



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ



OZON UYGULAMASININ

FINDIKTA AFLATOKSİN MİKTARINA

VE BAZI KALİTE KRİTERLERİNE ETKİSİ

Orhan ATAKAN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

Not: Tez kapağı yüksek lisans tezlerinde “Turkuaz”, doktora tezlerinde “Mavi” dir.

(Tez basımı aşamasında bu sayfa basılmayacaktır. Tez dış kapak örneğidir)

T.C.
ANAkkALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

OZON UYGULAMASININ
FINDIKTA AFLATOKSİN MİKTARINA
VE BAZI KALİTE KRİTERLERİNE ETKİSİ

Orhan ATAKAN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 14/01/2019

Tez Danışmanı:
Prof. Dr. Cengiz CANER

ANAkkALE

Orhan ATAKAN tarafından Prof. Dr. Cengiz CANER yönetiminde hazırlanan ve **14/01/2019** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Ozon Uygulamasının Fındıkta Aflatoksin Miktarına ve Bazı Kalite Kriterlerine Etkisi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Prof. Dr. Cengiz CANER

.....

Başkan

Doç. Dr. Çiğdem UYSAL PALA

.....

Üye

Doç. Dr. Mustafa KIRALAN

.....

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:.....

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Orhan ATAKAN

TEŐEKKÖR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Cengiz CANER, analiz aşamalarında yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Rıza TEMİZKAN'a, çalışmamıza Giresun tımbul fındığını sağlayan FİSKOBİRLİK'e ve çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Orhan ATAKAN
anakkale, Ocak 2019

SİMGELER VE KISALTMALAR

AFB1	Aflatoksin B1
AFB2	Aflatoksin B2
AFG1	Aflatoksin G1
AFG2	Aflatoksin G2
IARC	Uluslar Arası Kanser Araştırmaları Ajansı
UV	Ultraviyole
Kg	Kilogram
g	Gram
mg	Miligram
µg	Mikrogram
%	Yüzde oranı
Kcal	Kilokalori
ppb	Milyarda bir
ppm	Milyonda bir
nm	Nanometre
m	Metre
km	Kilometre
dk	Dakika
GHz	Gigahertz
KHz	Kilohertz
MHz	Megahertz
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi
V	Volt
°C	Santigrat Derece
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi Cihazı
FLD	Floresans Dedektör
DAD	Diode Array Dedector

ÖZET

OZON UYGULAMASININ FINDIKTA AFLATOKSİN MİKTARINA VE BAZI KALİTE KRİTERLERİNE ETKİSİ

Orhan ATAKAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Cengiz CANER

14/01/2019, 63

Bu çalışmada, ozon uygulamasının fındıktaki aflatoksin oluşumuna ve bazı kalite kriterlerine etkisi depolama boyunca araştırılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde 12 ay süreyle depolanan fındık örneklerinde aflatoksin B1 ve toplam aflatoksin analizi, peroksit değeri tayini, α -tokoferol analizi, enstrümantal renk analizi ve tekstür sertlik değeri analizi yapılarak ozon uygulamasının etkinliği incelenmiştir.

Ozon konsantrasyonu (5 ppm, 10 ppm ve 20 ppm) ve maruz kalma sürelerinin (10 dakika, 20 dakika) kalite kriterlerine etkileri araştırılmıştır. Depolama süresi sonunda hiçbir grupta aflatoksin tespit edilememiştir. Ozon uygulaması sonucu tüm örneklerin peroksit değerinin arttığı gözlenmiştir ve en yüksek değer 20 ppm ozonun 20 dakika uygulandığı grupta tespit edilmiştir. Ozon uygulamasının tüm örneklerin dış renk parlaklığını azalttığı tespit edilmiştir. Tekstür değerlerinin ilk 9 ay sonunda önemli ölçüde değişmediği fakat 12. aydaki değişimin önemli olduğu ($p<0,05$) ve fındıkların sertlik değerinin arttığı görülmüştür. Alfa-tokoferol düzeyi ise depolama süresince azalmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, fındıklar 5 ppb, 10 ppb, 25 ppb ve 50 ppb düzeyinde aflatoksin standardı ile kontamine edilerek 20 ppm ozon 5 dakika ve 20 dakika süreyle uygulanarak Aflatoksin B1 ve Toplam Aflatoksin miktarındaki azalma oranları tespit edilmiştir. Ozon uygulamasının süresi arttıkça parçalanma oranı artmıştır. Aflatoksin B1’de en yüksek azalma oranı % 38,96 olurken toplam aflatoksinde ise en yüksek oran % 31,35 olmuştur.

Anahtar sözcükler: Fındık, Aflatoksin, Ozon, Peroksit

ABSTRACT

EFFECT OF OZONE APPLICATION ON HAZELNUT AFLATOXIN FORMATION AND SOME QUALITY CRITERIA

Orhan ATAKAN

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Food Engineering

Advisor : Prof. Dr. Cengiz CANER

14/01/2019, 63

In this study, the effects of ozone application aflatoxin formation and some quality criteria on hazelnut were investigated.

In the first part of the study, the ozone treatment effect on Aflatoxin B1 and Total Aflatoxin Analysis, Peroxide Value, α -tocopherol, Color and Texture Profile Analysis in hazelnut samples were investigated during 12 months.

In the second part of the study, hazelnut samples were contaminated with aflatoxin and ozone was exposure at various doses and times to investigate the effect of aflatoxin degradation.

In the first section, the effect of concentration (5 ppm, 1 ppm and 20 ppm) and exposure time (10 min, 20 min) were tested based on quality criteria. At the end of the storage period, the aflatoxin was not detected in any groups. It was observed that the peroxide values of all the samples were increased after ozone application. The highest value was detected after 20 ppm ozone and the 20 min application group. It has been determined that ozone application reduces the external color brightness of all samples. Texture values were not significantly changed after the first 9 months, but it was observed that the change was important at 12th and the hardness values of hazelnuts were increased. Alpha-tocopherol levels were decreased during storage.

In the second part of the study, hazelnuts were contaminated with aflatoxin standard at 5 ppb, 10 ppb, 25 ppb and 50 ppb levels and then 20 ppm ozone was applied for 5 minutes and 20 minutes to determine the degradation rates of Aflatoxin B1 and total Aflatoxin. As the duration of ozone exposure increases, the rates of degradation were

increased. The highest rate of decrease in aflatoxin B1 was 38,96% and the highest rate in aflatoxin B1 was 31,35%.

Keywords: Aflatoxins, Ozone, Hazelnut.



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU.....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Fındık	5
2.2. Dünyada ve Türkiye’de Fındık Üretimi	6
2.3. Fındık Meyvesi ve Bileşimi.....	9
2.4. Fındığın Bozulma Nedenleri	11
2.4.1. Biyokimyasal Bozulma	11
2.4.1.1. Oksidatif Acılaşma	11
2.4.1.2. Hidrolitik Acılaşma	12
2.4.2. Mikrobiyel Bozulma.....	12
2.4.2.1 Mikotoksinler	12
2.5. Aflatoksinler.....	14
2.5.1. Fındık İçin Aflatoksin Limitleri	16
2.6. Fındıkta Aflatoksin Sorunu	16
2.7. Fındıkta Bozulmaya Etki Eden Faktörler.....	18
2.7.1. Enzimler	18
2.7.2. Yağ Asidi Bileşimi	19
2.7.3. Nem İçeriği ve Su Aktivitesi	19
2.7.4. Metaller.....	19
2.7.5. Antioksidanlar	19
2.7.6. İşleme Koşulları.....	20
2.7.7. Depolama Koşulları.....	20
2.8. Yenilikçi Teknolojiler	21

2.8.1. Işınlama	21
2.8.2. Soğuk Plazma	22
2.8.3. Ultraviyole (UV)	22
2.8.4. Mikrodalga Isıtma	23
2.8.5. Ultrases	24
2.9. Ozon	24
2.10. Ozon İle Yapılan Çalışmalar	26
BÖLÜM 3	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	28
3.1. Materyal	28
3.1.1. Fındık.....	28
3.2. Metot	28
3.2.2. Deneme Planı.....	28
3.2.3. Ozon Uygulaması.....	28
3.3. Yapılan Analizler	29
3.3.1. Aflatoksin B1 ve Toplam Aflatoksin Analizi.....	29
3.3.2. Peroksit Değeri Tayini.....	31
3.3.3. Enstrümantal Renk Tayini	32
3.3.4. Tekstür Analizi	32
3.3.5. α -Tokoferol Tayini	33
3.3.6. İstatistiksel Analiz	34
BÖLÜM 4	
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	35
4.1. Ozonlamanın Fındıkta Aflatoksin Oluşumuna ve Bazı Kalite Kriterleri Etkisi	35
4.1.1. Aflatoksin B1 ve Toplam Aflatoksin Analiz Sonuçları	35
4.1.2. Peroksit Değeri	35
4.1.3. Enstrümantal Renk Değeri	40
4.1.4. Tekstür Analizi Sonuçları.....	46
4.1.5. α -Tokoferol Tayini Sonuçları.....	48
4.2. Ozonlamanın Fındıktaki Aflatoksini Parçalayıcı Etkisi.....	50
BÖLÜM 5	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ	I

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Aflatoksin B1, B2, G1 ve G2'nin kimyasal yapısı (Özkaya ve Temiz, 2003)	15
Şekil 2.2. Türkiye'deki mikotoksin bildirim sayılarının yıllar içindeki değişimi (Çınar ve ark., 2017).....	18
Şekil 4.1. Ozon uygulamasının fındıktaki peroksit değerine etkisi	39



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Dünya Fındık Üretimi (Kabuklu/Ton) (Anonim, 2017c)	6
Çizelge 2.2. Dünya Fındık İhracatı (Kabuklu/Ton) (Anonim, 2017c)	7
Çizelge 2.3. Dünya Fındık İthalatı (Kabuklu/Ton) (Anonim, 2017c)	8
Çizelge 2.4. Türkiye İç Fındık İhracatı (Yıl bazında) (Anonim, 2017c)	8
Çizelge 2.5. İç Fındığın Kimyasal Bileşimi (g/100g) (Özdemir ve ark., 1998)	9
Çizelge 2.6. Fındığın Gıda Bileşenleri (Anonim, 2017d)	10
Çizelge 2.7. Bazı mikotoksinler ve sağlığa etkileri (Steyn, 1995)	13
Çizelge 2.8 Aflatoksinlerin bazı fiziksel özellikleri (Dhanasekaran ve ark., 2011)	16
Çizelge 4.2. Farklı süre ve konsantrasyonlarda ozon uygulamasının 12 aylık depolama süresince L değerine etkileri	41
Çizelge 4.3. Farklı Süre ve Konsantrasyonlarda Ozon uygulamanın 12 aylık depolama süresince a değerine etkileri	43
Çizelge 4.4. Farklı Süre ve Konsantrasyonlarda Ozon uygulamanın 12 aylık depolama süresince b değerine etkileri	45
Çizelge 4.4. Farklı Süre ve Konsantrasyonlarda Ozon uygulamanın 12 aylık depolama süresince fındığın tekstürüne etkileri	47
Çizelge 4.5. Farklı Süre ve Konsantrasyonlarda Ozon uygulamanın 12 aylık depolama süresince fındığın α -tokoferol değerine etkileri	49

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Fındık (*Corylus avellana L.*), genellikle 3-8 m uzunluğunda çalı formunda, kışın yapraklarını döken bir bitkidir. Fındık meyvesinin uzunluğu 1-3 cm ve çapı da 1-2 cm arasındadır. Kabuk etrafında kadehçik içinde ve % 61 gibi yüksek tekli doymamış yağ asidi (oleik asit) zengin meyvesi yer alır. Fındık çeşitleri meyve şekline ve büyüklüğüne göre sınıflandırılır. Bunlar; dairesel, badem ve sivri fındıklardır. Tombul, palaz, foşa, çakıldak, kalımkara, kargalak, uzunmusa, mincane, cavaca ve kan çeşitleri “dairesele” sınıfta yer almaktadır (Ramalhosa ve ark., 2011).

Dünyadaki fındık üreten ülkeler arasında Türkiye, toplam küresel üretiminin % 75'i ile lider konumundadır. Türkiye 600 000 ton/yıl fındık üretmekte ve bu üretimin de yaklaşık % 70'i doğal fındık tanesi olarak ihraç edilmektedir. Türkiye dışında fındık, İtalya (% 11,18), İspanya (% 6,47) ve Amerika Birleşik Devletleri'nde (% 2,47) üretilmektedir (Anonim 2018e). Fındık, özellikle Karadeniz ekonomisi için hayati önem taşımaktadır. Fındık işlenerek iç fındık, beyazlatılmış (iç kabukları uzaklaştırılmış), kavrulmuş fındık, kıyılmış fındık, fındık püresi ve fındık unu olarak satışa sunulmaktadır. Bu ürünler çikolata, dondurma, bisküvi ve pastacılık sektörlerinin ana ham maddesi konumundadır. Çeşitli gıda ürünlerinin bir bileşeni olarak eşsiz ve ayırt edici bir lezzet sağlamasının yanında, aroma ve tekstüre de katkıda bulunarak, birçok ürünün formülasyonuna girerek insan beslenmesi ve sağlığı açısından önemli rol oynamaktadır (Çam ve Kılıç, 2008).

Fındık, besin ve nutrasötik özelliklerinin tanınması nedeniyle önemli bir gıdadır. Zengin bir yağ kaynağı (başlıca oleik), proteinler, karbonhidratlar, diyet lifi, vitaminler (özellikle E), mineraller, fitosteroller (esas olarak beta-sitosterol) ve antioksidan fenolik bileşikler açısından zengindir. Fındık, yaklaşık % 60'lık yüksek yağ içeriğinden dolayı mükemmel bir enerji kaynağıdır. Besin değeri açısından oldukça zengindir. % 55-71 oranında yağ içerir ve yağın çoğunluğu doymamış yağ asitlerinden oluşurlar (yaklaşık% 85-90). Oleik asit, doymamış yağ asitlerinin ana bileşenidir (% 74.9-84.3). Fındıktaki başlıca yağ asidi taze ağırlığın % 60'ı oranı oleik asittir. Daha sonra bunu ortalama % 9,2 ile linoleik (C18: 2 ω 6), % 5,6 ile palmitik (C16: 0), s% 2,7 ile tearik (C18: 0) ve % 1,4 ile vaksenik (C18: 1ω7) asit takip eder. Bu çeşit dengeli gıdalar hastalıklara karşı koruma sağlar (Alphan ve diğerleri, 1997; Yurttaş ve ark. 2000, Alaşalvar ve ark. 2003a). Organoleptik özelliklerinden dolayı fındıklar sadece bir meyve olarak tüketilmesinin yanında, aperatifler, çikolatalar, tahıllar, unlu mamuller, mandıra, salata, antre, sos,

dondurmalar gibi çeşitli gıda ürünlerinde ve tatlı formülasyonlarında da kullanılmaktadır (Özdemir ve Akıncı, 2004; Amaral ve ark., 2006; Oliveira ve ark., 2008).

Fındık, E vitamini (a-tokoferol izomeri), fitosteroller, B6 vitamini, folat, L-arginin, polifenoller ve lif gibi bir dizi kardiyoprotektif bileşiğe sahiptir.

Fındık yağı, yüksek E vitamini içeriği nedeniyle oksidasyon sürecini geciktirmektedir. Aynı zamanda doymamış yağ asidi içeriğinin yaklaşık % 90'ını tekli doymamış yağ asitleri oluşturduğu için daha az yağ oksidasyonu meydana gelmektedir. Böylelikle fındık yağı da gıda sanayinde kullanılmaktadır.

Fındığın tüketim aşamasına veya pazarda satışa sunulmasına kadar depolanması gerekmektedir. Depolamada en önemli unsur ürünün özelliklerindeki ve niteliğindeki kayıpların en az seviyede tutularak belirli bir süre muhafaza edilmesi işlemidir. Taze fındıklardaki en temel problem oksidasyon ve aflatoksin (AF) oluşumudur. Aflatoksinler birçok yağlı tohum ürünlerinde tarlada/bahçede, hasat sonrası, depolama boyunca veya proses sırasında doğal olarak oluşabilmektedir. Bazı küflerden üreyen mikotoksin çeşidi olan aflatoksinler, gıdaların kalitesini olumsuz etkilemekte, bu yüzden ekonomik kayıplar oluşturmakta, en önemlisi insan sağlığını riske sokmaktadır. Aflatoksinler, Uluslararası Kanseri Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından insanlar ve hayvanlar için karsinogenik ajanlar olarak belirlenmiştir. Furan halkası, lakton halkası ve C8-C9 çift bağının varlığı, AFB1'in mutajenisitesi, karsinogenisitesi ve teratojenisitesi ile ilişkilendirilmiştir.

Avrupa'da, AFB1, Aflatoksin M1 için gıda maddelerindeki maksimum düzeyleri ve fındıklardaki aflatoksin (AFB1, AFB2, AFG1 ve AFG2) sınırı 165/2010 sayılı Komisyon Yönetmeliği (AB)'nde belirtilmiştir. AFB1 için eşikler ve doğrudan insan tüketimi için fındıktaki toplam aflatoksin ve gıda maddelerinde içerik olarak kullanım miktarı sırasıyla 5 ve 10 µg / kg olarak belirlenmiştir.

Aflatoksin sorunu, sadece insan sağlığı için tehlike oluşturmakla kalmaz aynı zamanda ekonomik kayıp açısından ciddi önem taşır. Aflatoksinlerin yapısal degradasyonu veya inaktivasyonu kimyasallarla mümkündür. Gıdaların ve hayvan yemlerinin bulaşmasının farklı metotlarla (fiziksel/kimyasal/biyolojik) kontrol edilmesi konusunda araştırmalar literatürde vardır. Bu çalışmalar toksini daha az mutajenik duruma getirmeye ve daha az zararlı hale dönüştürmeye yöneliktir. Bu amaçla farklı asitler, oksitleyici ajanlar, bisüfitler ve farklı gazlar kullanılmaktadır. Mikrodalga, ozon veya farklı fiziksel-kimyasal yöntemler aflatoksinlerle bulaşmış gıdalardan toksin miktarının azaltılması amacıyla kullanılabilir. Son yıllarda gıda bilimcileri tarafından çevre dostu, düşük maliyetli ve gıda ürünlerinin kalite özelliklerini koruyan alternatif muhafaza

yöntemlerinden olan ozon uygulaması üzerine yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Tarımsal üretime yönelik hasat, hasat sonrası uygulamaları ve muhafaza teknolojileri ile fındıklarda aflatoksin oluşumunun ve giderilmesinin gerekli olduğu açıktır.

