrodalga uygulamasında ön çalışmalar	48
4.3. Fındıkta mikrodalga uygulamasına ait veriler	49
4.3.1. İç fındık numunelerinde mikrodalga uygulamasına ait veriler	49
4.3.2. Aşılama yapılan iç fındık numunelerinde mikrodalga uygulamasına ait veriler	61
4.3.3. Kabuklu fındık numunelerinde mikrodalga uygulamasına ait veriler	63
5. SONUÇ	70
KAYNAKLAR	73
ÖZGEÇMİŞ	85

TABLO LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1	Yıllara göre fındık ihracatı miktar ve değerleri	4
Tablo 2.2	Avrupa Birliği ülkelerinin 2004 yılına ait fındık ihracatındaki miktar ve değerleri	5
Tablo 2.3	Türkiye’de yetiştirilen fındık çeşitlerine ait nem, yağ, protein ve kül değerleri	10
Tablo 2.4	Türkiye’de yetiştirilen fındık çeşitlerine ait vitamin değerleri	12
Tablo 2.5	Fındık çeşitlerine ait yağ asidi değerlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri	14
Tablo 2.6	Çeşitli Avrupa Birliği ülkelerinde, ABD ve Türkiye’de aflatoksin için maksimum limit değerleri	19
Tablo 4.1	%80 bağıl neme sahip tuz çözeltisi varlığında şartlandırılan fındıklara ait bulgular.....	41
Tablo 4.2	%85 bağıl neme sahip tuz çözeltisi varlığında şartlandırılan fındıklara ait bulgular.....	42
Tablo 4.3	%90 bağıl neme sahip tuz çözeltisi varlığında şartlandırılan fındıklara ait bulgular.....	43
Tablo 4.4	Saf su varlığında şartlandırılan fındıklara ait bulgular	45
Tablo 4.5	1x500 watt gücünde 180, 300 ve 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan iç fındıklara ait bulgular	50
Tablo 4.6	1x1000 watt gücünde 180, 300 ve 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan iç fındıklara ait bulgular	52
Tablo 4.7	1x2000 watt gücünde 180, 300 ve 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan iç fındıklara ait bulgular	54
Tablo 4.8	3x1000 watt gücünde 180, 300 ve 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan iç fındıklara ait bulgular	56

TABLO LİSTESİ (devam)

Tablo 4.9	3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan iç fındık numunesinin farklı depolama koşullarına ait bulgular	59
Tablo 4.10	3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan düşük su aktivitesi ve nem değerine sahip iç fındıklara ait bulgular	60
Tablo 4.11	3x1000 wattt gücünde 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan <i>Aspergillus flavus</i> küfü aşılانmış iç fındık numunelerine ait bulgular	61
Tablo 4.12	3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan yüksek su aktivitesi ve nem değerine sahip kabuklu fındıklara ait bulgular	64
Tablo 4.13	3x1000 watt gücünde 420 ve 600 saniye süreyle mikrodalga uygulanan kabuklu fındıklara ait veriler	66
Tablo 4.14	3x1000 watt gücünde 720 ve 900 saniye süreyle mikrodalga uygulanan kabuklu fındıklara ait veriler	68

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil.2.1 :Yuvarlak fındıklar	6
Şekil 2.2 :Sivri fındıklar	7
Şekil 2.3 :Badem fındıklar.....	7
Şekil 3.1 :Mikrodalga uygulamasından önce şartlandırılan fındıklar.....	38
Şekil 3.2 :Fındık numunelerinin şartlandırıldığı cam kavanozlar	38
Şekil 4.1 :Üç farklı bağıl nemde tuz çözeltilerinde şartlandırılan fındığın adsorpsiyon izotermi	44
Şekil 4.2 :Saf su varlığında şartlandırılan fındıklarda günlere bağlı olarak su aktivitesi değerindeki artış	46
Şekil 4.3 :Saf su varlığında şartlandırılan fındıklarda günlere bağlı olarak yüzde nem değerlerindeki artış	46
Şekil 4.4 :Saf su varlığında şartlandırılan fındıklarda günlere bağlı olarak toplam küf sayısındaki logaritmik artış	47
Şekil 4.5 :Saf su varlığında şartlandırılan fındıklarda günlere bağlı olarak serbest yağ asitliğindeki artış	48
Şekil 4.6 :1x500 watt gücünde mikrodalga uygulanan iç fındıkların başlangıç ve 180, 300, 420 saniye süre sonundaki küf sayıları (logaritmik)	51
Şekil 4.7 :1x1000 watt gücünde mikrodalga uygulanan iç fındıkların başlangıç ve 180, 300, 420 saniye süre sonundaki küf sayıları (logaritmik)	53
Şekil 4.8 :1x2000 watt gücünde mikrodalga uygulanan iç fındıkların başlangıç ve 180, 300, 420 saniye süre sonundaki küf sayıları (logaritmik)	55

ŞEKİL LİSTESİ (devam)

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 4.9 :3x1000 watt gücünde mikrodalga uygulanan iç fındıkların başlangıç ve 180, 300, 420 saniye süre sonundaki küf sayıları (logaritmik)	57
Şekil 4.10 :3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan iç fındıkların farklı su aktivitesine sahip ortamlarda ve 20°C’de 15 gün süreyle depolanmasının sonundaki küf sayıları (logaritmik) ...	59
Şekil 4.11 :3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan <i>Aspergillus flavus</i> aşılınmış iç fındıkların farklı su aktivitesine sahip ortamlarda ve 20°C’de 15 gün süreyle depolanmasının sonundaki küf sayıları (logaritmik)	62
Şekil 4.12 :3x1000 watt gücünde mikrodalga uygulanan kabuklu fındıkların başlangıç ve 420, 600, 720 ve 900 saniye süre sonundaki küf sayıları (logaritmik)	67

FINDIKTA MİKRODALGA İLE KURUTMANIN *ASPERGILLUS FLAVUS* KÜFÜNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Türkiye fındık üretiminde dünyada birinci sırada yer almakta, dünya fındık üretiminin %80'ni oluşturmaktadır. Ülkemizde üretilen fındığın %75'i ihraç edilmektedir ve ekonomimizde önemli rol oynamaktadır. Ancak zaman zaman aflatoksin içermesi nedeniyle ihracatta güçlüklerle karşılaşmakta, fındıklar iade edilmekte veya fiyatının düşürülmesi yoluna gidilmektedir.

Aflatoksinler, *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* küflerinin ürettiği sekonder metabolitleri olup, toksik, mutajenik, bağışıklık sistemini baskılayıcı, teratojenik ve karsinojenik bileşiklerdir. Bu özellikleri nedeniyle sağlık açısından tehlikeli kimyasal bileşiklerdir ve karaciğer kanserine yol açtıkları bilinmektedir. Bu nedenle gıdalardaki miktarı yasal limitlerle sınırlanmıştır.

Fındıkların aflatoksin üreten bu küflerle bulaşması bahçede başlamakta, hasat ve yetersiz veya uygun olmayan kurutma koşulları nedeniyle gelişebilmekte, depolama ve taşıma sırasında da bulaşma miktarı büyüyebilmektedir. Aflatoksin oluşumu ise fındıklar arazideyken veya hasat, harman ve depolama sırasında da görülebilir. Özellikle güneşte kurutma sırasında, fındıklarda su aktivitesinin yüksek olduğu ilk 6–10 günde aflatoksin oluşabilmektedir.

Geleneksel kurutma yöntemlerine alternatif olarak mikrodalga ile kurutma dünyada pek çok ürün için kullanılmaktadır. Mikrodalga kurutmanın sağladığı avantajlar, kısa zamanda daha fazla ve daha yüksek kalitede ürün elde edilmesidir. Mikrodalganın endüstride kullanımına örnek olarak pişirme, kurutma, temperleme, ısıtma, pastörizasyon ve sterilizasyon verilebilir.

Bu çalışmada 2004 ve 2005 yılı mahsulü Levant kalite iç ve kabuklu fındıklar kullanılmıştır. Özel kaplarda belirli sürelerde şartlandırılan 2004 yılı mahsulü iç fındıklar farklı tuz çözeltilerinde şartlandırılarak fındıkların adsorpsiyon izotermi elde edilmiştir. 2005 yılı mahsulü fındık numuneleri saf su varlığında şartlandırıldıktan sonra sanayi tipi mikrodalga fırınında farklı mikrodalga güç ve sürelerinde mikrodalga enerjisine maruz bırakılmıştır. Her bir mikrodalga uygulamasından önce ve sonra fındıkların su aktivitesi ve nem değerleri belirlenmiş ve toplam küf sayısı analizleri yapılmıştır. Mikrodalga uygulamasından sonra fındıklar belirli bağıl nem sahip doymuş tuz çözeltilerinin bulunduğu steril kavanozlarda depo edilmiştir. Böylece kurutmanın sağlandığı fındık numunelerinde farklı ortamlarda depolamanın fındık mikoflorası ve kalitesi üzerine etkisinin belirlenmiştir.

İç fındıklar saf su varlığında özel kaplarda şartlandırılarak toplam küf sayısı, nem ve su aktivitesi değerleri artırılmış ve ilk olarak 1x500 watt mikrodalga gücünde ve 2450 Mhz frekansında 180, 300 ve 420 saniye süreyle mikrodalga uygulaması

yapılmıştır. Uygulama sonunda su aktivitesi değerlerindeki azalma sırasıyla 0.01, 0.02 ve 0.03, yüzde nemdeki azalmalar ise sırasıyla %1.3, %2.43, %2.69 dur. Fakat toplam küf sayılarında istenilen azalma sağlanamamıştır. Bu nedenle diğer denemelerde uygulanan mikrodalga gücü artırılmıştır.

Bu denemelerde 180, 300 ve 420 saniye süreyle 1x1000 watt, 1x2000 watt ve 3x1000 watt gücünde mikrodalga uygulanmıştır. 1x1000 watt gücünde 180, 300 ve 420 saniye süreler sonunda su aktivitesindeki azalmalar 0.02, 0.05 ve 0.05 olarak belirlenmiş, yüzde nemdeki azalmalar ise sırasıyla %1.04, %1.95, %4.1 olarak bulunmuştur. Toplam küf sayısındaki azalmalar ise yüzde olarak sırasıyla %19.31, %27.78, %35.86'dır.

1x2000 watt gücünde 180, 300 ve 420 saniye süreler sonunda su aktivitesindeki azalmalar 0.02, 0.06 ve 0.08 olarak belirlenmiş, yüzde nemdeki azalmalar ise sırasıyla %1.69, %2.03, %3.93 olarak bulunmuştur. Toplam küf sayısındaki azalmalar ise yüzde olarak sırasıyla %20.71, %33.57, %48.54'dür.

3x1000 watt gücünde 180, 300 ve 420 saniye süreler sonunda su aktivitesindeki azalmalar 0.02, 0.06 ve 0.1 olarak belirlenmiş, yüzde nemdeki azalmalar ise sırasıyla %1.21, %2.54, %5.91 olarak bulunmuştur. Toplam küf sayısındaki azalmalar ise yüzde olarak sırasıyla %20.76, %42.80, %68.48'dir.

Bu denemeler sonucunda en etkili azalmanın sağlandığı parametre olarak 3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle yapılan uygulama kabul edilmiştir. Bu parametreler de *Aspergillus flavus* ile aşılınmış ve yine saf su varlığında şartlandırılmış iç fındık numunelerine de uygulanmıştır. Bu uygulama sonunda su aktivitesindeki azalma 0.1 olurken, yüzde nem değerindeki azalma %6.35 olarak bulunmuştur. *Aspergillus flavus* sayısındaki azalma ise %37.02 olarak belirlenmiştir. Aşılama yapılmış fındık numuneleri mikrodalga uygulamasından sonra ise %66, %70, %75 ve %80 bağıl nemlere sahip farklı tuz çözeltilerinde şartlandırma yapılmıştır. Bu şartlandırmalar sonunda *Aspergillus flavus* sayısında önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

Kabuklu fındıklarda ise 3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle uygulamalara başlanmış, istenen azalma sağlanamayınca uygulamalar 600, 720 ve 900 saniye süreyle de uygulanmıştır. Şartlandırma yapılmadan mikrodalga uygulanan kabuklu fındıklarda toplam küf sayısı düşüktür. Bu nedenle de uygulama sonundaki azalmalar da iç fındıklarda elde edilen sonuçlar kadar yüksek değildir. uygulamalar sonunda kabuklu fındıkların toplam küf sayılarında logaritmik bir azalma sağlanamamıştır.

INVESTIGATION OF EFFECT OF MICROWAVE TREATMENT AS A DRYING METHOD ON *ASPERGILLUS FLAVUS* IN HAZELNUT

SUMMARY

Turkey is the world's larger hazelnut producer, contributing about 80% to the total production and exporting 75% of its production. Hazelnuts which play a major role in Turkey's economy can cause difficulties in export because of its aflatoxin content, and importer countries may reject or decrease the price of hazelnuts.

Aflatoxins which are produced by certain strains of fungi *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* are acutely toxic, mutagenic, immunosuppressive, teratogenic and carcinogenic compounds. They are very hazardous chemical compounds on human health and known as a cause of liver cancer. That's why there are set limits for maximum levels of aflatoxin in foods.

Hazelnut contamination with these moulds starts in the field, increase during harvesting, malfunctioning drying and continue during inappropriate storage and shipment. The presence of aflatoxin in hazelnuts can occur in the field or during drying and storage. Especially during the first 6–10 days of sun drying, hazelnuts have high water activities and are susceptible to aflatoxin production.

Microwave drying is an alternative way for many products in many countries. There are many advantages of microwave drying such as high drying rates in short drying times and high product quality. Microwave processing has been applied on a commercial scale to cooking, drying, tempering, thawing, baking, pasteurization and sterilization.

In this project, Levant quality shelled and unshelled hazelnuts which are harvested during 2004 and 2005 season were used. 2004 season unshelled hazelnuts were stored in glass jars containing three different saturated salt solutions to obtain adsorption isotherms of hazelnuts. 2005 season unshelled hazelnuts were stored in special containers with distilled water then treated in an industrial type microwave oven for drying. Moisture content, water activity, total mould count analyses were performed before and after every microwave treatment. After the microwave treatment, hazelnuts were stored in different relative humidities in sterile jars to see the effect of different storage environments on hazelnut quality and microflora.

The optimum parameters for an effective treatment were investigated and these parameters were repeated on hazelnuts which are inoculated with *Aspergillus flavus* and stored at different relative humidities in order to see the effect of different storage environments on hazelnut quality and *Aspergillus flavus*.

Hazelnuts were stored in special containers in the presence of 750 ml. distilled water to raise its moisture content, water activity, total mould count. Then samples were heated at 1x500 watt and operating frequency 2450 Mhz. Samples were treated with

microwave for 180, 300 and 420 seconds. After the treatment, the reductions in water activity and humidity values are 0.01, 0.02 and 0.03; 1.3%, 2.43%, 2.69% respectively. At the output power of 1x500 watt, no significant reduction was observed in total mould counts. Therefore other treatments were performed at higher power outputs.

At 1x1000 watt, 1x2000 watt and 3x1000 watt power outputs, the treatments were performed for 180, 300, 420 seconds. At the output power of 1x1000 watt for 180, 300 and 420 seconds, the reductions in water activity and humidity values are 0.02, 0.05 and 0.05; 1.04%, 1.95%, 4.1% respectively. The decreases in total mould counts as percentage are 19.31%, 27.78%, 35.86%, respectively.

At the output power of 1x2000 watt for 180, 300 and 420 seconds, the reductions in water activity and humidity values are 0.02, 0.06 and 0.08; 1.69%, 2.03%, 3.93% respectively. The decreases in total mould counts as percentage are 20.71%, 33.57%, 48.54%, respectively.

At the output power of 3x1000 watt for 180, 300 and 420 seconds, the reductions in water activity and humidity values are 0.02, 0.06 and 0.1; 1.21%, 2.54%, 5.91% respectively. The decreases in total mould counts as percentage are 20.76%, 42.80%, 68.48%, respectively.

The results obtained by these applications showed us that the most effective parameters are 3x1000 watt power output and 420 seconds. Thus microwave treatments at these parameters were used in further investigation of the effect of drying on hazelnuts and *Aspergillus flavus* in hazelnut. After the microwave treatment on inoculated hazelnuts, the reductions in water activity and humidity values are 0.1 and 6.35% respectively. The decrease in *Aspergillus flavus* as percentage is 37.02%. After the microwave treatment inoculated hazelnuts were stored at 80%, 75%, 70%, 66% relative humidities until the relative humidity of hazelnuts were constant and in a bag at 20°C for 15 days. At different relative humidities, no significant differences were observed at *Aspergillus flavus* count. But when we compare storing at different relative humidities and 20°C for 15 days, the growth of *Aspergillus flavus* was higher at 20°C for 15 days.

Shelled hazelnuts were treated at the output power of 3x1000 watt for 420 seconds. When we couldn't achieve an effective reduction in total mould count, at the same output power 600, 720 and 900 seconds were used. But no significant difference was observed in total mould count with shelled hazelnuts.

1. GİRİŞ

Ülkemizin en önemli ihraç ürünlerinden biri olan fındık, ekonomiye büyük katkılar sağlamasının yanı sıra insan beslenmesinde de çok önemli bir yere sahiptir. Ülkemizde fındık üreticilerinin ve tüketicilerinin ortak sorunlarından birisi de fındıkta küflenme ve aflatoksindir. Fındıkta bu sorunun elimine edilmesi halk sağlığı, ihracatta karşılaşılan sorunların ortadan kaldırılması, Türk fındığının dünya pazarındaki kötü imajının silinmesi ve ekonomik kayıpların azaltılması açısından büyük faydalar sağlayacaktır.

Ülkemizde kurutma genellikle beton veya toprak zeminde kontrolsüz koşullarda yapılmaktadır. Her türlü kontaminasyona ve yağmur gibi olumsuz etkilere açık olan fındıklarda kalite kayıpları ve mikrobiyel yükün artması, aflatoksin oluşumu gibi istenmeyen sonuçlarla karşılaşmaktadır. Aflatoksinler *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* küfleri tarafından üretilen toksik bileşikleridir.

Kontrollü ve kısa sürede yapılacak olan kurutma işleminin bütün bu olumsuz etkileri ortadan kaldıracığı düşünülmektedir. Mikrodalga ile ısı oluşumu ürünün kendi içinde oluştuğundan daha kısa sürelerde yüksek sıcaklıklara erişilmekte, proses süresi ve ürünün kalitesi de artmaktadır.

Literatürde birçok farklı ürün için mikrodalgayla kurutma araştırmaları yapılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Türkiye için büyük öneme sahip fındıkta mikrodalgayla kurutmanın küf inhibisyonuna etkilerinin incelendiği bu çalışma ile daha iyi kalitede ürün eldesi, küf gelişiminin ve aflatoksin oluşumunun engellenmesi için yeni bir yaklaşım denenmiştir. Bu şekilde hem ülke ekonomisine hem de literatüre katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

Yapılan çalışmada 2004 ve 2005 yılı mahsulu Levant kalite 9–11 mm çapında işlenmemiş iç ve kabuklu fındıklar kullanılmıştır. Öncelikle iç fındıklarda saf su varlığında şartlandırma yapılarak yüzde nem, su aktivitesi değerleri arttırılmış buna bağlı olarak da toplam küf sayılarında da artış sağlanmıştır. İç fındıklarda 1x500 watt, 1x1000

watt, 1x2000 watt, 3x1000 watt mikrodalga gücünde 180, 300 ve 420 saniye süreyle mikrodalga uygulamaları yapılmıştır. Bu uygulamalar sonunda toplam küf sayısındaki en çok azalma 3x1000 watt mikrodalga gücünde 420 saniye süreyle yapılan uygulama sonucunda elde edilmiştir. Mikrodalga uygulamasından önce $2,0 \times 10^7$ cfu/g olan toplam küf sayısı, bu parametrelerdeki mikrodalga uygulamasından sonra $2,0 \times 10^2$ cfu/g olarak bulunmuştur. Toplam küf sayısındaki yüzde olarak azalma ise %68,48'dir. Mikrodalga uygulamasından sonra farklı depolama şartlarında bekletilen fındık numunelerinin toplam küf sayılarında logaritmik olarak bir değişiklik gözlenmemiştir. Aynı parametreler (3x1000 watt mikrodalga gücü, 420 saniye süreyle) *Aspergillus flavus* aşıl原因 iç fındıklara da uygulanmıştır. Mikrodalga uygulamasından önce *Aspergillus flavus* sayısı $4,0 \times 10^6$ cfu/g iken, mikrodalga uygulamasından sonra bu sayı $1,4 \times 10^4$ cfu/g'a düşmüştür. Mikrodalga uygulamasından sonra farklı depolama şartlarında bekletilen aşıl原因mış fındık numunelerinin *Aspergillus flavus* sayılarında logaritmik olarak bir değişiklik gözlenmemiştir. Kabuklu fındıklarda ise hiçbir şartlandırma yapılmadan 3x1000 watt mikrodalga gücünde 420, 600, 720 ve 900 saniye süreyle mikrodalga uygulamaları yapılmıştır. Kabuklu fındıklarda başlanğıç toplam küf sayıları da az olduğundan mikrodalga uygulaması sonrası azalma iç fındıklara kıyasla çok daha az olmuş ve toplam küf sayısında logaritmik olarak bir azalma sağlanamamıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Fındığın Genel Özellikleri

İnsanoğlu, yerleşik düzene geçip, düzenli tarım yapmaya başladığı andan beri birçok bitkinin düzenli olarak ekim ve dikimini yapmıştır. Bunlardan biri de *Betullaceae* ailesinden, *Coryleae* (fındıkgiller) alt familyasına ait olan *Corylus L.* cinsi olan fındıktır (Anonymous, 1999a). Yeryüzünde, 36°-41° kuzey enlemlerinde ve kendine özgü iklim koşullarında yetişen fındık ağacı, kıyılardan en çok 30 km içerde ve yüksekliği 750–1000 metreyi geçmeyen yerlerde ürün verir (Anonymous, 2002).

Anavatanı Anadolu olan fındığın (*Corylus avellena L.*), yetiştiriciliği ülkemizde yaklaşık 2500 yıldan bu yana yapılmaktadır. İşte bu nedenle ülkemiz en değerli yabancı türlerle dünya ticaretinde aranılan en kaliteli kültür çeşitlerinin yayılma alanıdır (Anonymous, 2002).

Fındık en uygun yetiştirme koşullarını ülkemizin Karadeniz Bölgesi'nde bulmuş olup, Giresun, Trabzon, Sakarya, Samsun ve Bolu illeri başta olmak üzere 12 ilde ekonomik anlamda yetiştirilmektedir. Özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nin hemen hemen tek tarımsal ürünü durumundadır. Fındık ayrıca yetiştirme ortamı ve yetiştirme şekliyle de, çok eğimli, toprak derinliği az olan alanların erozyona karşı korunmasında da çok önemli bir işleve sahiptir (Anonymous, 1999a).

Fındık tarımı genellikle küçük arazilerde ve aile işletmeciliği biçiminde yapılmaktadır. Türkiye'de yaklaşık 600.000 hektar arazide 400.000 kadar çiftçinin üretimiyle uğraştığı fındık, yetiştirildiği bölgede doğrudan ya da dolaylı olarak 8 milyon nüfusu ilgilendirmektedir (Akdağ ve Öztürk, 1993).

2.2. Fındığın Türk Ekonomisindeki Önemi

Türkiye, yılda yaklaşık 600.000 ton fındık üretimi ile dünyanın en önemli fındık üreticilerinden biridir. Türkiye, yıllık dünya üretiminin yaklaşık %80'ini gerçekleştirmektedir. Fındık ve fındık ürünlerinden senede yaklaşık bir milyar dolar elde edilmektedir (Özdemir ve Devres, 1999). Yıllara göre fındık ihracatımıza ait fındık miktar ve değerleri Tablo 2.2’de verilmiştir. Ülkemizi yılda 110.000 ton ile İtalya, 25.000 ton ile Amerika ve da 18.000 ton ile İspanya izlemektedir (Demir ve diğ., 2003).

Tablo 2.1: Yıllara göre fındık ihracatı miktar ve değerleri (Anonymous, 2005b)

Yıl	Miktar (Kg)	Değer (\$)
2000 yılı	177.307.098	587.416.770
2001 yılı	258.124.374	739.970.130
2002 yılı	252.779.260	605.040.840
2003 yılı	220.937.706	661.871.172
2004 yılı	217.650.611	1.220.695.599

Fındık ihracatımızda Avrupa Birliği ülkeleri en önemli yeri tutmakta ve bu ülkelerin payı ihracatımızdaki artışa paralel olarak artış göstermektedir. Avrupa Birliği ülkelerinin 2004 yılına ait fındık ihracatındaki miktar ve değerleri Tablo 2.2’de verilmiştir. AB ülkelerinin toplam ihracatımızdaki payı yıllar itibariyle değişmekle beraber %80–85 düzeyindedir. Fındık ihracatımız ülkeler itibari ile incelendiğinde 90 civarında ülkeye fındık ihracatı gerçekleştirildiği görülmektedir (Anonymous, 2005b).

Tablo 2.2: Avrupa Birliği ÷lkelerinin 2004 yılına ait fındık ihracatındaki miktar ve değerleri (Anonymous, 2005c)

Avrupa Birliği ÷lkeleri	Miktar (Kg)	Değer (\$)
Almanya	63.040.621	341.173.664
İtalya	33.467.580	210.331.474
Fransa	20.946.017	114.455.521
Belçika	13.516.956	75.983.722
Hollanda	11.097.977	61.318.435
Diğer	33.349.753	189.985.904
Toplam değerler	175.418.904	993.248.720 ^a

a: 2004 yılına ait toplam ihracat değerinin %81'ini oluşturmaktadır.