Atmosferdeki ultraviyole radyasyonun etkisi ile doğal olarak oksijenden ozon (O_3) oluşmaktadır. Günümüzde korona deşarj sentetik UV ozon jeneratörleri, ucuz bir şekilde ozon üretebilmektedir. Ozon gazı üç oksijen atomundan oluşur ve bu haliyle reaktif (kararsız) bir moleküldür ve en kuvvetli oksitleyici moleküllerden birisidir. Ozonun asıl avantajı, bir kalıntı bırakmadan hızlı bir şekilde (20–50 dakika yarı ömür) moleküler oksijene ayrışmasıdır. Ozon, depo odalarında ve nakliye sırasında gıda yüzeyinde bakteri, maya ve küf gelişimini önlemede ve böcek kontrolünde kullanılabilmektedir (Xu, 1999). Fındık ürünlerinde aflatoksin probleminin olmaması ve raf ömrünün uzatılması için, işleme ve depolama sırasında oksidasyonun önlenmesi gerekmektedir. Literatürde fındığa ozon uygulanması ve ozonla dekontamine işleminde ozonun etkinliği konusunda yapılmış bazı çalışmalar mevcuttur. Proctor ve ark.(2004) yaptıkları çalışmada yer fıstığı tanesi ve yer fıstığı ununa farklı sıcaklıklarda (25, 50, 75 ° C) ve farklı sürelerde (5, 10 ve 15 dakika) ozon gazı uygulayarak aflatoksin miktarındaki azalmayı incelemişlerdir. Ozon uygulamasında sıcaklık ve süre arttıkça aflatoksinlerin parçalanmasının da arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca yer fıstığı tanelerindeki aflatoksin parçalanmasının yer fıstığı ununa göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Maruz kalma süresi arttıkça sıcaklığın etkisi azalmıştır. Oda sıcaklığında 10-15 dakika ozon uygulamasının hem verimlilik hem de ekonomik olması bakımından daha yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen uygulamalara göre daha uygun olduğu belirtilmiştir. Akbaş ve Özdemir (2006) yaptıkları çalışmada benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Fıstık numunesinde yaptıkları çalışmada fıstık tanelerinde meydana gelen azalma oranlarının fıstık ununa kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Taze fındıklarda depolama boyunca oluşan değişimlerin bilimsel açıdan yeterince tespit edilememiş olması önemli bir eksikliktir. Taze fındıklardaki bilimsel araştırmaların çoğu bileşimlerinin tespit edilmesine yöneliktir. Sanayi ve ihracat bakımından önemli bir ürün olan fındık ve fındık ürünlerinin kaliteleri üzerlerine yapılan araştırmalar ise az sayıdadır. Fındığın depolanması boyunca lipid oksidasyonu ve aflatoksin oluşması sonucu oluşan bileşiklerin tat, aroma ve lezzetlerini olumsuz etkilemesinin yanında sağlık sorunlarıyla ilgili olarak ürünlerin tüketilmez konuma gelmesine yol açmaktadır.

Bu çalışmanın asıl amacı, farklı dozda ozon gazı konsantrasyonunun (5 ppm, 10 ppm ve 20 ppm) ve uygulama sürelerinin (5 ve 10 dakika), AFB1 ile dört farklı dozda (5, 10,

25, 50 ppb) yapay olarak kontamine edilen fındık örneklerinde gerçekleşen değişimleri saptamak, detoksifikasyonu üzerindeki etkisini ve kalite özellikleri özellikle oksidasyonu üzerine oluşturduğu değişimler kontrol grubuyla karşılaştırılarak ortaya konulmasıdır.



BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Fındık

Sert kabuklu meyvelerden olan fındık, bitkiler âleminde *Fagales* takımı, *Betulaceae* familyasının *Corylus* cinsine aittir (Sobutay, 2006). Doğu Karadeniz bölgesi, fındığın anavatanıdır ve dünyanın en kaliteli fındıkları bu bölgede yetiştirilmektedir (Özbek 1978).

Ticari değer açısından önemli bir ürün olan fındık Trabzon-Giresun-Ordu illerinde tek tarım tipi olarak yapılmaktadır. Fındık üretimi açısından Karadeniz Bölgesi en uygun ekolojik şartları taşımaktadır. Ülkemizde Doğu Karadeniz (Giresun-Ordu-Trabzon) ve Batı Karadeniz (Sakarya-Bartın-Zonguldak) olarak iki kesimde tarımı yapılmaktadır. Türkiye, dünyada fındık üretiminde ve ihracatında lider konumundadır. Dünyanın fındık üretiminin %65 kadarını Türkiye gerçekleştirir. Bunun yanı sıra ülkemizde yetiştirilen fındık kalite ve lezzet bakımından da dünyada ilk sırada yer alır. Dünyanın 36°- 41° kuzey enlemleri arasında özgün iklim şartlarında yetişebilen fındık ağaçları, deniz kıyılarından en çok 30 km içerlerine ve 750-1000 metreyi geçmeyen yüksekliklerinde yetişerek ürün verir. Dünyada fındık yetiştirilen başlıca ülkeler Türkiye, İtalya, İspanya ve Amerika Birleşik Devletleri'dir (Anonim, 2017a).

Kabuklu fındıklar meyve şekil ve özelliklerine göre yuvarlak, sivri ve badem olmak üzere üç ana gruba ayrılır:

1. Yuvarlak Fındıklar (Tombul Fındıklar): Ülkemizde daha çok Giresun ilinde yetiştirilmektedir. Kalitesinin yüksek olması sayesinde uluslararası pazarlarda aranan bir fındık çeşididir. Yağ ve protein bakımından oldukça zengindir. Hemen hemen küresel biçimlidir ve meyveleri çok iri olmayıp orta iriliktir. Küresel biçimi sayesinde kırılması kolaydır.

2. Sivri Fındıklar: Bu çeşidin meyvesi iki yandan basıkça bir yapıdadır. Bu şekli sebebiyle kırılması yuvarlak fındığa göre biraz daha zordur ve daha fazla zayıt verir.

3. Badem Fındıklar: Meyveleri şekil itibariyle oldukça uzun ve sivri yapıdadır. İri bir yapısı olmasına rağmen kalitesi çok fazla değildir. Kırmaya ve işlemeye fazla uygun olmadığından kurutulmadan çerez olarak tüketilir.

Türkiye'de üretilen fındık kalite açısından Giresun ve Levant kalite olmak üzere ikiye ayrılır:

Giresun kalite: Giresun ilinde yetiştirilen tombul fındıklar ile Trabzon ilinin Beşikdüzü, Vakfıkebir, Çarşıbaşı ve Akçaabat ilçelerinde yetiştirilen tombul fındıklardır.

Tadı ve içerdği yağ oranı açısından dünyanın en üstün özellikli fındıkları arasındadır.

Levant Kalite: Yağ oranı Giresun kalite fındığa göre daha azdır ve Giresun kalite fındığın yetişme alanları haricindeki bölgelerde üretilenlerin ortak adıdır. Levant kalite fındıkları Giresun kalite fındıklardan daha az yağ oranına sahiptirler ve tat açısından üstün niteliktedir (Anonim, 2017a).

2.2. Dünyada ve Türkiye’de Fındık Üretimi

Fındık; yılda yaklaşık 2 milyar dolarlık ihracat girdisiyle ülkemizin en önemli tarımsal ürünü konumundadır. Son 5 yıllık veriler incelendiğinde ülkemiz 537.400 ton ile dünya fındık üretiminin % 67’sini tek başına karşılamaktadır. Fındık tarımı genellikle aile işletmeciliği olarak ve bölünmüş küçük arazilerde yürütülmektedir. Türkiye’de 400.000 civarında çiftçinin 700.000 hektar arazide fındık tarımıyla uğraşmaktadır. Fındık, tarımıyla doğrudan ya da dolaylı şekilde yaklaşık 8 milyon kişiyi ilgilendirebilmektedir (Anonim, 2016).

Toprak Mahsulleri Ofisi 2016 yılı fındık sektör raporuna göre üretim, ithalat ve ihracat verileri şu şekildedir:

Çizelge 2.1. Dünya Fındık Üretimi (Kabuklu/Ton) (Anonim, 2017c)

Ülkeler	2012	2013	2014	2015	2016	Ortalama
Türkiye	660.000	549.000	412.000	646.000	420.000	537.400
İtalya	84.000	100.000	80.000	125.000	130.000	103.800
Azerbaycan	40.000	35.000	25.000	40.000	50.000	38.000
Gürcistan	28.000	40.000	35.000	50.000	60.000	42.600
ABD	32.000	40.200	36.300	27.850	37.800	34.380
İspanya	16.000	18.000	19.500	22.000	18.000	18.700
Diğerleri	25.000	25.000	25.000	42.000	42.000	31.800
TOPLAM	885.000	807.200	632.800	952.800	757.800	807.130

Çizelge 2.2. Dünya Fındık İhracatı (Kabuklu/Ton) (Anonim, 2017c)

Ülkeler	2011	2012	2013	2014	2015	Ortalama
Türkiye	487.533	531.488	549.315	505.057	480.275	510.733
İtalya	28.510	28.320	34.263	37.785	36.994	33.174
Gürcistan	38.184	27.106	57.889	38.674	37.676	39.906
ABD	19.967	3.142	31.308	39.098	40.052	26.713
Azerbaycan	25.804	20.500	20.803	23.918	490	18.308
Almanya	9.868	5.658	10.072	11.989	9.615	9.440
İspanya	5.559	4.652	5.096	4.763	3.224	4.659
Fransa	4.607	2.024	4.937	5.354	3.716	4.128
Diğerleri	62.232	17.016	47.243	27.957	30.650	37.020
TOPLAM	682.264	639.906	760.953	694.595	642.691	684.082

Dünyadaki fındık önemli oranda (% 91) Avrupa ülkelerince tüketilmekte ve asıl olarak (% 80'i) çikolata-şekerleme sanayiinde ham madde olarak kullanılmaktadır. Dünyadaki kabuklu fındık ihracatının son 5 yıllık ortalaması 684 bin ton olup, bunun % 75'ini Türkiye kendi başına gerçekleştirmektedir. Diğer önemli fındık ihracatçısı konumundaki ülkeler ise İtalya, Gürcistan, ABD, Azerbaycan ve Almanya'dır. Üretici ülke olmamasına rağmen ithal ettiği fındığı, iç/işlenmiş şekilde ihraç eden ülkeler ise Almanya, Fransa, Hollanda, Belçika ve İsviçre'dir.

Fındık üretiminde lider konumda bulunan ülkemizde fındık tüketimi ise oldukça düşük düzeyde kalmaktadır. Üretilen fındığın sadece % 11-12'lik (kişi başına 500 -600 g/yıl) kısmı iç piyasada tüketilmektedir.

Çizelge 2.3. Dünya Fındık İthalatı (Kabuklu/Ton) (Anonim, 2017c)

Ülkeler	2011	2012	2013	2014	2015	Ortalama
İtalya	94.904	94.790	115.959	126.519	113.654	109.165
Almanya	70.752	57.106	81.514	65.225	76.684	70.256
Fransa	58.165	57.784	54.180	38.773	45.471	50.875
Kanada	21.549	22.240	24.449	39.039	42.244	29.904
Belçika	48.463	13.944	14.604	9.492	11.396	19.580
Rusya	28.166	26.358	18.370	9.605	7.525	18.005
İsviçre	19.149	17.502	20.072	2.134	17.710	15.313
Hollanda	7.384	7.110	7.742	6.433	5.557	6.845
Çin	12.630	1.334	16.759	6.424	542	7.538
Polonya	15.021	20.624	17.686	15.221	78	13.726
Vietnam	9.330	340	5.651	9.962	13.901	7.837
İspanya	10.126	10.496	12.210	9.268	6.526	9.725
Avusturya	6.366	5.062	5.778	4.748	5.179	5.427
Mısır	4.746	7.156	6.212	4.670	4.147	5.386
Diğerleri	131.690	120.785	191.457	140.649	100.051	136.926
TOPLAM	538.441	462.631	592.643	488.162	450.663	506.508

Çizelge 2.4. Türkiye İç Fındık İhracatı (Yıl bazında) (Anonim, 2017c)

Yıllar	İhracat Miktarı	İhracat Bedeli (Bin Dolar)	Birim İhraç Fiyatı (\$/kg)
2007	233.138	1.519.478	6,52
2008	228.402	1.407.872	6,16
2009	219.355	1.172.598	5,35
2010	252.305	1.544.786	6,12
2011	243.766	1.759.162	7,22
2012	265.744	1.802.463	6,78
2013	274.657	1.767.277	6,43
2014	252.528	2.314.253	9,16
2015	240.137	2.827.316	11,78
2016	227.556	1.981.334	8,71
2017	84.485	634.273	7,51

2.3. Fındık Meyvesi ve Bileşimi

Fındık, bileşiminde yağlar, karbonhidratlar ve proteinler yönünden zengin olmasından dolayı çok iyi bir enerji kaynağıdır. İnsan beslenmesi bakımından önemli olan oleik asidi, çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik asidi, Vitamin B1, Vitamin B2, Vitamin B6 ve Vitamin E gibi vitaminleri, P, Ca, Mg, Mn, K, Zn, Fe gibi mineral maddeleri içermektedir. Oleik, linoleik ve linolenik yağ asitlerince zengindir (Şimşek ve Aslantaş, 1999).

Çizelge 2.5. İç Fındığın Kimyasal Bileşimi (g/100g) (Özdemir ve ark., 1998)

Bileşen	Miktarı
Nem	3,39
Protein	16,38
Yağ	63,6
Ham Selüloz	2,33
Kül	2,04

Fındık, mineral maddeler açısından önemli bir kaynaktır. Mineral madde içeriği Çizelge 2.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 2.6. Fındığın Gıda Bileşenleri (Anonim, 2017d)

Bileşenler	Birim	Kavrulmuş	Kavrulmamış	Beyazlatılmış, Kavrulmamış
Su	g	2,52	5,31	5,79
Protein (Nx5,3)	g	15,03	14,95	13,70
Toplam Yağ	g	62,40	60,75	61,15
Kül	g	2,45	2,29	2,36
Karbonhidrat	g	17,60	16,70	17,00
Toplam Lif	g	9,4	9,7	11,0
Toplam Şeker	g	4,89	4,34	3,49
Sukroz	g	4,75	4,20	3,35
Glukoz	g	0,07	0,07	0,07
Fruktoz	g	0,07	0,07	0,07
Nişasta	g	1,10	0,48	0,93
Enerji	Kcal	646	628	629
Enerji	kJ	2703	2629	2630
Mineraller	mg			
Potasyum	mg	755	680	658
Fosfor	mg	310	290	310
Magnezyum	mg	173	163	160
Kalsiyum	mg	123	114	149
Mangan	mg	5,500	6,175	12,650
Demir	mg	4,38	4,70	3,30
Çinko	mg	2,50	2,45	2,20
Bakır	mg	1,750	1,725	1,600
Selenyum	µg	4,1	2,4	4,1
Vitaminler				
E vitamini (alfa-tokoferol)	mg	15,28	15,03	17,50
C vitamini	mg	3,8	6,3	2,0
Niasin	mg	2,050	1,800	1,550
Pantotenik Asit	mg	0,923	0,918	0,815
B6 vitamini	mg	0,620	0,563	0,585
Tiamin	mg	0,338	0,643	0,475
Riboflavin	mg	0,123	0,113	0,110
Toplam Folat	µg	88	113	78
A vitamini (RAE) ^a	µg RAE	3	1	2
A vitamini IU ^b	IU	61	20	40
Beta-karoten	µg	36	11	23
Alfa-karoten	µg	1	3	2
Toplam Kolin	mg	veri yok	45,6	veri yok
Betain	mg	veri yok	0,4	veri yok
Lutein+Zeaksantin	µg	veri yok	92	veri yok
K vitamini	µg	veri yok	14,2	veri yok

^aRAE : Retinol Aktivite Eşdeğeri

^bIU : International Unit

2.4. Fındığın Bozulma Nedenleri

2.4.1. Biyokimyasal Bozulma

2.4.1.1. Oksidatif Acılaşma

Fındık besin değeri açısından çok zengin olup yüksek oranda yağ (% 60-65) ve protein (% 10-24) içermektedir. Fındık iyi bir enerji kaynağı olmasının yanı sıra kalp-damar sağlığı açısından da önemli rol oynayan ve kalp krizi riskini azaltmaya yardımcı olan doymamış yağ asitleri içermektedir. Ayrıca mineral ve vitamin içeriği açısından da son derece önemlidir. Fındık gibi yüksek düzeyde yağ içeren gıdaların lipit yapısı; hasattan tüketime kadar olan süre içerisinde bazı degradasyon reaksiyonları sonucu bozulmaktadır.

Lipit oksidasyonu, renkte, besin değerlerinde, fonksiyonel özelliklerde ve lezzette kayıplara (ransidite nedeniyle) ve bunun yanında sağlığa zararlı olabilecek bileşiklerin oluşmasına yol açmaktadır (Addis 1986). Fındıklar yüksek oranda doymamış yağ asitleri içerdiğinden lipit oksidasyonuna yatkındır. Fındık lipitlerinde temel bozulma süreci lipit hidrolizi, lipit oksidasyonu ve oksidasyon ürünlerinin daha küçük moleküllere parçalanması şeklinde gerçekleşmektedir (Taş, 2017).

Yağların bozulması hidroliz ve oksidasyon gibi iki temel kimyasal reaksiyon ile meydana gelir. Yağların hidrolizi, trigliseritin su ile reaksiyona girmesi ve gliserol, mono ve digliserit ve serbest yağ asitlerine dönüşmesiyle meydana gelir. Oksidasyon, yağlarda ve bu yağları içeren gıdaların üretiminden tüketimine kadar olan süreçte ortaya çıkan en önemli problemdir. Oksidasyon ve buna bağlı olarak ortaya çıkan acılaşma yağlı gıdaların çoğunda özellikle de fındık ürünlerinin raf ömrünü azaltan faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Taş, 2017).

Oksidasyona yol açan sebeplerin başında oksijen gelmektedir. Bunun dışında sıcaklık, ışık, bazı metal iyonları ve doymamışlık derecesi de oksidasyon hızını etkileyen önemli faktörlerdendir (Çakmakçı ve Gökalp, 1992).

Yağlarda oksidasyon üç aşamada ilerler;

Başlangıç aşaması; yağ asidi serbest radikali ve hidrojen radikali oluşumuyla başlar. Bu aşamada C-H arasındaki kovalent bağı kırmak için sıcaklık, UV ışını veya radyasyon gibi bir başlatıcı gerekebilir. Bu bozulma geçiş metal iyonları veya başka serbest radikal varlığında da meydana gelebilir.

Yayılma aşamasında; yağ asidi serbest radikalının oksijen ile reaksiyonu sonucu peroksi radikallerin oluşumu hızlanır ve yağ asitleriyle peroksi radikallerinin ileri reaksiyonları sonucu hidroperoksitler ve yeni yağ asidi radikalleri meydana gelir.

Reaksiyonun sonlanma aşamasında; yağ asidi serbest radikali ve peroksi radikali gibi iki reaktif tür bir araya gelerek stabil bir bileşik oluştururlar. Hidroperoksit birikimi bozunma (parçalanma) oranı oluşma hızını geçinceye kadar devam eder. Hidroperoksitler ve bunların radikalleri, siklik ve endo peroksitler, epoksi ve hidroksil asitler, aldehytler, hidrokarbonlar, oksoasitler veya polimerize moleküller gibi ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşumuyla sonuçlanan reaksiyonlara katılabilir. Hidroperoksitler ve endoperoksitler parçalanması reaktif karbonil türleri üretmektedir, bunların arasında, 4-hidroksi-trans-2-nonenal (HNE), 4-hidroksi-2-heksenal (HHE) ve akrolein dahil olmak üzere, α - β -doymamış aldehydler, malondialdehyd (MDA dahil olmak üzere dialdehytler)) ve 4-okso-trans-2-nonenal (ONE) ve metilglükoksal dahil olmak üzere glioksal ve keto aldehytler en reaktif olanlardır (Taş,2017).

2.4.1.2. Hidrolitik Acılaşma

Hidrolitik acılaşma iki şekilde gerçekleşebilir. Trigliseritler ve su yüksek sıcaklıkla birlikte reaksiyona girer ve bunun sonucunda trigliseritler parçalanır. Ortaya çıkan parçalanma ürünleri acı tada sahiptir ve çok düşük konsantrasyonlarda bile algılanabilmektedir. İkinci yol ise lipaz enzimi ve su varlığında gerçekleşir. Bu reaksiyonda gliseritler parçalanır ve serbest yağ asitleri ortaya çıkar (Talbot, 2016).

2.4.2. Mikrobiyel Bozulma

2.4.2.1 Mikotoksinler

Mikotoksinler bazı küf türleri tarafından üretilen ikincil metabolizma ürünleridir. Gıdalarda ve yemlerde oluşabilir ve memelilere, kümes hayvanlarına ve balıklara toksik etki gösterir. Mikotoksinlerin farklı biyolojik etkileri vardır. Kanserojen, mutajenik, teratojenik, östrojenik, hemorajik, immunotoksik, nefrotoksik, hepatotoksik, dermatoksik, nörotoksik etki gösterebilirler (Steyn, 1995).

Çizelge 2.7. Bazı mikotoksinler ve sağlığa etkileri (Steyn, 1995)

Mikotoksin Çeşidi	Toksik Etkisi
Aflatoksin, Okratoksin, Fumonisin	Karsinojen
Aflatoksinler ve Sterigmatokistin	Mutajenik etki
Okratoksinler	Teratojenik
Zeralenon	Östrojenik
Trikotesen	Hemorajik
Aflatoksin, Okratoksin	İmmunotoksik
Okratoksin	Nefrotoksik
Aflatoksin	Hepatotoksik
Trikotesen	Dermotoksik
Ergotoksinler, penitremler	Nörotoksik

Mikotoksin içeren gıda ve yemlerin tüketimi mikotoksikozis olarak adlandırılır. Mikotoksikozis belirtileri mikotoksin tipine bağlı olarak değişir. Maruz kalınan miktar ve süre, maruz kalan bireyin yaşı, sağlık durumu, cinsiyeti, genetiği gibi parametreler etkiler. Bütün mikotoksinler fungal kökenli olmasına rağmen funguslar tarafından üretilen her toksik ürüne mikotoksin denilmemektedir. Hedef ve metabolit konsantrasyonunun her ikisi de önemlidir. Bakterilere toksik etkisi olan metabolitlere (örneğin penisilin) antibiyotik, yüksek canlılara toksik etkisi olanlara ise mikotoksin adı verilmiştir (Bennett ve Klich, 2003).

Mikotoksinler gıda ve yemlerde bulunan doğal kontaminantlardır. Mikotoksin üreten küf türleri epey yaygın olarak bulunur ve pek çok tarımsal üründe değişik çevresel koşullarda gelişebilir. Çoğu mikotoksin düşük konsantrasyonlarda bile omurgalılara ve hayvanlara toksik özelliktedir, bazıları otoimmün hastalıklara, alerjilere sebep olurken bazıları da teratojenik, mutajenik ve karsinojenik etki gösterir. Çoğu mikotoksinler geleneksel gıda işleme yöntemlerinde kullanılan sıcaklık aralığına (80-121 °C) nispeten daha dayanıklıdır. Bu yüzden kaynatma, kızartma veya pastörizasyon gibi işlemler sonrası mikotoksin miktarında fazla bir azalma meydana gelmez. Dünya genelinde ekinlerin % 25'inin küf gelişiminden etkilendiği ve mikotoksinlerle kontamine olduğu tahmin edilmektedir (Bosco ve Mollea 2012).

Tarımsal ürünlerde küflenme ve mikotoksin oluşumunu engellemek için en çok dikkat edilmesi gereken noktalar ürünün tam olgunlaştığında hasat edilmesi, hasat sırasında üründe mekanik hasara sebebiyet verilmemesi ve ürünün hasat sonrası derhal kurutulmasıdır. Kurutma işlemi ürünü küflere karşı koruma açısından en önemli parametredir (Kaya ve Yarsan, 1995).

Küf gelişimi hasat öncesi ve sonrası kurutma ve depolama aşamasında olabilir. *Fusarium* toplanma öncesi veya sonrası; *Penicillium* ve *Aspergillus* da kurutma ve depolama aşamasında gelişerek toksin üretebilmektedirler (Öksüztepe ve Erkan, 2016).

Mikotoksinlerin sebep olduğu ekonomik kayıpların hesaplanması kolay değildir. Bazı çalışmalara göre sadece Amerika Birleşik Devletleri'nde mikotoksin sebebiyle meydana gelen kayıpların 932 milyon dolar civarında olduğu düşünülmektedir. Bu değerlendirme yapılırken aflatoksin, fumonisin ve deoksinivalenol toksinleri kullanılmıştır. Bunların dışında kalan mikotoksinler için yeterli veri bulunmadığından hesaba katılamamıştır. Ayrıca bir diğer husus da bu değerlendirmede insan sağlığına olan etkilerden dolayı oluşan tedavi maliyeti hesaba katılmamıştır. Tüm bunlar düşünüldüğünde ekonomik kayıpların çok daha fazla olacağı görülmektedir (Anonim, 2017e).

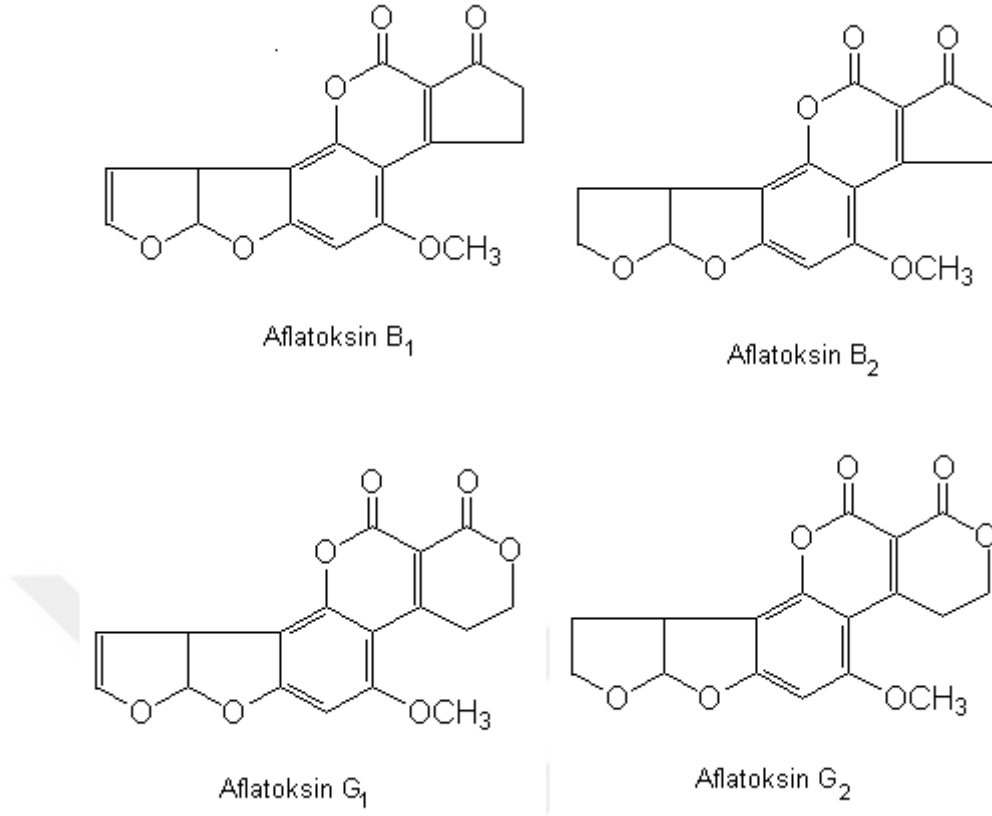
2.5. Aflatoksinler

1960 yılında Birleşik Krallık'ta 100.000 hindinin ölümü neticesinde yapılan araştırmalar ölümlerin küflü yemlerden kaynaklandığını göstermiştir. Bu yemlerden *Aspergillus flavus* izole edilmiş ve onun ürettiği metabolite de aflatoksin ismi verilmiştir (Chapa ve ark., 2011).

Aflatoksin ilk olarak *Aspergillus flavus*'tan izole edilmiş ve *Aspergillus*'un A harfi, *flavus*'un fla harfleri alınarak isimlendirilmiş ve aflatoksin ismi bu şekilde ortaya çıkmıştır (Öksüztepe ve Erkan, 2016).

Aflatoksinler, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* ve *Aspergillus nomius*'un bazı suşları tarafından üretilir (CAST, 2003).

Aflatoksinlerin Aflatoksin B1(AFB1), B2 (AFB2), G1 (AFG1), G2 (AFG2) olmak üzere dört ana çeşidi bulunmaktadır. Bu toksinlerin isimlendirilmesi ultraviyole ışık altında verdikleri floresansa göre yapılmıştır. B1 ve B2 mavi floresan yaparken G1 ve G2 yeşil floresan yapmaktadır. B grubu toksinler kumarin yapıdaki lakton halkasına eklenmiş siklopentan halkası içerir. G toksinlerinde ise ek olarak bir lakton halkası bulunmaktadır. Aflatoksin B1, B2, G1 ve G2'nin kimyasal yapıları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Özkaya ve Temiz, 2003).



Şekil 2.1. Aflatoxin B₁, B₂, G₁ ve G₂'nin kimyasal yapısı (Özkaya ve Temiz, 2003)

A.flavus izolatları genel olarak B₁ ve B₂ toksinlerini, *A.parasiticus* ise B₁, B₂, G₁, G₂ toksinlerini sentezler. Aflatoxin M₁ ise aflatoxin B₁ içeren yemleri tüketen hayvanların karaciğerinde metabolize olduktan sonra süte geçer ve sütte bulunur. Bu sebeple M₁ (milk) ismi verilmiştir (Dhanasekaran ve ark., 2011).

Aflatoxinler akut toksik ve kronik etki gösterirler. Akut zehirlenme genellikle nadiren görülür. Bunun yanı sıra aflatoxinler bağışıklık baskılayıcı, mutajenik, karsinojenik, teratojenik bileşiklerdir. Toksik ve karsinojen etki için hedefteki organ karaciğerdir. Uluslararası Kanseri Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından gerçekleştirilen epidemiyolojik ve laboratuvar çalışmalarının sonuçları değerlendirilmiş ve insanlarda karsinojen etki için yeterli kanıt bulunduğu görülmüştür. Bunun neticesi olarak 1987 yılında Grup 1 karsinojen olarak sınıflandırılmasına karar verilmiştir (Pereica ve ark., 1999).

Aflatoxinler, mısır, yer fıstığı, fındık gibi pek çok tarımsal ürünün doğal kontaminantıdır. Aflatoxin, hem hasat öncesi hem de hasat sonrası oluşabilir ancak yüksek düzeyde oluşumu genellikle hasat sonrası tarımsal ürünlerin uygun olmayan koşullarda depolanması ile ilişkilidir. Yüksek sıcaklık ve yüksek nem küflerin hızlı bir

şekilde çoğalmasını sağlarken kontaminasyon düzeyi bitkinin stresi, sıcaklık, su aktivitesi, genotip, kültür ve depolama koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Aflatoksinlerden en çok etkilenen tarımsal ürünler yer fıstığı, mısır, antep fıstığı, fındık, kurutulmuş ürünler, baharatlar, incir, bitkisel yağlar, kakao çekirdekleri ve pirinçtir (Bosco ve Mollea, 2011).

Su stresi, yüksek sıcaklık stresi ve böcek hasarları küf gelişmesini ve toksin oluşumunu etkileyen başlıca faktörlerdir. En çok toksin üretiminin tahıllarda % 18, yağca zengin sert kabuklu yemişlerde ve tohumlarda % 9-10 nem oranındayken gerçekleştiği belirtilmiştir. Aflatoksin üretimi için optimum 12 – 27 °C; maksimum 40 - 42 °C sıcaklık gereklidir (Dhanasekaran ve ark., 2011).

Çizelge 2.8 Aflatoksinlerin bazı fiziksel özellikleri (Dhanasekaran ve ark., 2011)

Aflatoksin	Molekül Formülü	Molekül ağırlığı	Erime Noktası (°C)
B1	C ₁₆ H ₁₂ O ₆	312	268-269
B2	C ₁₇ H ₁₄ O ₆	314	286-289
G1	C ₁₇ H ₁₂ O ₇	328	244-246
G2	C ₁₇ H ₁₄ O ₇	330	237-240

2.5.1. Fındık İçin Aflatoksin Limitleri

Gıdalarda bulunabilecek maksimum aflatoksin limitleri Resmi Gazete’de (29.12.2011) yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Tebliği ile belirlenmiştir. Buna göre fındıkta Aflatoksin B1 ve Toplam Aflatoksin (B1+G1+B2+G2) için yasal limitler sırasıyla 5 µg/kg ve 10 µg/kg olarak belirlenmiştir. Bu limitler 1881/2006/EC sayılı Gıdalardaki Belirli Bulaşanların Maksimum Limitlerinin Belirlenmesi Hakkında Avrupa Birliği Komisyon Tüzüğüne benzer olarak hazırlanmıştır (Anonim, 2018a).

2.6. Fındıkta Aflatoksin Sorunu

Yapılan bir çalışmada Giresun yöresinde yetiştirilen tombul fındık örneklerinin küf florasını araştırmışlardır. Buna göre kullanılan 30 fındık örneğinde genel olarak % 54 - 100 oranında fungal enfeksiyon tespit etmişlerdir. Tüm numunelerde *Aspergillus* ve *Penicillium* cinsi küf izole edilmiş, fakat sadece dokuz numunede *Aspergillus flavus* grubu küf bulunmuştur. Bir yıl süreyle depolanmış olan fındıklarda küf oranının yüksek olmasını depolama şartlarının uygun olmamasına bağlamışlardır (Demir ve ark. 2002).

Fındıkta aflatoksin oluşumunun en önemli aşaması hasat sonrası yapılan işlemlerdir. Olgunlaşma aşamasında da aflatoksin oluşabileceği fakat bunun miktarının yasal limitlerin

üzerinde olmadığı bildirilmiştir. Fındığın hasat zamanı nem içeriği açısından önemlidir. Çünkü nem içeriği hasat dönemine doğru azalmaktadır. İç oluşumu sırasında % 80-90 civarında olan nem oranı hasada doğru % 25-30'a kadar düşer. Fındığın hasat zamanı aynı zamanda E vitamini açısından da önemlidir. Çünkü E vitamini içeriği hasada doğru artmaktadır. Olgunlaşan fındık daha çok E vitamini yani antioksidan içereceğinden dolayı fındığın oksidasyon stabilitesi de artacaktır (Anonim, 2017f).

Fındık Araştırma İstasyonu'nun 2012 yılında yayımladığı ve Türkiye'nin toplam fındık üretiminin % 66'sını karşılayan Giresun, Ordu, Samsun ve Trabzon illerini kapsayan ve 71 mevcut işletmenin 25 tanesiyle gerçekleştirdikleri anket çalışmasına göre fındık işletmelerinin durumu şu şekildedir:

İşletmelerin % 16'sı kabuklu fındık depolamadığını belirtmişlerdir. Fındığı 3 ayın üzerinde depolayan işletme oranı % 48'dir. Bu da uygun olmayan koşullarda muhafaza edilen fındıklarda oluşabilecek olan aflatoksin tehlikesine karşı dikkatli olunması gerektiğini göstermektedir.

Kabuklu fındığı silolar içerisinde oda sıcaklığında depolayan işletmelerin oranı % 52; jüt çuvallar içerisinde oda sıcaklığında depolayanların oranı ise % 40'tır. Fındığı soğuk havada kontrollü şartlarda depoladığını belirten işletme oranı sadece % 4 olarak yer almaktadır.

Fındık kurutma sistemine sahip olan işletme oranı % 8'dir.

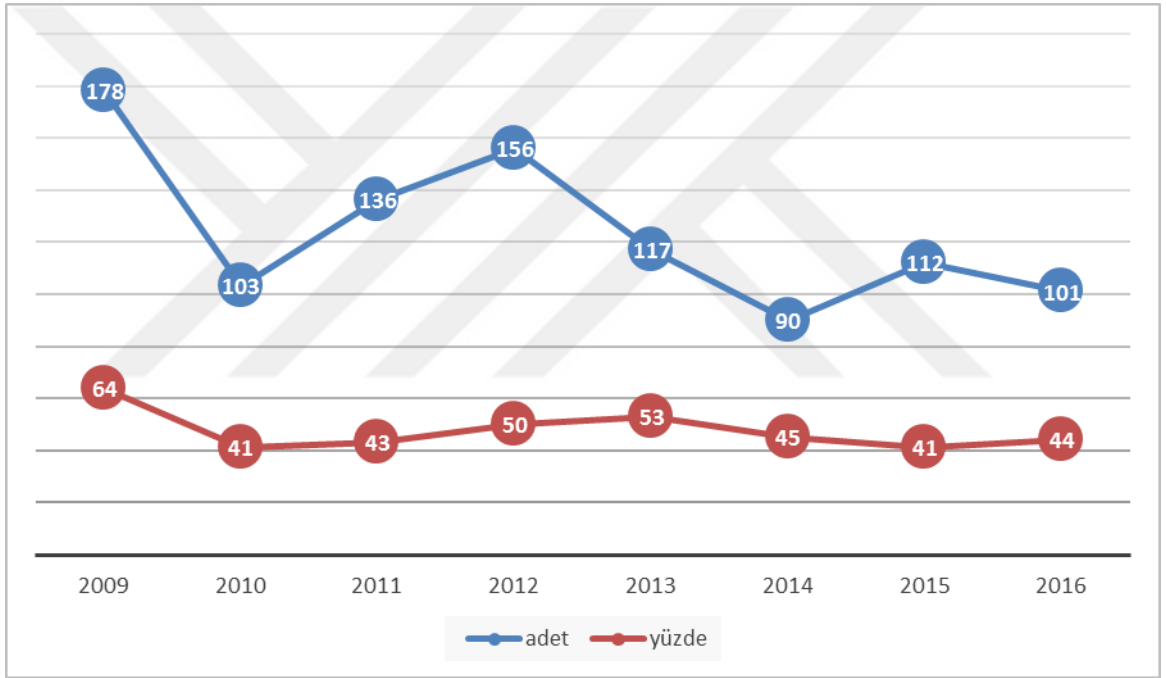
Natürel iç fındığın sadece % 32'si soğuk havada jüt çuvallar veya silolar içerisinde muhafaza edilmektedir.