2.3. Fındık Çeşitleri ve Türk Fındığı

Fındığın önemli olan ve kültürlü yapılan türleri; *Corylus avellana* L-Adi fındık, *Corylus colurna* L-Türk fındığı ve *Corylus mexima* Mill-lambert fındığıdır. Bazı varyeteler de süs bitkisi olarak yetiştirilmektedir (Anonymous, 1999a).

Adi fındık en geniş yayılma alanı bulmuş olan fındık türüdür. Kafkas dağları, Trakya'dan Doğu Karadeniz'e kadar uzanan dağlar ve İtalya'da yabanilerine rastlanılmaktadır. Avrupa'nın neredeyse tamamına yayılmıştır (Anonymous, 1999a).

Türk fındığı'nın ana vatanı Karadeniz sahilleri, Trakya ve Makedonya olarak bilinmektedir. Türk fındığı 1582 yılında İstanbul'dan Avusturya'ya götürüldüğü için bu adı almıştır (Anonymous, 1999a).

Lambert fındığının ise kültür ve yabani formları mevcuttur. Anadolu'nun kuzey doğusunda, Balkan yarımadasının kuzeyinde ve İtalya'da yabani formlarına rastlanılmaktadır. Meyvesi lezzetli olan Lambert fındığı kan fındığı adıyla da bilinmektedir (Anonymous, 1999a).

Değişik fındık bölgelerimizde farklı yoğunlukta olmak üzere, ülkemizde Tombul, Palaz, Foşa, Mincane, Çakıldak, Kalıncara, Uzunmusa, Kan, Kargalak, Cavcava, Sivri, İncekara, Acı, Kuş, Değirmendere, Yuvarlak Badem ve Yassı Badem fındık çeşitleri yetiştirilmektedir. Bunlardan özellikle yuvarlak şekilli olan fındıklar, fındık işletme sanayi için çok uygun olup, yoğun olarak yetiştirilen çeşitlerdir (Anonymous, 1999a).

Ticaret ve standartlarda fındıklar meyve şekil ve özelliklerine göre üç ana gruba ayrılır.

1. Yuvarlak Fındıklar (Tombul Fındıklar): Yüksek kalitede; uzunluk ve genişlikleri hemen hemen aynı olan küresel biçimli fındıklardır. Orta irilikteler ve iç verimleri yüksektir. Şekil 2.1'de de yuvarlak fındıkların görünümü verilmiştir. Yuvarlak şekilleri nedeniyle kırmaya elverişlidirler. Bu gruba ait fındıklar kolay zar atar ve beyazlatılabilirler ayrıca yağ ve protein oranları yüksektir (Anonymous, 2005d). Bu gruptan Giresun Tombul Fındığı, dünyanın en üstün nitelikli çeşididir. Ayrıca Palaz, Mincane, Foşa, Kan, Çakıldak, Kalıncara, Kargalak, Uzunmusa, Cavcava bu gruba girmektedir (Anonymous, 1999b).



Şekil 2.1: Yuvarlak fındıklar

2. Sivri Fındıklar: Şekil 2.2'de görüntüleri verilen sivri fındıklar, uzunlukları genişliklerinden biraz daha fazla olan çeşitlerdir. Kırılma esnasında daha fazla zayıat veren çeşitler bu gruba girer. Bu nedenle de kabuklu olarak pazarlanması tercih edilir (Anonymous, 2005d). Sivri, İncekara, Acı ve Kuş gibi çeşitleri vardır (Anonymous, 1999b).



Şekil 2.2: Sivri fındıklar

3. Badem Fındıklar: Uzunlukları genişliklerinden fazla olan fındıklardır. Görünümleri şekil 2.3’de verilmiştir. İri ve gösterişli olmalarına rağmen düşük kaliteli çeşitlerdir. Kırmaya ve işlemeye elverişli olmadıklarından genellikle kurutulmadan kabuklu çerez olarak tüketilirler (Anonymous, 2005d). Yuvarlak Badem, Yassı Badem ve Değirmendere olarak üç çeşidi vardır (Anonymous, 1999b).



Şekil 2.3: Badem fındıklar

Türk fındığı, kalite olarak ise Giresun ve Levant olmak üzere ikiye ayrılır. Giresun kalite fındık, Giresun ilinin tamamında yetiştirilen tombul fındıklar ile az çok Giresun kalitesi özelliği taşıyan Trabzon ilinin Beşikdüzü, Vakfıkebir, Çarşıbaşı ve Akçaabat ilçelerinde yetiştirilen tombul fındıklardır. Tadı ve içerdiği yağ oranı ile dünyanın en üstün özellikli fındığıdır. Dünyadaki fındık çeşitleri içinde en yüksek oranda zar atan fındıktır (Anonymous, 2005e).

Levant kalite fındık, Giresun kalite fındığın üretim bölgesi dışında kalan bölgelerde üretilen tüm fındıklara verilen ortak isimdir. Trabzon ve bir bölümü ile Ordu, Samsun, Bolu, Sakarya, Zonguldak ve Bartın illerinde yetişir. Yetiştirildiği yere göre Levant Akçakoca, Levant Ordu, Levant Trabzon ve Levant Samsun olarak isimlendirilen bu fındıklar Giresun kalite fındıklardan daha az yağ oranı içermesine rağmen diğer ülkelerde yetiştirilen fındıklardan genellikle daha yüksek yağ oranına sahip olup, tat bakımından da üstün niteliktedirler (Anonymous, 2005e).

Fındıklar kabuklu ve kabuksuz olarak naturel, beyazlatılmış, kavrulmuş, kıyılmış, dilinmiş ve fındık füresi olarak işlenebilirler (Anonymous, 2005e).

2.4. Fındığın Kullanım Alanları

Önceleri kuruyemiş olarak tüketilen fındığın, gıda sanayisinin gelişmesiyle birlikte kullanım alanı oldukça genişlemiştir. Üretilen fındığın % 90'a yakın kısmı kavrulmuş, beyazlatılmış, kıyılmış, dilinmiş, un ve püre halinde çikolata, bisküvi, şekerleme sanayisinde, tatlı, pasta ve dondurma yapımı ile yemek ve salatalarda yardımcı madde olarak kullanılmaktadır. Bu imalatlarda fındık; organoleptik karakteristiği ile ürünlerin tekstürüne, tat ve aromasına da önemli katkı sağlamaktadır (Fallico ve diğ., 2003). Fındıkta kavurma işlemi fındığın aroma, lezzet, renk ve tat gibi özelliklerini geliştirmektedir. Fındıktaki ana tat maddesi de kavurma işlemi ile ortaya çıkmaktadır (Buckholz, 1980).

Fındık kabuğu ülkemizde özellikle fındık üretilen bölgelerde çok değerli ve yüksek kalorili bir yakacak olarak kullanılmaktadır (Anonymous, 2002). Ayrıca yapma odun, kontrplak, muşamba endüstrisinde yakıt ve dolgu maddesi olarak ve hammadde olarak da boya endüstrisinde furfural eldesinde kullanılabilir (Güler, 1984).

Fındık odunundan sepet, baston, sandalye, çit ve el aletleri yapımında faydalanılır. Bazı türleri park ve bahçelerde süs bitkisi olarak yetiştirilir. Fındık yaprağı ile meyve zurufleri de, gübre olarak kullanılmaktadır. Üretim fazlası veya kontamine olmuş fındıklar yağlık olarak değerlendirilmektedir. Fındık ham yağı rafine edilerek yemeklik yağ olarak, fındık küspesi ise yem sanayisinde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Güler, 1984; Anonymous, 2002).

2.5. Fındığın Bileşimi ve İnsan Diyetindeki Önemi

Türkiye’de yetiştirilen fındık çeşitlerinin beslenme değerleri üzerine birçok araştırma yapılmıştır (Ayfer, 1986; Açkurt ve diğ., 1999; Alasalvar ve diğ., 2003a, 2003b; Özdemir ve Akinci, 2004; Köksal ve diğ., 2006). Türk fındık çeşitlerinin bileşimlerinin en kapsamlı şekilde araştırıldığı Köksal ve diğerlerinin 2006 yılında yaptığı çalışmaya ait veriler aşağıda Tablo 2.3’de verilmiştir.

Özdemir ve diğerlerinin 2004 yılında yaptıkları çalışmada 2002 yılı mahsulü Palaz, Tömböl, Çakıldak ve Kara çeşitlerine ait numunelerin fiziksel özellikleri ve besin öğeleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre fındık ortalama 6,61 kcal/g ile iyi bir enerji ve ortalama %20,6 ham protein oranı ile iyi bir protein kaynağıdır. Fındıklarda bulunan minerallerden, P, Ca, ve Cu içerikleri dikkate değer aralıklarda değildir. Bir diğer çalışmada ise Türk fındık çeşitlerinde kuru madde bazında %55,1 ile %66,4 arasında yağ, %13,6 ile %17,6 arasında protein bulunmuştur (Ayfer, 1986).

Tablo 2.3’de de görüldüğü gibi fındığın nem, protein, yağ ve kül değerleri çeşitler arasında farklılık göstermektedir. Fındık bileşimine etki eden faktörlerin incelendiği araştırmalarda farklı bulgulara rastlanılmıştır. Parcerisa ve diğerlerinin (1993) yaptıkları çalışmada ise İspanya’da yetiştirilen üç farklı yıla ve iki farklı bölgeye ait dört farklı fındık çeşidinde yağ asidi kompozisyonun hasat yılı ve çevre koşullarına bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada ise farklı bölgelere ait sekiz farklı fındık çeşidinde vitamin ve mineral içeriklerinde önemli farklılıklara rastlanmamıştır. Sadece Akçakoca bölgesinde yetiştirilen fındıklarda daha fazla çinko, manganez ve sodyum bulunmuştur (Açkurt ve diğ., 1999). İspanya’nın kuzeydoğusunda yetiştirilen altı farklı fındık çeşidi ile yapılan çalışmada, fındığın yağ içeriği, yağ asidi kompozisyonu ve yağ stabilitesi incelenmiştir. Fındıkların yağ içeriğinin, yağ kompozisyonundaki linoleik asit yüzdesinin, yağ stabilitesinin fındık çeşit ve yetiştirme koşullarına göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Bonvehi ve Coll, 1993).

Tablo 2.3: Türkiye’de yetiştirilen fındık çeşitlerine ait nem, yağ, protein ve kül değerleri (Köksal ve diğ., 2006)

Çeşit	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)
Acı	-	16,6	-	2,22
Cavcava	5,25	20,8	56,07	2,72
Çakıldak	4,86	19,4	60,67	2,60
Foşa	4,46	15,8	59,50	2,25
İncekara	4,27	16,3	60,75	2,41
Kalınkara	4,14	11,7	68,52	1,87
Kan	3,41	17,0	63,05	2,13
Karafındık	2,49	15,6	67,75	1,90
Kargalak	4,39	15,2	59,57	2,37
Kuş	4,41	16,8	61,25	2,30
Mincane	4,71	20,0	57,95	2,43
Palaz	4,76	18,0	57,65	2,61
Sivri	4,78	18,7	63,89	2,30
Tombul	4,63	17,5	64,60	2,43
Uzunmusa	4,17	17,0	61,75	2,34
Yassı badem	3,56	17,9	63,48	2,42
Yuvarlak badem	4,61	20,8	58,30	2,46
Ortalama değer	4,29	17,4	61,66	2,34
Standart sapma	0,70	2,3	3,4	0,20

- : Fındık çeşitlerinden ‘acı’ için yüzde nem ve yağ değerleri verilmemiştir.

Fındık insan diyetinde de önemli bir yere sahiptir. Fındık, içerdiği protein, mineral, yağ ve vitaminler ile beslenme açısından çok değerli bir ürün olup, içeriğindeki yağ oranının yüksek olması nedeniyle de iyi bir enerji kaynağı olarak günlük diyetle önemli rol oynamaktadır. Ayrıca tekli doymamış yağ asitleri, çoklu doymamış yağ asitleri ve E

vitamini içeriği (Tablo 2.4) bakımından da zengin bir gıda maddesidir (Parcerisa ve diğ., 1998). Fındığın 100 gramı 600–650 kilo kalori enerji ihtiva etmektedir (Richardson, 1997). Özellikle yağ asidi kompozisyonundaki oleik ve linoleik asit, tokoferol ve sterol varlığı ile insan beslenmesindeki önemi daha çok öne çıkmaktadır (Tablo 2.5). Antioksidant özelliklere sahip olan tokoferol ve polifenoller açısından sert kabuklu meyveler insan diyetinde önemli yer tutmaktadırlar. Yapılan bir çalışmada ceviz, antep fıstığı, çam fıstığı, badem, fındık en fazla toplam tokoferol ve fenol değerine sahip sert kabuklu meyveler olarak bulunmuştur (Kornsteiner ve diğ., 2006). Tekli doymamış yağ asitleri içeriği bakımından zengin (fındık yağı) diyetler, kan basıncını, toplam kolesterolü, LDL kolesterolü düşürmede etkili iken, HDL kolesterolü arttırıcı etkisi vardır (Durak ve diğ., 1999). Yapılan epidemiyolojik araştırmalarda sert kabuklu meyve (fındık ve ceviz gibi) tüketiminin kardiyovasküler hastalıkların riskini %30-50 oranında azalttığı ortaya çıkmıştır ve bu olumlu etki vitamin E ve L-arginin varlığına bağlanmaktadır (Albert ve diğ., 2002; Chahoud ve diğ., 2004). Fındık esensiyel vitaminlerden B1, B2, niasin, α -tokoferol açısından da zengindir. Fındıkta bulunan tokoferolün farklı formları α -, γ -, δ -, β - tokoferol- ile iyi ve dengeli bir vitamin E kaynağı olmaktadır (Kornsteiner ve diğ., 2006). E vitaminin aktif formu olan α -tokoferol, kronik rahatsızlıkların riskini azaltmaktadır. Örneğin kalp hastalıkları, tip 2 diabetes, yüksek tansiyon, kanser yaşlanmayla ilgili negatif etkilerle de savaşmada etkilidir (Köksal ve diğ., 2005). α -tokoferol ayrıca yaşlılıkla ilintili bilinç azalması ve alzheimer hastalığına karşı koruma da sağlamaktadır (Martin, 2003). Kornsteiner ve diğerlerinin sert kabuklu meyvelerde yaptıkları çalışmada α -tokoferol içeriği açısından en yüksek değer 31,4 mg/100 g ile fındıkta bulunmuştur. Günlük vitamin E ihtiyacının karşılanması için gerekli olan miktar günde 15 mg α -tokoferol olarak belirlenmiştir ve bu günlük miktarın %20'sinin karşılanması için bir porsiyon fındık yeterli olmaktadır (Karle ve diğ., 2004).

Tablo 2.4: Türkiye’de yetiştirilen fındık çeşitlerine ait vitamin değerleri (mg/100 g) (Köksal ve diğ., 2006)

Çeşit	B ₁	B ₂	Folik asit (µg/100 g)	B ₆	Niasin	Askorbik asit	Retinol	α-tokoferol	γ- tokoferol (µg/100 g)	δ- tokoferol	Toplam tokoferol
Acı	0,106	0,057	a	0,421	1,602	2,86	1,21	22,2	a	2,29	24,5
Cavcava	0,349	0,041	76	0,686	0,804	1,61	2,21	26,7	a	2,45	29,2
Çakıldak	0,124	0,062	38	0,389	0,918	1,89	4,96	25,8	a	1,38	27,2
Foşa	0,472	0,049	39	0,472	1,12	2,03	9,06	23,8	a	1,12	24,9
İncekara	0,243	0,047	a	0,446	1,71	2,94	4,62	26,4	a	1,16	27,5
Kalınkara	0,184	0,041	a	0,305	1,41	2,86	2,22	27,1	a	2,62	29,8
Kan	0,145	0,053	82	0,716	1,39	1,38	3,79	29,8	a	2,52	32,3
Karafındık	0,172	0,051	44	0,349	1,90	2,77	3,48	23,1	a	0,52	23,6
Kargalak	0,396	0,048	24	0,691	1,20	1,96	1,70	20,3	a	3,41	23,8
Kuş	0,544	0,057	a	0,544	1,10	1,41	2,36	19,0	a	0,70	19,7
Mincane	0,168	0,053	56	0,631	2,01	2,78	2,21	21,0	0,98	1,54	22,6

Tablo 2.4'ün devamı: Türkiye'de yetiştirilen fındık çeşitlerine ait vitamin değerleri (mg/100 g) (Köksal ve diğ., 2006)

Çeşit	B ₁	B ₂	Folik Asit (MG/100 G)	B ₆	Niasin	Askorbik Asit	Retinol	α -tokoferol	γ - tokoferol (μ g/100 g)	δ - tokoferol	Toplam Tokoferol
Palaz	0,361	0,048	a	0,644	1,41	2,96	1,58	25,8	a	1,76	27,5
Sivri	0,132	0,061	9	0,216	1,54	2,63	2,79	27,0	a	1,28	28,3
Tombul	0,199	0,067	19	0,344	1,61	2,88	2,95	38,4	0,61	3,08	41,4
Uzunmusa	0,204	0,058	26	0,614	1,81	2,71	1,79	28,4	1,62	2,68	31,1
Yassı badem	0,309	0,041	a	0,466	1,71	3,00	2,38	18,6	0,38	0,97	19,6
Yuvarlak badem	0,580	0,058	61	0,580	1,39	2,93	5,99	17,2	1,23	0,75	17,9
Ortalama değer	0,276	0,052	43	0,501	1,45	2,45	3,25	24,7	1,36	1,78	26,5
Standart sapma	0,151	0,008	24	0,151	0,34	0,59	1,98	5,09	1,03	0,90	5,63

a: analiz ile belirlenemeyen değer

Yapılan araştırmalara göre günde 100 g fındık tüketimi ile günlük protein ihtiyaının %22'si karşılanabilmektedir. (Pala ve diğ., 1996).

Fındıktaki doymuş yağ asidi oranı, bitkisel yağlardaki doymuş yağ asidi oranına kıyasla daha azdır. Örneğın zeytinyağı %15 doymuş yağ asidi içermekte iken fındık ortalama %7 doymuş yağ asidi içermektedir (Garcia ve diğ., 1994). Fındıktaki toplam yağ asitlerinin %75'den fazlası ise doymamıştır (Kornsteiner ve diğ., 2006). Bu oranlar da fındığın yağ asidi kompozisyonun beslenmedeki önemini belirtmektedir.

Tablo 2.5: Fındık çeşitlerine ait yağ asidi değerlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri (g/100 g) (Köksal ve diğ., 2006)

Yağ Asitleri	Minimum	Maksimum	Ortalama
Palmitik asit (C16:0)	4,72	5,87	5,36
Palmitoleik asit (C16:1)	0,22	0,48	0,36
Stearik asit (C18:0)	0,86	2,49	1,80
Oleik asit (C18:1)	74,2	82,8	79,4
Linoleik asit (C18:2)	9,82	18,7	13,0
Linolenik asit (C18:3)	0,029	0,076	0,062
Çoklu doymamış yağ asitleri (C18:2+C18:3)	9,87	18,7	13,1
Doymamış yağ asitleri (C16:1+C18:1+C18:2+C18:3)	91,7	94,2	92,8
Doymuş yağ asitleri (C16:0+C18:0)	5,7	8,2	7,1
Çoklu doymamış yağ asitleri/ Doymuş yağ asitleri	1,23	2,87	1,85
Doymamış yağ asitleri/ Doymuş yağ asitleri	11,1	16,4	13,1

Fındığın kimyasal ve mineral kompozisyonu insan beslenmesi için ve fındığın kalite parametreleri üzerinde de önemli rol oynamaktadır. Örneğin proses parametrelerinden kavurma sıcaklığı ve süresine, renk gelişimine , acılaşımaya etkileri vardır (Özdemir ve diğ., 2001).

Fındıkların fiziksel özelliklerinin -örneğin hacim, yoğunluk, şekil, lineer boyutlar gibi- bilinmesi ise fındık işleme ekipmanlarının dizaynında gerekli olmaktadır. Birçok makinenin dizaynında ürünün boyut ve şekli önemli rol oynamaktadır (Ayfer, 1986).

Esansiyel yağ asitleri, mineraller, B₁, B₂ ve E vitaminleri Türk fındığının beslenme kalitesini arttırır (Ayfer, 1986).

2.6. Fındıkta Hasat, Harman-Kurutma ve Depolama

Fındığın toplanmasında genellikle el ile tente üzerine ve yerden toplama gibi yöntemler kullanılmaktadır. Fakat en iyi toplama yöntemi fındıklar tam olgunluğa ulaştığında silkme suretiyle toplanmasıdır. Türkiye’de ise hasat çoğunlukla daldan el ile toplayarak yapılmaktadır (Anonymous, 1999c).

Hasattan sonra 30–40 kg.lık sepetler ile veya çuvallara doldurulan fındıklar harman yerlerine taşınırlar (Anonymous, 1999c). Harman yerleri, genellikle düz hafif meyilli çayırılık veya sert topraklardır; bunların dışında hafif bir meyil verilerek betondan yapılan harman yerleri de mevcuttur (Özdemir ve Akinci, 2004).

Fındıklar harman yerine getirildikten sonra 3–5 gün yığın halinde bekletilirler. Bu işlemi takiben fındıklar tırmık ile harman alanına 10–15 cm. kalınlıkta bir tabaka oluşturacak şekilde serilir. Güneşli havalarda her gün karıştırılarak 3–5 gün kurutulur. Belli bir miktar kuruyan bu fındıklar patoz denilen fındık ayıklama makinesine verilerek zuruflardan ayrılması sağlanır. Ayıklanan bu fındıklar tekrar harmanlara götürülür ve 2–4 cm. kalınlıkta serilerek, tırmıkla karıştırılmak suretiyle kurumaları sağlanır. Bu şekilde 3–4 gün kuruyan fındıklar vantilatörden geçirilerek yabancı maddelerden ve boşlarından ayrılırlar. Temizlenen fındıklar tekrar harman yerine serilerek içlerinde bulunabilecek yabancı cisimlerden temizlenir. Son aşama olarak da çuvallara doldurulup ve ağızları dikilerek pazara götürülmek üzere hazırlanırlar. Ülkemizde genellikle kontrolsüz koşullarda yapılan depolamada serin, kuru ve havalanabilir nitelikte yerler tercih edilmektedir.

Ayrıca fındıkların iyice kurumuş olmasına ve nem oranının kabuklu fındıkta %12, iç fındıkta %6'yı geçmemesine özen gösterilir (Anonymous, 1999c). Türk fındıklarında, daha uzun süreli depolamalar için kontrollü koşullarda ve genellikle %60–65 bağıl nemde, 2°C'de kabuksuz halde 36–48 ay süreyle depolanabilmektedir (Pekmezci, 1984). Kabuklu halde depolanan Türk fındıklarında ise genellikle %65 veya daha düşük bağıl nemler, 5–7°C ideal koşulları sağlamaktadır (Pekmezci, 1894; Çetiner, 1988).

Harmanlama işleminin ülkemizde genellikle güneşte, kontrolsüz yapılması ve depolama şartlarının kontrolsüz olması beraberinde bazı sorunları da getirmektedir. Fındıklar uzun kurutma süresi, nemli ve yağmurlu hava koşullarından dolayı küf gelişimi ve buna bağlı olarak da mikotoksin oluşumu ile sonuçlanmaktadır. Fındıklarda hasattan sonra kurutmanın makul sürelerde yapılması mikotoksin içermeyen ve yüksek kalitede ürün eldesi için gereklidir (Özilgen ve Özdemir, 2001).

2.7. *Aspergillus flavus*

*Aspergillus*lar dünyanın birçok farklı bölgesinde topraklarda bulunmuştur. Sıcak ve kuru periyotlarda ürünlerde hızlıca gelişme gösterebilirler. Depolanan tahıllarda, tahılın kalitesi, sıcaklık ve yüzde nem değerleri gelişme gösteren *Aspergillus* cinsi küfün çeşidini ve yoğunluğunu belirler (Bhatnagar ve Garcia, 2001).

Aspergillus flavus küfü uzun sürelerdir bilinen ve çalışılan küflerin arasındadır. *A. flavus* küfü 1806 yılından beri bilinmesine rağmen, metaboliti olan aflatoksinin fark edilmesi daha yenidir. Aflatoksin 1960 yılında İngiltere'de 100,000 hindinin ve Kenya'da çok sayıda yavru ördeğin ölümünden sonra keşfedilmiştir. *A. flavus* küfü doğada her yerde bulunabilmektedir. Sert kabuklu meyveler ve yağlı tohumlarda daha fazla rastlanmaktadır. *A. flavus*'un en çok gelişme gösterdiği ürünler arasında yer fıstığı, mısır, pamuk tohumu yer almaktadır. Tahıllar da *A. flavus* küfüne rastlanılan ürünler arasındadır. Fakat sert kabuklu meyveler ve yağlı tohumlara göre, tahıllarda *A. flavus* varlığı kötü uygulamalarla beraber görülmektedir (Roberts ve diğ., 1996).

Aspergillus'lar mezofilik karakterde olup 6–8°C'den 50–60°C'ye kadar gelişebilirler, optimum gelişme sıcaklıkları 35–38°C iken 10–13°C'lerin altında ve 41–42°C'lerin

üzerinde aflatoksin oluşumu sınırlanır. Aflatoksin oluşumu için optimum sıcaklıklar 25–30°C’ler arasındadır (Roberts ve diğ., 1996).