Fındık işletmelerinin % 24'ünde herhangi bir laboratuvar bulunmamaktadır. İşletmelerin 32'sinde basit bir laboratuvar bulunmakta ve fiziksel ve/veya kimyasal analizler yapılmaktadır. Aflatoksin analizlerinin ve mikrobiyolojik analizlerin yapıldığı laboratuvara sahip olan işletme oranı % 44'tür. İşletmelerin % 56'sı laboratuvarının bulunmadığını fakat bu altyapıyı kurmak veya geliştirmek istediğini vurgulamıştır.

Yapılan anket çalışmasında işletme yöneticilerine fındıktaki en ciddi kalite problemi aflatoksin hakkında sorular sorulmuştur. İşletmelerin aflatoksin konusunda % 38'inin problem yaşadığını belirtirken % 62'si ise problem yaşamadığını beyan etmiştir. İşletme yöneticilerinin % 36'sı aflatoksin tespit edilmesi durumunda tespit edilen ürünleri henüz ürün alımında reddettiğini belirtmiştir. Diğer işletmeler ise aflatoksin içerdiği tespit edilen ürünleri işlediğini, aflatoksin nedeniyle geri dönen ürünleri paçal yaparak veya yağa işleme yöntemleriyle kullanılmaktadır. İşletmelerin % 12'si yasal limitlerin çok üzerinde aflatoksin içeren fındığı işleme almayarak imha ettiğini belirtmiştir (Savran, 2012).

Ülkemizin fındık ihracatında mikotoksin nedeniyle ilk kez 1967 yılında sorun yaşanmıştır. Kanada'ya gönderilen 10 ton iç fındık mikotoksin içermesi sebebiyle geri çevrilmiştir (Demir ve ark, 2002).

Türkiye kaynaklı 2009-2016 yılları arasında 2083 bildirim (alarm, bilgi bildirimler ve iadeler) bulunmaktadır. Türkiye kaynaklı bildirimlerin % 49'u (993 adet) mikotoksinlerle alakalıdır. Bunların % 98,05'i kuru meyve ve kuru yemiş ürünlerinde belirlenmiştir. Aflatoksin sıkça görüldüğü ürün grupları; fındık ve ürünlerinde, kuru incir ve incir ürünlerdir. Yıllar içerisinde mikotoksin bildirimlerinin dağılımı aşağıdaki tablodaki gibidir ve yıllar içinde mikotoksin kaynaklı bildirimlerin sayısının azaldığı fakat buna rağmen diğer tehlikelerle karşılaştırıldığında toplam bildirimler arasında en yüksek oranın mikotoksin olduğu görülmektedir.



Şekil 2.2. Türkiye'deki mikotoksin bildirim sayılarının yıllar içindeki değişimi (Çınar ve ark., 2017)

2.7. Fındıkta Bozulmaya Etki Eden Faktörler

2.7.1. Enzimler

Fındığın yapısında bulunan lipaz, lipoksijenaz ve peroksidaz enzimleri fındıkta acılaşmaya neden olmaktadır. Lipaz enziminin aktivitesi sonucu ortaya çıkan serbest yağ asitleri oksidatif bozulmaya sebep olmaktadır. Lipoksijenaz enzimi çoklu doymamış yağ asitlerini parçalayarak daha sonra hidroperoksitlerle reaksiyona girecek olan metilen gruplarını meydana getirirler (Ebrahim, 1993). Kavurma işlemiyle fındıktaki enzimler inaktive edilmektedir (Taş, 2017).

2.7.2. Yağ Asidi Bileşimi

Oksidasyon hızını etkileyen en önemli faktörlerden biri de yağ asidi çeşididir. Yağ asitlerindeki çift-bağ sayısının artmasıyla oksidasyon hızı artmaktadır. Yağ asidi içeriği çeşide, bölgeye, mevsime ve olgunluk derecesine bağlı olarak değişmektedir. Bu yağ asitlerinin birbirine bağlı olarak konsantrasyonları oksidasyon hızını dolayısıyla da raf ömrünü etkilemektedir. Yer fıstıklarında yapılan bir çalışmada yüksek oleik asit oranına sahip olanların daha uzun süre dayandıkları bildirilmiştir (Seyhan ve ark., 2001).

2.7.3. Nem İçeriği ve Su Aktivitesi

Yüksek nem içeriğinin karbonhidratları monomerlerine ayıran spesifik enzimleri üreten mikro-fungilerin gelişimini hızlandırdığı bilinmektedir. Yüksek nem içeriği aynı zamanda lipidlerin serbest yağ asitlerine hidrolize edebilir. Fındıklarda meydana gelen bu kimyasal reaksiyonlar genellikle üründe acı bir tat oluşması ile sonuçlanır (Pannico, 2014).

Fındıkların depolanması sırasında kalite kayıplarının yaşanmaması için iç fındığın nem oranının % 7'nin, kabukta nem oranının % 12'nin altında olması önerilmektedir. Depolamada bu değerlerin üzerine çıkılması durumunda ürünün raf ömrü kısalmaktadır (Turan ve İslam, 2016).

2.7.4. Metaller

Fındığın yapısında bulunan demir, bakır ve benzeri metal iyonları oksidasyonu hızlandırmaktadır. Üretim aşamalarında fındığın metal parçalar ile temas etmesi durumunda da oksidasyon sonucu kötü tat ve koku oluşumu hızlanmakta ve daha hissedilir hale gelmektedir (Çakmakçı ve Gökalp, 1992).

2.7.5. Antioksidanlar

Fındığın yapısında antioksidan özellik gösteren tokoferoller bulunmaktadır. Antioksidanlar serbest radikalleri yakalayarak oksidasyonun radikal zincir mekanizmasında zincir tepkimeyi kırarak şekilde etki etmektedir. Bu özelliği ile ürünün fındık yağının stabilitesini sağlayarak raf ömrünü uzatmaktadır (Çetintaş, 2005).

Fındığın antioksidan içeriği cevizden daha fazladır ve sızma zeytinyağına yakın bir değerdedir. Fındıkta bulunan tokoferolün çoğu alfa-tokoferoldür. E vitamininin aktif formu olan α -tokoferol kalp krizi, tip 2 diyabet, yüksek tansiyon, kanser gibi hastalıklara karşı olumlu etkide bulunmaktadır (Pourfarzad ve Mehrpour, 2017).

2.7.6. İşleme Koşulları

Kaliteli bir ürün elde edebilmek için fındığın hasat edilmesi, kurutulması ve depolanması sırasında uygun koşulların sağlanmasına dikkat edilmelidir. Sıcaklık ve nem oranının yüksek olması durumunda fındıklarda yağlar okside olmakta ve buna bağlı acı tat gelişimi meydana gelmektedir. Bu durum aynı zamanda küf gelişimini de hızlandırmakta ve fındıkta en büyük sorunlardan biri olan aflatoksin oluşumuna zemin hazırlamaktadır. Ayrıca fındığın toplanması veya işlenmesi aşamalarında hasar görmesi de fındığı küf gelişimi için uygun bir ortam haline getirmekte ve aflatoksin oluşma riskini artırmaktadır (Evren, 2011).

Fındıkta kavurma işlemi lipaz, lipoksigenaz gibi enzimlerin inaktive olmasını sağlamaktadır. Ayrıca kavurma ile fındığın içerdiği su oranı düşürülmekte, katalizörlerin ve oksijenin hareketliliği azaltılmakta böylece oksidasyon hızı da yavaşlatılmaktadır (Taş, 2017).

Kavurma işleminde sıcaklığın artışıyla birlikte HMF (hidroksimetilfurfural) ve peroksit değerleri artmakta serbest yağ asitliği ve tokoferol miktarı ise azalmaktadır (Evren, 2011).

2.7.7. Depolama Koşulları

Fındıkta son ürünün kaliteli olması için depolama şartlarına dikkat edilmesi gerekmektedir. Fındığın serin ve kuru bir ortamda en çok bir yıl saklanabileceği belirtilmiştir. Muhafaza süresinin uzatılabilmesi için sıcaklığın kontrol altına alınması ve 2-4,5 ° C arasında olması gerekmektedir. Fındığın nem içeriği de depolama aşamasında önemlidir. Erken hasat edilen ve iyi kurutulmamış fındıklarda küflenme ve tat kayıpları söz konusu olmaktadır. Aynı zamanda küflenme dolayısıyla aflatoksin oluşma riski de artmaktadır (Akar, 2016).

Kabuklu fındık % 60 nemde 0-2 ° C'de 2 yıl, vakumlu kabuklu fındık adi depolarda 2 yıl, -2-0 ° C arasında 3-4 yıl depolanabildiği bildirilmiştir.

Demirci Ercoşkun (2009) yapmış olduğu çalışmada depolanan fındık ürününün nem içeriği ile oksidasyon reaksiyonları arasında doğru orantı olduğunu bildirmiştir. Aynı zamanda ambalajın oksijen geçirgenliğinin artması durumunda depolama sırasında oksidasyon reaksiyonlarının da hızının arttığını belirtmiştir. Depolama aşamasında ortam sıcaklığının yüksek olması sonucu serbest yağ asidi meydana gelme ve yıkım hızları da artış göstermektedir.

2.8. Yenilikçi Teknolojiler

Geleneksel yöntemler gıda kaynaklı patojenleri yok etmek için ısıl işlemin kullanılmasına dayanır. Gıdaların yüksek sıcaklıklardaki ısıl işleme maruz kalmasıyla gıdaların kalitesi, duyuşal özellikleri ve besin değerlerine olan olumsuz etkilerini bertaraf edebilmek amacıyla son yıllarda ısıl olmayan teknolojilere ilgi artmıştır. Bu yöntemlerle gıda maddelerinde bozulmaya sebep olan mikroorganizmalar ve istenmeyen enzimler inaktive edilirken ürünün tadında, kokusunda, tekstüründe çok fazla kayıp yaşanmamaktadır (Açu ve ark., 2014). Günümüzde ışınlama, soğuk plazma, UV, mikrodalga ısıtma, ozonlama gibi yeni teknolojilerin gıda endüstrisinde kullanımı giderek artmaktadır.

2.8.1. Işınlama

Işınlama, gıdalarda bozulmaya yol açan biyokimyasal olayların ve mikroorganizmaların miktar ve faaliyetlerinin engellenmesi veya azaltılması yoluyla ürünlerin daha uzun süre kalitesini koruyarak depolanmasını sağlar. Bu amaçla gıda ışınlama için gama ışınları, X-ışınları ve hızlandırılmış elektronlar demeti kullanılabilir (Anonim, 2018b). Bu amaçla gama ışıması yapan kobalt-60 (Co-60) veya sezyum-137 (Cs-137) gibi radyoaktif izotoplar kullanılır. Gıdalarda ışınlama işlemleri; patojen mikroorganizmalar ve biyokimyasal olayların miktar ve faaliyetlerinin engellenmesi veya azaltılmasıyla raf ömürlerinin artırılması amacıyla belli ışınlama dozunda ve süresinde yapılmasını kapsar (Anonim, 2018d). Işınlama gıdalarda (özellikle katı) tat ve aromada kayba neden olmadan raf ömrünü artırmaktadır. Işınlama mikroorganizmaların DNA'sını tahrip ederek mikroorganizmalar üzerine etki eder. Patojen mikroorganizmaları kontrol ederek gıda güvenliğini artırır. Işınlama esnasında ışınlamaya maruz kalan gıdanın ısı düzeyinde önemli bir artış meydana getirmediği için soğuk bir prosestir (Atasever ve Atasever, 2007).

Yapay kontamine mısır örneklerinde gama ışınlarının Aflatoksin B1 oranını % 70-90 oranında azalttığı bildirilmiştir (Markov ve ark., 2015).

Buğday kepeği ve arpada yapılan bir çalışmada 10 kGy ışınlamanın örneklerdeki AFB1 miktarını sırasıyla % 86 ve % 89,86 oranında azalttığı tespit edilmiştir. (Ghanem ve ark., 2008).

2.8.2. Soğuk Plazma

Plazma teknolojisi 1990'lı yıllardan bu yana ısıya duyarlı maddelerin dekontaminasyonu amacıyla kullanılmaktadır. Bir gazda bulunan serbest elektronlar enerji uygulanması sonucu hızlandırılır ve nötr gaz atomlarıyla çarpışarak eksitasyon veya iyonlaşma meydana gelir. İyonlaşma, pozitif iyonlar, elektronlar, uyarılmış atomlar, UV fotonları, radikaller ve reaktif nötr türler gibi yüksek oranda reaktif kimyasal türler açığa çıkarır. Plazma üretim sistemine ve kullanılan gazın türüne bağlı olarak üretilen plazma farklı uyarılmış atomları ve molekülleri, iyonize gazları, radikalleri ve serbest elektronları içerebilir. Plazma üretimi koşullarına göre, termal veya termal olmayan plazma oluşturulabilir (Siciliano ve ark, 2016).

Plazma katı, sıvı ve gaz hallerinden sonra maddenin dördüncü hali olarak kabul edilmektedir. Plazma, serbest elektronlar, radikaller, iyonize gazlar ve uyarılmış atom moleküllerini içermektedir (Yangılar ve Oğuzhan, 2013). Plazma; atom ve moleküllerin elektriksel yapısını yeniden düzenleyen uyarılmış türleri ve iyonları üretmek amacıyla bir gazda enerji uygulanmasıyla oluşur. Normal olarak gaz fazında her bir atomda eşit pozitif ve negatif yük bulunmaktadır. Bu sırada maddeye verilen enerji sonucu maddeyi oluşturan atom veya moleküllerin arasındaki nispi boşluk artar ve maddedeki elektronlar serbest kalır. Bu olaya iyonlaşma denmektedir. Yeterince enerji verilmiş bir gazda iyonlaşma tekrarlanır ve serbest elektron ve iyon bulutları oluşmaya başlar. Sonuç olarak (+) yüklü parçacıklar, (-) yüklü parçacıklar ve yüksüz parçacıklar meydana gelir. Meydana gelen karışıma “plazma” isimi verilmektedir. Plazma, ısı ve soğuk plazma olarak ikiye ayrılmaktadır. Soğuk plazma oda sıcaklığındaki bazı gazların (O₂, He ,Ar vb.) elektrik akımı veya elektromanyetik radyasyon uygulanması ile oluşur (Laroussi ve ark., 2003).

Plazma teknolojisi virüs, bakteri ve küf gibi çeşitli mikroorganizmalara karşı etkilidir. Plazma, çeşitli elektrik deşarj yöntemleriyle (elektrik arkı, korona deşarj yöntemi vb.) yapay olarak üretilmektedir. Sakudo ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada gıda örneğindeki Aflatoksin B1 seviyesini 15 dakikalık bir azot plazma uygulamasıyla 200 ppb'den 20 ppb seviyesine düşürmüşlerdir.

2.8.3. Ultraviyole (UV)

UV ışık; hastaneler, ilaç endüstrisi, su arıtma, taze gıda ürünleri ve tarım ürünlerinde mikroorganizmaları inaktive etmek için kullanılmaktadır. UV ışınlama, gıda endüstrisinde hava dezenfeksiyonu, bitki ve ambalaj malzemelerinin yüzeyindeki kirlenmenin kontrolü

veya meyve ve sebzelerin hasat sonrası depolanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Jubeen ve ark., 2012).

Ultraviyole ışınlar elektromanyetik spektrumun 100 ile 400 nm dalga boyu arasındaki kısmını kapsamaktadır. Aflatoksin B1 222, 265 ve 362 nm dalga boyundaki UV ışınlarını absorbe eder. En yüksek absorpsiyon 362 nm’de gerçekleşir (Samarajeewa ve ark., 1990).

UV ışına maruz kalan mikroorganizmaların DNA sarmalarında yan yana bulunan timinler arasında kovalent bağlar kurulur. Bu olaya dimerizasyon adı verilir ve hücrelerde oluşan DNA hasarının başlıca mekanizmasını oluşturur. Bu olay sonucunda hücrelerin bölünmesi öncesinde kromozomların replikasyonu bozulur ve genlerin transkripsiyonu ve ekspresyonu yapılamaz. UV ışınları bu direkt etkinin yanı sıra ortamda aktif radikaller (O₃ ve H₂O₂) oluşturarak mikrobiyel inaktivasyona dolaylı etkide bulunur (Açu ve ark., 2014).

Aflatoksin B1 miktarının 90 dakika UV ışınlarına maruz kalan kuru incirlerde % 25; 30 dakika UV ışınlarına maruz kalan yer fıstığında ise % 49,3 oranında azaldığı bildirilmiştir (İşman ve Bıyık,2009; Jablonska ve Mankowska,2014).

UV ışınları her ne kadar aflatoksin miktarını azaltma konusunda işe yarasa da penetrasyon değerinin düşük olması, dar dalga boyu aralığı ve parçalanma ürünleri sebebiyle kullanımı sınırlıdır (Samarajeewa ve ark., 1990).

2.8.4. Mikrodalga Isıtma

Mikrodalga elektromanyetik radyasyonun bir çeşididir ve frekansı 0,3 GHz-300 GHz; dalga boyu 1 mm – 1 m arasında değişir. Mikrodalgalar iletişim, navigasyon, radar ve ısıtma gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Mikrodalgalar polar su molekülleri ve yüklü iyonlarla etkileşir (Pankaj ve ark., 2018).

Gıda endüstrisinde mikrodalga enerjisinden sıklıkla yararlanılır. En çok kullanıldığı alanlar gıdaların pişirilmesi, buzlarının çözülmesi, kurutulması, pastörizasyon, sterilizasyon, fırında pişirme ve ısıtma prosesleridir (Konak ve ark., 2009).