A. flavus küfünün gelişimi üzerine pH’nın etkisi 2,5–4,5 değerleri arasında minimumdur. pH 3.5’den küçük değerlerde küf gelişimi azalmakta, <pH 3.0’de bu azalma daha da artmaktadır. Su aktivitesinin küf gelişmesi üzerine etkisi incelendiğinde optimum değer olarak 0.98, maksimum değer olarak da en az 0.998 olarak belirlenmiştir. Gelişme için gerekli olan minimum a_w değerler üzerine farklı görüşler mevcuttur; yapılan çalışmalarda minimum değer olarak 33°C’de 0.78 a_w (Ayerst, 1969), 25°C’de 0.84 a_w (Pitt ve Hocking, 1977) değerleri belirlenmiştir. 1995 yılında yapılan bir çalışmaya göre ise 25°C’de 0.82 a_w , 30°C’de 0.81 a_w ve 37°C’de 0.80 a_w minimum değerler olarak belirlenmiştir (Pitt ve Miscamble, 1995).

2.8. Aflatoksin

Aflatoksinler, *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* küflerinin ürettiği sekonder metabolitlerdir (Tunail, 2000). Mikotoksinler üzerindeki çalışmalar, 1960’da aflatoksinin bulunmasından sonra yoğunluk kazanmış ve bütün dünyada inceleme konusu olmuştur. Yapılan çalışmalar aflatoksinin B₁, B₂, G₁ ve G₂ olmak üzere dört temel bileşiği olduğunu göstermiştir. *Aspergillus flavus* aflatoksin B₁, B₂ ve siklopiazonik asit üretirken, *Aspergillus parasiticus* küfö aflatoksin B₁, B₂, G₁ ve G₂ üretmektedir (Smith, 2001). *Aspergillus* türleri farklı ürünlerde ve farklı koşullarda gelişebilme özelliğine sahiptirler. Bu nedenle birçok gıdada bu küflere ve aflatoksine rastlamak mümkündür (Mishra ve diğ., 2003). Bu küflerin aflatoksin üretimleri çevre koşulları (bağıl nem, sıcaklık, gaz bileşimi gibi) ve ürünün özellikleri (su aktivitesi, toplam asitlik, doğal mikroflora, pH, besin içeriği, indirgenme potansiyeli gibi) ile ilişkilidir (Tunail, 2000).

Aflatoksinin en toksik özellikteki olanı B₁ ‘dir. Vücuda alınan aflatoksinin (özellikle AFB₁) neden olduğu akut, subakut ve kronik olarak seyreden mikotoksikosite aflatoksikosis olarak adlandırılır (Tunail, 2000). Aflatoksikosis karaciğer kanseri, sirozu ve deformasyonuna neden olur, sinir sistemini etkileyerek fonksiyonlarını yerine getirmesini engeller (Smith, 2001). Aflatoksinin kanserojen etkisinin yanı sıra mutajen, teratojen, immunosupresif etkileri sahip olduğu yapılan denemelerle de gösterilmiştir.

İnsanlarda aflatoksinin akut etkisine örnek olarak Hindistan’da görülen 397 hastanın 106’sının ölümü ile sonuçlanan olayda, tüketilen gıdalarda *A. flavus*’un gelişmiş olduğu ve yüksek miktarda aflatoksin ürettiği belirlenmiştir (Tunail, 2000).

Sağlık üzerine bütün bu olumsuz etkileri göze alındığında aflatoksinlerin diyetteki kabul edilebilir günlük limitlerinin değerleri daha dikkatle ele alınmalıdır. Kabul edilebilir günlük limitlerinin hayvan deneyleriyle elde edilmiş değerlerdir ve bu nedenle farklı cinsler üzerindeki etkileri de farklı olacaktır. Öncelikle iyi üretim koşulları ile gıda maddelerindeki aflatoksin değerlerinin az olmasının sağlanması ve beslenmede kanser riskin azaltıcı diyetlerin daha yaygınlaştırılması sağlık üzerine olumlu etkiler yaratacaktır (Creppy, 2002). Çeşitli Avrupa Birliği ülkelerinde, ABD ve Türkiye’de aflatoksin B₁, B₂, G₁ ve G₂ için maksimum limit değerleri Tablo 2.6’de verilmektedir.

Aflatoksinler sıklıkla bitkisel ürünlerde gözüktür. Bu ürünler arasında yer fıstığı, fındık, antep fıstığı, badem, çam fıstığı gibi sert kabuklu meyveler riskli gruba girerler (Galvano ve diğ., 1996). Yağ içeriği fazla olan ürünlerde örneğin fındıkta küflerin gelişimi için gerekli olan bağlı olmayan suyun oranının yüksek olması nedeniyle daha sıklıkla küf varlığına rastlanır. Ürünlerdeki yağ oranı attıkça küf oranı ve aflatoksin B₁ oranı da artar (Reddy ve Shetty, 1992).

Tablo 2.6: Çeşitli Avrupa Birliği ülkelerinde, ABD ve Türkiye’de aflatoksin için maksimum limit değerleri (Creppy, 2002; Tebliğ, 2002)

Mikotoksin	Ülke	Maksimum Limit $\mu\text{g/kg}$ veya $\mu\text{g/l}$	Gıda Maddesi
Aflatoksin B ₁	Finlandiya	2	Tüm gıdalar
	Almanya	2	Tüm gıdalar
	Avusturya	1	Tüm gıdalar
		2	Tahıl ve sert kabuklu meyveler
	İsviçre	1	Tüm gıdalar
		2	Tahıl ve mısır
	Türkiye	5	Baharat , fındık, yer fıstığı ve diğer yağlı kuru meyveler
		2	Tahıllar ve tahıl ürünleri
Aflatoksin B ₁ , B ₂ , G ₁ ve G ₂	Finlandiya	5	Tüm gıdalar
	Almanya	4	Tüm gıdalar
	Avusturya	5 (B ₂ +G ₁ +G ₂)	Tüm gıdalar
		0,02(M ₁ +B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂)	Bebek mamaları
	İsviçre	5 (B ₂ +G ₁ +G ₂)	Tüm gıdalar
		0,01	Bebek mamaları
	Türkiye	10	Baharat , fındık, yer fıstığı ve diğer yağlı kuru meyveler
		4	Tahıllar ve tahıl ürünleri

Aflatoksinler gıdalar içinde stabildirler ve toksinin parçalanması oldukça zordur. Aflatoksinin parçalanması ile ilgili birçok yöntem araştırılmış, birçok farklı yöntemin farklı etkileri olduğu saptanmıştır. Özellikle yüksek sıcaklık uygulamaları denenmiş fakat bu uygulamalar yetersiz kalınca kavurma ve kombine işlemler üzerinde durulmuştur. Yer fıstığında, 6 kW mikrodalga gücü ile 4 dakika ya da 1,6 kW mikrodalga gücü ile 16 dakika yapılan kavurmada aflatoksinin %95'i parçalanmıştır. Aşılama yapılan yer fıstıklarında ise 0,7 kW mikrodalga gücü ile 8,5 dakika yapılan kavurmada aflatoksinin %30 - 45'i parçalanmıştır (Samarajeewa ve diğ., 1990). Antep fıstığı ile yapılan bir çalışmada da aflatoksinin parçalanma yüzdesi sıcaklık, zaman parametreleri ile başlangıç değerlerine göre farklılık göstermiştir. Kavurma işleminin 150°C'de 30 dakika boyunca yapılan denemede 44 ppb aflatoksin B₁'in %66'sı parçalanırken, 213 ppb aflatoksin B₁'in %24'ü parçalanmıştır. 90°C'de 30 dakika boyunca yapılan denemede 200 ppb aflatoksin B₁'in sadece %10'u parçalanmıştır (Yazdanpanah ve diğ., 2005).

2.8.1. Fındıkta Aflatoksin Problemi

Fındıkta küf bulaşması yaygın olup, gelişmeleri insan ve hayvan sağlığı için önemli bir risk oluşturmaktadır. Küfler sağlam gıdanın içine de girebildiklerinden bakterilerden daha fazla zarar vermektedirler. Küf gelişimi bahçede başlamakta, hasat ve yetersiz veya uygun olmayan kurutma koşulları nedeniyle gelişebilmekte, depolama ve taşıma sırasında da bulaşma miktarı artabilmektedir (Özdemir, 1997). Fındıkta küf gelişimi iki açıdan önem taşımaktadır. Birincisi küf gelişmesine bağlı olarak fındıkta serbest yağ asitlerinin oluşumu, ikincisi mikotoksin özellikle de aflatoksindir (Sipahioğlu ve Heperkan, 2000). Toksin oluşumu ürünler arazideyken veya hasat, harman ve depolama sırasında da görülebilir (Smith, 2001).

Kabuklu fındıkta *Aspergillus flavus-parasiticus* gelişmesi kabuk yüzeyinde ağaçta başlamakta, ürünün toprakla teması doğrultusunda ve hasat işlemleri boyunca da artabilmektedir. Ancak harman ve depolamada kabuğu çatlamış fındık daneleri dışında ağaçtaki ve yerdeki kabuklu fındık tanelerinde *A. flavus* görülmemiştir. Eğer dış kabukta zedelenme varsa iç fındıkta da *Aspergillus flavus-parasiticus* gelişmesi görülmektedir (Heperkan, 2003).

Aflatoksin oluşumu, ortam bağıl nemi ve ürünün su aktivitesi ile yakından ilgilidir. Güneşte kurutma sırasında, fındığın su aktivitesinin yüksek olduğu ilk 6–10 günde aflatoksin oluşabilmektedir. Bu nedenle özellikle yağışlı havalarda yere düşmüş fındıkların yerde fazla kalması önlenmelidir. Fındıkta küf gelişimi yapısında birçok değişime neden olmaktadır. Örneğin küfler; protein, yağ ve karbonhidratları enzimatik faaliyetlerle parçalayarak gıdanın dokusunu değiştirmekte, proteinlerin parçalanmasına, aminoasit bileşiminde değişime, yağ içeriğinin azalmasına, serbest yağ asitliğinin artmasına, besin değerinin düşmesine, renk ve tat değişimine, kötü koku oluşmasına, ağırlık kaybına ve toksin oluşmasına yol açmaktadırlar (Anonymous, 2005a).

Türkiye aflatoksin ve fındık konusunda ihracatta sıkıntılar yaşamıştır. 1967 yılında Kanada'ya ihraç edilen fındıklarda aflatoksin varlığı nedeniyle iade edilmiştir (Çamlıbel, 1995, Tunail, 2000). Bu kötü deneyim sayesinde bundan sonraki yıllarda fındıkta aflatoksin kontrolü daha sıkı tutulmuş ve 1987'de ve 1990 – 1994 yıllarını kapsayan dilimlerde yapılan aflatoksin kontrollerinde sınır değerini aşan numunelere rastlanmamıştır (Tunail, 2000). 2005 yılında ise aflatoksin problemi Çek Cumhuriyeti'ne gönderilen kuru incirlerde büyük problem yaratmış ve 19 ton kuru incire gümrük yetkilileri tarafınca el konulmuştur (Anonymous, 2005f).

Küfler ve mikotoksinlerle ilgili olarak en kapsamlı çalışmalar 1982 yılında TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. NATO Science for Stability Programı tarafından desteklenen proje kapsamında pek çok üründe mikoflora ve mikotoksin varlığı araştırılmış, fındıkta aflatoksin konusu da bu proje kapsamında ele alınmıştır (Heperkan, 2003). Türkiye'deki kabuklu fındıklarda yapılan bir araştırmada, başta *Aspergillus niger* olmak üzere *A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. candidus* türleri ile *Penicillium*, *Trichothecium*, *Rhizopus* ve *Fusarium* türleri izole edilmiştir. *A. flavus* 61 örneğin yaklaşık %18'inde belirlenmiştir (Tunail, 2000).

Fındık mikoflorasında kurutma aşamasında fındıkta hakim flora *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichothecium*, *Eurotium*, *Trichoderma*, *Cladosporium* cinslerinden oluşmakta, *Rhizopus*, *Acremonium*, *Paecilomyces*, *Mucor*, *Alternaria*, *Verticillium* ve *Pestalotiopsis* daha az sıklıkla bulunmaktadır. Fındıkta sık rastlanılan türler *P. commune*, *P. brevicompactum*, *P. crustosum*, *P. fellutanum*, *P. janczewskii*, *P. aurantiogriseum*, *Trichothecium roseum*, *A. flavus-parasiticus*, *A. niger*, *Eurotium spp.*, *Cladosporium spp.* ve *Trichoderma spp.*dir (Heperkan, 2003). Yapılan başka

bir çalışmada ise, yine Türkiye’deki fındıklardan tanımlanan 146 adet *A. parasiticus*’dan sadece bir tanesinin, 508 adet *A. flavus*’tan ise 6 tanesinin aflatoksin ürettiği bulunmuştur (Anonymous, 2003). Türkiye’de 1994 yılında yapılan diğer bir araştırmada fındıklardaki hakim mikoflora olarak *Penicillium* ve *Aspergillus* küfleri, ayrıca *Rhizopus stolonifer*, *Absidia corymbifera* ve *Syncephalastrum racemosum* küfleri de bulunmuştur (Şahin ve Kalyoncuoğlu, 1994).

Fındıkta aflatoksinle ilgili olarak ülkemizde yapılan ve Dilek Heperkan tarafından derlenmiş olan çalışmalar aşağıda verilmiştir (Heperkan, 2003), ilk çalışmalar 1968 yılında başlamış, Güray ve Vural Ankara’da piyasadan temin ettikleri 27 fındık örneğinin 6’sında aflatoksin belirlemişler, toksin miktarının 50 ppb’nin altında olduğunu bildirmişlerdir (Güray ve Vural, 1968). Benzer şekilde Akşehirli ve Bozkurt, 1969 yılında piyasadan temin ettikleri ve Kanada’dan iade edilen fındıklar üzerinde yaptıkları çalışmada 42 örneğin ikisinde mavi floresans veren metabolitlerin aflatoksin B₁ olduğunu bildirmişlerdir (Akşehirli ve Bozkurt, 1969). 1972 yılında Denizel ve Köşker, 37 fındık örneğinden izole edilen 9 *A. flavus* izolatının toksin ürettiğini belirlemişlerdir (Denizel ve Köşker, 1972). Çolakoğlu ve Ünal (1974) ise 13 fındık örneğinde aflatoksine rastlamamışlardır (Çolakoğlu ve Ünal, 1974).

Ayçiçek ve diğerleri tarafından Ankara’da yapılan bir araştırmada, 51 fındık numunesinden 4’ünde toplam aflatoksin miktarı belirlenmemiş, 26 numunede 1 ppb’den az, 17 numunede 1–5 ppb arasında, 3 numunede 5–10 ppb arasında, sadece bir fındık numunesinde limit değerlerin üzerinde (>10 ppb) toplam aflatoksin miktarı belirlenmiştir. Aynı fındık numunelerinin aflatoksin B₁ değerleri araştırılmış, 8’inde aflatoksin B₁ miktarı belirlenmemiş, 41 numunede 1 ppb’den az, 1 numunede 1-5 ppb arasında, 1 numunede 5-10 ppb arasında yani limit değerlerin üzerinde aflatoksin B₁ miktarı belirlenmiştir (Ayçiçek ve diğ., 2005).

Mısır’daki fındıklarda yapılan araştırmada fındık numunelerinin %90’nında 25–175 µg/kg düzeylerinde değişen aflatoksine rastlanmıştır (Abdel-Hafez ve Saber, 1993). Katar’da tüketilen sert kabuklu meyvelerdeki aflatoksin varlığının araştırıldığı çalışmada alınan iki fındık numunesinde de aflatoksine rastlanmazken, 24 adet kabuklu antep fıstığı numunesinden 8 numunede aflatoksine, 77 adet kabuksuz antep fıstığı numunesinden 40 numunede aflatoksine rastlanmıştır (Abdulkadar ve diğ., 2000).

Sonuç olarak fındıkta zaman zaman aflatoksin oluşumu ile karşılaşmaktadır. *A. flavus* bulaşması toprakla temas eden örneklerde yüksektir ve kabuğu zedelenmiş tanelerde endosperm de enfekte olmaktadır. Aflatoksin oluşumu ise kurutma aşamasında başlamaktadır (Heperkan, 2003). Fındıklarda hasatı takiben, kurutma yapılarak su aktiviteleri düşürülmeli ve kuru ve serin ortamlarda saklanmalıdır (Eke, 1987; Moss, 2002). Depo koşulları ve özellikle yığın şeklinde depolama, küf gelişmesini teşvik etmekte, ürünün tamamen küflü bir görünüm almasına ve tüketilmeyecek duruma gelmesine sebep olmaktadır (Heperkan, 2003).

Bütün bu bulgular bize fındığın hasadı sırasında ve sonraki işlemler özellikle kurutma sırasındaki uygulamalara dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir. Aflatoksin oluşumu fındık kabuğunda zedelenmenin önlenerek, fındığın toprakla temasının engellenmesi, hızlı ve etkin kurutma ile kontrol altına alınabilir. Fındığın taşınma ve depolanması da dikkate alınması gereken diğer önemli basamaklardır. Genel olarak toksin içeren fındıklarda, kabuklu yemişlerde ve tahıllarda üretici ülkedeki tüketicilere ek olarak ihracat yapılan ülkelerdeki tüketiciyi de tehdit etmektedir. Bu nedenle toksin oluşumunun engellenmesi oldukça fazla sayıda tüketicinin yararına olacaktır (Özilgen ve Özdemir, 2001).

2.9. Mikrodalga Enerjisi

Bir bölgeye enerji verilerek bir elektriksel alan yaratılır ve bu alanı oluşturan neden ortadan kaldırıldığında, elektriksel alan azalmaya başlar ve bir manyetik alan oluşur. Bu manyetik alanın değişmesi de çevrede yeni elektriksel alanların üretilmesine neden olur ve enerji taşıyan bir elektrik alan dalgası dışa doğru yayılır. Bu elektromanyetik yayılmanın esas kaynağı, elektrik yüklerinin salınımıdır. Mikrodalga, dalga boyu 0.5–50 cm arasında ve frekansı 600–300.000 MHz arasında olan elektromanyetik enerjidir ve elektronik devrelerde elektronların hızlandırılmaları ile elde edilirler. Mikrodalgalar, magnetron, klistron veya yürüyen dalga tüpleriyle elde edilebilirler. En çok kullanılan mikrodalga kaynağı magnetrondur (Datta ve Davidson, 2001).

Mikrodalgaların kullanım alanları üç ana başlık altında toplanabilir. Bunlar radyo ve haberleşme, radar ve ısıtmadır (Rosenthal, 1992).

Endüstride kullanılan mikrodalga frekansları, uluslar arası anlaşmalar dahilinde haberleşmede kullanılan dalga boyları ile çıkabilecek karışıklığı önlemek amacıyla Federal Haberleşme Komisyonu (FCC) tarafından belirlenmiştir. Belirlenen dalga boyları ve frekanslara göre gıda sanayinde kullanılan mikrodalgalar, 2450 ± 50 MHz frekansında ve 12,2 cm dalga boyunda veya 915 ± 25 MHz frekansında ve 32,8 cm dalga boyundakilerdir (Meredith, 1998).

2.9.1. Mikrodalga Enerjisinin Tarihçesi

Mikrodalga teknolojisi, ilk olarak 1921 yılında mikrodalga kaynağının Hill tarafından keşfedilmesi ile ortaya çıkmıştır (Knutson ve diğ., 1987). II. Dünya Savaşı sırasında Randall ve Boot tarafından İngiliz ordusunun radar setlerine sürekli bir mikrodalga enerjisi kaynağı üretmek amacıyla yaptıkları çalışmada magnetronun keşfinden sonra (Reynolds, 1989), mikrodalga enerjisi 1934 yılında, radar (radio detection and ranging) amacıyla Amerikalı deniz subayları Furth ve Tucker tarafından kullanılmıştır (Page, 1962). Randall ve Boot tarafından bulunan magnetronların, Raytheon firması tarafından kopyası yapılmış ve elektrik mühendisi olan Spencer tarafından da daha fazla üretim için magnetron geliştirilmiştir. Spencer 1942 yılında geliştirdiği bu magnetron için bir patent hazırlamış ve dokuz yıl sonra patentini alabilmiş, 1945 yılında ise yaptığı çalışmalar sonucunda mikrodalga enerjisi ile çeşitli maddeleri ısıtabildiğini keşfetmiştir. Aynı sene kapalı bir mikrodalga fırınına tarif ettiği ‘gıda maddelerini muamele etme’ methodu olarak adlandırdığı patent için başvurmuş ve 1950 yılında da bu patenti almıştır (Reynolds, 1989). Bu method ise 1946 yılında Raytheon firmasının Kasım ayında piyasaya çıkardığı Radarange mikrodalga fırınının yapımında kullanılmıştır. Mikrodalga uygulanabilir ürün olan patlamış mısırın patenti 1949 yılında Percy Scott tarafından alınmıştır (Decareau, 1985).

Yapılan araştırmalar sonucunda, mikrodalga frekanslarını (500 MHz’den 100 GHz’e kadar) ve yüksek güçte mikrodalga enerjisini üretebilen magnetronlar elde edilmiştir. Yüksek güçteki bu magnetronlar sayesinde mikrodalga ile ısıtma sistemlerinin verimliliği 900 MHz’de %90’lar, 2450 MHz’de %80’ler gibi yüksek değerlere ulaşmaktadır (Meredith, 1998).

Savaş sonrasındaki yıllarda da mikrodalga ile ilgili gelişmeler devam etmiş ve mikrodalga enerjisi ısıtma amacıyla evlerde ve endüstride de kullanılmaya başlanmıştır. Gıda maddelerinin ısı ile muamelesinin, ilk olarak 1895 yılında Underwood ve Prescott ile başlamasının ardından birçok gelişme gösteren gıda sanayi, 1940'ların ortasında ilk mikrodalga fırının geliştirilmesi ile yeni bir döneme başladı. Bu tarihten sonra da mikrodalga enerjisinin ısıtma amacıyla kullanımı artmaya başlamıştır (Decareau, 1985).

Mikrodalga fırın pazarı 1960'ların sonuna doğru gelişme göstermeye başlamışken, gelişen teknoloji ve mikrodalga fiyatlarının azalması ile giderek ivme kazanmış ve ABD'de 1988'e gelindiğinde 12 milyon mikrodalga fırını satışı ile tavan yapmış ve daha sonraki yıllarda yılda yaklaşık 10 milyon ile sabit bir değere gelmiştir (Regier ve Schubert, 2001).

Bütün bu gelişmelere rağmen yüksek güçte mikrodalga jeneratörlerinin gelişiminin yavaş ilerlemesi nedeniyle konveyör bantlı mikrodalga sistemlerinin uygulamalarına ancak 1962'lerde başlanmıştır (Decareau, 1985).

2.9.2 Mikrodalga Enerjisi ile Isı Oluşumu

Mikrodalga enerjisi, iyonların yer değiştirmesi ve dipollerin dönüşüyle moleküler harekete neden olan iyonlaşmamış radyasyon olarak da tanımlanabilmektedir. Bu tanımdan yola çıkarak mikrodalga enerjisi ile ısı oluşumu iki mekanizma ile açıklanabilir.

Bunlar iyonik polarizasyon ve dipol rotasyondur.

İyonik polarizasyon: İyon içeren gıda maddelerine elektrik alan uygulandığı zaman iyonlar hızlıca hareket etmeye başlar ve bu hareketten doğan kinetik enerji ısı enerjisine dönüşür (Curnette, 1980).

Dipol rotasyon: Gıda maddeleri yönleri rasgele olan polar moleküller içerirler. Elektrik alan uygulandığında bu moleküller elektrik alanın kutupsallığına uygun olarak yönelmektedirler. Moleküller düzenlerini korumak amacıyla hızla değişen kutupsallık ile birlikte dönmeye devam ederler. Bu moleküllerin dönüşleri etraflarını çevreleyen ortam ile aralarında sürtünmeye sebep olmakta ve ısı oluşmaktadır. Polar olmayan moleküllerde ise elektrik yükleri simetrik dağılmıştır. Elektrik alan uygulandığında pozitif yükler alan yönünde, negatif yükler de ters yönde bir

kuvvetin etkisi altında kalır. Bu durum yüklerin yer değiştirmesine ve polar olmalarına yol açar (Rosenthal, 1992).

Kısaca özetlemek gerekirse, mikrodalga enerjisi gıdadaki moleküllerin yapılarında değişikliğe neden olmadan, bu yapıdaki iyon ve dipollerin hızlıca titreşerek ısı enerjisi açığa çıkartmasını sağlar (Rosenthal, 1992).

2.10. Mikrodalga Teknolojisinin Gıda Sanayinde Kullanım Alanları

Mikrodalgaın ısıtma kabiliyetinin keşfedilmesinden sonra endüstriyel anlamda daha çok önem kazanan bu proses gıda endüstrisinde farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Bunlar (ön) ısıtma ve (ön) pişirme, sterilizasyon, pastörizasyon, temperleme, kurutma olarak toplanabilir (Regier ve Schubert, 2001). Kullanım alanları ve uygulandığı ürünler alt başlıklar halinde incelenecektir.