Mikrodalgalar ile mikroorganizmaların inaktive edilme mekanizması henüz tam anlamıyla açıklık kazanmamıştır. Bu konuda mikrodalgaın ısı etkisi öne çıkmaktadır. Mikrodalga uygulaması sırasında dalgalar halindeki enerji mikrodalga uygulanan maddeye nüfuz eder ve iyonların yer değiştirmesi ve dipollerin dönüşüyle moleküler harekete neden olur ve bu olaylar sonucu ısı ortaya çıkar. Oluşan bu ısı etkisi sonucu hücrelerin protein, enzim, nükleik asit ve membranları zarar görür ve hücre parçalanır (Erarslan, 2006).

Bunların yanı sıra aflatoksinlerin degradasyonunda da kullanılmaktadır. Tavuk yeminde yapılan bir çalışmada farklı sürelerde mikrodalga ısıtmanın toplam aflatoksin oranını % 22 ile % 32 arasında değişen oranlarda azalttığı bildirilmiştir (Herzallah ve ark. 2008).

2.8.5. Ultrases

Ultrases, ses dalgalarının 20.000 titreşim/saniye sonucunda üretilen insan kulağının işitmeyeceği yüksek frekanslı ses dalgalarıdır. Gıda teknolojisinde kullanılan ekipmanlar genelde 20 kHz ile 10 MHz frekans aralığında çalışmaktadır. Ultrases kullanım açısından genelde düşük enerjili uygulama ($<1 \text{ W/cm}^2$; $>100 \text{ kHz}$) ve yüksek enerjili uygulama ($10\text{-}1000 \text{ W/cm}^2$; $20\text{-}100 \text{ kHz}$) olarak ikiye ayrılmaktadır (Ergün ve ark., 2013).

Ultrasesin hücrelerde meydana getirdiği tahribatın etkisi konusunda farklı teoriler bulunmaktadır. Ultrasonik dalgaların sıvı ortamdan geçerken mikro kabarcıklar veya boşluklar oluşturur. Bu olaya kavitasyon adı verilmektedir. Bu mikro-kabarcıkların patlamasıyla yaklaşık olarak 5000 K sıcaklık ve 1000 atmosferlik basınç meydana gelir ve türbülans oluşur. Ortaya çıkan bu ani etkilerin sonucu olarak hücre duvarının yapısı zarar görür ve mikroorganizmaların inaktivasyonu gerçekleşir. Bu konuda bir diğer teori ise ultrases uygulaması sırasında OH-radikalleri ve hidrojen peroksit gibi serbest radikallerin oluşumudur. Meydana gelen bu bileşiklerin bakterisidal etkileri vardır (Açı ve ark.,2014).

Ultrases uygulaması mikroorganizmaların inaktive edilmesi için tek başına yeterli değildir. Bunun için sıcaklık ve basınç gibi işlemlerle beraber uygulanarak etkisi arttırılmaktadır. Yapılan araştırmalar ultraseslerin ısı ve basınç işlemleri ile birlikte uygulanmasıyla mikroorganizmaları daha etkin inaktive edildiği görülmüştür (Yüksel, 2013).

2.9. Ozon

Ozon, atmosferde doğal halde bulunan ve günümüzde sentetik olarak da üretilebilen oldukça önemli bir maddedir. Genel olarak ozon, havanın veya oksijen içeren gazın yüksek enerjiye maruz bırakılması yoluyla üretilmektedir. Bu işlem esnasında oksijen molekülleri ayrılır (O_2) ve bu atomlar oksijene bağlanarak ozon molekülünü oluşturur (Mahapatra ve ark., 2005).

Ozon geniş spektrumlu bir antimikrobiyal olup bakteri, maya, küf, protozoa ve spor oluşturan mikroorganizmalara karşı etkilidir. Gram (+) ve (-) bakteriler üzerine etkisi virüslere karşı olabilecek potansiyel kullanımına işaret etmektedir. Ozonun en büyük

avantajlarından biri oksijene parçalandığı için geride kalıntı bırakmamasıdır. 1997 yılında FDA (Amerikan Gıda ve İlaç Bakanlığı) kullanılabilir güvenli gazlar sınıfı içerisine girmiş ve bundan sonra gıdalarda kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır (Cullen ve ark., 2010).

Doğada ozon güneşin ultraviyole ışınları (185 nm) ve yıldırımlar sonucu elektrik boşalmasıyla oluşur. Ozon kararsız bir bileşiktir ve hızlı bir şekilde oksijene parçalanır, depolanamaz ve bu yüzden uygulama esnasında üretilmelidir. Ozon yapay olarak elektrik deşarjı, elektrokimyasal yöntem ve ultraviyole ışın metodu olmak üzere üç şekilde üretilmektedir. Bu yöntemlerden en çok kullanılanı diğer yöntemlere nispeten daha düşük maliyetli olması sebebiyle elektrik deşarjı yöntemidir. Bu yöntemde kurutulmuş hava veya oksijen, genellikle camdan yapılmış dielektrik materyalle ayrılmış yüksek voltajlı (>5000V) iki elektrot arasından geçirilir. Eğer kuru hava kullanılırsa ozon üretimi % 1-3; yüksek saflıkta oksijen kullanılırsa % 3-6 arasında gerçekleşir. Elektrokimyasal yöntemde su ve yüksek elektronegatif anyon içeren elektrolitik çözeltide anot ve katot elektrotlar arasına elektrik akımı uygulanmaktadır. UV ışınları yönteminde ise oksijen molekülleri 140-190 nm dalga boyundaki UV ışınlarına maruz bırakılmakta ve bu şekilde oksijen molekülleri parçalanıp açığa çıkan O₂ oksijen molekülleriyle bir araya gelerek ozon molekülünü oluşturmaktadır (Mahapatra ve ark., 2005; Suslow, 2004).

Ozon zehirli bir gazdır ve yüksek miktarda teneffüs edildiğinde ağır hastalıklara hatta ölüme sebebiyet verebilir. Hayvanlar, bitkiler ve canlı organizmalar için güçlü toksisiteye sahip yüksek aktif oksidanlardan biridir. 0,1 ppm doz boğazda keskin bir tahrişe sebep olabilir. 0,1-0,5 ppm düzeyine 3-6 saat maruz kalınması sonucu görme kaybı yaşanabilir. 50 ppm veya daha yüksek seviyelerde ölüm riski vardır (Muthukumarappan ve ark., 2000). Ozonun keskin ve karakteristik bir kokusu vardır. 0,01 ppm düzeyinde olduğunda bile fark edilebilir. Bu sayede tehlikeli bir durum ortaya çıkmadan fark edilebilir. Kanserojen veya mutajen değildir. Yağ dokularında birikmez veya uzun vadeli kronik sağlık sorunlarına yol açmaz (Xu,1999).

Ozon, yaşamsal hücresel bileşenleri oksidasyon yoluyla yok eder. Ozonun hedef organizmaları yok etmesinin iki ana yolu tanımlanmıştır. Bunlardan ilki; ozon sülfidril grupları okside eder, enzimlerin aminoasitlerini, peptitleri ve proteinleri daha kısa peptitlere parçalar. İkinci yol ise; çoklu doymamış yağ asitlerini oksitleyerek peroksit aside parçalar. Hücre zarındaki doymamış lipidlerin oksidasyonu sonucu hücre parçalanır ve sonrasında hücre içeriğinin sızmasıyla lizis (hücre duvarının yıkımı ve ölümü) gerçekleşir. Özellikle doymamış lipidlerin çift bağı ozona karşı çok hassastır. Klor, bazı hücre içi enzim sistemlerine etki ederken ozon hücre içi proteinlere oksitleyerek hücrenin daha hızlı bir

şekilde yok edilmesini sağlar. Hücre ölümü aynı zamanda nükleik asitlerin zarar görmesi yoluyla da olabilir.

Ozon hem gaz hem de çözelti formunda son derece kararsız olup kısa zamanda hidroksil ($\text{OH}^\cdot$), hidroperoksi ($\text{HO}_2^\cdot$) ve superoksit radikallerine parçalanır. Ozonun mikroorganizmaları etkisiz hale getirebilmesi ve reaktifliği bu serbest radikallerin okside edici gücüne bağlıdır (Manousaridis ve ark., 2005).

Mikroorganizma inaktivasyonu için hem moleküler ozon hem de onun parçalanma ürünleri etkili olmaktadır fakat hangisinin daha çok işe yaradığı konusunda bir görüş birliği bulunmamaktadır. Sonuç olarak hücrenin ölümü klor gibi etki gösterebilmesi için hücre zarından geçmesi gereken diğer dezenfektanlara göre çok daha hızlı gerçekleşmektedir. Her mikroorganizmanın ozona karşı hassasiyeti farklıdır. Bakteriler, maya ve küflere göre daha hassastır. Gram pozitif bakteriler gram negatiflere göre daha hassasken sporlar vejetatif hücrelere göre daha dirençlidirler.

Ozon, çeşitli gıda ve yemlerde aflatoksin miktarının azaltılmasında da kullanılmaktadır. Aflatoksin B1'in yapısı incelendiğinde toksikolojik etkidenden sorumlu iki önemli yapı olduğu görülür. Bunların ilki furan halkasındaki 8 inci ve 9 uncu C atomlarının arasında bulunan çift bağıdır. Bu bağ aflatoksin ile DNA ve protein yapılarının arasında oluşan etkileşimden sorumludur. İkinci önemli yapı ise lakton halkasıdır. Bu yapı kolayca hidrolize olabilir ve bu da aflatoksin degradasyonunda etkilidir. Furan halkasındaki çift bağ doyurulduğunda veya lakton halkası hidrolize olduğunda degradasyon işlemi gerçekleşir (Kaya ve Yarsan, 1995).

2.10. Ozon İle Yapılan Çalışmalar

Ozonun filamentli mantarla ve mikotoksinlere karşı kullanımıyla ilgili umut verici sonuçlar alınmaktadır. Kısa yarılanma ömrüyle ozon, nötr pH'da ve ortam sıcaklığında mikroorganizmaları ve onların toksik metabolitlerini parçalamaktadır (Jalili, 2015).

İnan ve ark. (2006) yaptıkları bir çalışmada pul biber örneklerini 20 $\mu\text{g/kg}$ Aflatoksin B1 ile kontamine etmişler ve sonrasında farklı düzey ve sürelerde ozon gazı uygulayarak azalma oranlarını belirlemişlerdir. 16 mg/l ozonun 60 dakika süreyle uygulanması sonrası aflatoksin B1 oranı 11 $\mu\text{g/kg}$ düzeyine düşmüştür. Ozon konsantrasyonu 33 mg/l'ye çıkarıldığında ise Aflatoksin B1 düzeyi 4 $\mu\text{g/kg}$ 'a kadar düşmüştür. Aynı çalışmada başlangıçta 32 $\mu\text{g/kg}$ Aflatoksin B1 içeren kıyılmış biber örneklerine 16 mg/l, 33 mg/l ve 66 mg/l ozon 60 dakika süreyle uygulanmış ve sonuçlar sırasıyla 12 $\mu\text{g/kg}$, 6 $\mu\text{g/kg}$ ve 2 $\mu\text{g/kg}$ olarak bulunmuştur.

2013 yılında yapılan bir çalışmada yer fıstığında bulunan Aflatoksin B1 ve B2'nin ozonla degradasyonu araştırılmıştır. Aflatoksin B1'de azalma oranları 20 ppm/5 dk uygulamada % 80,66; 40 ppm/10 dk uygulamada % 86,47; 50 ppm/5 dk uygulamada ise % 94,59 olmuştur. Aflatoksin B2'de azalma oranları ise sırasıyla %48,23; 80,32 ve % 44,68 olarak bulunmuştur (Sahab ve ark. 2013).

Buğday örnekleriyle yapılan bir çalışmada 10 µg/kg ve 20 µg/kg Aflatoksin B1 ile kontamine edilen örneklerle 20 ppm ve 40 ppm ozon gazı 5-10-15-20 dakika süreyle uygulanmıştır. 10 µg/kg Aflatoksin B1 içeren örnekteki azalma oranı 20 dakikada % 84,1; 40 dakikada ise % 86,75 bulunmuştur. 20 µg/kg Aflatoksin B1 içeren örnekteki azalma ise sırasıyla % 86,7 ve % 96,66 olmuştur (El-Desouky ve ark., 2012).

1 saat süreyle 1 ppm, 3ppm ve 5 ppm ozon uygulamanın hurmalardaki başlangıçta 4,06 olan toplam mezofilik mikroorganizma sayısını sırasıyla 3,8; 3,6 ve 3,5 log kob/g azalttığı belirtilmiştir. Koliform bakterilerde ise ortalama başlangıç değeri 3,54 log kob/g iken 40 ve 45 dakika boyunca 5 ppm konsantrasyonunda ozon uygulandığında koliform sayısının sırasıyla 0,89 ve 0,44 log kob/g'ye düştüğü; süre 60 dakikaya çıkarıldığında ise koliform bakterinin tespit edilmediği bildirilmiştir. Maya ve küflerde yapılan çalışmada ise başlangıç değeri 3,93 log lob/g olan hurmalara 1-3-5 ppm düzeyinde ozon uygulandığında 1 saat sonunda sırasıyla 3,80; 3,63; 3,50 log kob/g düzeyine kadar düştüğü belirtilmiştir (Najafi ve Khodaprast, 2009).

Öztekin ve ark. 2006'da yaptıkları çalışmada kuru incirlere 3 ve 5 saat süreyle 5 ve 10 ppm ozon gazı uygulayıp kuru incirlerin mikrobiyel yükündeki azalmayı tespit etmişlerdir. Toplam bakteri, koliform ve maya/küf sayılarındaki azalma istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Çalışma sonunda mikroorganizma sayılarını azaltmak için 5 ppm ozonun 3 saat süreyle uygulanması gerektiği sonucuna varılmıştır (Öztekin ve ark., 2006).

Yer fıstıklarına 140 ve 420 dakika süreyle 5 mg/ L, 7 mg/ L ve 9 mg/ L düzeyinde ozon uygulanan bir çalışmada ozonun yer fıstığındaki aflatoksin düzeyine ve bazı fizikokimyasal özelliklerine olan etkisi araştırılmıştır. Süre arttıkça aflatoksin B1 ve toplam aflatoksin miktarındaki azalmanın arttığı görülmüştür. 420 dakika süreyle 9,0 mg/l ozon uygulaması sonucu Aflatoksin B1 ve Toplam Aflatoksindeki azalma sırasıyla % 23 ve % 24 olmuştur. Aynı koşullarda pH, renk, nem ve serbest yağ asitliği değerlerindeki değişim önemli bulunmamıştır (Akbaş ve Özdemir, 2006).

Buğday tanelerinde yapılan çalışmada 20 ppm ozon gazının 6 dakika uygulanmasıyla α-tokoferol seviyesinin % 23 oranında azaldığı bildirilmiştir (Rakcejeva ve ark., 2014).

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Fındık

Bu çalışmada Fındık Tarım Satış Kooperatifleri Birliği'nden temin edilen 2012 yılı mahsulü işlenmemiş iç ve kabuklu Giresun tombul fındıkları kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.2. Deneme Planı

Çalışmanın ilk bölümünde fındıklar 7 gruba ayrılmıştır. İlk grup kontrol grubu olarak ayrılmış ve herhangi bir işlem yapılmamıştır. İkinci gruba 5 ppm ozon 10 dakika süreyle, üçüncü gruba 5 ppm ozon 20 dakika süreyle, dördüncü gruba 10 ppm ozon 10 dakika süreyle, beşinci gruba 10 ppm ozon 20 dakika süreyle, altıncı gruba 20 ppm ozon 10 dakika süreyle, yedinci gruba 20 ppm ozon 20 dakika süreyle uygulanmıştır. Fındıklar oda sıcaklığında kilitli poşetler içerisinde depolanmıştır. Tüm çalışma 2 paralel ve 2 tekerrürlü yapılmıştır. Başlangıç örneğinde 1., 3., 6., 9., ve 12. aylarda alınan örneklerde Aflatoksin B1 ve Toplam Aflatoksin; Peroksit Değeri Tayini, Enstrümantal Renk Tayini, Tekstür Doku Profili Analizi ve α - tokoferol Analizi yapılarak farklı düzeylerde ve farklı sürelerde ozon uygulamasının etkileri araştırılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde ozon uygulamasının aflatoksini degrade edici etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla fındıklar 25'er gramlık gruplara ayrıldıktan sonra metanol ile hazırlanmış 5 ppb, 10 ppb, 25 ppb ve 50 ppb düzeyinde aflatoksin standart çözeltilerine daldırılmış, sonrasında güvenlik kabininde kurumaya bırakılmıştır. Kuruma sonrasında fındıklara ozon uygulanmıştır. Ozon uygulamasının öncesinde ve sonrasında aflatoksin B1 ve toplam aflatoksin (B1, B2, G1, G2) analizi yapılarak kontaminasyon öncesi ve sonrası aflatoksin düzeyleri karşılaştırılarak ozon uygulamasının degrade edici etkisi ortaya konulmuştur.

3.2.3. Ozon Uygulaması

Ozon gazı Ozon jeneratörü (TKZ-6G, Teknozone, İzmir) kullanılarak korona deşarj yöntemiyle üretilmiş ve fındıkların içine yerleştirildiği özel kabine istenilen konsantrasyonda gönderilmiştir. Konsantrasyonun takibi kabin içerisinde yer alan sensör yardımıyla izlenmiştir.

3.3. Yapılan Analizler

3.3.1. Aflatoksin B1 ve Toplam Aflatoksin Analizi

Fındıkta aflatoksin analizi Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografi Cihazı (HPLC) kullanılarak belirlenmiştir. Analiz bazı modifikasyonlar uygulanarak Senyuva ve Gilbert (2005)'e göre yapılmıştır.

25 g örneğe 2 g NaCl ve 50 ml ultra saf su ilave edilmiş ve Waring blenderda (Waring Blender 8011ES) 1 dakika yüksek hızda karıştırılmıştır. Üzerine 75 ml HPLC saflıkta metanol ilave edilmiş ve 2 dakika yüksek hızda karıştırılmış ve kaba filtre kâğıdından süzölmüştür. 5 ml süzöntüye 15 ml Fosfat Tampon Çözeltisi (PBS) çözeltisi ilave edilerek seyreltilmiş ve immünoaffinite kolondan 3 ml/dk olacak şekilde geçirilmiştir. Kolon 10 ml ultra saf su ile (5 ml/dk) yıkanmış ve 10 saniye hava geçirilerek kurutulmuştur. Kolona disk filtre (0.45 µm) takılıp, kolondan 1 ml metanol, ardından 1 ml ultra saf su kendi akışıyla geçirilerek kolon altında sabitlenen tüp içerisine aflatoksin toplanmıştır. Toplanan süzöntü vortekste (IKA MS3 Basic) karıştırılıp vialle alınmıştır.

Aflatoksin B1, B2, G1, ve G2 için oluşturulan kalibrasyon eğrileri Şekil 3.1, 3.2, 3.3 ve 3.4'te verilmiştir.