2.10.1 Ön Isıtma ve Pişirme

Kek, ekmek ve fırıncılık ürünlerini pişirmede, kullanılan mikrodalga teknolojisi kabuk oluşumunu ve ürün yüzeyinin kahverengileşmesini önlemede çare olmuştur. Geleneksel yöntemlere göre mikrodalga uygulaması enzim inaktivasyonunu hızlı bir şeklide gerçekteştirerek nişastanın bozulmasını engeller, yeterli miktarda buhar ve karbondioksit oluşumu sağlayarak kabarık ve gözenekli yapının oluşmasını sağlar (Decareau, 1986). Mikrodalgaın kullanılmasındaki engel mikrodalga ve ısıya dayanıklı, pahalı olmayan bir pişirme kabının bulunmaması idi. 1981 ve 1982 yıllarında alınan patentlere göre sorunun, metal pişirme kapları ile bu sorunun üstesinden gelinmiştir (Schiffmann ve diğ., 1981).

Bugünkü endüstride mikrodalga enerjisi kullanımı genellikle geleneksel yöntemlerle kombine olarak kullanılmaktadır. İlk olarak geleneksel yöntemlerle pişirilen yüksek nemli hamurlar, son pişirme aşamasında mikrodalgayla muamele edilmektedir (Schiffmann, 2001).

Tavuk ve domuz eti ürünlerinde de kullanımı oldukça geniş olan mikrodalga teknolojisi, ilk olarak 1960'larda endüstriyel olarak tavuk eti için kullanılmıştır. Tavuk eti proseslerinde temizlenmiş tavuk parçalara ayrılarak, büyüklüklerine göre sınıflara ayrılmakta ve farklı mikrodalga güç ve enerjisinde ön pişirmeye tabi tutulmaktadır. Büyük parçalar için (ğöğüs ve but gibi) 2450 Mhz frekansında 80 kw

gücünde mikrodalga enerjisi kullanılırken, küçük parçalar için (kanat ve daha küçük but parçaları gibi) 50 kW mikrodalga enerjisi kullanılmaktaydı. Fakat günümüzde mikrodalga enerjisi ile ön pişirme tavuk etinde uygulanmamaktadır (Schiffmann, 2001).

Domuz pastırması için tercih edilen mikrodalga teknolojisinin, ızgarada pişirilmesine kıyasla birçok avantaj sağlamaktadır. Domuz pastırmasının yapısının bozulması ile sonuçlanan ızgarada pişirmeye kıyasla mikrodalga ile pişirme son ürünün fiziksel görünümünün ve kalitesinin daha iyi olmasını sağlamaktadır. ABD’de domuz pastırması için mikrodalga teknolojisini kullanan üç firma mevcuttur (Schiffmann, 2001).

Türkiye’de mikrodalga ile kek pişirmenin denendiği bir araştırmada, geleneksel yöntemle pişirilen kekin kalite parametreleri ile halojen lamba-mikrodalga kombinasyonu uygulaması, sadece halojen lamba ve sadece mikrodalga ile ayrı ayrı pişirilen keklerin kalite parametreleri karşılaştırılmıştır. Mikrodalga ile yapılan pişirmede düşük kalitede sonuç elde edilirken, en iyi sonuç pişirmenin %70’nin halojen lamba ve %50 mikrodalga gücü ile 5 dakika süreyle yapılan pişirmede elde edilmiştir. Bu yöntemle normal pişirme süresi yaklaşık olarak %75 azaltılmıştır (Sumnu ve diğ., 2005a).

2.10.2 Temperleme

Temperleme donmuş ürüne ısı uygulaması yapılarak ürünün sıcaklığını -18°C ve daha düşük sıcaklık derecelerinden buzun donma sıcaklığının üstündeki derecelere çıkartmaktır (Regier ve Schubert, 2001). Endüstriyel alanda mikrodalga kullanım alanı bulduğu en geniş sahalardan birisi de temperlemedir. Sadece ABD’de 400’ün üzerinde temperleme sistemi mevcuttur (Schiffmann, 2001). Geleneksel yöntemlerle yapılacak bir temperleme işlemi uzun sürelerde gerçekleşmekte ve bu nedenle büyük miktardaki ürünlerin depolanması vb. işlemler için daha fazla yer, zaman, paraya ihtiyaç duyulacaktır. Mikrodalga kullanımı ile temperleme işlemi saatlerden dakikalara kadar, ürünler için gerekli olan yer ise %16 oranında azalabilmektedir (Regier ve Schubert, 2001).

Temperleme işlemi sırasında mikrodalga ısıtmanın homojen olmadığı durumlarda ürünün bazı kısımlarında daha fazla su kaybı ve fazla ısınma nedeniyle kimyasal bozulmalar görülebilmektedir (Li ve Sun, 2002). Et, balık ve tereyağı endüstrisi

temperlemenin kullanıldığı başlıca alanlar olarak sıralanabilir. Genel olarak uzun dalga boyu uzunluğu ve penetrasyon derinliği daha fazla olduğu için 915 Mhz frekansında mikrodalga enerjisi tercih edilmektedir (Schiffmann, 2001).

Balıklar tutulduktan sonra aynı gün içersinde limana getirilmediği durumlarda gemilerde dondurularak saklanmakta, daha sonraki proses aşamaları için çözündürülmesi gerekmektedir. Dondurulmuş et söz konusu olduğunda ise tepmerleme odalarına konan etler 1–4 gün arasında burada bekletilmekte ve bu süre zarfında da damlama kaybı doğrultusunda üründe ağırlık kaybı görülebilmektedir. Kontrolsüz koşullar altında ise ürün hijyeninde olumsuzluklar baş gösterebilmektedir. Bu nedenle mikrodalga ile yapılabilecek temperleme işlemi bütün bu olumsuzlukları ortadan kaldırılabilmektedir. Tereyağı endüstrisinde ise acılaşmanın engellenmesi için donmuş halde depolanan büyük hacimlerdeki ürün, satışa sunulmadan önce yarım veya bir kiloluk bloklar haline getirilmelidir. Bu nedenle çözündürme işlemi yapılacak ürüne geleneksel yöntemler dışında mikrodalga uygulaması yapmak üreticiye zaman ve yer kazandıracaktır. İngiltere’de tereyağı için bu teknolojiyi kullanan en az dört firma bulunmaktadır (Schiffmann, 2001). Temperleme işleminin endüstriyel ölçekte kullanıldığı ülkelerden biri de Fransa’dır. Fransa’da LMI firması tarafından geliştirilen temperleme tünellerinde 2,5 ve 5 kW gücünde 2450 MHz frekansta mikrodalga enerjisi kullanarak sığır, kuzu ve domuz eti işlem görmüştür (Venkatesh ve Raghavan, 2004).

2.10.3 Pastörizasyon ve Sterilizasyon

Mikrodalga enerjisinin gıdaları ısıtılabilmesinin keşfinden sonra geleneksel yöntemlerle yapılan pastörizasyon ve sterilizasyon işlemlerine alternatif olarak bu enerjinin kullanılması gündeme gelmiştir. Mikrodalgayla pastörizasyon ve sterilizasyondaki en büyük avantaj proses sürenin daha kısa olmasıdır. Mikrodalga enerjisi, istenilen sıcaklık derecesine çıkış süresini azaltmakta, böylece prosesin toplam süresi kısalmaktadır (Schiffmann, 2001).

Avrupa’da uygulanan yöntemde, hermetik olarak kapatılmış kaplardaki hazır yemekler mikrodalga ile pastörize edildikten sonra soğuk zincir kırılmadan dağıtımı yapılmakta ve böylece ürünlerin raf ömrünün uzaması sağlanmaktadır. Mikrodalgayla pastörizasyon süt ve süt ürünlerinde, meyve ve sebzelerde, meyve sularında, et, ekmek, makarna gibi birçok gıda maddesinde denenmiştir. Hollanda’da

bulunan bir firma uçaklardaki hazır yemeklerin pastörizasyonu için mikrodalga enerjisini kullanmaktadır. ABD’de ise paketlenmiş makarnanın pastörizasyonu mikrodalgayla sağlanmıştır. Bu yöntemin kullanımı ABD’de sınırlı olmakla birlikte Avrupa ve Japonya’da bu yönteme ilgi daha fazladır (Schiffmann, 2001).

Biyolojik atıkların sterilizasyonu amacıyla mikrodalga enerjisinin denendiği bir çalışmada *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus intermedius* ve *Pseudomonas aeruginosa* canlı hücrelerinin uygulamadan sonraki sayımları yapılmış ve çarpıcı sonuçlar elde edilmiştir. 500 watt gücünde 90 saniye süreyle uygulanan mikrodalga enerjisi sonunda *Escherichia coli* sayısı 10^9 cfu/ml’den 5×10^5 cfu/ml’ye, *Salmonella typhi* sayısı 8×10^8 cfu/ml’den 2×10^4 cfu/ml’ye düşmüştür. Yine 500 watt gücünde farklı olarak 150 saniye süreyle çalışan mikrodalga uygulaması sonunda *Pseudomonas aeruginosa* sayısı 10^{16} cfu/ml’den 10^7 cfu/ml’ye, *Staphylococcus intermedius* sayısı 10^{15} cfu/ml’den 10^5 cfu/ml’ye düşmüştür (Martin ve diğ., 2005).

2.10.4 Kurutma

Gıda koruma yöntemlerinden biri olan kurutmanın gıda endüstrisindeki önemi büyüktür. Kurutma basit bir tanımla, katı formdan (gıda maddesi) sıvı formun (su) ısı enerjisi ile uzaklaştırılmasıdır. Kurutma sırasında ısı transferi üç şekilde gerçekleşebilir. Bunlar; konveksiyon, konveksiyon ve ışıdır (Decareau, 1985).

Geleneksel yöntemlerde, gıdanın dış yüzü sıcak hava ile ısıtılırken (konveksiyon); ısınmamış bölgeler, ısınan gıda yüzeyden gerçekleşen ısı iletimi ile ısınır. Fakat gıda içindeki ısı iletimi çok yüksek olmadığından, gıda maddesinin tümünün ısınması için gereken süre çok uzundur. Sıcak hava ile kurutmada, kurutmanın hızı, suyun gıdanın iç yüzeyinden buharlaşacağı dış yüzeye kadar çıkmasını sağlayan orana bağlıdır. Difüzyon ne kadar zor olursa kurutma hızı da o kadar yavaş olur. Ortamın sıcaklığını artırmak, yüzeydeki suyun buharlaşmasını hızlandıracağı için, kurutma da hızlanabilir.

Genelde bu yöntemle kurutmanın hızlandırılması beraberinde birtakım olumsuzlukları da getirir. Fazla sıcaklık artışı gıda maddesinin yüzeyinin fazla kurummasına, dokusunun sertleşmesine ve parçalanmasına sebep olabilir. Ayrıca kurutma prosesi sırasında, süre uzadıkça, içteki suyun yüzeye ulaşması hem daha zor hem de daha yavaş gerçekleşir (Regier ve Schubert, 2001).

Mikrodalga ile kurutma tamamıyla farklı bir mekanizmaya sahiptir. Işınım yolu ile yayılan enerji gıda maddesinin derinlerine nüfuz ederek iç kısımlarda istenilen sıcaklık derecelerine ulaşmayı geleneksel yöntemlere kıyasla daha kolay ve daha kısa süreli hale getirmektedir. Mikrodalga ile gıdanın içinde oluşan ısı enerjisi sayesinde basınç oluşur ve bu basınç sayesinde su molekülleri yüzeye pompalanır (Regier ve Schubert, 2001).

Genel olarak mikrodalga ile kurutma prosesin son aşamalarında uygulanır, bu nedenle de ‘son kurutma’ olarak adlandırılabilir. Son kurutmaya örnek olarak bisküvilerin kurutulması verilebilir. Mikrodalga ile kurutma gıda içindeki suyun yüzeye pompalanması amacıyla bütün proses boyunca da uygulanabilir. Bu uygulamaya örnek olarak da makarnanın kurutulması verilebilir.

Ayrıca başka bir yöntem olarak, mikrodalga ile kurutma sıcak hava ile kurutmadan önce de uygulanabilir. Böylece ürünün sıcak hava ile kurutmadan önce ısıtılması sağlanmış olur. Mikrodalga ile kurutma atmosferik basınçta ve vakum altında yapılabilir. Daha yüksek kuruma oranlarının elde edildiği mikrodalga ile kurutma vakum ile birlikte uygulandığında suda çözünen aroma maddeleri ve vitaminler daha iyi korunur ve üründe büzülme ve küçülme daha az olacağından daha yüksek kalitede ürün elde edilebilir.

Meyve ve sebzeleri kurutmada yeni teknoloji, ilk olarak vakum altında mikrodalga ile kurutma ve son kurutma ise hava ile yapılmaktadır. Bu kombine teknoloji ile kurutulan ürünlerin rehidrasyon özellikleri daha iyi olmaktadır (Regier ve Schubert, 2001).

Avustralya’da yetişen *Macadamia* ağaçlarından elde edilen sert kabuklu meyvelerden olan *macadamia* cevizinin mikrodalga ile kurutulmasının araştırıldığı çalışmada mikrodalga ile kurutmadan sonra depolanan numunelerde serbest yağ asitliği, peroksit değerleri ve duyu analizler yapılmıştır. Bu analiz sonuçlarına göre mikrodalga ile kurutulan ürünlerin kalitesi geleneksel yöntemlerle kurutulan ürünlere göre daha yüksektir. Mikrodalga ile yapılan kurutma, geleneksel yöntemlerle 144 saat süren işlemi 4,5-5,5 saate indirmeyi başarmıştır (Silva ve diğ., 2005).

Bugüne kadar mikrodalga ile kurutma sayısız araştırmacı tarafından birçok üründe denenmiştir.

Bunlara örnek olarak elma (Funebo ve Ohlsson, 1998; Contreras ve diğ., 2005; Sainz ve diğ., 2006), mantar (Funebo ve Ohlsson, 1998), muz (Maskan, 2000), havuç (Litvin ve diğ., 1998; Sumnu ve diğ., 2005b; Wang ve Xi, 2005), sarımsak (Sharma ve Prasat, 2001), boncuk makarna (Göksu ve diğ., 2005), penne makarna (Berteli ve Marsaioli, 2005), süt (Akyel ve Bosisio, 1990), maydanoz (Soysal, 2004), şeftali (Wang ve Sheng, 2005), buğday (Walde ve diğ., 2002), domuz pastırması (James ve diğ., 2005), patates (Khraisheh ve diğ., 2000, 2004) verilebilir. Endüstriyel ölçekte başarı kazanan ve uygulamaya konulan mikrodalga ile kurutmanın yapıldığı ürünler patates cipsi, makarna, tahıllar (Decareau, 1985; Schiffmann, 1995, 2001), kahvaltılık tahıl gevreği (Schiffmann, 2001) ve meyve suyu konsantreleridir (Decareau, 1985).

2.10.4.1. Mikrodalga ile Kurutmanın Avantajları

Mikrodalga ile kurutmada ısıнын meydana geldiği yer ürünün kendisidir. Bu nedenle büyük miktardaki ürünler daha kısa zamanda ve daha homojen ısı dağılımı ile kurutulabilmektedir. Mikrodalga ile kurutmanın en büyük avantajı, normal kurutma zamanının %10'u kadar ve hatta daha da az sürelerde kurutma gerçekleşebilmesini sağlamasıdır (Regier ve Schubert, 2001).

Kurutma düşük sıcaklıklarda gerçekleştiği için yüksek sıcaklıkların getirdiği olumsuzluklarla karşılaşmaz (Schiffmann, 2001).

Bazı ürünlerde ürün kalitesi artar. Gıda yüzeyinde meydana gelebilecek doku sertleşmesi engellenir (Schiffmann, 2001).

Konvansiyonel kurutma ekipmanlarından daha az yer kaplar ve işçiliği azdır (Schiffmann, 2001).

Mikrodalgada gıdanın içerisinden bir ısıtma sağladığından sıcaklık dağılımı daha homojen olur (Schiffmann, 2001).

2.11. Mikrodalgaanın Mikroorganizmalar Üzerine Etkileri

Mikrodalgalar ile mikroorganizmaların inaktivasyonunda etkili olan mekanizma henüz kesin bir açıklık kazanmamıştır (Datta ve Davidson, 2001). Mikrodalga

uygulamasý sırasında dalgalar halindeki enerji ürüne penetre olur ve iyonların yer değiştirmesi ve dipollerin dönüşüyle moleküler harekete neden olarak ısı oluşturur. Oluřan bu ısı ile mikroorganizmalar üzerindeki etkiye ısıya bağlı etki denmektedir. Bu ısı etkisi ile hücrenin enzim, protein, nükleik asit ve membranlarını da zarar görmekte ve parçalanmaktadır (Anantheswaran ve Ramaswamy, 2001, Ramaswamy ve dię., 2002). Isı ile ilişkilendirilmeyen diğer mekanizmalar ise seçici ısıtma, elektroporasyon, hücre membranının yırtılması ve elektromanyetik alanla moleköl arasındaki enerji transferi olarak bilinen manyetik eşlemesidir. Seçici ısıtma teorisine göre mikroorganizma etrafının çevreleyen sıvı ortamdan daha etkili ve fazla ısınır ve mikroorganizmanın inhibisyonu için gerekli olan sıcaklık ortamın daha düşük olduğu derecelerde elde edilir. Elektroporasyon, membrandan geğen elektriksel potansiyel nedeniyle mikroorganizmaların membranlarında oluşan porların sızıntıya neden olmasıyla meydana gelir. Hücre membranının yırtılması ise membrandan geğen elektrik akımı sonucunda oluşmaktadır. Son teori olarak da hücre içindeki DNA ve protein gibi hayati önem taşıyan maddeler elektromanyetik alan arasında enerji transferi oluşur ve hücrenin iç bileşenlerini bozar (Kozempel ve dię., 1998). Mikrodalga ile ısıtma sırasında hızlı bir ısınma geręekleřmekte ve ürünün belli bir dereceye ulaşması için gereken süre diğer yöntemlere göre daha azdır. Gıdanın heterojen yapısı nedeniyle, bazı komponentler mikroorganizmalar üzerinde koruyucu etki yapabilmektedirler. Özellikle ürünün soğuk ve sıcak noktalarının belirlenerek, mikroorganizmaların tümüne zarar verecek olan yeterli ısı muamelesinin yapılması gerekmektedir. Isıya bağlı olarak, mikrodalga ile ısıtmada bakterilerin küflerden ve mayalardan daha dayanıklı olduğu ve de bakteri sporlarının vejetatif hücrelerden daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir.

Mikrodalga ile ısıtmanın gıdalardaki patojenik bakteriler üzerine etkisini inceleyen sayısız araştırmalar bulunmaktadır. *Bacillus cereus*, *Campylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* ve *Salmonella* ile yapılan çalışmalarda bu bakterilerin mikrodalga ile ısıtma sonucunda inaktive olduğu belirlenmiştir. Bunlara ek olarak *Trichinella spiralis* ile yapılan çalışmada da mikrodalga enerjisinin inaktivasyonunu sağladığı gözlemlenmiştir. Mikrodalga enerjisi ile kırmızı et, balık, domuz etinde bulunan gıda kaynaklı patojenlerin inaktive olduğu gözlemlenmiştir (Anantheswaran ve Ramaswamy, 2001).

Yapılan araştırmalarda genellikle *Escherichia coli* bakterisi ile çalışılmış ve farklı ürünlere aşılama yapılarak denemelerde farklı sonuçlar elde edilmiştir. Apostolou ve diğerklerinin (2005) yaptıkları çalışmada *Escherichia coli* O157:H7 (10^5 - 10^6 cfu/g) aşılanan tüm tavuk ve göğüs tavuk etlerinde ev tipi mikrodalga fırında 600 watt gücünde yapılan denemelerde göğüs etinde 73°C'lere ulaşan sıcaklık ile 35 saniye sonunda *Escherichia coli* O157:H7 eliminasyonu gerçekleşirken, tüm tavuk etinde aynı başarı bu sürede sağlanamamıştır. Daha uzun sürelerde yapılan denemede, tüm tavuk eti 22 dakika süreyle pişirimiş ve sıcaklığı 60,2°C ile 92°C arasında bulunmuş fakat *Escherichia coli* O157:H7 hücrelerinin eliminasyonunda başarılı olunamamıştır.

Yine tavuk etinde yapılan başka bir araştırmada ise *Escherichia coli* K12 ve *Campylobacter jejuni* bakterileri ile çalışılmıştır. Kemiksiz tavuk göğüs etine (10^5 – 10^6 cfu/cm²) olacak şeklilde aşılanan bakterilerin 1138 watt mikrodalga gücünde 10,20 ve 30 saniye süreyle muamelesi sonucunda canlı bakteri sayısı incelenmiştir. Yapılan denemeler sonucunda kısa süreli mikrodalga uygulamalarının bu bakteriler üzerinde etkili olmadığı sonucuna varılmıştır. Ürünün raf ömrünün incelendiğinde ise mikrodalga uygulanmış örneklerle, uygulanmamış örnekler arasında bir fark gözlenmemiştir (Göksoy ve diğ., 2000).

Elma suyunda *Escherichia coli* bakterisinin inhibisyonun incelendiği diğerk bir çalışmada ise 90 saniye süreyle uygulanan 900 watt ve 720 watt gücündeki mikrodalga uygulamalarında bakterinin inhibisyonu sağlanmıştır. Geleneksel yöntemlerde 83°C'de 30 saniye süreyle yapılan elma suyu pastörizasyonu mikrodalga ile daha uzun sürelerde fakat daha düşük sıcaklıklarda 900 watt ve 720 watt gücü için sırasıyla 70.3±2.1°C ve 76,2±1,9°C'de gerçekleşmiştir (Canumir ve diğ., 2002).

Armuttan izole edilen *Penicillium expansum* ile yapılan çalışmada ise 2450 MHz frekansında çalışan mikrodalga fırınında 450 watt gücünde yapılan denemede cam tüpte bulunan 2 ml 10^5 cfu/ml spor süspansiyonu, 2 ve 3 dakikalık uygulamalar sonunda sporların tamamıyla inhibe olduğu görülmüştür. Armutta rrmeye yol açan *Penicillium expansum* küfünün mikrodalga ile inhibisyonun incelendiği çalışmada bu kfe karşı antagonist etkiye sahip 10^8 cfu/ml *Cryptococcus laurentii* mayası ile ve 10^5 cfu/ml *Penicillium expansum* kf ile aşılanan armutların 2 dakika süreyle 2450

MHz frekansında çalışan mikrodalga fırınında 450 watt gücünde yapılan uygulama sonucunda çürümenin %72,6 oranında azaldığı görülmüştür (Zhang ve diğ., 2005).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Mikrodalga ile kurutmanın fındıkta *Aspergillus flavus* küfüne etkisinin incelendiği bu çalışmada Aysan Dış Ticaret Fındık Sanayi Ltd. Şti.'den temin edilen 2004 ve 2005 yılı mahsulü Levant kalite 9–11 mm çapında işlenmemiş iç ve kabuklu fındıklar kullanılmıştır. Mikrodalga'nın *Aspergillus flavus* küfüne etkisinin incelenmesi kapsamında fındıklara aşılama yapılmıştır. Bu amaçla İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği laboratuvarında iç fındıklardan *Aspergillus flavus* küfü izole edilmiş ve tanımlanmıştır.

3.2 Metot

Mikrodalga uygulanacak fındıklar öncelikle 600 g.'lık numuneler halinde özel kaplarda fındıkların altında 750 ml. distile su konularak oda sıcaklığında su aktivite değerleri 0,90 olacak şekilde şartlandırılmışlardır. Aynı işlemler *Aspergillus flavus* küfü ile aşılamanın fındıklar içinde yapılmıştır. Hazırlanan numuneler Seta Mühendislik ve Makina İmalat San. A. Ş.'de bulunan 2450 MHz frekansta 3 magnetronlu toplam 6 kw kapasiteye sahip sanayi tipi mikrodalga fırınında farklı süre ve güçlerde mikrodalgaya işleme tabi tutulmuştur. Mikrodalga işleminden sonra farklı bağıl nem şartlarında doyumluğa ulaştıktan sonra 7 gün ve oda sıcaklığında 15 gün süreyle depolanan fındık numuneleri de incelenmiştir. Mikrodalga işleminden önce, mikrodalga uygulamasından sonra, depolanan fındıklarda nem, su aktivitesi, serbest yağ asitliği ve toplam küf sayısı analizleri yapılmıştır. Bu analizler için kullanılan yöntemler aşağıda ayrıntılı şekilde verilmiştir.

3.2.1 Mikrobiyolojik Analizler

3.2.1.1 Fındık Numunlerinde Toplam Küf Sayısının Belirlenmesi

Fındık numunlerinde, mikrodalga uygulamasından önce ve sonra küf sayımları yapılmıştır. Dilüsyonların hazırlanmasında fizyolojik tuz çözeltisi 8,5 g NaCl (Merck), 1 g pepton (Oxoid), %0.5 Tween 80 ve 1000 ml distile su kullanılmıştır. Ekimler Dichloran rose bengal chloramphenicol agar (DRBC, Merck) besiyerine yayma plak yöntemiyle yapılmıştır. Mikrodalga işlemi uygulanmış fındık numunleri oda sıcaklığında 15 gün süreyle bekletildikten sonra ve farklı bağıl nemlerde depolama yapıldıktan sonra da, toplam küf sayısı belirlenmiştir. Ekim yapılan petriler 25°C'de 5 gün süreyle inkübe edildikten sonra sayımlar yapılmıştır. Ekim işlemleri paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.2 Küflerin İzolasyonu

25 g fındık örneği aseptik koşullarda 225 ml fizyolojik tuzlu su içeren stomacher torbalarına tartılmış ve 120 sn süreyle stomacherde karıştırılmıştır. Daha sonra numuneden malt extract besiyerine ekim yapılmıştır ve 25°C'de 7 gün süreyle inkübe edilmiştir. İzolasyonda kullanılan Malt extract agar formülasyona göre hazırlanmıştır (Pitt ve Hocking, 1997).

3.2.1.3 *Aspergillus flavus* Küfünün İdentifikasyonu

İnkubasyon süresinin sonunda izole edilen *Aspergillus flavus* küfü Pitt ve Hocking (1997)'ye göre identifiye edilmiştir. İdentifikasyonda Malt extract agar ve Czapek dox agar besiyeri formülasyona göre hazırlanmış ve ekim yapıldıktan sonra 7 gün boyunca 25°C'de inkübasyona bırakılmış, morfolojik ve mikroskobik özellikleri dikkate alınarak identifiye edilmiştir.

3.2.1.3.1 Malt Extract Agar ve Czapek Dox Agar Besiyerinin Bileşimi

Malt Extract Agar

Malt extract	20 g
Pepton	1 g

Glikoz	20 g
Agar	20 g
Distile su	1 litre
<u>Czapek Dox Agar</u>	
Sodyum nitrat	2 g
Potasyum klorür	0,5 g
Magnezyum gliserofosfat	0,5 g
Demir sülfat	0,01 g
Potasyum sülfat	0,35 g
Sakkaroz	30 g
Agar	12 g
Distile su	1 litre

3.2.1.4 Spor Süspansiyonlarının Hazırlanması

İdentifiye edilen *Aspergillus flavus* saf kültüründen yatık Malt extract agar'a alınır ve 25°C'de 7 gün süreyle inkübe edilmiştir. İnkübasyonun sonunda aseptik şartlarda her bir tüpe 4–5 ml steril pepton çözeltisi (8,5 g NaCl, 1 g pepton, 1 litre distile su) ilave edilmiştir. Steril bir öze yardımıyla agarı zedelemeyen küf sporları sıvıya geçirilmiş ve tüpler tüp karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra Thoma lamı kullanılarak mikroskop altında küf sporları sayılmıştır. Hazırlanan spor süspansiyonları 10⁶ cfu/ml olacak şekilde fındıklara inoküle edilmiştir.

3.2.2 Fındıkların Şartlandırılması

Mikrodalga uygulaması için fındık numuneleri farklı su aktivitesi ve nem değerlerine getirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda 600±0,5 g fındık numunesi Tupperware marka kaplarda (Şekil 3.1) 750 ml distile su konularak 20°C'de istenilen su aktivitesi değerlerine ulaşmaya kadar ve cam kavanozlarda (Şekil 3.2) 50±0,5 g fındık numuneleri 100 ml saf su varlığında şartlandırılmıştır.



Şekil 3.1: Mikrodalga uygulamasından önce şartlandırılan fındıklar



Şekil 3.2: Fındık numunelerinin şartlandırıldığı cam kavanozlar

3.2.3 Doymuş Tuz Çözeltilerinin Hazırlanması

Belli tuzların doymuş çözeltileri hazırlanarak istenen bağıl nemlere sahip ortamlar hazırlanabilir. Rahway (1989) ve Kou ve Schmidt'in (1999) yaptıkları çalışmaya dayanarak %66 bağıl neme sahip ortam için NaNO_2 , %70 bağıl neme sahip ortam için KI, %75 bağıl neme sahip ortam için NaCl, %80 bağıl neme sahip ortam için amonyum sülfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, %85 bağıl neme sahip ortam için potasyum klorür KCl, %90 bağıl neme sahip ortam için baryum klorür $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tuzlarının doymuş çözeltileri hazırlanmıştır.

Kuru sterilizatörde 160°C 'de 2 saat boyunca steril edilen cam kavanozlara doymuş tuz çözeltilerinin konulur. Mikrodalga uygulamasından sonra fındık numuneleri, çözeltilere değmeyecek şekilde ve aseptik koşullarda bu kavanozlara konulur ve doymunluğa ulaştıktan 7 gün sonrasına kadar depolanır.

3.2.4. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

3.2.4.1 Fındıkta Nem Tayini

Çalışma boyunca nem tayini halojen lambalı Mettler Toledo HB 43 modeli nem tayin cihazıyla yapılmıştır. Her numuneden 5 g.lık örnekler alınarak, pirinç havanla dövülmüş ve 130°C’de analize tabii tutulmuştur. Kullanılan sıcaklık değerine öncelikle etüvde yapılan (TS 972) paralel çalışmalar doğrultusunda karar verilmiştir.

3.2.4.2 Fındıkta Su Aktivitesi Tayini

Su aktivitesi tayini Pawkit marka su aktivitesi tayin cihazıyla yapılmıştır. Her numuneden örnekler alınarak pirinç havanda dövülmüş ve örnek kaplarının yarısı doldurulmuştur. Cihaz çalışmaya başladıktan 5 dakika sonra su aktivitesi değeri okunur. Cihazın hassasiyeti $\pm 0,02$ değerindedir. Her numunede su aktivitesi tayininin aynı sıcaklık derecelerinde yapılmasına özen gösterilmiştir.

3.2.4.3 Fındıkta Serbest Yağ Asitliği Tayini (volumetrik)

Fındık yağında serbest yağ asitliği analizi TS 1605’e göre yapılmıştır. 5 ± 0.001 g fındık yağı 150 ml’lik erlen içerisine tartılır. Üzerine hazırlanmış olan dietileter:etanol (1:1) karışımından 20 ml ilave edilir ve %1’lik fenol fitaleyn indikatörü varlığında 0.1 N etanollü potasyum hidroksit (KOH) ile renk menekşe rengine dönünceye kadar titre edilir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez çalışması kapsamında, fındıkta mikrodalga ile kurutmanın *Aspergillus flavus* küfüne etkisinin incelenmesi amacıyla uygulanacak olan mikrodalga parametrelerinin belirlenmesi için ön çalışmalar yapılmıştır.

4.1. Fındığın Farklı Tuz Çözeltilerinde ve Saf Su Varlığında Şartlandırılması

Tez çalışmasında mikrodalgayla kurutmanın yapılması amacıyla, $600 \pm 0,5$ g fındık numuneleri özel kaplarda şartlandırılarak yüzde nem ve su aktivitesi değerleri arttırılmıştır. Bu şartlandırmalar süresince fındığın özelliklerindeki değişim hakkında fikir elde edilmesi ve fındıkların sorpsiyon izotermlerinin elde edilmesi amacıyla $50 \pm 0,5$ g 2004 yılı mahsulü fındık numuneleri cam kavanozlarda (Şekil 3.2), 100 ml %80, %85 ve %90 bağıl neme sahip tuz çözeltileri olacak şekilde şartlandırılmıştır. Şartlandırma boyunca her üç günde bir fındık numunelerinde sabit değerler elde edilinceye kadar yüzde nem ve su aktivitesi tayini yapılmıştır. Aşağıda Tablo 4.1’de %80 bağıl neme sahip $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ tuz çözeltisinde şartlandırılan, Tablo 4.2’de %85 bağıl neme sahip KCl tuz çözeltisinde şartlandırılan, Tablo 4.3’de ise %90 bağıl neme sahip $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tuz çözeltisinde şartlandırılan fındıklara ait yüzde nem ve su aktivitesi değerleri verilmiştir.

Tablolardan da görüldüğü gibi farklı tuz çözeltilerine göre doygunluğa ulaşma süreleri farklılık göstermiştir. %80 bağıl nemde depolanan fındıklar 24 günün sonunda doygunluğa ulaşmış ve 0,80 su aktivitesine %10,34 neme sahip olmuşlardır.

Tablo 4.1: %80 bağıl neme sahip tuz çözeltisi varlığında şartlandırılan fındıklara ait bulgular

Gün	Nem (%)	Su Aktivitesi
0.	5,45	0,61
3.	7,84	0,74
6.	8,58	0,75
9.	9,50	0,78
12.	9,67	0,78
15.	9,47	0,78
18.	9,22	0,78
21.	9,59	0,80
24.	10,34	0,80

Aşağıda Tablo 4.2’de görüldüğü gibi %85 bağıl nemde 30 günün sonunda doygunluğa ulaşan fındık numunelerinin su aktivitesi değeri 0,85 ve yüzde nem değeri de %12,20 olarak bulunmuştur. %80 bağıl nemde 10,34’e ulaşan nem değeri %85 bağıl nemde %12,20’lere kadar çıkmıştır.

Tablo 4.2: %85 bağıl neme sahip tuz çözeltisi varlığında şartlandırılan fındıklara ait bulgular

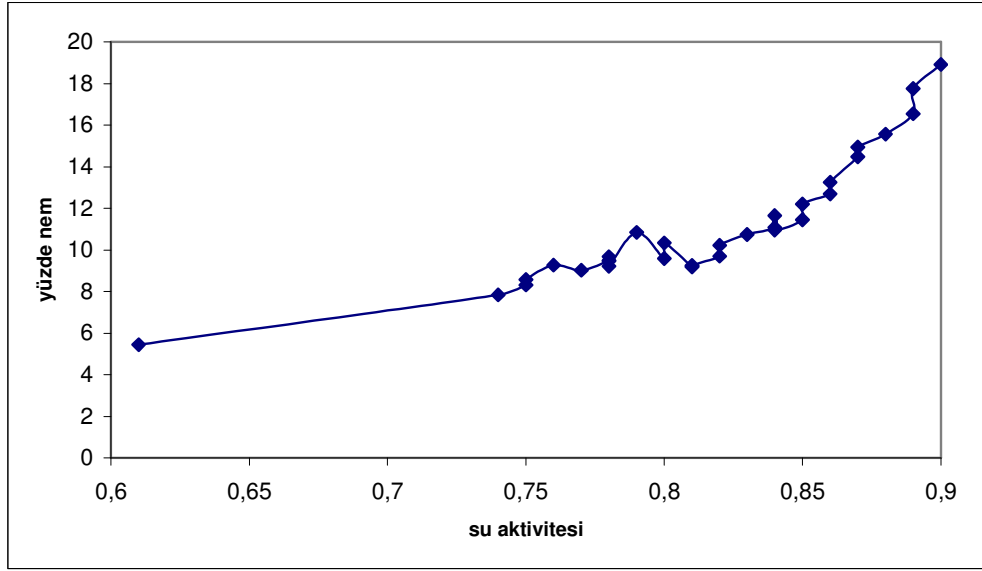
Gün	Nem (%)	Su Aktivitesi
0.	5,45	0,61
3.	8,32	0,75
6.	9,27	0,76
9.	9,18	0,81
12.	9,25	0,81
15.	9,70	0,82
18.	10,23	0,82
21.	10,74	0,83
24.	11,07	0,84
27.	11,66	0,84
30.	12,20	0,85

Şartlandırılan ortamın bağıl nem değeri arttıkça fındıkların günlere göre yüzde nem ve su aktivitesi değeri de artış göstermektedir. %90 bağıl nemde şartlandırılan fındıklarda 36 günün sonunda doygunluğa ulaşılmış, su aktivitesi değeri 0,90 ve yüzde nem değeri de % 18,92 olarak belirlenmiştir.

Bu üç farklı tuz çözeltisinde yapılan şartlandırmalar sonucunda elde edilen verilerden faydalanarak 2004 yılı mahsulü Levant kalite fındığın adsorpsiyon izotermi elde edilmiştir (Şekil 4.1).

Tablo 4.3: %90 bağıl neme sahip tuz çözeltisi varlığında şartlandırılan fındıklara ait bulgular

Gün	Nem (%)	Su Aktivitesi
0.	5,45	0,61
3.	9,03	0,77
6.	10,85	0,79
9.	10,96	0,84
12.	11,45	0,85
15.	12,70	0,86
18.	13,26	0,86
21.	14,48	0,87
24.	14,95	0,87
27.	15,56	0,88
30.	16,55	0,89
33.	17,76	0,89
36.	18,92	0,90



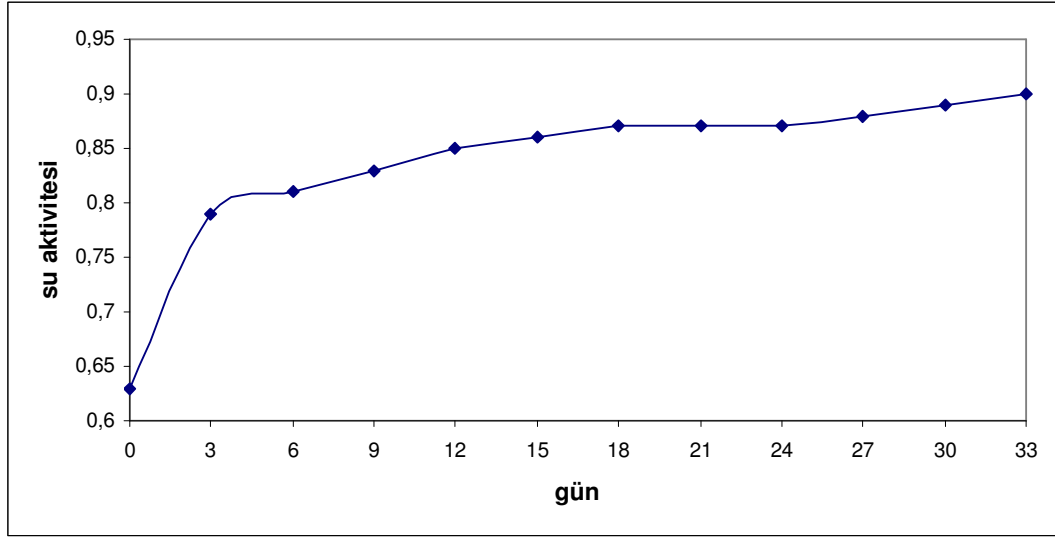
Şekil 4.1: Üç farklı bağıl nemde tuz çözeltilerinde şartlandırılan fındığın adsorpsiyon izotermi

Mikrodalga uygulamasından önce yapılan şartlandırmalar süresince fındığın özelliklerindeki değişim hakkında fikir elde edilmesi amacıyla $50 \pm 0,5$ g 2005 yılı mahsulü fındık numuneleri cam kavanozlarda, 100 ml saf su varlığında şartlandırılmıştır (Şekil 3.2) ve her üç günde bir su aktivitesi, yüzde nem, serbest yağ asitliği ve toplam küf sayısı belirlenmiştir.

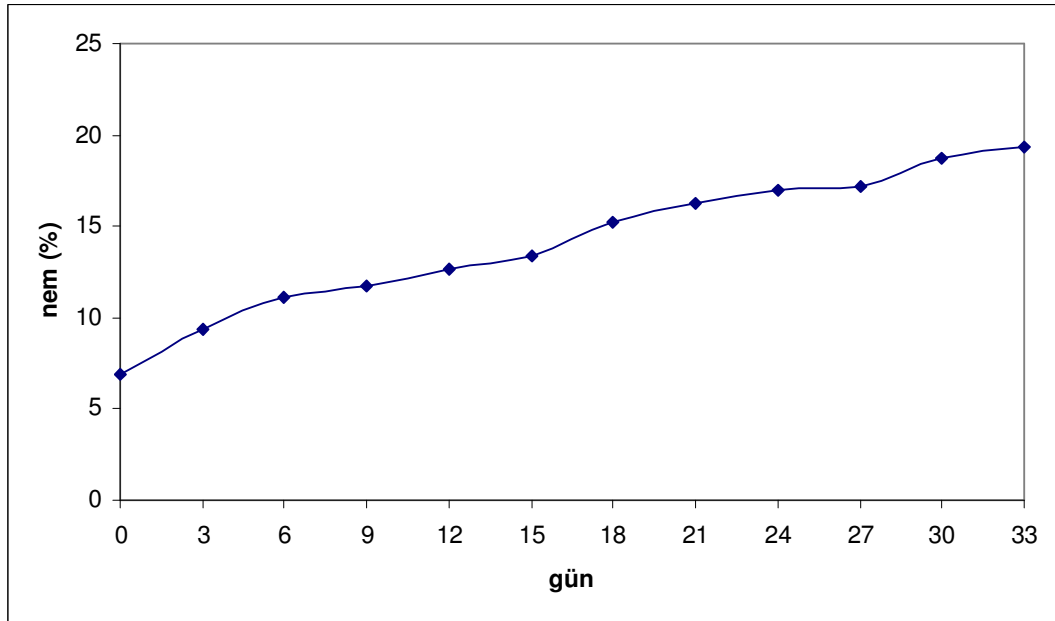
Aşağıda Tablo 4.4’de şartlandırma boyunca fındıkların nem, su aktivitesi, serbest yağ asitliği ve toplam küf sayısı değerleri verilmiştir. Şekil 4.2.’de görüldüğü gibi, başlangıç değeri 0,63 olan fındık numunelerinin 33 gün sonunda su aktivitesi değeri 0,90’a ulaşmıştır. Su aktivitesi değerinde ilk 12 gün süresince 0,22’lik bir artış belirlenirken, kalan 21 günlük sürede ise sadece 0,05 bir artış belirlenmiştir. Su aktivitesinde 33 günün sonunda toplam 0,27’lik bir artış sağlanmıştır. Su aktivitesine paralel olarak yüzde nem değerlerinde artışlar gözlenmiştir. Şekil 4.3’de görüldüğü gibi ilk olarak %6,88 nem değerine sahip fındıklar 33 günün sonunda %19,37 nem değerine ulaşmışlardır.

Tablo 4.4: Saf su varlığında şartlandırılan fındıklara ait bulgular

Gün	Nem (%)	Su Aktivitesi	Serbest Yağ Asitliği (%)	Toplam Küf Sayısı (cfu/g)	Toplam Küf Sayısı (log ₁₀)
0.	6,88	0,63	0,40	3,0x10 ²	2,48
3.	9,37	0,79	0,50	3,0x10 ²	2,48
6.	11,12	0,81	0,70	3,6x10 ²	2,56
9.	11,68	0,83	0,72	1,8x10 ⁴	4,26
12.	12,67	0,85	0,87	2,3x10 ⁴	4,36
15.	13,36	0,86	1,33	6,0x10 ⁵	5,78
18.	15,22	0,87	2,00	6,5x10 ⁵	5,81
21.	16,24	0,87	5,71	5,2x10 ⁶	6,72
24.	16,93	0,87	5,86	7,6x10 ⁶	6,88
27.	17,20	0,88	6,57	7,7x10 ⁶	6,89
30.	18,72	0,89	11,79	3,2x10 ⁷	7,50
33.	19,37	0,90	12,96	7,0x10 ⁷	7,85

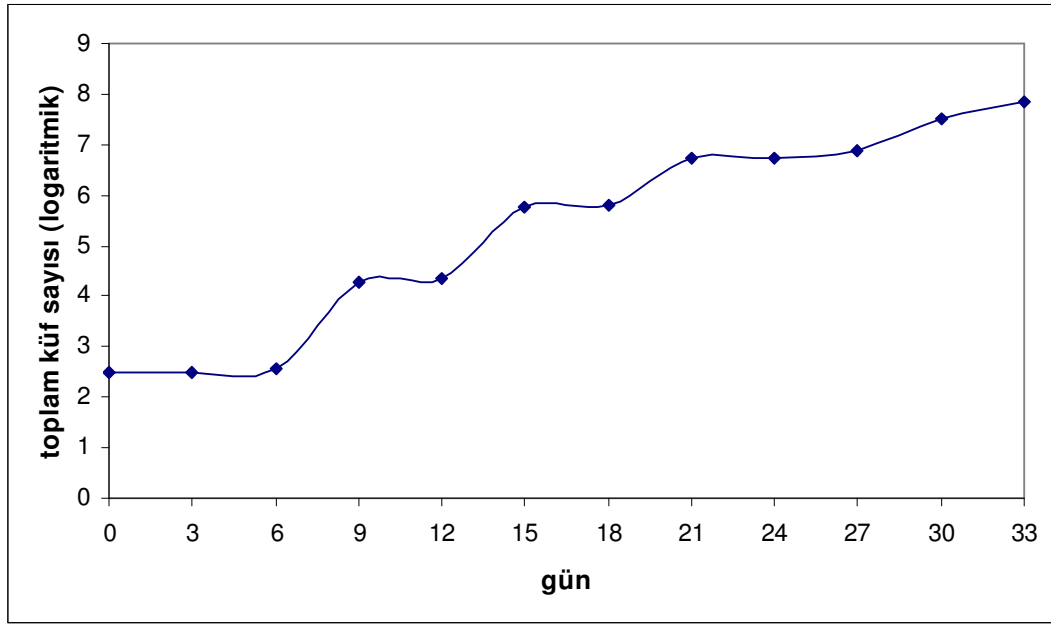


Şekil 4.2: Saf su varlığında şartlandırılan fındıklarda günlere bağlı olarak su aktivitesi değerlerindeki artış



Şekil 4.3: Saf su varlığında şartlandırılan fındıklarda günlere bağlı olarak yüzde nem değerlerindeki artış

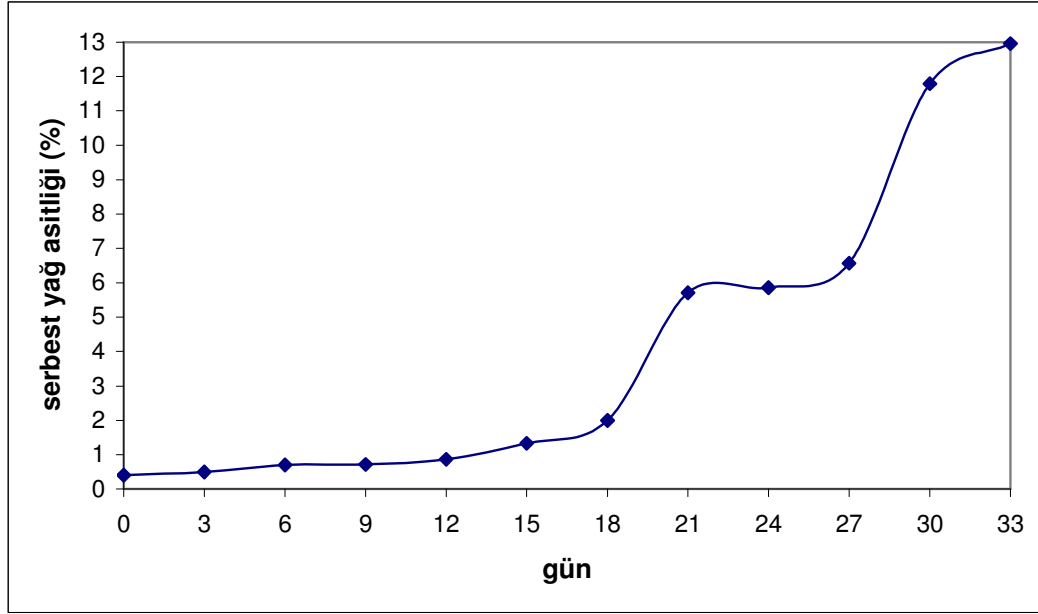
Toplam küf sayısında da 33. günün sonunda yaklaşık olarak 5 log.luk artış gözlenmiştir. Küf sayısında ilk 6 günde fazla artış olmamış, 9. günün sonunda ise başlangıç değerine kıyasla 2 log.luk artış sağlanmıştır. Şekil 4.4’de görüldüğü gibi üç günlük periyotlar halinde küf sayıları logaritmik olarak verilmiş ve toplam küf sayılarındaki artışın fazla gözlemlendiği günler 9., 15., 21. ve 30. günler olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.4: Saf su varlığında şartlandırılan fındıklarda günlere bağlı olarak toplam küf sayısındaki logaritmik artış

Şekil 4.5’de de görüldüğü gibi yüzde nem ve küf sayısındaki artışa bağlı olarak fındıklarda serbest yağ asitliği artmıştır. Sipahioğlu ve Heperkan’ın (2000) fındıkta yaptıkları bir çalışmada *Trichothecium roseum*’un lipolitik aktivitesini incelemişler ve nemi arttırılan fındıklarda süre uzadıkça serbest yağ asitliğinin arttığını, 4 gün içinde serbest yağ asitliğinin %1 değerinin üzerine çıktığını belirlemişlerdir. Sarıyar ve Heperkan’ın (2003) yaptıkları diğer bir çalışmada da fındıkta *Aspergillus niger* ve *Aspergillus flavus* küflerinin yağın parçalanmasına etkilerini incelemişler ve nemi arttırılan fındık numunelerinde parçalanmanın daha hızlı ve yüksek olduğunu ve nemlendirilmiş fındıklarda 2 gün içinde serbest yağ asitliğinin %1 değerinin üzerine çıktığını belirlemişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre farklı küf türlerinin fındıkta

yağın parçalanmasına farklı etkileri olduğu da belirlenmiştir. Tez çalışmasında yapılan şartlandırma sonucunda 12 gün sonunda serbest yağ asitliği %1 değerinin üzerine çıkmıştır ve 33 günün sonunda da %12,96 değerine ulaşmıştır. En fazla artışın gözlemlendiği günler 21. ve 30. günler olmuştur. Fındığın şartlandırılması sonucunda yüzde nem değerleri ve mikoflorasındaki küflerin sayısı artmış ve bu her iki etkiye de paralel olarak serbest yağ asitliği artmıştır.



Şekil 4.5: Saf su varlığında şartlandırılan fındıklarda günlere bağlı olarak serbest yağ asitliğindeki artış

4.2. Mikrodalga Uygulamasında Ön Çalışmalar

Tez çalışması doğrultusunda, belirli su aktivitesi, nem ve küf sayısına sahip fındık numunelerinde farklı güç ve sürelerde mikrodalga ile kurutma yapılmış ve uygulamalar sonucunda elde edilen verilen aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Fındıklar Tupperware marka özel kaplarda 750 ml saf su varlığında belirli su aktivitesi ve nem değerlerine erişinceye kadar şartlandırılmış, böylece fındık mikoflorasındaki küf sayısı da artmıştır. Her mikrodalga uygulaması için $600 \pm 0,5$ g fındık numunesi hazırlanmış, uygulama öncesi ve sonrasında da fındık numunelerinin infraredli termometre ile sıcaklık ölçümleri yapılmıştır.