HPLC koşulları:

Kolon: Macherey-Nagel C18(2),100 A,250 x 4.6 mm, 5 mikron

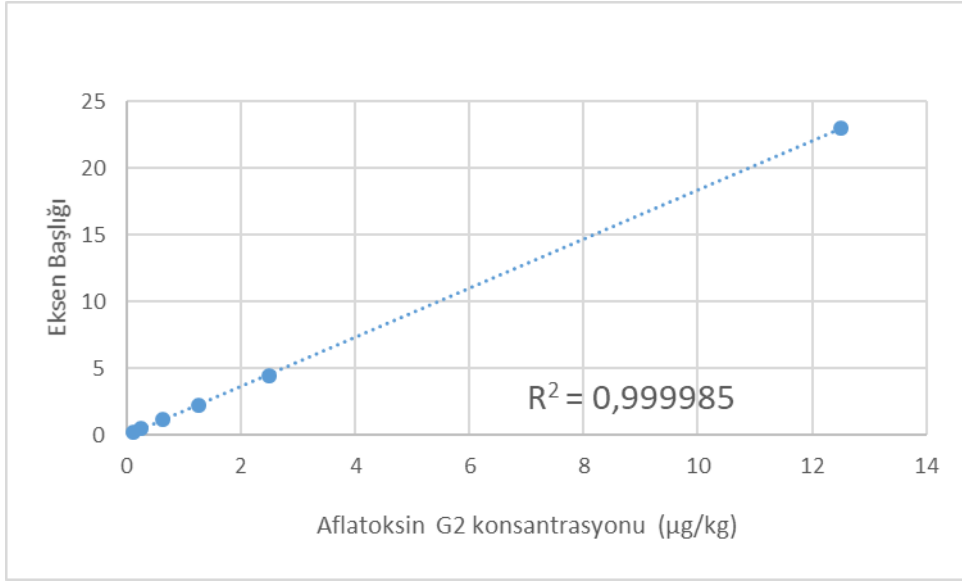
Mobil faz: Su: Metanol: Asetonitril (62:22:16 v/v/v) (119 mg Potasyum bromür KBr, 350 µl 4 mol/l nitrik asit HNO₃; 1 litre mobil faz için)

Akış hızı: 1 ml/dk

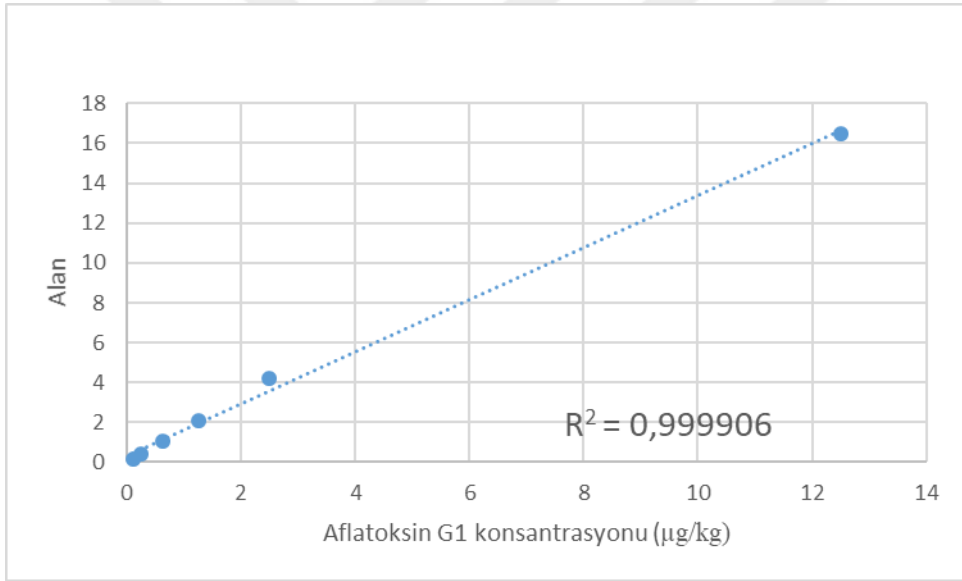
Kolon sıcaklığı: 40°C

Degasser, Agilent 1100, Gradient pompa, Agilent 1100, Floresan dedektör (FLD), Agilent 1100, Autosampler, Agilent 1200, Kolon fırını, Agilent 1100,

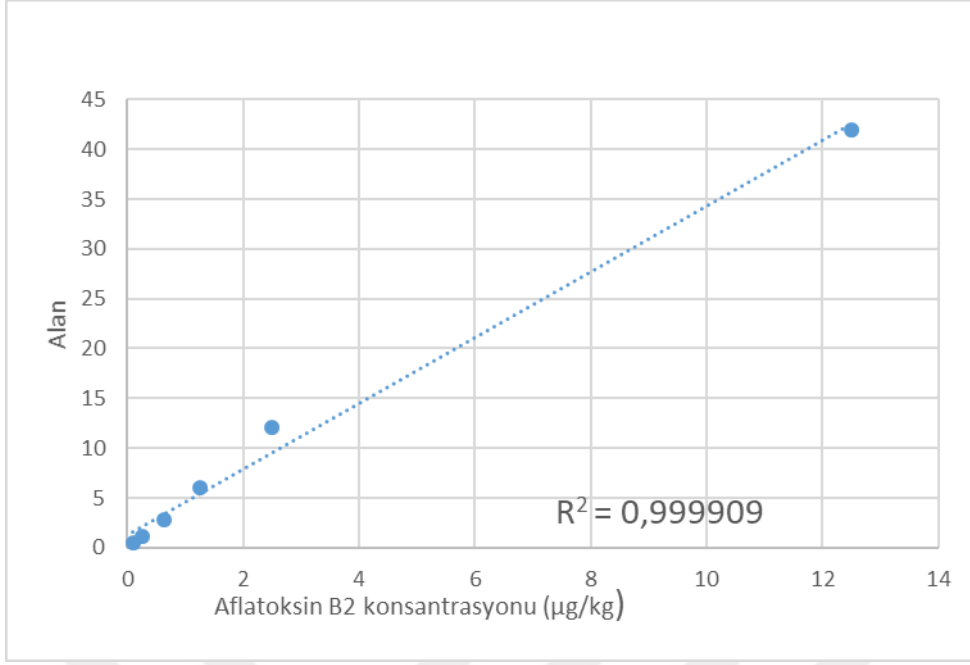
Bilgisayar ve yazılım (HP Chemstation). Türevlendirme işlemi için R-Biopharm Rhone LTD Kobra Cell kullanılmıştır.



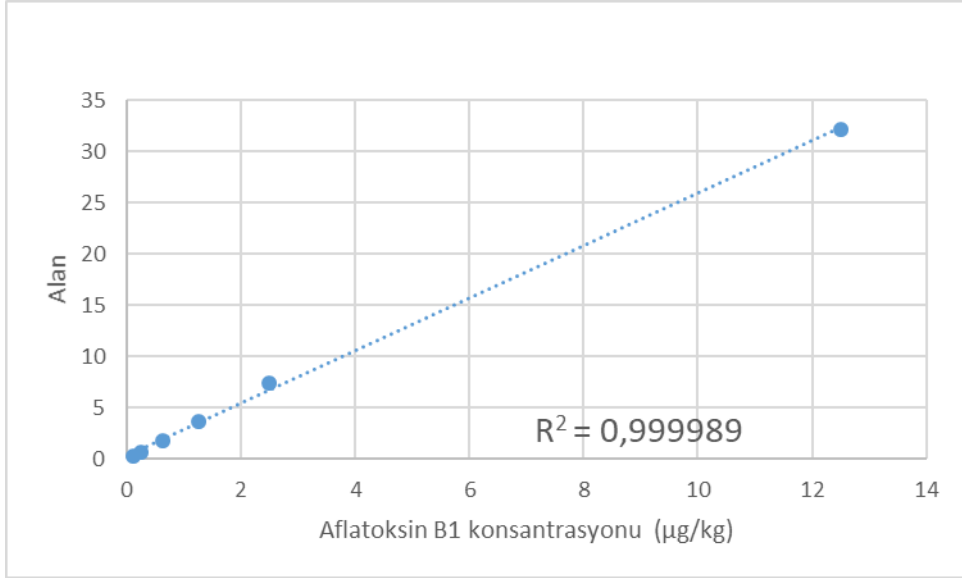
Şekil 3.1. Aflatoxin G2 için hazırlanan standart eğrisi



Şekil 3.2. Aflatoxin G1 için hazırlanan standart eğrisi



Şekil 3.3. Aflatoxin B2 için hazırlanan standart eğrisi



Şekil 3.4. Aflatoxin B1 için hazırlanan standart eğrisi

3.3.2. Peroksit Değeri Tayini

Peroksit değeri yağlardaki aktif oksijenin miktarının değerini gösterir ve 1 g yağda bulunan aktif oksijenin mikrogram miktarıdır. TS EN ISO 3960 /Hayvansal ve Bitkisel Sıvı Yağlar – Peroksit Değeri Tayini metoduna göre yapılmıştır. Fındık yağında yapılacak analizler için oksidasyon riskini önlemek amacıyla soğuk ekstraksiyon yöntemi tercih edilmiştir. Fındık örnekleri öğütüldükten sonra 25'er g alınarak renkli şişelere (amber) yerleştirilmiş ve üzerlerine 200 mL hekzan eklendikten sonra çalkalayıcıya

yerleştirilmiştir. Daha sonra kaba filtre kâğıdından süzildükten sonra ve süzöntüde bulunan hekzan, rotary evaporatör kullanılarak buharlaştırılmıştır.

Numuneden 0,001 g hassasiyetle 2 g tartım alınır, erlene 50 mL asetik asit/izooktan çözeltisi konur, kapağı kapatılır ve numune çözününceye kadar çalkalanır. Uygun bir pipetle çözeltiye 0,5 mL doymuş potasyum iyodür çözeltisi ilave edilir ve kapağı hemen kapatılır. Çözelti 1 dakika süreyle bu süre içerisinde en az 3 defa iyice çalkalayarak tepkime olması için bekletilir ve sonra hemen 30 mL su eklenir, kuvvetle çalkalanır, birkaç damla nişasta çözeltisi ilave edilir. Açığa çıkan iyot, sodyum tiyosülfat çözeltisiyle titre edilir. Ayrıca kör deneme yapılmış ve sonuçlar buna göre düzeltilmiştir. Peroksit değeri metotta belirtilen formüle göre, meqO₂/kg olarak aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\text{Peroksit değeri (meqO}_2\text{/kg yağ)} = [(S-B) \times N \times 1000] / M \quad (3.1)$$

S: Titrasyonda harcanan çözeltinin hacmi, mL

B: Titrasyonda kör için harcanan çözeltinin hacmi, mL

N: Sodyum tiyosülfat çözeltisinin normalitesi

M: Örnek miktarı, g

3.3.3. Enstrümantal Renk Tayini

Gıdaların renklerinin pratik bir şekilde ölçümü için standart yöntem CIE (Commission International de L'Eclairage) tarafından ortaya konan yöntemdir. Üç boyutlu renk aralık sistemine göre L*a*b değerleri elde edilir. L* değeri cisimlerin beyazlığı ve parlaklığını, a* değeri kırmızı ve yeşilliği, b* değeri sarı ve maviliği gösterir (Üren, 1999).

Bu çalışmada her bir gruptan 15'er adet fındık örneğinin renk ölçümleri yapılarak farklı konsantrasyonlarda ve sürelerde ozon uygulamanın depolama süresince fındıklarda renk değişimine sebep olup olmadığı, Minolta Chroma Meter model CR-400 (Minolta. Co. Ltd., Japonya) kullanılarak ölçülmüştür.

3.3.4. Tekstür Analizi

Fındık örneklerinin depolama süresince tekstür yapısında meydana gelen değişimleri incelenmesinde mekanik test cihazı (TA-XT2, Stable Micro Systems, Surrey, İngiltere) ve SMS P/36R başlığı kullanılmıştır. Ölçüm için her gruptan 15'er fındık kullanılarak ölçümlerin ortalamaları alındı. Test öncesi test hızı 1.0 mm/s, test sonrası hız 10.0 mm/s ve

basınç uzaklığı ise 3 mm olarak ayarlanmıştır. Güç deformasyon kurvelerindeki kırılma verileri incelenmiştir.

3.3.5. α -Tokoferol Tayini

α -Tokoferol analizi için fındık yağından 20 μ l alınarak vialer konur, üzerine 960 μ l diklorometan eklenir ve 1 dakika süreyle vortekslenir. Dilüsyon işlemi için hem yağlar iyi bir şekilde çözmesi hem de analizde mobil faz olarak kullanılan metanolle karışabilir olması nedeniyle diklorometan tercih edildi. HPLC cihazında DAD detektörde okumalar yapıldı ve ppm (mg/kg) düzeyinde sonuçlar elde edildi. α -Tokoferol analizi için çizilen kalibrasyon eğrisi Şekil 3.5'te yer almaktadır.

Mobil Faz: Metanol (%100)

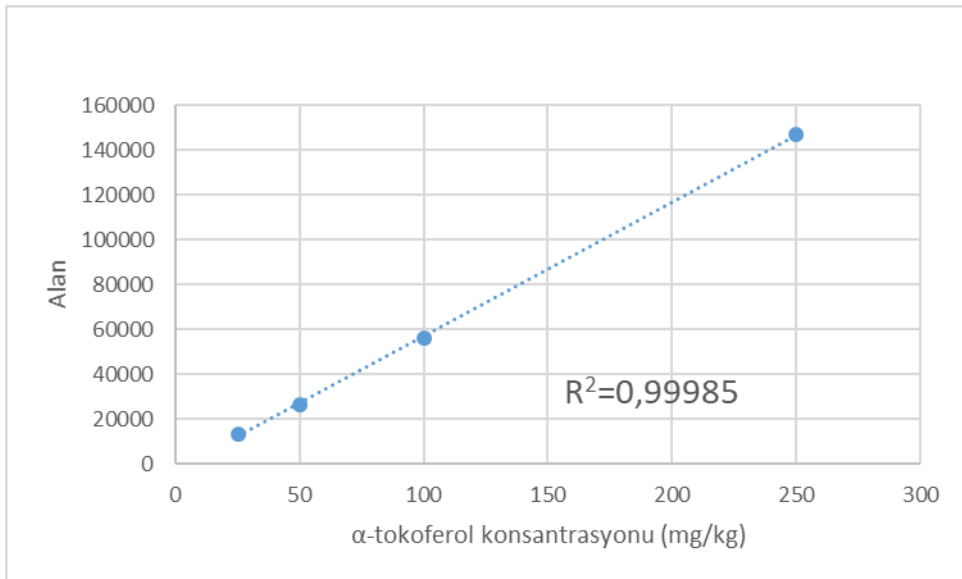
Enjeksiyon hacmi: 20 μ L

Dalga Boyu: 292 nm

Kolon: ODS-3V 5 μ m, 4,6x250 mm

Akış hızı: 1 ml/dk

Kolon Sıcaklığı: 25 °C



Şekil 3.5. α -tokoferol analizi için hazırlanan standart eğrisi

3.3.6. İstatistiksel Analiz

Araştırma sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde varyans analiz tekniği kullanılmıştır. Çalışma iki tekerrür ve iki paralelli gerçekleştirilmiştir. İnteraksiyonların önemli olmadığı durumlarda tablolarda genel değerler göz önüne alınmıştır. Farklılıkların belirlenmesinde Tukey çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmış olup hesaplamalar için Minitab v.17 (Minitab Inc, State College, PA, ABD) paket programı kullanılmıştır.



BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışma iki bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ilk bölümünde farklı süre ve konsantrasyonlarda ozon uygulamasının fındıklarda 12 aylık depolama süresince aflatoksin oluşumuna ve bazı kalite kriterlerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ozon uygulamasının yapay kontamine edilen fındıklardaki aflatoksinleri parçalayıcı etkisi araştırılmıştır.

4.1. Ozonlamanın Fındıkta Aflatoksin Oluşumuna ve Bazı Kalite Kriterleri Etkisi

Ozonlama işlemi yapılmayan kontrol grubu ayrıldıktan sonra farklı ozon konsantrasyonları (5 ppm, 10 ppm, ve 20 ppm) farklı sürelerde (10 ve 20 dakika) uygulanmıştır.

4.1.1. Aflatoksin B1 ve Toplam Aflatoksin Analiz Sonuçları

Aflatoksin B1 ve Toplam Aflatoksin analizinde ölçüm limiti AFG2 için 0,71 µg/kg, AFG1 için 0,77 µg/kg, AFB2 için 0,72 µg/kg, AFB1 için 0,80 µg/kg ve toplam aflatoksin için 1,37 µg/kg olarak bulunmuştur. 12 aylık depolama süresi boyunca yapılan aflatoksin analizlerinde hiçbir grupta aflatoksin B1 ve toplam aflatoksin tespit edilememiştir.

4.1.2. Peroksit Değeri

Peroksit değeri, yağlı gıdalarda oksidasyon sırasında oluşan peroksit miktarını belirten primer lipit oksidasyonunun bir ölçüsü olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Peroksitler yağ oksidasyon tepkimelerinin birincil ürünleridir. Peroksitler tatsız ve kokusuz olduklarından yağlı gıdaların tüketilebilirliğinde belirgin değişikliğe yol açmasalar da, oksidasyon düzeyinin belirlenmesinde yaygın kullanılan kalite kriter indeksidir. Yapılan depolama çalışmasında, depolama süresince fındıklarda oksidasyon gelişiminin izlenmesi için peroksit değeri tespit edilmiştir. Yağlarda, peroksit değeri 8 meqO₂/kg ulaştığında ise lezzet kalitesinin ransit sayıldığı ifade edilmektedir. Oksidasyona bağlı yağ parçalanması nedeniyle, ikinci oksidasyon ürünlerinin oluşması neticesinde, yağ asitlerinde meydana gelen parçalanmadan dolayı oluşan ransidite özellikle fındıklarda dikkat çekicidir.

Ozonun etkinliği büyük ölçüde kullanılan yöntemle bağlı olsa da, ozon konsantrasyonu, ortam, uygulama süresi, ozonun gıdaya difüzivitesi, sıcaklık ve lipit içeriğine, fındıklara ozon uygulama süresinde oksidasyona duyarlı hassas bir bileşen olarak düşünülebilir. Fındık yağı, yüksek alfa-tokoferol içeriğinden dolayı yüksek oksidatif stabiliteye sahip olduğu bildirilmiş olsa da, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitleri bakımından da zengindir. Bu nedenle, lipit bileşeni üzerine ozon uygulamasının etkisini belirlemek, ozonlamanın fındıktaki değişikliklerin tahmin edilmesinde faydalı olabilir. Gaz halinde ozonun doymamış trigliseritlerle reaksiyona girdiği mekanizma Criegee reaksiyonları olarak bilinir. Criegee ara ürünleri oldukça reaktiftir ve O atomunun eliminasyonu, ester ve asit oluşumu ve hidroperoksit oluşumuna maruz kalabilir. Ozon dipolar yapısından dolayı doymamış bileşiklerle halka eklenmesi reaksiyonları vermektedir. Pratikte ozon ile birçok olefenik bileşik arasında değişik tipte halka eklenmesi reaksiyonları meydana gelmektedir. Bu reaksiyonlar Criegee mekanizmasını takip etmekte ve halka eklenmesi reaksiyonlarına bir örnek oluşturmaktadırlar (Uzun ve İbanoğlu, 2017).