4.3. Fındıkta Mikrodalga Uygulamasına Ait Veriler

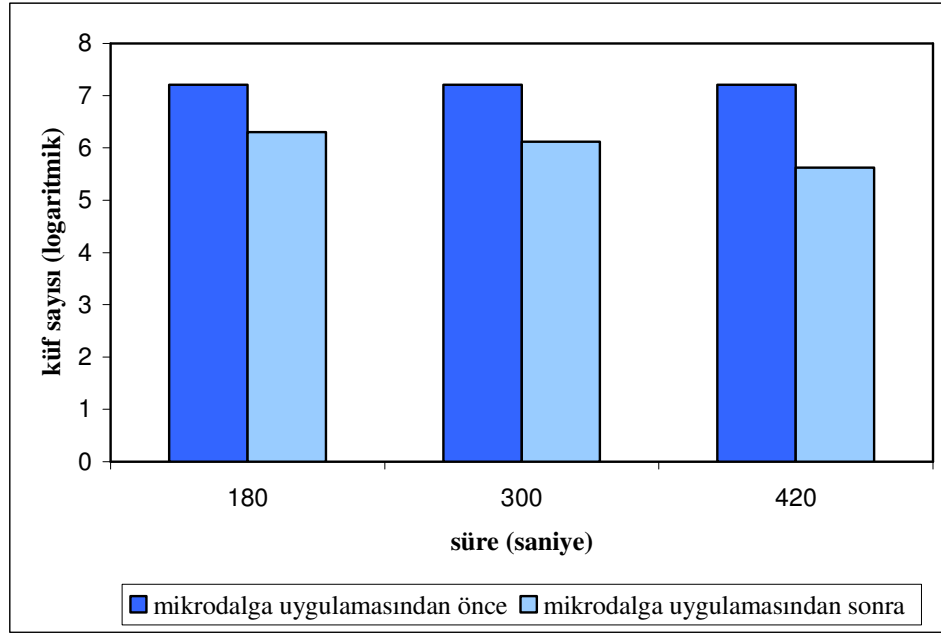
4.3.1. İç Fındık Numunelerinde Mikrodalga Uygulamasına Ait Veriler

Çalışmamızın başında yapılan ön denemeler sonucunda, kısa süreli mikrodalga uygulamalarında istenen sonuçlar alınamadığından, 180 saniye ve daha yüksek süreler baz alınarak çalışmalara devam edilmiştir. Kısa süreli mikrodalga uygulamasına örnek olarak verilebilecek bir çalışmada ise, tavuk etinde mikrodalga uygulamasının *Escherichia coli K12* ve *Campylobacter jejuni* bakterileri üzerine etkilerinin incelenmiştir. Bu çalışmada kısa süreli mikrodalga uygulamalarının (10, 20 ve 30 saniye) bakteri inhibisyonuna etkisinin az olduğu ve hatta bazı numunelerde mikrodalga uygulamasından sonra bakteri sayısının attığı belirlenmiştir. Uygulanan mikrodalga ile ürünün yüzeyinde görüntü farklılığı olmasına rağmen bakteri sayısında hiçbir değişiklik görülmemiştir (Göksoy ve diğ., 2000).

Saf su varlığında şartlandırılan 0,90 su aktivitesine sahip iç fındık numunelerine farklı mikrodalga güçleri 180, 300 ve 420 saniye süreyle uygulanmıştır. İlk uygulamada tek magnetronun çalışmasıyla elde edilen 1x500 watt mikrodalga gücü uygulanmıştır ve bu denemeye ait veriler aşağıdaki Tablo 4.5’de verilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi yüzde nem ve su aktivitesi değerlerinde sırasıyla en fazla %2,69 ve 0,03’lük azalma sağlanmıştır. Küf sayısındaki azalmalar logaritmik olarak şekil 4.6’de verilmiştir. 1x500 watt gücünde uygulanan mikrodalga sonucunda 180 saniye sonunda %12,54 olan küf sayısındaki azalma, süre uzadıkça artış göstermiş ve 300 saniye sonunda %15,15 ve 420 saniye sonunda %21,95 oranında azalma elde edilmiştir. 420 saniye sonunda iç fındıkların 53°C’lere kadar çıkmıştır.

Tablo 4.5: 1x500 watt gücünde 180, 300 ve 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan iç fındıklara ait bulgular

Mikrodalga gücü: 1x500 watt				
Süre (Saniye)		Mikrodalga Uygulamasından Önce	Mikrodalga Uygulamasından Sonra	Azalma
180	Küf sayısı (cfu/g)	$1,6 \times 10^7$	$2,0 \times 10^6$	%12,54
	Nem (%)	14,70	13,40	%1,3
	Su aktivitesi	0,90	0,89	0,01
	Sıcaklık (°C)	22-24	32-40	-
300	Küf sayısı (cfu/g)	$1,6 \times 10^7$	$1,3 \times 10^6$	%15,15
	Nem (%)	14,83	12,40	%2,43
	Su aktivitesi	0,90	0,88	0,02
	Sıcaklık (°C)	22-24	38-43	-
420	Küf sayısı (cfu/g)	$1,6 \times 10^7$	$4,2 \times 10^5$	%21,95
	Nem (%)	13,99	11,30	%2,69
	Su aktivitesi	0,90	0,87	0,03
	Sıcaklık (°C)	22-24	42-53	-

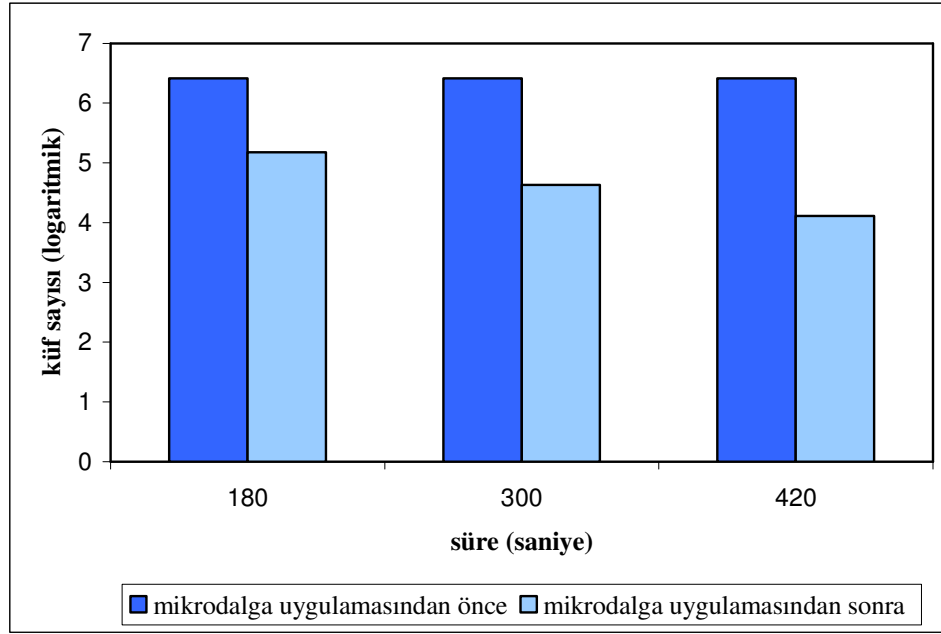


Şekil 4.6: 1x500 watt gücünde mikrodalga uygulanan iç fındıkların başlangıç ve 180, 300, 420 saniye süre sonundaki küf sayıları (logaritmik)

Denemelere mikrodalga gücü artırılarak devam edilmiştir. Yine aynı sürelerde, tek bir magnetronun çalışmasıyla elde edilen 1x1000 watt gücündeki mikrodalga uygulamasına ait veriler Tablo 4.6’de verilmiştir. 1x500 watt gücüyle kıyaslayınca uygulanan mikrodalga gücünün artmasıyla birlikte, yüzde nem ve su aktivitesindeki azalmalar da artmıştır. 180, 300 ve 420 saniye süre sonunda küf sayısındaki azalmalar sırasıyla %19,31, %27,78, %35,86 olmuştur. Küf sayısındaki azalmalar logaritmik olarak şekil 4.7’da gösterilmiştir. Yüzde nem değeri sırasıyla %1,04, %1,95, %4,1 oranında azalma göstermiştir. Su aktivitesi değeri 300 ve 420 saniye süreyle mikrodalga uygulamasının sonunda farklılık göstermemiştir. İç fındıkların sıcaklıkları 420 saniye sonunda 74°C’lere kadar çıkmıştır.

Tablo 4.6: 1x1000 watt gücünde 180, 300 ve 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan iç fındıklara ait bulgular

Mikrodalga gücü: 1x1000 watt				
Süre (Saniye)		Mikrodalga Uygulamasından Önce	Mikrodalga Uygulamasından Sonra	Azalma
180	Küf sayısı (cfu/g)	2,6x10 ⁶	1,5x10 ⁵	%19,31
	Nem (%)	14,05	13,01	%1,04
	Su aktivitesi	0,90	0,88	0,02
	Sıcaklık (°C)	22–24	32–45	-
300	Küf sayısı (cfu/g)	2,6x10 ⁶	4,3x10 ⁴	%27,78
	Nem (%)	13,62	11,67	%1,95
	Su aktivitesi	0,90	0,85	0,05
	Sıcaklık (°C)	22–24	48–67	-
420	Küf sayısı (cfu/g)	2,6x10 ⁶	1,3x10 ⁴	%35,86
	Nem (%)	14,44	10,34	%4,1
	Su aktivitesi	0,90	0,85	0,05
	Sıcaklık (°C)	22–24	49–74	-

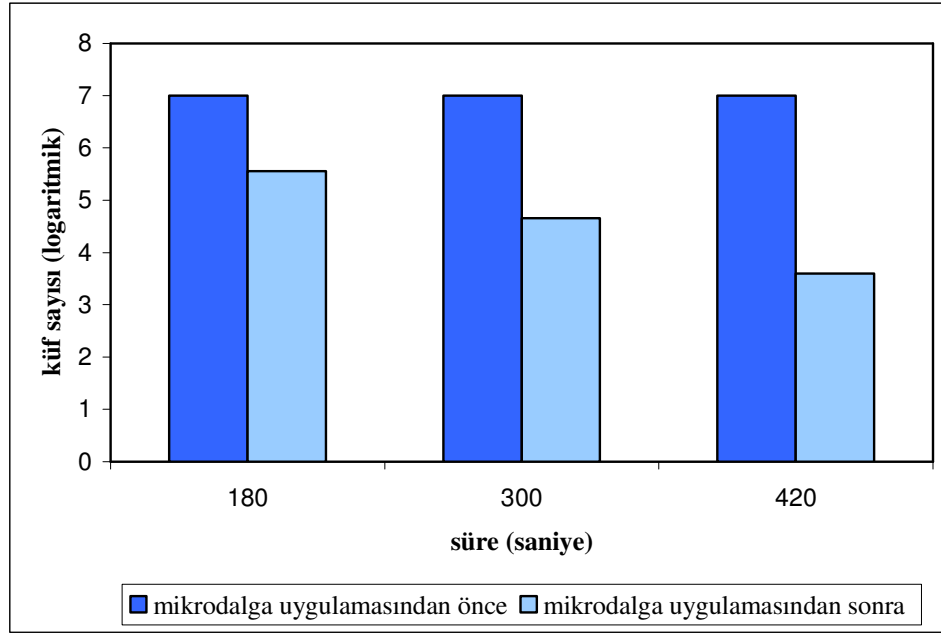


Şekil 4.7: 1x1000 watt gücünde mikrodalga uygulanan iç fındıkların başlangıç ve 180, 300, 420 saniye süre sonundaki küf sayıları (logaritmik)

Bir sonraki denemede ise yine tek bir magnetronun çalıştırılmasıyla elde edilen 1x2000 watt gücünde mikrodalga uygulanmıştır. Bu denemeye ait veriler Tablo 4.7’de verilmiştir. Uygulama süresinin artmasına bağlı olarak yüzde nem ve su aktivitesi değerlerindeki azalmalarda da artışlar gözlenmiştir. Yüzde nem değerindeki azalmalar sırasıyla %1,69, %2,03, %3,93 olarak bulunmuştur. Su aktivitesindeki azalmalar 180 saniyeden sonra giderek artmıştır, 300 saniye sonunda 0,06, 420 saniye sonunda 0,08’lik bir düşüş olmuştur. Artan güce bağlı olarak da iç fındıkların sıcaklığı 98°C’lere kadar ulaşmıştır. Küf sayısındaki azalmalar sırasıyla %20,71, %33,57, %48,54 olarak bulunmuştur. Küf sayısındaki azalmalar logaritmik olarak şekil 4.8’de gösterilmiştir.

Tablo 4.7: 1x2000 watt gücünde 180, 300 ve 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan iç fındıklara ait bulgular

Mikrodalga gücü: 1x2000 watt				
Süre (Saniye)		Mikrodalga Uygulamasından Önce	Mikrodalga Uygulamasından Sonra	Azalma
180	Küf sayısı (cfu/g)	$1,0 \times 10^7$	$3,6 \times 10^5$	%20,71
	Nem (%)	14,87	13,18	%1,69
	Su aktivitesi	0,90	0,88	0,02
	Sıcaklık (°C)	22–24	34–48	-
300	Küf sayısı (cfu/g)	$1,0 \times 10^7$	$4,5 \times 10^4$	%33,57
	Nem (%)	14,45	12,42	%2,03
	Su aktivitesi	0,90	0,84	0,06
	Sıcaklık (°C)	22–24	50–72	-
420	Küf sayısı (cfu/g)	$1,0 \times 10^7$	$4,0 \times 10^3$	%48,54
	Nem (%)	15,42	11,39	%3,93
	Su aktivitesi	0,90	0,82	0,08
	Sıcaklık (°C)	22–24	60–85	-

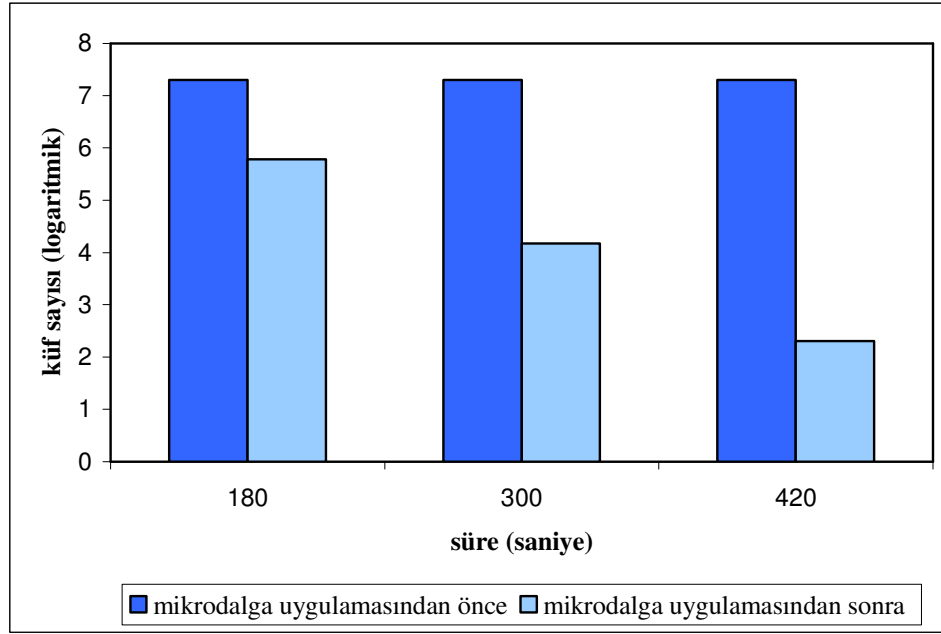


Şekil 4.8: 1x2000 watt gücünde mikrodalga uygulanan iç fındıkların başlangıç ve 180, 300, 420 saniye süre sonundaki küf sayıları (logaritmik)

Üç magnetronun çalışmasıyla elde edilen 3x1000 watt gücünde mikrodalga uygulamasına ait veriler Tablo 4.8’de verilmiştir. Yapılan tüm denemeler sonunda küf sayısındaki en yüksek azalma, bu denemede 420 saniye sonunda elde edilmiştir. Bu nedenle bundan sonraki denemelerde 3x1000 watt mikrodalga gücü baz alınarak denemelere devam edilmiştir. 180 ve 300 saniye sonundaki su aktivitesindeki azalmalar 1x2000 watt gücünde yapılan deneme verileriyle benzerlik göstermektedir. Fakat 420 saniye sonunda su aktivitesindeki en fazla azalma (0,1) bu denemede sağlanmıştır, aynı yorum yüzde nem değeri için de yapılabilmektedir. Küf sayısındaki azalmalar sırasıyla %20,76, %42,80 ve %68,48 olarak bulunmuştur. Küf sayısındaki azalmalar logaritmik olarak şekil 4.9’de gösterilmiştir. 3x1000 watt gücünde yapılan denemeler sonucunda en fazla 98°C’lere kadar ulaşılmıştır.

Tablo 4.8: 3x1000 watt gücünde 180, 300 ve 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan iç fındıklara ait bulgular

Mikrodalga gücü: 3x1000 watt				
Süre (Saniye)		Mikrodalga Uygulamasından Önce	Mikrodalga Uygulamasından Sonra	Azalma
180	Küf sayısı (cfu/g)	$2,0 \times 10^7$	$6,1 \times 10^5$	%20,76
	Nem (%)	14,01	12,80	%1,21
	Su aktivitesi	0,90	0,88	0,02
	Sıcaklık (°C)	22–24	35–50	-
300	Küf sayısı (cfu/g)	$2,0 \times 10^7$	$1,5 \times 10^4$	%42,80
	Nem (%)	15,02	12,48	%2,54
	Su aktivitesi	0,90	0,84	0,06
	Sıcaklık (°C)	22–24	55–80	-
420	Küf sayısı (cfu/g)	$2,0 \times 10^7$	$2,0 \times 10^2$	%68,48
	Nem (%)	15,55	9,64	%5,91
	Su aktivitesi	0,90	0,80	0,1
	Sıcaklık (°C)	22–24	66–98	-



Şekil 4.9: 3x1000 watt gücünde mikrodalga uygulanan iç fındıkların başlangıç ve 180, 300, 420 saniye süre sonundaki küf sayıları (logaritmik)

Tüm bu denemeler sonucunda uygulama süresi arttıkça küf inhibisyon oranının da arttığı görülmektedir. Dalkılıç'ın (2003) *Penicillium citrinum* küfünün mikrodalga ile inhibisyonunu araştırdığı çalışmada da uygulama süresi uzadıkça inhibisyon oranının arttığı belirtilmiştir.

Yapılan mikrobiyolojik analizler elde edilen sonuçlara varyans analizi (Analysis of Variance, ANOVA) uygulanarak $\alpha=0,05$ önem düzeyinde, iç fındıklara uygulanan farklı mikrodalga güçlerinin küf sayısındaki yüzde azalmaya etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Uygulanan güçler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla Duncan Çoklu Aralık Testi uygulanmış ve test sonucunda 3x1000 watt gücündeki uygulamanın 1x500 watt ve 1x1000 watt gücündeki uygulamalar arasındaki fark %95 güven sınırında istatistiki açıdan önemli bulunmuştur.

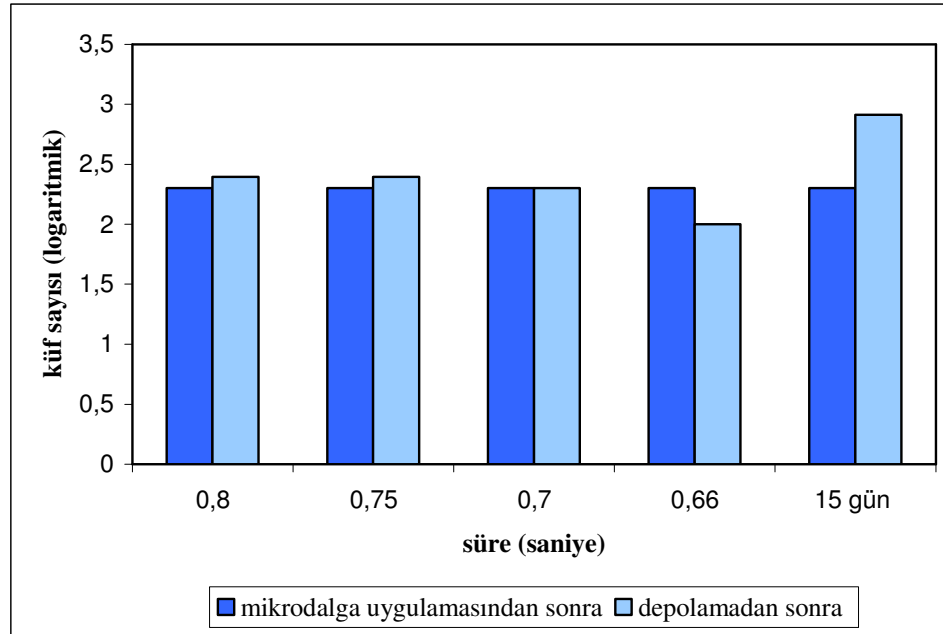
Yapılan mikrobiyolojik analizler elde edilen sonuçlara varyans analizi (Analysis of Variance, ANOVA) uygulanarak $\alpha=0,05$ önem düzeyinde, iç fındıklara uygulanan farklı mikrodalga uygulama sürelerinin küf sayısındaki yüzde azalmaya etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Mikrodalga uygulama süreleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla Duncan Çoklu Aralık Testi uygulanmış ve test sonucunda 180 saniye ile 420 saniye arasındaki fark %95 güven sınırında istatistiki açıdan önemli bulunmuştur.

3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan iç fındık numuneleri 20°C’de farklı bağıl nemlere sahip tuz çözeltileri içeren kavanozlarda dengeye gelinceye kadar şartlandırılmıştır. Bu iç fındık numunelerinde yüzde nem, su aktivitesi, küf sayıları ve serbest yağ asitlikleri incelenmiştir. Aynı deneyler 20°C’de 15 gün oda koşullarında bekletilen iç fındık numunelerinde de yapılmıştır.

Deneylere ait veriler Tablo 4.9’da da verilmiştir. Tablodan ve şekil 4.10’dan da görüldüğü gibi, mikrodalga uygulamasından sonra 20°C’de 15 gün süreyle bekletilen iç fındık numunelerinin küf sayıları artmış, fakat su aktivitesi değerinde bir değişme olmamıştır. Yüzde nem değerinde ise önemsenecek kadar az (%0,34) bir artış olmuştur. Diğer bağıl nemlerdeki şartlandırmalarda ise sadece sadece 0,80 ve 0,75 su aktivitesindeki depolamalarda küf sayısında artma olmuştur. 0,70 su aktivitesindeki depolamada küf sayısında bir değişiklik gözlenmezken ve 0,66 su aktivitesindeki depolamada fındık numunelerinin küf sayılarında artış gözlenmemiştir (Şekil 4.10). Küf sayılarındaki artış ve azalmalarda ise logaritmik değişiklik olmadığından dolayı bu farklılık önemsenebilmektedir. Serbest yağ asitliği değerlerinde ise gelen iç fındıklarda değer % 0,4 iken, saf su varlığında şartlandırma sonunda küf gelişmesi ve nem varlığına bağlı olarak %2,69’lara çıkan serbest yağ asitliği, mikrodalga uygulamasından sonra %2,09 olarak bulunmuştur, farklı depolama koşullarına bağlı olarak %2,00 ile %2,88 arasında değerler elde edilmiştir. Serbest yağ asitliği değerleri depolamalar sırasında da fazla değişiklik göstermemiştir. Şartlandırmalar sırasında bulundukları bağıl nemlere göre yüze nem ve su aktivitesi değerlerinde değişmeler olmuştur.

Tablo 4.9: 3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan iç fındık numunesinin farklı depolama koşullarına ait bulgular

	Önce	Sonra	0,80 a_w 'de depolama	0,75 a_w 'de depolama	0,70 a_w 'de depolama	0,66 a_w 'de depolama	20°C'de 15 Gün depolama
Küf sayısı (cfu/g)	$2,0 \times 10^7$	$2,0 \times 10^2$	$2,5 \times 10^2$	$2,5 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$8,2 \times 10^2$
Nem (%)	15,55	9,64	9,00	7,79	6,51	6,37	9,98
Su aktivitesi	0,90	0,80	0,80	0,75	0,70	0,66	0,80
Serbest yağ asitliği (%)	2,69	2,09	2,03	2,07	2,74	2,00	2,88



Şekil 4.10: 3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan iç fındıkların farklı su aktivitesine sahip ortamlarda ve 20°C'de 15 gün süreyle depolanmasının sonundaki küf sayıları (logaritmik)

Yapılan mikrobiyolojik analizler elde edilen sonuçlara varyans analizi (Analysis of Variance, ANOVA) uygulanarak $\alpha=0,05$ önem düzeyinde, iç fındıklara uygulanan farklı depolama koşullarının iç fındıktaki küf sayısına etkisi istatistiksel olarak önemli değildir.