Fındıklar 12 ay depolanmış ve farklı süre ve konsantrasyonlarda ozon uygulanmasının fındıktaki peroksit değerine etkileri incelenmiştir. İstatistiki açıdan uygulama*depolama etkileşimi önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Depolama boyunca tüm örneklerin peroksit değerinin arttığı gözlenmiştir. Oniki aylık süre sonunda en yüksek değer 20 ppm ve 20 dakika ozon uygulanan grupta, en düşük değer ise 5 ppm ve 20 dakika süreyle ozon uygulanan grupta tespit edilmiştir. Depolama boyunca fındıklarda peroksit değerindeki dalgalanmalar, depolama boyunca oksidasyondaki ilerleme ve meydana gelen peroksitlerin ileri oksidasyon ürünlerine parçalanmasından kaynaklanabilir. Tüm grupların peroksit değerleri oksidatif süreçlerin artışına işaret eden 6 aylık depolama kadar keskin bir şekilde artmıştır. Tüm peroksit değerleri eğrilerinde gösterilen dalgalanma, peroksitlerin kararsız olması ve yeni peroksitler üretilirken bile aldehitler, ketonlar ve benzerleri gibi başka bileşiklere daha da indirgenebilmesi ile açıklanabilir (Eliseeva ve ark., 2016)

Demirci Ercoşkun (2009) yaptığı çalışmada fındık örneklerinin peroksit değerlerinin depolamanın başından beri arttığını, genellikle bir pik yaptıktan sonra düştüğünü ve 12. aya kadar devam ettiğini bildirmiştir. Çetin ve ark. (2000) yaptıkları çalışmada, 12 ay süreyle depolanan çiğ fındığın peroksit değerinin bir pik yaptıktan sonra düştüğünü belirtmiştir. Çalışmada elde ettiğimiz değerlerin bu verilerle uyumlu olduğu gözlenmiştir. Depolama süresiyle birlikte fındıklardaki peroksit değerinin arttığı bildirilmiştir (Ghirardello ve ark. 2014).

TS 3075 iç fındık standardında peroksit değeri ile ilgili limit değeri bulunmamaktadır. Fındıkta peroksit değeri 2'nin üzerine çıktığında acılaşıp tadın algılandığı, fındık piyasasında genel olarak peroksit değerinin 1 meqO₂/kg'ın altında olmasının istendiğı belirtilmiştir (Anonim 2018c, Bostan ve Koç Güler, 2014).



Çizelge 4.1. Farklı süre ve konsantrasyonlarda ozon uygulamanın 12 aylık depolama süresince fındıktaki peroksit değerine etkileri

	1.gün	1.ay	3.ay	6.ay	12.ay
Kontrol	0,72±0,059 ABa	0,74±0,043 Aa	0,98±0,046 Ab	3,98±0,293 Ab	3,48±0,245 ABb
5 ppm 10 dk	0,80±0,035 ABa	0,24±0,028 Aa	0,75±0,038 Aa	4,05±0,206 Ab	4,42±0,015 ABb
5 ppm 20 dk	0,82±0,047 ABa	0,25±0,024 Aab	1,23±0,047 Acd	2,34±0,362 Bcd	3,20±0,770 Bd
10 ppm 10 dk	1,48±0,042 ABCa	0,24±0,013 Aab	1,48±0,0057 ABab	1,50±0,050 Bab	4,22±0,265 ABc
10 ppm 20 dk	0,26±0,037 Ba	0,59±0,020 Aa	0,75±0,037 Bb	3,82±0,289 Ab	5,29±1,100 Ab
20 ppm 10 dk	1,72±0,048 BCa	0,24±0,010 Ab	1,49±0,057 ABab	5,52±0,098 Cc	5,98±0,255 Ad
20 ppm 20 dk	2,47±0,112 Ca	0,49±0,024 Ab	2,72±0,097 Ba	8,28±0,721 Dc	12,77±1,570 Cd

Sonuçlar ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

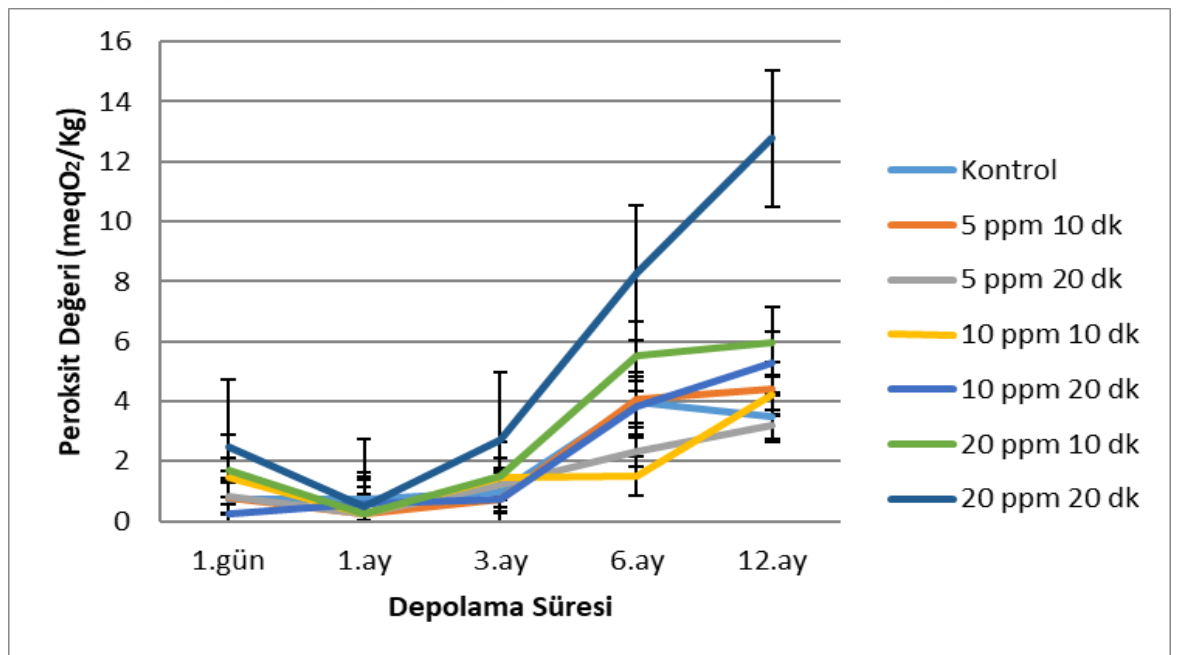
A, B : Aynı sütun içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).

a,b: Aynı satır içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).

Yağlarda acılaşma hidrolitik ve oksidatif olmak üzere iki şekilde meydana gelir. Hidrolitik acılaşma, lipaz enziminin su varlığında gliseritleri parçalayarak serbest yağ asitlerinin açığa çıkarması şeklinde gerçekleşmektedir. Oksidatif acılaşma ise oksijenin ester yapısında ve serbest olarak bulunan doymamış yağ asitleri ile reaksiyonu sonucu ortaya çıkmaktadır. Taze fındıkta bulunabilecek peroksit değeri 1,4 meqO₂/kg olarak bildirilmiştir. Hidroperoksitler stabil yapılı bileşikler olmadığı için depolama ve işleme sırasında peroksit değeri değişim göstermektedir. Oksidasyonun hızı oksijen konsantrasyonu, sıcaklık, ışık miktarı, su aktivitesi, doymamış yağ asidi konsantrasyonu, serbest yağ asidi cinsi gibi faktörlerden etkilenmektedir (Çam ve ark.,2008).

Peroksit değeri, duyuşal açıdan fındıklarda önemli olup üründe 2 meqO₂/kg yağ'a ulaştığından acı tat hissedilebilir, 8 meqO₂/kg yağ'a ulaştığında ise lezzet kalitesinin bittiği ifade edilmiştir (Çalikoğlu, 2008).

Başlangıçta fındıkların peroksit değeri 0,72 meq O₂/kg olarak bulunmuştur. Depolama süresince tüm örneklerin peroksit değerlerinde artış gözlenmiştir. 12 aylık depolama sonunda en yüksek peroksit değeri 12,89 meqO₂/kg ile 20 ppm ozonun 20 dakika süreyle uygulandığı grupta tespit edilmiştir. 12.ay sonunda en düşük değer ise 5 ppm ozonun 20 dakika süreyle uygulandığı grupta tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Ozon uygulamasının fındıktaki peroksit değerine etkisi

Natürel iç fındıkların depolandığı diğer bir çalışmada peroksit (meqO₂/kg) özelliği için yapılan varyans analizi sonucunda doz ve depolama süresi faktörü ile doz*depolama süresi interaksyonunun önemli bulunduğu ($p<0.05$), bütün uygulamalarda depolama sonunda peroksit değerinin başlangıç değerine göre daha fazla olduğu ve muhafaza süresi uzadıkça peroksit değerinin de genel olarak artış gösterdiği belirlenmiştir (Akar,2016).

Ham ve beyazlatılmış numuneler arasındaki peroksit değerlerindeki belirgin fark, fındıklarda zarlarının koruyucu işlevlerine bağlanabilir. Fındık zarlarında oksidasyona karşı savaşılabilecek antioksidanlar bakımından zengindir. Fındık zarları oksidasyonu en aza indirmeye yardımcı olan bir oksijen bariyeri görevi görür (Lin ve ark 2012).

4.1.3. Enstrümantal Renk Değeri

Tüketici tercihleri açısından gıda maddelerinin rengi büyük önem taşımaktadır. Renk sübjektif olarak ölçülebilse bile daha hassas ve doğru sonuçlar verebilmesi bakımından günümüzde renk ölçümleri kompakt ve kullanımı kolay cihazların yardımıyla yapılmaktadır. Renk ölçümü için farklı CIE, Munsell ve Hunter gibi farklı sistemler mevcuttur. Hunter renk sisteminde gıda maddesinin rengi Hunter Lab değerleri ile ifade edilir. L aydınlık değerinde 0 siyahı, 100 ise beyazı ifade eder. a değerinde (-60) yeşili, (+60) kırmızıyı; b değerinde (-60) maviyi (+60) ise sarıyı ifade eder (Üren, 1999).

Farklı düzey ve sürelerde ozon uygulamasının fındığın renk değerlerine yapacağı etkiyi tespit edebilmek amacıyla örnekler 12 ay süreyle depolanmıştır. Renk analizleri depolamanın ve 0., 1., 3., 6., 9., ve 12. aylarında yapılmıştır. Depolama sonunda L değeri için uygulama ve depolama süresi arasındaki interaksyonlar istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Fakat gruplar arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Ozon uygulanan tüm örneklerde L değerinin düştüğü yani fındık örneklerinin dış renk parlaklığının azaldığı görülmüştür. Bu sonuç literatür verileriyle uyumludur (Bostan ve Koç Güler, 2016).

Depolama süresince de L değerinin genel olarak düştüğü görülmüştür.

Çizelge 4.2. Farklı süre ve konsantrasyonlarda ozon uygulamasının 12 aylık depolama süresince L değerine etkileri

	1. gün	1.ay	3. ay	6. ay	9. ay	12. ay	GENEL
Kontrol	48,70±0,785 Aa	49,40±0,772 Aa	47,57±0,798 Aab	44,40±0,873 Aab	43,76±0,850 Aab	42,90±0,791 Ab	46,00±0,41 B
5 ppm 10 dk	50,31±0,921 Aa	48,77±0,921 Aa	47,42 Aab	44,60±1,070 Ab	43,53±0,53 Ab	42,46±0,78 Ab	46,41±0,52 AB
5 ppm 20 dk	49,45±1,57 Ab	47,91±1,27 Aa	47,34 Aabc	44,49±1,140 Abc	44,10±0,93 Abc	42,57±0,98 Ac	46,31±0,56 AB
10 ppm 10 dk	48,90±0,840 Aa	49,45±1,15 Aa	46,73 Aa	44,99±1,060 Aa	44,57±1,08 Aa	44,04±0,76 Aa	46,34±0,44 AB
10 ppm 20 dk	48,71±0,873 Aab	49,53±0,605 Aab	49,39 Aa	44,86±0,650 Aab	44,24±0,97 Aab	43,38±0,65 Ab	46,61±0,41 AB
20 ppm 10 dk	48,86±0,945 Aa	52,43±1,06 Aa	47,51 Aab	47,48±0,880 Aab	43,19±0,75 Ab	44,83±1,10 Aab	46,78±0,43 AB
20 ppm 20 dk	51,44±0,764 Aab	50,80±0,811 Aa	49,42 Aabc	46,34±1,210 Aabc	45,35±0,63 Abc	44,39±0,53 Ac	47,89±0,49 A
GENEL	49,28±0,41 ab	49,58±0,36 a	47,90±0,40 b	45,30±0,390 c	44,09±0,32 cd	43,50±0,31 d	

Sonuçlar ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

A, B : Aynı sütun içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05).

a,b: Aynı satır içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05).

Depolama sonunda a değeri için uygulama ve depolama süresi arasındaki interaksyonlar önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Veriler incelendiğinde ozonlamanın a değeri üzerine etkisinin önemli olmadığı görülmektedir. Fakat depolama süresi a değeri üzerinde etkisi önemli bulunmuştur. Tüm örneklerde a değeri başlangıç değerinden yüksek bulunmuştur.



Çizelge 4.3. Farklı Süre ve Konsantrasyonlarda Ozon uygulamanın 12 aylık depolama süresince a değerine etkileri

	1. gün	1.ay	3. ay	6. ay	9. ay	12. ay
Kontrol	14,31±0,44	14,31±0,44	14,71±0,37	15,55±0,31	15,64±0,41	16,14±0,33
5 ppm 10 dk	13,48±0,41	13,48±0,41	14,53±0,37	14,96±0,38	15,98±0,24	16,11±0,27
5 ppm 20 dk	13,75±0,54	13,61±0,56	14,04±0,39	15,57±0,42	15,44±0,33	16,69±0,38
10 ppm 10 dk	14,21±0,36	14,21±0,36	15,19±0,45	15,43±0,44	15,13±0,44	16,00±0,34
10 ppm 20 dk	13,73±0,37	13,73±0,37	14,79±0,30	15,72±0,28	15,65±0,36	15,69±0,24
20 ppm 10 dk	14,41±0,38	14,41±0,38	15,09±0,28	15,52±0,40	15,99±0,31	15,69±0,28
20 ppm 20 dk	13,32±0,44	13,57±0,39	15,02±0,45	15,73±0,46	15,96±0,36	16,78±0,32
GENEL	13,88±0,22 a	13,90±0,41 a	14,76±0,28 b	15,50±0,29 c	15,68±0,34 cd	16,16±0,38 d

Sonuçlar ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

a,b: Aynı satır içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0,05$).

Depolama sonunda b değeri için uygulama ve depolama süresi arasındaki interaksyonlar önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Fakat gruplar arasında istatistiki açıdan fark vardır. Depolama süresince b değerinin 3.aya kadar değişmediği daha sonraki aylarda ise düşme eğilimine girdiği görülmüştür. Ozon uygulamasının ise b değerini arttırdığı ve en yüksek değerin 20 ppm 20 dakika ozon uygulanan grupta olduğu görülmüştür.



Çizelge 4.4. Farklı Süre ve Konsantrasyonlarda Ozon uygulamanın 12 aylık depolama süresince b değerine etkileri

	1. gün	1.ay	3. ay	6. ay	9. ay	12. ay	GENE L
Kontrol	22,76±0,360	22,76±0,360	22,04±0,393	20,86±0,428	20,45±0,546	19,28±0,484	21,36±0,391 A
5 ppm 10 dk	23,35±0,283	23,35±0,283	22,48±0,695	20,30±0,482	20,31±0,449	19,77±0,473	21,59±0,515 AB
5 ppm 20 dk	23,73±0,643	24,19±0,477	22,24±0,595	20,96±0,461	20,44±0,575	20,04±0,476	21,90±0,512 AB
10 ppm 10 dk	23,46±0,420	23,46±0,420	22,55±0,483	20,72±0,547	20,47±0,629	19,85±0,301	21,74±0,525 AB
10 ppm 20 dk	22,38±0,382	22,38±0,382	23,65±0,599	21,44±0,404	20,80±0,552	19,65±0,437	21,74±0,481 AB
20 ppm 10 dk	23,52±0,537	23,52±0,537	23,31±0,502	22,13±0,358	20,00±0,460	20,75±0,745	22,20±0,530 BC
20 ppm 20 dk	25,27±0,563	25,74±0,334	24,53±0,366	22,15±0,527	21,80±0,426	21,58±0,432	23,56±0,434 C
GENEL	23,50±0,384 a	23,61±0,524 a	22,95±0,591 a	21,21±0,327 b	20,60±0,384 bc	20,13±0,462 c	

Sonuçlar ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

A, B : Aynı sütun içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05).

a,b: Aynı satır içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05).

4.1.4. Tekstür Analizi Sonuçları

Gıdaların tüketiciler tarafından tercih edilmesinde duyuşal özellikler büyük rol oynar. Tüketiciler, gıda maddesinin rengine, kokusuna, tadına, aromasına ve bunların yanı sıra kırılma, gevreklik, çıtırılık gibi tekstürel özelliklerine de dikkat eder. Sertlik, gıda maddesinin uygulanan etkiye gösterdiği direncidir. Diğer bir ifadeyle, gıda maddesinin çiğneme esnasında öğütücü dişler arasındaki basınca karşı koyması için gereken güçtür. Gevreklik, gıda maddesinin çiğneme sırasında parçalara ayrılabilmesi için gerekli olan kuvvettir. (Ertaş ve ark., 2010).

Görünüş, tat, besleyici bileşenlerin yanı sıra fındığın önemli kalite kriterlerinden biri de tekstürdür. Fındıkta tekstürün, gevreklik, kırırlık ve çiğnenebilirlik gibi parametreleri vardır (Ebrahem, 1993).

Tekstür profil analizinde (TPA) sıkıştırma yöntemi son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde örneğin basınca karşı gösterdiği direnç ile ölçülür. Bu yöntemin en büyük avantajı hızlı sonuç vermesi, basitliği ve duyuşal tekstür analizleriyle uyumlu olmasıdır (Çalıkoğlu, 2008).