Yapılan denemeler sonunda optimum koşul olarak kabul edilen 3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle yapılan mikrodalga uygulaması hiçbir şartlandırma yapılmamış olan iç fındık numunelerine de uygulanmıştır. Bu denemeye ait veriler Tablo 4.10’de verilmiştir. Dalkılıç’ın 2003 yılında yaptığı çalışmada *Penicillium citrinum* küfünün konsantrasyonundaki farklılığın mikrodalga ile inhibisyonuna etkisini incelemiş ve küf konsantrasyonu arttıkça mikrodalga uygulamasıyla meydana gelen azalmanın arttığı belirlemiştir.

Tablo 4.10: 3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan düşük su aktivitesi ve nem değerine sahip iç fındıklara ait bulgular

Mikrodalga gücü: 3x1000 watt				
Süre (Saniye)		Mikrodalga Uygulamasından Önce	Mikrodalga Uygulamasından Sonra	Azalma
420	Küf sayısı (cfu/g)	$1,6 \times 10^3$	$6,3 \times 10^2$	%12,64
	Nem (%)	6,33	5,03	%1,30
	Su aktivitesi	0,63	0,61	0,02
	Sıcaklık (°C)	22–24	65–83	-

Başlangıç su aktivitesi, yüzde nem değerleri ve küf sayıları diğer denemelere göre oldukça düşük olan bu denemede; küf sayısındaki azalma, küf sayısı yüksek olan numunelere kıyasla çok daha az olmuştur. Aynı uygulama küf sayısında su aktivitesi 0,90 olan fındık numunelerinde %68,48’lik bir azalma sağlarken, 0,63 su aktivitesi değerine sahip fındık numunelerinde yalnızca %12,64’lük azalma sağlanmıştır. Bunu karşılaştırmak amacıyla istatistiki analiz yapılmıştır. Yapılan mikrobiyolojik analizler elde edilen sonuçlara varyans analizi (Analysis of Variance, ANOVA)

uygulanarak $\alpha=0,05$ önem düzeyinde, farklı su aktivitesi değerlerinin (0,63 ve 0,90) küf sayısına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yüzde nem ve su aktivitesi değerlerinde de fazla azalma gözlenememiştir. Sıcaklık değerlerinde ise ancak 83°C'lere kadar çıkmıştır.

4.3.2. Aşılama Yapılan İç Fındık Numunelerinde Mikrodalga Uygulamasına Ait Veriler

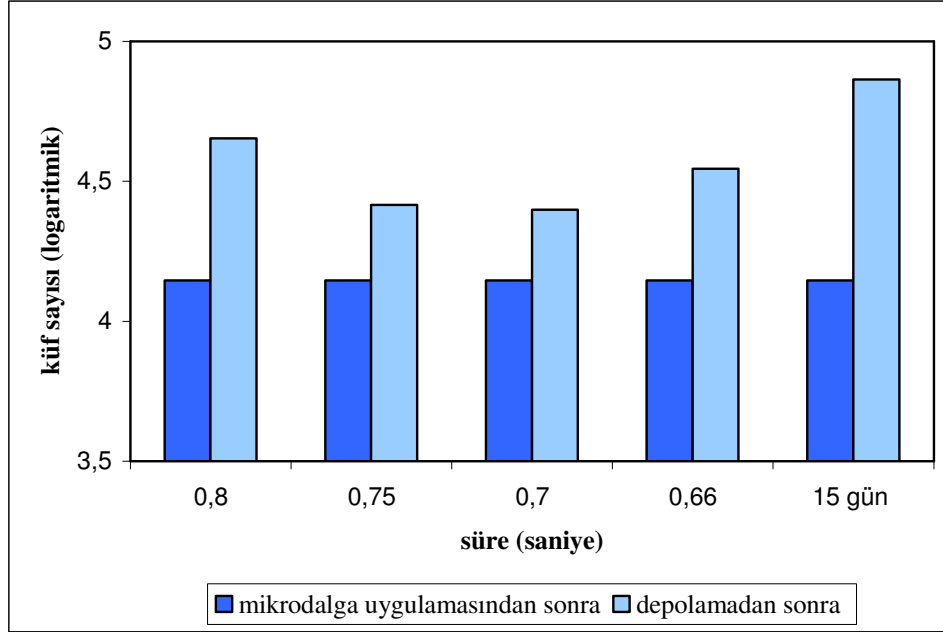
Fındıkta mikrodalga ile kurutmanın *Aspergillus flavus* küfüne etkisinin incelenmesi için otoklavda steril edilen iç fındıklara *Aspergillus flavus* küfü aşılansaf su varlığında özel kaplarda şartlandırılmıştır. Bu şartlandırma sonunda 0,90 su aktivitesi değerine sahip iç fındıklar 3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanmıştır. Bu uygulamadan sonra aşılansaf iç fındıklar 20°C'de farklı bağıl nemlere sahip tuz çözeltileri içeren kavanozlarda dengeye gelinceye kadar şartlandırılmıştır. Bu iç fındık numunelerinde yüzde nem, su aktivitesi ve küf sayıları incelenmiştir. Aynı deneyler 20°C'de 15 gün oda koşullarında bekletilen iç fındık numunelerinde de yapılmıştır. Deneylere ait veriler Tablo 4.11'da da verilmiştir.

Tablo 4.11: 3x1000 wattt gücünde 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan *Aspergillus flavus* küfü aşılansaf iç fındık numunelerine ait bulgular

	Önce	Sonra	0,80 a _w 'de depolama	0,75 a _w 'de depolama	0,70 a _w 'de depolama	0,66 a _w 'de depolama	20°C'de 15 Gün depolama
Küf sayısı (cfu/g)	4,0x10 ⁶	1,4x10 ⁴	4,5x10 ⁴	2,6x10 ⁴	2,5x10 ⁴	3,5x10 ⁴	7,3x10 ⁴
Nem (%)	15,82	9,47	9,23	7,75	7,01	6,68	10,02
Su aktivitesi	0,90	0,80	0,80	0,75	0,70	0,66	0,80

Aşılama sonunda uygulanan optimum koşul olan 3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle yapılan uygulamada küf sayısındaki azalmada %37,20 olarak bulunmuştur. Oysaki aynı koşullarda şartlandırılarak küf sayısı arttırılan iç fındıkların küf sayılarındaki azalma %68,48 olarak bulunmuştur. Fındık mikroflorasındaki farklı birçok küf yer aldığından ve mikrodalga uygulamasına karşı olan davranışları farklılık gösterdiğinden bu yüksek orandaki azalma anlaşılabilir olmaktadır.

Mikrodalga uygulamasından sonraki depolama koşullarına bağlı olarak küf sayılarında artış gözlenmiştir. Fakat bu artışlar *Aspergillus flavus* sayısında logaritmik olarak bir farklılık göstermediğinden dolayı önemsenmemektedir. Şekil 4.11’da küf sayılarındaki artış mikrodalga uygulamasından sonraki küf sayısı ile kıyaslanarak logaritmik olarak gösterilmiştir. Şartlandırmalar sırasında bulundukları bağıl nemlere göre yüze nem ve su aktivitesi değerlerinde değişimler olmuştur.



Şekil 4.11: 3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan *Aspergillus flavus* aşılansmış iç fındıkların farklı su aktivitesine sahip ortamlarda ve 20°C’de 15 gün süreyle depolanmasının sonundaki küf sayıları (logaritmik)

Yapılan mikrobiyolojik analizler elde edilen sonuçlara varyans analizi (Analysis of Variance, ANOVA) uygulanarak $\alpha=0,05$ önem düzeyinde, *Aspergillus flavus* küfü ile aşılansmış olan iç fındıklara uygulanan farklı depolama koşullarının küf sayısına etkisi istatistiksel olarak önemli değildir.

4.3.3. Kabuklu Fındık Numunelerinde Mikrodalga Uygulamasına Ait Veriler

İç fındık numunelerinde yapılan çalışmalar sonucunda 3x1000 watt gücünde yapılan mikrodalga uygulaması optimum olarak kabul edilmişti. Kabuklu fındıklarda yapılan denemelerde de ilk olarak 3x1000 watt mikrodalga gücü 420 saniye süreyle uygulanmış, elde edilen sonuçlar doğrultusunda 600, 720 ve 900 saniye gibi daha uzun süreler de denenmiştir.

İlk olarak saf su varlığında şartlandırılarak yüksek su aktivitesi ve nem değerine sahip kabuklu fındıklarda 420 saniye süreyle 3x1000 watt mikrodalga uygulanmıştır. Bu denemeye ait veriler Tablo 4.12’de verilmiştir. Şartlandırma sonunda kabuklu fındıkların içlerindeki küf sayılarında da artış kaçınılmaz olmuştur. Dış yüzeyde $4,3 \times 10^6$ ’lara kadar varan küf sayısı, iç fındıkta $5,8 \times 10^5$ ’lere ulaşmıştır. Mikrodalga uygulamasından sonra ise kabuk yüzeyinde %36,06’lık azalma sağlanırken, iç yüzeyde %35,24’lük azalma sağlanmıştır. Sıcaklık değeri 90°C’lere kadar çıkarken, yüzde nemdeki azalmalar kabuk ve içte yakın değerlerde gözlenmiştir. Kabuk ve içte toplam yüzde nemdeki azalma %1,71 kadar küçük bir değerken su aktivitesindeki azalma 0,13 olmuştur.

Tablo 4.12: 3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle mikrodalga uygulanan yüksek su aktivitesi ve nem değerine sahip kabuklu fındıklara ait bulgular

Mikrodalga gücü: 3x1000 watt					
Süre (Saniye)			Mikrodalga Uygulamasından Önce	Mikrodalga Uygulamasından Sonra	Azalma
420		Küf sayısı(dış yüzey) (cfu/g)	4,3x10 ⁶	4,0x10 ³	%36,06
		Küf sayısı(iç yüzey) (cfu/g)	5,8x10 ⁵	5,4x10 ³	%35,24
	Nem (%)	Kabuk+iç	14,65	12,94	%1,71
		Kabuk	16,13	14,06	%2,07
		İç	10,88	8,10	%2,78
	Su aktivitesi	Kabuk+iç	0,90	0,77	0,13
		Kabuk	0,72	0,68	0,04
		İç	0,81	0,77	0,04
		Sıcaklık (°C)	22–24	78–90	-

Yapılan mikrobiyolojik analizler elde edilen sonuçlara varyans analizi (Analysis of Variance, ANOVA) uygulanarak $\alpha=0,05$ önem düzeyinde, farklı su aktivitesi değerlerinin kabuklu fındığın dış yüzeyinde mikrodalga uygulamasından önce ve sonraki küf sayısına etkisi istatistiksel olarak önemli değildir.

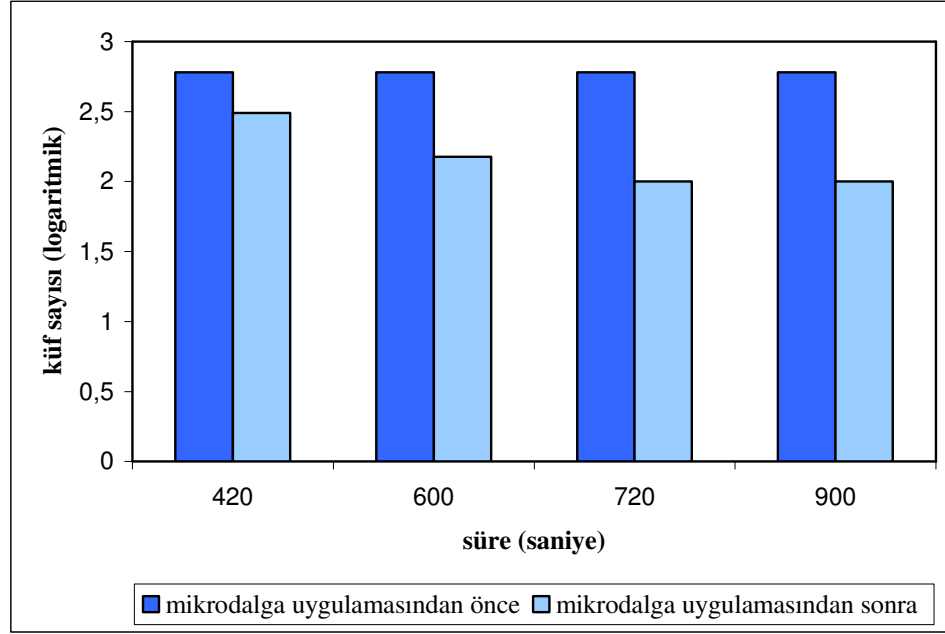
Kabuklu fındıklarda yapılan sonraki denemelerde şartlandırma yapılmadan mikrodalga uygulanmıştır, bu numunelerde başlangıç küf sayısı az olduğundan, azalma da küf sayısı fazla olan diğer örneklerle kıyasla daha düşük olmuştur. 420 ve 600 saniye süreyle uygulanan mikrodalga uygulamasına ait veriler Tablo 4.13’de verilmiştir. Uygulanan mikrodalga süresi arttıkça küf sayısındaki azalma da

artmaktadır. Fakat yine de küf sayısındaki değişikliklerde logaritmik olarak bir fark olmadığından önemsenmemektedir. 420 saniye sonunda küf sayısındaki azalma %10,33 iken, 600 saniye sonunda %21,67 bulunmuştur. Yüzde nem değerindeki azalmalar her iki uygulamada da yakın bulunmuştur, fakat su aktivitesi değerlerine bakıldığında 600 saniye sonunda kabuk+iç'e ait su aktivitesi değerindeki azalma daha fazladır. 420 ve 600 saniye sonunda ayrı olarak kabuk ve içe ait su aktivitesi değerleri farklılık göstermezken, kabuk+iç'e ait değer farklı bulunmuştur. Şekil 4.12'de 420, 600, 720 ve 900 saniye süreyle yapılan uygulamalara sonucunda elde edilen kabuklu fındıkların dış yüzeylerine ait küf sayılarının logaritmik azalmaları görölmektedir. Her iki uygulama sonunda erişilen sıcaklık dereceleri de birbirine yakın değerlerdedir.

Tablo 4.13: 3x1000 watt gücünde 420 ve 600 saniye süreyle mikrodalga uygulanan kabuklu fındıklara ait veriler

Mikrodalga gücü: 3x1000 watt					
Süre (Saniye)			Mikrodalga Uygulamasından Önce	Mikrodalga Uygulamasından Sonra	Azalma
420		Küf sayısı(dış yüzey) (cfu/g)	6,0x10 ²	3,1x10 ²	%10,33
	Nem (%)	Kabuk+iç	7,34	6,03	%1,31
		Kabuk	11,45	8,23	%3,22
		İç	4,10	3,38	%0,72
	Su aktivitesi	Kabuk+iç	0,51	0,39	0,12
		Kabuk	0,43	0,34	0,09
		İç	0,44	0,40	0,04
		Sıcaklık (°C)	22–24	78–90	-
600		Küf sayısı(dış yüzey) (cfu/g)	6,0x10 ²	1,5x10 ²	%21,67
	Nem (%)	Kabuk+iç	7,34	5,73	%1,61
		Kabuk	11,45	7,90	%3,55
		İç	4,10	3,15	%0,95
	Su aktivitesi	Kabuk+iç	0,51	0,34	0,17
		Kabuk	0,43	0,34	0,09
		İç	0,44	0,40	0,04
		Sıcaklık (°C)	22–24	79–95	-

Tablo 4.14’de de görüldüğü gibi 720 ve 900 saniye süreyle uygulanan mikrodalga uygulamasında küf sayılarındaki azalma (%30,43) aynı bulunmuştur. 720 saniye uygulaması ile 900 saniye uygulaması karşılaştırıldığında, sürenin uzunluğuna bağlı olarak 900 saniye sonunda yüzde nem ve su aktivitesi değerlerindeki azalmalar daha fazla olmuştur. Her iki uygulama sonunda erişilen sıcaklık dereceleri de birbirine yakın değerlerdedir.



Şekil 4.12: 3x1000 watt gücünde mikrodalga uygulanan kabuklu fındıkların başlangıç ve 420, 600, 720 ve 900 saniye süre sonundaki küf sayıları (logaritmik)

Şekil 4.12’den de görüldüğü gibi mikrodalga uygulama süresi arttıkça küf inhibisyonu artmaktadır. 420 saniye sonunda %10,33 olan küf sayısındaki azalma, 600 saniye sonunda %21,67 olmuş, 720 ve 900 saniye sonunda ise %30,43 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.14: 3x1000 watt gücünde 720 ve 900 saniye süreyle mikrodalga uygulanan kabuklu fındıklara ait veriler

Mikrodalga gücü: 3x1000 watt						
Süre (Saniye)			Mikrodalga Uygulamasından Önce	Mikrodalga Uygulamasından Sonra	Azalma	
720		Küf sayısı(dış yüzey) (cfu/g)	7,5x10 ²	1,0x10 ²	%30,43	
	Nem (%)	Kabuk+iç	7,68	4,75	%2,93	
		Kabuk	11,54	7,24	%4,12	
		İç	3,79	2,70	%1,09	
	Su aktivitesi	Kabuk+iç	0,51	0,31	0,20	
		Kabuk	0,43	0,34	0,09	
		İç	0,44	0,36	0,08	
		Sıcaklık (°C)	22–24	80–98	-	
	900		Küf sayısı(dış yüzey) (cfu/g)	7,5x10 ²	1,0x10 ²	%30,43
		Nem (%)	Kabuk+iç	7,68	4,02	%3,66
Kabuk			11,54	6,19	%5,35	
İç			3,79	2,05	%1,74	
Su aktivitesi		Kabuk+iç	0,51	0,26	0,25	
		Kabuk	0,43	0,24	0,19	
		İç	0,44	0,30	0,14	
		Sıcaklık (°C)	22–24	83–100	-	

Yapılan mikrobiyolojik analizler elde edilen sonuçlara varyans analizi (Analysis of Variance, ANOVA) uygulanarak $\alpha=0,05$ önem düzeyinde, kabuklu fındıklara uygulanan farklı mikrodalga uygulama sürelerinin mikrodalga uygulamasından önce ve sonraki küf sayısına etkisi istatistiksel olarak önemli değildir.

5. SONUÇ

Tez çalışması sırasında uygulanan mikrodalga işlemlerinde süre arttıkça elde edilen sıcaklık dereceleri de artmıştır. Buna bağlı olarak da yüzde nem ve su aktivitesi değerlerindeki azalmalar artmıştır. Mikrodalğanın mikroorganizmalar üzerindeki etkileri tam olarak açıklanamamakla beraber ısı olmayan etkilerinin de olduğu düşünülmektedir. Yapılan denemelerde kurutma amaçlandığı için yüksek sıcaklık derecelerine erişilmiştir, bu nedenle etkinin ısıya bağlı olduğu düşünülmektedir.

Mikrodalga muamelesinin yüksek güçlerde yapılan denemelerinde bazı tanelerin içlerinde koyu kahverengi halka oluşumuna rastlanmıştır. Bu da tanenin fazla ısındığına ve uygulamanın yanma etkisi gösterdiğine işaret etmektedir. Bu nedenle bu parametrelerdeki mikrodalga uygulamaları yapılan analizler için tercih edilmemiştir.

Düşük güçlerde (örneğin 1x500 watt) yapılan denemelerde ise fındığın su aktivitesi, yüzde nem ve toplam küf sayıları üzerine etki az olmuş ve istenilen değerlere ulaşamamıştır. Farklı su aktivitelerinde deneme yapıldığında, ürünün özelliklerinin de mikrodalğanın çalışmasına etkilediği görülmüştür. Aynı güç değerleri uygulanarak yapılan denemede nem ve su aktivitesi değeri az olan fındıklarda kuruma ve küf inhibisyonu daha az olmuştur. Yapılan mikrobiyolojik analizler elde edilen sonuçlara varyans analizi (Analysis of Variance, ANOVA) uygulanarak $\alpha=0,05$ önem düzeyinde, farklı su aktivitesi değerlerinin (0,63 ve 0,90) küf sayısına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Farklı güçlerin farklı sürelerle denendiği bu çalışmada en fazla azalma iç fındıklarda 3x1000 watt gücünde 420 saniye uygulamasından sonunda elde edilmiştir. Diğer uygulamalarla karşılaştırıldığında toplam küf sayısı ve yüzde nem değerinde en fazla azalma bu uygulamada elde edilmiştir. Toplam küf sayısındaki azalma %68,48'dir. Yapılan mikrobiyolojik analizler elde edilen sonuçlara varyans analizi (Analysis of Variance, ANOVA) uygulanarak $\alpha=0,05$ önem düzeyinde, iç fındıklara uygulanan

farklı mikrodalga güçlerinin küf sayısındaki yüzde azalmaya etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Uygulanan güçler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla Duncan Çoklu Aralık Testi uygulanmış ve test sonucunda 3x1000 watt gücündeki uygulamanın 1x500 watt ve 1x1000 watt gücündeki uygulamalar arasındaki fark %95 güven sınırında istatistiki açıdan önemli bulunmuştur.

Yapılan mikrobiyolojik analizler elde edilen sonuçlara varyans analizi (Analysis of Variance, ANOVA) uygulanarak $\alpha=0,05$ önem düzeyinde, iç fındıklara uygulanan farklı mikrodalga uygulama sürelerinin küf sayısındaki yüzde azalmaya etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Mikrodalga uygulama süreleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla Duncan Çoklu Aralık Testi uygulanmış ve test sonucunda 180 saniye ile 420 saniye arasındaki fark %95 güven sınırında istatistiki açıdan önemli bulunmuştur.

3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle uygulanan mikrodalga enerjisinden sonra depolamanın etkisinin incelenebilmesi için farklı bağıl neme ve su aktivitesine sahip tuz çözeltilerinde şartlandırılan iç fındıklarda 0,80 ve 0,75 su aktivitesindeki depolamalarda küf sayısında artma gözlenmiş, 0,70 su aktivitesindeki depolamada küf sayısında bir değişiklik gözlenmezken ve 0,66 su aktivitesindeki depolamada fındık numunelerinin küf sayılarında artış gözlenmemiştir. Fakat bu artış ve azalmalar küf sayısında herhangi bir logaritmik farklılık göstermediğinden önemsenmemiştir. Yapılan mikrobiyolojik analizler elde edilen sonuçlara varyans analizi (Analysis of Variance, ANOVA) uygulanarak $\alpha=0,05$ önem düzeyinde, iç fındıklara uygulanan farklı depolama koşullarının iç fındıktaki küf sayısına etkisi istatistiksel olarak önemli değildir.

Fındıkta mikrodalga ile kurutmanın *Aspergillus flavus* küfüne etkisinin incelenebilmesi için otoklavda steril edilen iç fındık numunelerine *Aspergillus flavus* küfü aşılanmış ve yine saf su varlığında şartlandırılarak 0,90 su aktivitesi değerine ulaşması sağlanmıştır. 3x1000 watt gücünde 420 saniye süreyle uygulanan mikrodalga sonunda küf sayısındaki azalmada %37,20 olarak bulunmuştur. Mikrodalga uygulamasından sonra farklı depolama koşullarının *Aspergillus flavus* küfüne etkisinin incelendiğinde ise 15 gün boyunca 20°C'de ve yine 20°C'de farklı su aktivitelere sahip tuz çözeltilerinde bekletilen numunelerde küf sayısında artma gözlenmiştir. Bu artış *Aspergillus flavus* sayısında logartimik bir farklılığa yol açmadığından dolayı önemsenmemiştir. Yapılan mikrobiyolojik analizler elde edilen

sonuçlara varyans analizi (Analysis of Variance, ANOVA) uygulanarak $\alpha=0,05$ önem düzeyinde, *Aspergillus flavus* küfö ile aşölanmış olan iç fıındıklara uygulanan farklı depolama koşullarının küf sayısına etkisi istatöksel olarak önemli değildir.

Kabuklu fıındıklarda ise aynı parametreler (3x1000 watt-420 saniye) 0,90 su aktivitesine sahip numunelere uygulanmıştır. Kabuk yüzeyi ve iç yüzey olarak ayrı ayrı incelenen küf sayısındaki azalmalar %36,06 ve %35,24 olarak bulunmuştur. Şartlandırma yapılmamış kabuklu fıındıklarda (0,51 su aktivitesi) en fazla %30,43'lük azalma elde edilmiştir. Yapılan mikrobiyolojik analizler elde edilen sonuçlara varyans analizi (Analysis of Variance, ANOVA) uygulanarak $\alpha=0,05$ önem düzeyinde, farklı su aktivitesi değlerlerinin kabuklu fıındığın dış yüzeyinde mikrodalga uygulamasından önce ve sonraki küf sayısına etkisi istatöksel olarak önemli değildir.

Şartlandırma yapılmamış numunelere uygulanan 3x1000 watt mikrodalga gücü 420 saniye baz alınarak uygulanmaya başlanmıştır. Bu süre sonunda istenen azalma sağlanamadığından daha uzun süreler denenmiş ve 900 saniyeye kadar çıöılmıştır. Fakat bu denemeler sonucunda kabuklu fıındığın dış yüzeyindeki toplam küf sayısında logartimik azalma sağlanamamıştır. Yapılan mikrobiyolojik analizler elde edilen sonuçlara varyans analizi (Analysis of Variance, ANOVA) uygulanarak $\alpha=0,05$ önem düzeyinde, kabuklu fıındıklara uygulanan farklı mikrodalga uygulama sürelerinin mikrodalga uygulamasından önce ve sonraki küf sayısına etkisi istatöksel olarak önemli değildir.

Mikrodalga ile kurutmanın yüzde nem miktarları yüksek olan fıındık numunelerinde yapılacağı göz önünde bulundurularak, kurutmanın etkili bir şekilde gerçekleşeceği düşünülmektedir. 420 saniye gibi kısa bir sürede 100°C gibi yüksek sıcaklık derecelerine ulaşmak kurutmanın ne kadar kısa zamanlarda yapılabileceğinin kanıtıdır. Böylece mikrodalga ile kurutmada, güneşte kurutmanın aksine daha kaliteli bir ürün eldesi mümkün olacaktır.

Bu çalışma sonunda mikrodalga ile daha kontrollü bir kurutma sağlanacağı ve böylece ürünün kalitesinin yükseleceğı ve küfler üzerinde eliminasyon etkisinin incelenerek, aflatoksin problemini çözmede ölkemize ışık tutacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Hafez, A. I. I. ve Saber, S. M.**, 1993. Mycoflora and mycotoxin of hazelnut (*Corylus avellana* L.) and walnut (*Juglans regia* L.) seeds in Egypt. Zentralbl. Mikrobiol., 148, 137-147. Alınmıştır: Pitt, J. I. ve Hocking, A. D., 1997. Spoilage of stored, processed and preserved foods in *Fungi and Food Spoilage*, second edition, Blackie Academic and Professional, Great Britain.
- Abdulkadar, A. H. W., Al-Ali, A., Al-jedah, J.**, 2000. Aflatoxin contamination in edible nuts imported in Qatar. *Food Control*, **11**, 157-160.
- Açkurt, F., Özdemir, M., Bringen, G., Löker, M.**, 1999. Effects of geographical origin and variety on vitamin and mineral composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey, *Food Chemistry*, **65**, 309-313.
- Akdağ, Z., Öztürk, I.**, 1993. Meyve-sebze işleme sanayi özel ihtisas komisyonu fındık işleme sanayi alt komisyonu, Yedinci Kalkınma Planı, TC DPT, Ankara. Alınmıştır: Özilgen, M. ve Özdemir, M., 2001. A review on grain and nut deterioration and design of the dryers for safe storage with special reference to Turkish hazelnuts. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **41**, 2, 95-132.
- Akşehirli, M. Ve Bozkurt, M.**, 1969. Memleketimizde fındık, fıstık, badem içi ve cevizlerde aflatoksin bakımından bir araştırma. *Türk Hijyen Teknoloji Biyoloji Dergisi*, **29**, 103-112.
- Akyel, C., Bosisio, R. G.**, 1990. A Comparative Study of hf and microwave drying of milk. *IEEE Transactions on Electrical Insulation*, **25**, 493-502.
- Alasalvar, C., Shahidi, F., Ohshima, T., Liyanapathirana, C. M.**, 2003a. Turkish Tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.) 1. Compositional characteristics. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, **51**, 3790-3796.

- Alasalvar, C., Shahidi, F., Ohshima, T., Wanasundara, U., Yurttaş, H. C., Liyanapathirana, C. M., Fabriana, B. R.,** 2003b. Turkish Tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.) 2. Lipid characteristics and oxidative stability. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, **51**, 3797-3805.
- Albert, C. M., Gaziano, J. M., Willett, W. C., Manson, J. E.,** 2002. Nut consumption and decreased risk of sudden cardiac death in the Physicians' Health Study. *Archives of Internal Medicine*, 162, 1382–1387. Alınmıştır: Chahoud, G., Aude, Y. W., Mehta, J. L., 2004. Dietary Recommendations in the Prevention and Treatment of Coronary Heart Disease: Do We Have the Ideal Diet Yet?, *The American Journal of Cardiology*, **94**, 1260-1267.
- Anantheswaran, R. C. ve Ramaswamy, H. S.,** 2001. Bacterial destruction and enzyme inactivation during microwave heating in *Handbook of Microwave technology for Food Applications*, ed. Data, A. K., Anantheswaran, R. C., 191-214. Marcel Dekker Inc, New York.
- Anonymous,** 1999a. Fındık yetiştiriciliği, <http://www.findik.com/yetistiricilik.asp?sayfa=102>
- Anonymous,** 1999b. Türkiye’de yetişen önemli fındık fındık çeşitleri, <http://www.findik.com/yetistiricilik.asp?sayfa=105>
- Anonymous,** 1999c. Fındığın hasat, harman ve depolanması, <http://www.findik.com/yetistiricilik.asp?sayfa=109>
- Anonymous,** 2002. Türkiye, http://www.ftg.org.tr/devam_tur/turkiye.htm
- Anonymous,** 2003. Fındıklarda aflatoksin oluşumuna etki eden faktörlerin ve önleyici tedbirlerin belirlenmesi projesi, Fındık Tanıtım Grubu, Tübitak-Marmara Araştırma Merkezi, Dış Ticaret Müsteşarlığı, Ankara.
- Anonymous,** 2005a. Fındık ve aflatoksin. www.fiskobirlik.org.tr
- Anonymous,** 2005b. Türkiye fındık ihracatı, Kaynak: Karadeniz Fındık ve Mamulleri İhracatçıları Birliği, http://www.ftg.org.tr/devam_tur/ihracat.htm
- Anonymous,** 2005c. Türkiye fındık ihracatı, http://www.ftg.org.tr/devam_tur/2004.htm

- Anonymous,** 2005d. Kabuklu fındıklar,
http://www.ftg.org.tr/devam_tur/cesit_kabuklu.htm
- Anonymous,** 2005e. Türk fındık çeşitleri, http://www.ftg.org.tr/devam_tur/cesit.htm
- Anonymous,** 2005f. Ekonomi-Tarım, Türk incirine Çek vetosu.
<http://www.ntvmsnbc.com/news/349705.asp>
- Apostolou, I., Papadopoulou, C., Levidiotou, S., Ioannides, K.,** 2005. The effect of short-time microwave exposures on *Escherichia coli* O157:H7 inoculated onto chicken meat portions and whole chickens. *International Journal of Food Microbiology*, **101**, 105–110.
- Ayçiçek, H., Aksoy, A., Saygi, S.,** 2005. Determination of aflatoxin levels in some dairy and food products which consumed in Ankara, Turkey. *Food Control*, **16**, 263-266.
- Ayfer, M., Uzun, A., Baş, F.,** 1986. Türk fındık çeşitleri, Karadeniz Fındık İhracatçıları Birliği, Ankara. Alınmıştır: Özilgen, M. ve Özdemir, M., 2001. A review on grain and nut deterioration and design of the dryers for safe storage with special reference to Turkish hazelnuts. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **41**, 2, 95-132.
- Berteli, M. N., Marsaioli Jr., A.,** 2005. Evaluation of short cut pasta air dehydration assisted by microwaves as compared to the conventional drying process. *Journal of Food Engineering*, **68**, 175–183.
- Bhatnagar, D. Ve Garcia, S.,** 2001. Aspergillus in *Guide Foodborne Pathogens*, John Wiley and Sons Inc., ABD.
- Bonvehı, J. S. ve Coll, F. V.,** 1993. Oil content, stability and fatty acid composition of the main varieties of Catalanian Hazelnuts (*Corylus avellana* L.). *Food Chemistry*, **48**, 3, 237-241.
- Buckholz, L. L., Daun, H., Stier, R., and Trout, R.,** 1980. Influence of roasting time on sensory attributes of fresh roasted peanuts, *Journal of Food Science*, **45**, 547.
- Canumir, J. A., Celis, J. E., Bruijn, J., Vidal, L. V.,** 2002. Pasteurisation of apple juice by using microwaves. *Lebensm Wiss Technology*, **35**, 389-392.

- Chahoud, G., Aude, Y. W., Mehta, J. L.,** 2004. Dietary Recommendations in the Prevention and Treatment of Coronary Heart Disease: Do We Have the Ideal Diet Yet?, *The American Journal of Cardiology*, **94**, 1260-1267.
- Contreras, C., Martin, M. E., Martinez-Navarrete, N., Chiralt, A.,** 2005. Effect of vacuum impregnation and microwave application on structural changes which occurred during air-drying of apple. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, **38**, 471-477.
- Creppy, E. E.,** 2002. Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. *Toxicology Letters*, **127**, 19-28.
- Curnette, B.,** 1980. Principals of microwave radiation. *Journal of Food Protection*, **43**, 8, 618-624.
- Çamlıbel, L.,** 1995. IGEME, Araştırma ve Geliştirme Başkanlığı, Tarım Bakanlığı, Ankara. Alınmıştır: Giray, B., Girgin, G., Engin, A. B., Aydın, S., Şahin, G., 2005. Aflatoxin levels in wheat samples consumed in some regions of Turkey. *Food Control*, in press.
- Çetiner, A.,** 1988. Değişik depolarda muhafaza edilen değişik tip fındıkların uzun süreli muhafazası için alınması gereken tedbirler. Fındık Araştırma Enstitüsü, Giresun. Alınmıştır: Özilgen, M. ve Özdemir, M., 2001. A review on grain and nut deterioration and design of the dryers for safe storage with special reference to Turkish hazelnuts. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **41**, 2, 95-132.
- Çolakoğlu, M. ve Ünal, K.,** 1974. A preliminary work on the aflatoxin situation in some oli bearing crop samplesin Turkey. *Proceeding of IV. International Congress of Food Science and Technology*, **3**, 309-313.
- Dalkılıç, G.,** 2003. Zeytinde mikrodalga ile *Penicillium citrinum* inhibisyonuna etki eden faktörler, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Datta, A. K. ve Davidson, P. M.,** 2001. Microwave and radio frequency processing, *Journal of Food Processing*. Special supplement: Microbial inactivation for food processing Technologies., **1**, 32-41.

- Decareau, R. V.**, 1985. Background of the development of microwave heating technology in *Microwaves in the Food Processing Industry*, Academic Pres, Florida.
- Decareau, R. V.**, 1986. Microwave Food Processing Equipment Throughout the World, *Food Technology*, 99–105. Alınmıştır: Regier, M., Schubert, H., 2001. Microwave processing in *Thermal Technologies in Food Processing* ed. Richardson, P., Woodhead Publishing, England.
- Demir, A. D., Baucour, P., Cronim, K., & Abodayeh, K.**, 2003. Analysis of temperature variability during the thermal processing of hazelnuts. *Innovative Food Science and Engineering Technology*, **4**, 69–84.
- Durak, İ., Köksal, İ., Kaçmaz, M., Büyükköçak, S., Çimen, M. Y. C., Öztürk, H. S.**, 1999. Hazelnut supplementation enhances plasma antioxidant potential and lowers plasma cholesterol levels. *Clinica Chimica Acta*, **284**, 113–115.
- Fallico, B., Arena, E., Zappala, M.**, 2003. Roasting of hazelnuts. Role of oil in colour development and hydroxymethylfurfural formation. *Food Chemistry*, **81**, 569–573.
- Funebo, T., Ohlsson, T.**, 1998. Microwave-assisted air dehydration of apple and mushroom. *Journal of Food Engineering*, **38**, 353–367.
- Galvano, F., Galofaro, V., Galvano, G.**, 1996. Occurrence and stability of aflatoxin M₁ in milk and milk products: a worldwide review. *Journal of Food Protection*, **59**, 10, 1079–1090.
- Garica, J. M., Agar, I. T., Streif, J.**, 1994. Lipid chracterictic of kernels from different hazelnut varieties. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, **18**, 199.
- Göksoy, E. O., James, C., Corry, J. E. L.**, 2000. The effect of short-time microwave exposures on inoculated pathogens on chicken and the shelf-life of uninoculated chicken meat. *Journal of Food Engineering*, **45**, 153–160.
- Göksu, E. İ., Sumnu, G., Esin, A.**, 2005. Effect of microwave on fluidized bed drying of macaroni beads. *Journal of Food Engineering*, **66**, 463–468.
- Güler, B.**, 1984. Opening speech, in Türkiye ekonomisinde fındığın yeri ve önemi, İktisadi Araştırma Vakfı, İstanbul, Alınmıştır: Özilgen, M. ve Özdemir, M.,

2001. A review on grain and nut deterioration and design of the dryers for safe storage with special reference to Turkish hazelnuts. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **41**, 2, 95-132.
- Güray, Ö. ve Vural, N.**, 1968. Mikotoksinlerle meydana gelen besin zehirlenmeleri münasebetiyle aflatoksinler üzerine bir araştırma. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası*, **21**, 487-492.
- Heperkan, D.**, 2003. Gıdalarda mikotoksinler ve ülkemiz açısından önemi. *Ulusal Mikotoksin Sempozyumu Bildirler Kitabı*, 1-7, İstanbul.
- James, C., Barlow, K. E., James, S. J., Swain, M. J.**, 2005. The influence of processing and product factors on the quality of microwave pre-cooked bacon. *Journal of Food Engineering*, in press.
- Karle, R. A., Radcliffe, J. D., Hernandez, L. M.**, 2004. Obtaining values for the alpha tocopherol (α -T) concentration of nuts and seeds. *Journal of the American Dietetic Association*, **104**, 2, 49.
- Khraisheh, M. A. M., McMinn, W. A. M., Magee, T. R. A.**, 2000. A multiple regression approach to the combined microwave and air drying process. *Journal of Food Engineering*, **43**, 243-250.
- Khraisheh, M. A. M., McMinn, W. A. M., Magee, T. R. A.**, 2004. Quality and structurel changes in starchy foods during microwave and convective drying. *Food Research International*, **37**, 497-503.
- Knutson, K.M., Marth, E. H., Wagner, M. K.**, 1987. Microwave Heating of Food, *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, **20**, 101-10. Alınmıştır: Regier, M., Schubert, H., Microwave processing in *Thermal Technologies in Food Processing*, ed. Richardson, P., Woodhead Publishing, England.
- Kornsteiner, M., Wagner, K. H., Elmadfa, I.**, 2006. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Analytical, Nutritional and Clinical Methods*, **98**, 2, 381-387.
- Kou, Y. Ve Schmidt, S. J.**, 1999. Vapor pressure and water activity measurements of saturated salt solutions made wiht D₂O at 20°C. *Food Chemistry*, **66**, 253-255.

- Kozempel, M., Annous, B. A., Cook, R. D., Scullen, O. J., Whiting, R. C., 1998.** Inactivation of microorganisms with microwaves at reduced temperatures. *Journal of Food Protection*, **61**, 5, 582-585.
- Köksal, İ. A., Artık, N., Şimşek, A., Güneş, N., 2006.** Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry*, **99**, 3, 509-515.
- Li, B. Ve Sun, D., 2002.** Novel methods for rapid freezing and thawing of foods-a review. *Journal of Food Engineering*, **54**, 175-182.
- Litvin, S., Mannheim, C. H., Miltz, J., 1998.** Dehydration of Carrots by a Combination of Freeze Drying, Microwave Heating and Air or Vacuum Drying. *Journal of Food Engineering*, **36**, 103-111.
- Martin, A., 2003.** Antioxidant vitamins E and C and risk of Alzheimer disease. *Nutrition Reviews*, **61**, 69-73. Alınmıştır: Köksal, İ. A., Artık, N., Şimşek, A., Güneş, N., 2006. Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry*, article in press.
- Martin, D. I., Margaritescu, I., Cirstea, E., Togoe, I., Ighigeanu, D., Nemtanu, M. R., Oproiu, C., Iacob, N., 2005.** Application of accelerated electron beam and microwave irradiation to biological waste treatment. *Vacuum*, **77**, 501-506.
- Maskan, M., 2000.** Microwave/air and microwave finish drying of banana. *Journal of Food Engineering*, **44**, 71-78.
- Meredith, R., 1998.** Introduction and fundamental concepts in *Engineers Handbook of Industrial Microwave Heating*, The instution of electrical engineers, London, United Kingdom.
- Mishra, H. N., Das, C., 2003.** A review on biological control and metabolism of aflatoxin. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **43**, 3, 245-264.
- Moss, M., 2002.** Toxigenic fungi. In *Foodborne Pathogens: hazards, risk analysis and control*. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, England.
- Özdemir, M., 1997.** Türk fındık çeşitlerinin özelliklerinin kalite açısından değerlendirilmesi. *Gıda Teknolojisi*, **2**, 10, 46-52.

- Özdemir, M., ve Devres, O.,** 1999. Turkish hazelnuts the properties and the effect of microbiological and chemical changes on the quality. *Food Review International*, **15**, 309-333.
- Özdemir, M., Açkurt, F., Yıldız, M., Bringen, G., Gürcan, T., Loker, M.,** 2001. Effect of roasting on some nutrients's of hazelnuts. *Food Chemistry*, **73**, 185-190.
- Özdemir, F. ve Akinci, I.,** 2004. Physical and nutritonal proproties of four major commericial Turkish hazelnut varieties. *Journal of Food Engineering*, **63**, 341-347.
- Özilgen, M. ve Özdemir, M.,** 2001. A review on grain and nut deterioration and design of the dryers for safe storage with special reference to Turkish hazelnuts. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **41**, 2, 95-132.
- Page, R. M.,** 1962. The origin of radar. Anchor Books, New York. Alınmıştır: Decareau, R. V., 1985. *Microwaves in the food processing industry*, Academic Pres, Florida.
- Pala, M., Açkurt, F., Löker, M., Yıldız, M., Ömeroğlu, S.,** 1996. Fındık çeşitlerinin bileşimi ve beslenme fizyolojisi bakımından değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, **20**, 43-48.
- Parcerisa, J., Boatella, J., Codony, R., Farran, A., Garcia, J., Lopez, A., Rafecas, M., and Romero, A.,** 1993. Influence of variety and geographical origin on lipid fraction of hazelnuts (*Corylus avellana* L.) from Spain. I.Fatty acid composition, *Food Chemistry*, **48**, 411.
- Parcerisa J., Richardson, D. G., Rafecas, M., Codoni, R., Boatella, S.,** 1998. Fatty acid, tocopherol and sterol content of some hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.) harvested in Oregon (USA). *Journal of Chromatography A*, **805**, 259-268.
- Pekmezci, M.,** 1984. Plastik torbalarda ambalajlanan fındıkların muhafazası üzerine değişik depo koşullarının etkisi . *Türkiye'de Bahçe Ürünlerinin Depolanması, Pazara Hazırlanması ve Taşınması Sempozyumu*. Tübitak Yayınları No: 587, Ankara. Alınmıştır: Özilgen, M. ve Özdemir, M., 2001. A review on grain and nut deterioration and design of the dryers for safe storage with special

reference to Turkish hazelnuts. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **41**, 2, 95-132.

Pitt, J. I. ve Hocking, A. D., 1977. Influence of solute and hydrogen ion concentration on the water relations of some xerophilic fungi, *Journal of General Microbiology*, **101**, 35-40. Alınmıştır: Roberts, T. A., Baird-Parker, R. B., Tompkin, A. C., 1996. Toxigenic fungi in *Microorganisms in foods: Characteristics of Microbial Pathogens*, Blackie Academic and Professional, Great Britain.

Pitt, J. I. ve Hocking, A. D., 1997. Methods for isolation, enumeration and identification in *Fungi and Food Spoilage*, second edition, Blackie Academic and Professional, Great Britain.

Pitt, J. I. Ve Miscamble, B. F., 1995. Water relations of *Aspergillus flavus* and closely related species, *Journal of Food Protection*, **58**, 86-90.

Rahway, N. J., 1989. The Merck index: an encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals , ed. Budavari, S.

Ramaswamy, H. S., Koutchma, T., Tajchakavit, S., 2002. Enhanced Thermal Effects under Microwave Heating Conditions in *Engineering and Food for the 21st Century*, ed. by Welti-Chanes, J., Barbosa-Cánovas, G. V., Aguilera, J. M., CRC press, USA.

Reddy, M. J., Shetty, H. S., 1992. Role of seed lipids in *Aspergillus parasiticus* growth and aflatoxin production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **59**, 177.

Regier, M. ve Schubert, H., 2001. Microwave processing in *Thermal Technologies in Food Processing* ed. Richardson, P., Woodhead Publishing, England.

Reynolds, L., 1989. The History of the Microwave Oven, *Microwave World*, **10**, 11–15. Alınmıştır: Regier, M., Schubert, H., Microwave processing in *Thermal Technologies in Food Processing* ed. Richardson, P., Woodhead Publishing, England.

Richardson, D. G., 1997. The health benefits of eating hazelnuts: Implications for blood lipid profiles, coronary heart disease, and cancer risks. *Acta Horticulturae*, **415**, 295–297. Alınmıştır: Köksal, İ. A., Artık, N., Şimşek, A.,

- Güneş, N., 2006. Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry*, in press.
- Roberts, T. A., Baird-Parker, R. B., Tompkin, A. C.,** 1996. Toxigenic fungi in *Microorganisms in foods: Characteristics of Microbial Pathogens*, Blackie Academic and Professional, Great Britain.
- Rosenthal, I.,** 1992. Microwave radiation in *Electromagnetic Radiations in Food Science*, Springer-Verlag, Berlin.
- Sainz, C. B., Andres, A., Chiralt, A., Fito, P.,** 2006. Microwave phenomena during drying of apple cylinders. *Journal of Food Engineering*, **74**, 160-167.
- Samarajeewa, U., Sen, A. C., Cohen, M. D., Wei, C. L.,** 1990. Detoxification of aflatoxins in foods and feeds by physical and chemical methods. *Journal of Food Protection*, **53**.
- Sariyar, L., Heperkan, D.,** 2003. The role of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus niger* in the hydrolysis of hazelnut fat. *International of Food Science and Technology*, **38**, 487-492.
- Scharma, G. P. ve Prasad, S.,** 2001. Drynig of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination. *Journal of Food Engineering*, **50**, 99-105.
- Schiffmann, R. F., Mirman, A. H., Grillo, R. J.,** 1981. Microwave Proofing Baking Bread Utilizing Metal Pans, U.S. Patent 4,271,203.
- Schiffmann, R. F.,** 1995. Microwave and dielectric drying in *Handbook of Industrial Drying 1*, edt. Mujumdar, A. S., 345-371. Marcel Dekker Inc, New York.
- Schiffmann, R. F.,** 2001. Microwave Processes for the Food İndustry in *Handbook of Microwave technology for Food Applications*, edt. Datta, A. K., Anantheswaran, R. C., 299-335. Marcel Dekker Inc, New York.
- Silva, F. A., Marsaioli Jr., A., Maximo, G. J., Silva, M. A. A. P., Gonçalves, L. A. G.,** 2005. Microwave assisted drying of macadamia nuts. *Journal of Food Engineering*, in press.
- Sipahioğlu, N. ve Heperkan, D.,** 2000. Lipolytic activity of *Trichothecium roseum* on hazelnut. *Food Microbiology*, **17**, 401-405.

- Smith, J. E.**, 2001. Mycotoxins. *Food Chemical Safety*, ed. By Watson, D. H., Woodhead Publishing, England.
- Soysal, Y.**, 2004. Microwave drying characteristics of parsley. *Biosystems Engineering*, **89**, 2, 167–173.
- Sumnu, G., Şahin, S., Sevimli, M.**, 2005a. Microwave, infrared and infrared-microwave combination baking of cakes. *Journal of Food Engineering*, **71**, 150–155.
- Sumnu, G., Turabi, E., Öztop, M.**, 2005b. Drying of carrots in microwave and halogen lamp–microwave combination ovens. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, **38**, 549–553.
- Şahin, I. ve Kalyoncuoğlu, M. E.**, 1994. Erkenntnisse über die Schimmelpilze in der Mikroflora von Hasel-Walnüssen und Sonnen-Blumenkernen. *Chem., Mikrobiol., Technol. Lebensm.*, **16**, 85-92. Alınmıştır: Pitt, J. I. ve Hocking, A. D., 1997. Spoilage of stored, processed and preserved foods in *Fungi and Food Spoilage*, second edition, Blackie Academic and Professional, Great Britain.
- Tebliğ, 2002/63**, 2002. Türk Gıda Kodeksi -Gıda maddelerinde belirli bulaşanların maksimum seviyelerinin belirlenmesi hakkında tebliğ, *T. C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı ve Sağlık Bakanlığı*, Ankara.
- Tunail, N.**, 2000. Mikrobiyel enfeksiyonlar ve intoksikasyonlar in *Gıda Mikrobiyoljisi ve Uygulamaları*, Sim Matbaacılık, Ankara.
- Venkatesh, M. S. ve Raghavan, G. S. V.**, 2004. An overwiev of microwave processing and dielectric prooporties of agri-food materials. *Biosystems Engineering*, **88**, 1, 1-18.
- Wang, J. ve Xi, Y. S.**, 2005. Drying characteristics and drying quality of carrot using two-stage microwave process. *Journal of Food Engineering*, **68**, 505–511.
- Wang, J. ve Sheng, K.**, 2005. Far-infrared and microwave drying of peach. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, in press.
- Walde, S. G., Balaswamy, K., Velu, V., Rao, D. G.**, 2002. Microwave drying and grinding characteristics of wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Food Engineering*, **55**, 271–276.

- Yazdanpanah, H., Mohammadi, T., Abouhossain, G., Cheraghali, A. M., 2005.**
Effect of roasting on degradation of aflatoxins in contaminated pistachio nuts.
Food and Chemical Toxicology, **43**, 1135-1139.
- Zhang, H., Zheng, X., Su, D., 2005.** Postharvest control of blue mold rot of pear by
microwave treatment and *Cryptococcus laurentii*. *Journal of Food*
Engineering, in press.

ÖZGEÇMİŞ

Dilek Erarslan 1980 yılında İstanbul’da doğmuştur ve eğitimine bu şehirde devam ederek 1998 yılında Erenköy Kız Lisesi’nden mezun olmuştur. Lisans öğretimini Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde başarıyla tamamladıktan sonra 2003 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde Yüksek Lisans çalışmasına başlamıştır. 2005 yılının Ocak ayından beri SETA Mühendislik ve Makine İmalat A. Ş.’de gıda mühendisi olarak çalışmaktadır.