Depolama sonunda tekstür değeri için uygulama ve depolama süresi arasındaki etkileşimler önemli bulunmamıştır. Buna göre ozonlamanın fındık tekstürü üzerinde etkisinin önemli olmadığı fakat depolama süresinin önemli olduğu söylenebilir. Depolama süresince ilk 9 ay tekstür değerlerinde önemli değişimler olmazken 12.aydaki değerler istatistiki açıdan farklı bulunmuştur. Depolama süresi arttıkça fındıkların sertlik değeri de artmaktadır. Depolama süresinin yer fıstıklarında da sertlik değerini arttırdığı bildirilmiştir (Nikzadeh ve Sedaghat, 2008).

Çizelge 4.4. Farklı Süre ve Konsantrasyonlarda Ozon uygulamanın 12 aylık depolama süresince bulunduğu tekstürüne etkileri

	1. gün	1.ay	3. ay	6. ay	9. ay	12. ay
Kontrol	81,95±3,52	79,30±5,32	91,63±3,66	84,39±4,38	92,77±4,72	101,60±3,72
5 ppm 10 dk	88,44±5,11	79,72±3,35	88,17±4,58	80,37±3,84	84,73±3,22	87,07±4,49
5 ppm 20 dk	79,27±2,60	79,66±4,80	82,05±4,23	91,79±1,91	90,42±5,13	99,46±4,84
10 ppm 10 dk	88,93±5,97	88,40±3,51	80,10±3,46	85,79±3,95	88,92±4,68	95,33±5,66
10 ppm 20 dk	78,61±4,86	83,57±4,82	83,43±5,66	89,43±3,52	76,44±3,17	100,76±3,91
20 ppm 10 dk	88,35±6,67	88,11±4,91	87,91±5,57	85,19±3,82	89,49±3,81	88,75±5,28
20 ppm 20 dk	89,39±3,75	86,85±5,58	93,42±4,48	89,19±4,48	89,38±4,48	106,68±6,26
GENEL	84,87±1,80 a	83,56±1,77 a	86,75±1,75 a	86,51±1,45 a	87,36±1,62 a	97,23±1,94 b

Ortalama ± standart hata

a,b: Aynı satır içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05).

4.1.5. α -Tokoferol Tayini Sonuçları

α -tokoferol, tokoferol ve tokotrienollerden oluşan E vitamini doğada en fazla bulunan ve biyolojik olarak en aktif şeklidir. Antioksidan kapasitesi yüksektir ve çok kolay oksitlenebilmektedir. Bu nedenle aktif radikallerle reaksiyona girer ve ortaya çıkan serbest radikalleri yakalayarak hücre membranını koruyarak lipidlerin peroksidasyonunu önler (Gönenç ve ar. 2014). Tokoferoller tokoperoksi radikallerine dönüşürler ve bunlar da ileri reaksiyonlar sonucunda farklı ürünlere parçalanırlar. Fındıklarda bulunan tokoferoller ozon uygulaması ve depolama boyunca antioksidan aktivitelerinin bir sonucu olarak fındıklarda yağ oksidasyonu engellerken miktarları azalmaktadır.

Yapılan istatistiki çalışmalarda depolama*uygulama interaksyonu önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Fakat depolama ve uygulama grupları arasında fark istatistiki açıdan önemlidir ($p<0,05$). Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi depolama süresince α -tokoferol düzeyi sürekli düşmüştür.

Çizelge 4.5. Farklı Süre ve Konsantrasyonlarda Ozon uygulamanın 12 aylık depolama süresince bulunduğu α -tokoferol değerine etkileri

	1.gün	1.ay	3. ay	6. ay	9. ay	12. ay	GENEL
Kontrol	613,00+9,17	563,67+18,60	537,50+11,50	525,33+15,30	517,50+11,50	495,67+8,09	542,11+8,80 A
5 ppm 10 dk	583,00+11,20	557,00+14,60	516,33+30,60	507,25+10,20	500,00+6,24	493,33+8,76	526,15+8,10 A
5 ppm 20 dk	586,33+33,50	552,33+21,70	486,00+13,00	484,00+32,00	479,50+9,50	472,00+28,00	510,03+9,40 A
10 ppm 10 dk	581,33+31,90	541,33+13,50	489,33+13,30	479,00+29,00	471,00+6,52	465,33+13,30	504,56+8,30 A
10 ppm 20 dk	591,75+18,50	539,00+32,30	473,00+8,96	452,67+26,40	448,00+34,60	440,00+22,90	490,74+8,10 B
20 ppm 10 dk	583,75+26,60	543,67+34,70	467,33+18,30	452,00+14,00	455,50+34,50	438,00+20,10	490,04+8,60 B
20 ppm 20 dk	605,00+29,80	558,00+26,90	452,00+23,20	440,25+24,30	437,00+36,00	430,33+28,80	487,10+8,30 B
GENEL	592,02+7,30 a	550,71+7,70 b	488,79+8,10 c	477,21+7,90 c	472,64+8,30 c	462,10+7,90 c	

Ortalama $\pm$ standart hataA, B : Aynı sütun içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).a,b: Aynı satır içinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).

Oda sıcaklığında (20 °C) 12 ay süreyle polietilen ambalajda muhafaza edilen fındık örneklerinde tokoferol seviyesinin düştüğü bildirilmiştir (Uncu, 2008).

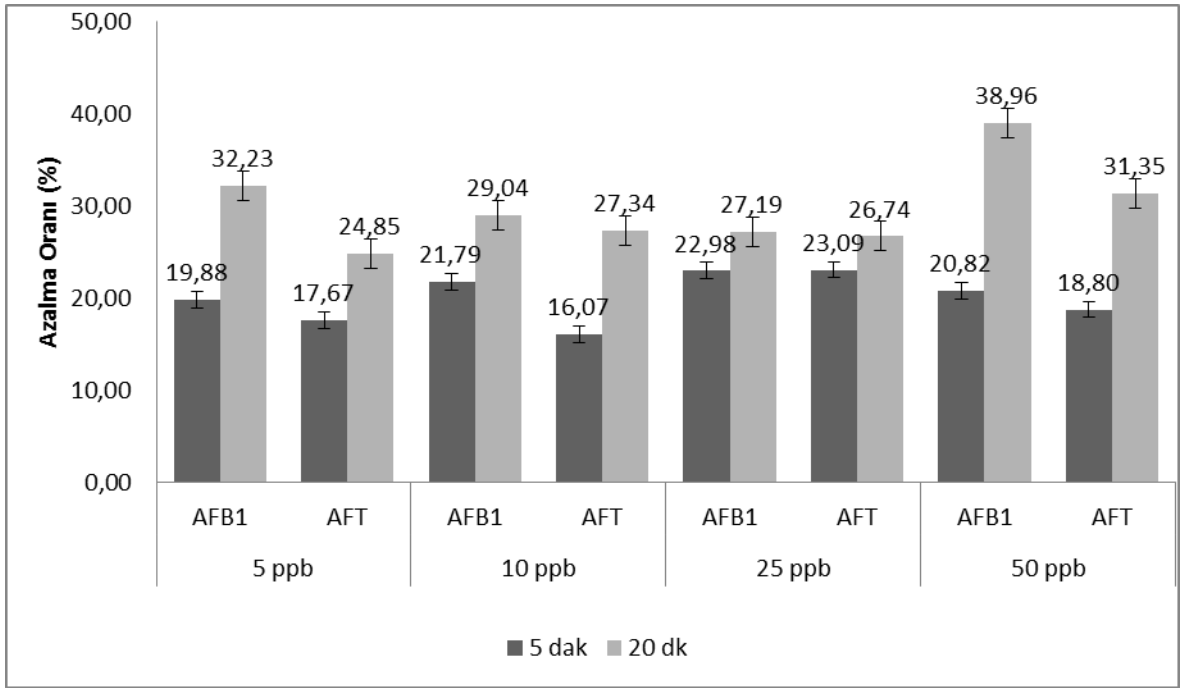
6 dakika süreyle 2 ppm ozon uygulanan buğdaylarda alfa-tokoferol seviyesinin düşüşünün önemli olduğu bildirilmiştir (Rakcejeva ve ark. ,2014).

Yapılan bir çalışmada 3 farklı fındık çeşidi (Tonda Gentile, Ata Baba ve Ran Trapezundski) oda sıcaklığında 12 ay süreyle depolanmıştır. Yapılan analizlerde depolama süresince tüm örneklerdeki tokoferol miktarının azaldığı görülmüştür (Momchilova ve ark., 2017).

4.2. Ozonlamanın Fındıktaki Aflatoksini Parçalayıcı Etkisi

Çalışmanın ikinci bölümünde ozon uygulamasının aflatoksini degrade edici etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla 25'er gramlık gruplara ayrılan fındıklara istenilen düzeylerde aflatoksin standardı kontamine edilmiştir. İşlem sonrasında fındıklara ozon uygulanmıştır. Ozon uygulamasının öncesinde ve sonrasında aflatoksin B1 ve toplam aflatoksin (B1, B2, G1, G2) analizi yapılarak kontaminasyon öncesi ve sonrası aflatoksin düzeyleri karşılaştırılarak ozon uygulamasının degrade edici etkisi ortaya konulmuştur.

Aflatoksin kontaminasyonu 5 ppb, 10 ppb, 25 ppb ve 50 ppb olacak şekilde 4 farklı düzeyde yapılmıştır. Ozon uygulamasında ise 20 ppm ozon 5 dakika ve 20 dakika süreyle uygulanmıştır. İşlem öncesi ve sonrası aflatoksin analizleri yapılarak azalma oranları tespit edilmiştir. Azalma oranları tabloda gösterilmiştir.



Şekil 4.2. 5 ve 10 dakika ozon uygulamasının aflatoksin miktarını azaltma oranları

Ozon uygulamasının süresi arttıkça degradasyon oranının arttığı görülmektedir. Buna göre 5 ppb aflatoksin kontamine edilen grupta Aflatoksin B1 azalma oranı 5 dakika ozon uygulamasında % 19,88 olurken ozon uygulaması 20 dakika olduğunda bu oran % 32,23'e yükselmiştir. Aynı grupta toplam aflatoksin miktarındaki azalma düzeyi ise % 17,67'den % 24,85'e çıkmıştır.

10 ppb aflatoksin kontamine edilen grupta AFB1 azalma oranı % 21,79'dan % 29,04'e, toplam aflatoksindeki azalma oranı ise % 16,07'den % 27,34'e yükselmiştir.

25 ppb aflatoksin kontamine edilen üçüncü grupta ozon uygulamasının süresinin artırılmasıyla degradasyon oranları Aflatoksin B1'de % 22,98'den % 27,19'a; Toplam Aflatoksinde ise % 23,09'dan % 26,74'e yükselmiştir.

50 ppb aflatoksin kontamine edilen dördüncü grupta ise 5 dakika ozon uygulamasında Aflatoksin B1'deki degradasyon oranı % 20,82 olurken süre 20 dakikaya çıkarıldığında bu oran % 38,96'ya yükselmiştir. Aynı şekilde Toplam Aflatoksinde de degradasyon oranı % 18,80'den süre arttırıldığında % 31,35'e çıkmıştır.

Yer fıstığında yapılan benzer bir çalışmada 5 dakika ozon uygulaması ile % 62 oranında degradasyon sağlanırken süre 15 dakikaya çıkarıldığında bu oran % 68'e yükselmiştir (Proctor ve ark.,2014).

Mısırdaki Aflatoksin B1'in degradasyonu üzerine yapılan bir çalışmada ise 40 ppb ozon uygulaması sonucu 83 ppb olan aflatoksin değeri 10 dakika sonunda 72 ppb düzeyine, 20 dakika sonunda ise 82 ppb'ye düşmüştür (Luo ve ark. 2014).

Antepfıstığına yapılan bir çalışmada ise 10 ppb Aflatoksin B1 ile kontamine edilen örnekler 5 ppm ozon ile 140 dakika ve 420 dakika muamele edildiğinde 140 dakika sonunda azalma meydana gelmezken 420 dakika sonunda % 12 oranında bir azalma meydana gelmiştir. Ozon konsantrasyonu 7 ppm'e yükseltildiğinde ise 140 dakika sonunda % 2; 420 dakika sonunda % 12 oranında azalma olduğu bildirilmiştir (Akbas ve ark. 2006).



BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Fındık, yılda yaklaşık 2 milyar dolarlık ihracat hacmiyle ülkemiz için en önemli tarım ürünlerinden biridir. Ülkemiz dünya fındık üretiminin % 75'ini tek başına karşılamaktadır. Özellikle Giresun ilinde üretilen fındık, kendine özgü tat, aroma ve yağ oranları farklılığıyla Giresun kalite fındık sınıfı oluşmuş ve dünyanın en üstün özellikli fındıklarından birisidir.

Ekonomik değerinin yanı sıra sağlık açısından da son derece faydalıdır. Fındık, zengin bir yağ kaynağı (başlıca oleik asit), proteinler, karbonhidratlar, diyet lifleri, vitaminler (özellikle E vitamini), mineraller, fitosteroller (esas olarak β -sitosteroller) ve antioksidan fenoliklerin kaynağıdır. Fındık meyvesi yemiş olarak tüketildiği gibi gıda endüstrisinin pek çok alanında kullanılmaktadır. Dünyada üretilen fındığın % 80'i çikolata % 10-12'si pastacılık-bisküvi-unlu mamuller, %3-4'ü çerez olarak kalanı da dondurma ve yağ sanayinde kullanılmaktadır. Fındık unu, çikolatalı ürünlerin temel unsurlarındandır.

Fındık, Karadeniz Bölgesi için hayati öneme sahiptir. Bakanlık verilerine göre yaklaşık 400 bin aile fındık üretimiyle uğraşmaktadır. Karadeniz Bölgesi'nin nemli ve sıcak havası aflatoksin oluşumuna elverişli bir ortam sağlamaktadır. Ülkemiz fındık ihracatında zaman zaman aflatoksin problemi yaşamaktadır.

Bu çalışmada aflatoksin sorununun önüne geçebilmek için ozon uygulamasının kullanılabilirliği araştırılmıştır. İlk bölümde farklı süre ve konsantrasyonlarda ozon uygulanan fındıklar 12 ay süreyle kilitli poşetlerde oda sıcaklığında kontrolsüz şartlarda muhafaza edilmiştir. Bu süre boyunca renk, tekstür, peroksit değeri ve α -tokoferol miktarındaki değişim araştırılmıştır.

Renk değeri açısından depolama süresi ve uygulama arasındaki interaksiyonlar önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Fakat gruplar arasında istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Ozon uygulanan tüm örneklerde L değerinin düştüğü yani fındık örneklerinin dış renk parlaklığının azaldığı görülmüştür.

Depolama sonunda tekstür değeri için uygulama ve depolama süresi arasındaki interaksiyonlar önemli bulunmamıştır. Buna göre ozonlamanın fındık tekstürü üzerinde etkisinin önemli olmadığı fakat depolama süresinin önemli olduğu söylenebilir. Depolama süresince ilk 9 ay tekstür değerlerinde önemli değişimler olmazken 12. aydaki değerler istatistiki açıdan farklı bulunmuştur. Depolama süresi arttıkça fındıkların sertlik değeri de artmaktadır.

Ozon uygulamasının ve depolamanın α -tokoferol üzerindeki etkilerinin ayrı ayrı önemli olduğu ve α -tokoferol miktarını azalttığı görülmüştür.

Ozon uygulamasının ve depolamanın peroksit değeri üzerindeki etkisinin önemli olduğu görülmüştür.

Peroksit değeri 2 meqO₂/kg yağ'a ulaştığından acı tadın hissedildiği, 8 meqO₂/kg yağ'a ulaştığında ise lezzet kalitesinin bittiği düşünüldüğünde 12 aylık süre sonunda tüm grupların değeri 2 meqO₂/kg'dan yüksek bulunmuştur. 20 dakika süreyle 20 ppm ozon uygulanan grupta ise en yüksek değere ulaşılmış (12,77±1,57) ve bu ürünlerin tüketilemeyecek duruma geldiği görülmüştür.

Çalışma sonunda kontrol grubu dâhil hiçbir grupta aflatoksin oluşumu tespit edilememiştir. Bu sebeple ozon uygulamasının depolama süresince aflatoksin oluşumuna etkisinin olup olmadığı hakkında bilgi edinilememiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde yapay kontamine fındıklara ozon uygulanarak aflatoksin miktarındaki azalma tespit edilmiştir. Buna göre ozon uygulamasıyla tüm gruplarda azalma olduğu görülmüştür. Ayrıca ozon uygulamasının süresi arttığında azalma oranının da arttığı görülmüştür. Ozonlama ile fındık ürünüde aflatoksin miktarını azaltmanın mümkün olduğu, aflatoksin sorununu çözmeye katkı sağlayacağı görülmüştür. Fakat işlem sonrası aflatoksinin parçalanma ürünlerinin ne olduğu ve bunların insan ve hayvan sağlığına olumsuz etkilerinin olup olmadığı araştırılmadadır.

Bir yıllık depolamada aflatoksin oluşmaması ülkemizdeki fındıkların depolama koşullarının incelenmesi sonucunu doğurmuştur.

Ozon uygulamasının gıda endüstrisinde kullanımının yaygınlaşması ve fındıklara uygulanabilecek uygun dozun bulunabilmesi için daha fazla çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Açu M., Yerlikaya O., Kınık Ö., 2014. Gıdalarda Isıl Olmayan Yeni Teknikler ve Mikroorganizmalar Üzerine Etkileri. Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi, (14): 23-35.
- Addis P.B., 1986. Occurrence of Lipid Oxidation Products in Foods. Food and Chemical Toxicology, (24): 10-11.
- Akar A., 2016. Tombul, Palaz ve Kalınkara Fındık Çeşitlerinde Elle Ve Patozla Ayıklanmış Örneklerde Depolama Süresince Meydana Gelen Kalite Değişimleri. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Türkiye.
- Akbaş M.Y, Ozdemir M., 2006. Effect of Different Ozone Treatments On Aflatoxin Degradation and Physicochemical Properties of Pistachios. Journal of the Science of Food and Agriculture, (86): 2099–2104.
- Alaşalvar C., Shahidi F., Liyanapathirana C.M., Ohshima, T., 2003. Turkish Tombul hazelnut (*Corylus avellana L.*).1. Compositional Characteristics. Journal of Agricultural and Food Chemistry, (51): 3790-3796.
- Alphan E., Pala M., Açıktur F., Yılmaz T., 1997. Nutritional Composition of Hazelnuts and Its Effects on Glucose and Lipid Metabolism, Fourth International Symposium on Hazelnut. Acta Hort., p.305-310, Leuven, Belgium.
- Amaral J.S., Casal S., Citova I., Santos A., Seabra R.M., Oliveira B.P.P., 2006. Characterization of Several Hazelnut (*Corylus avellana L.*) Cultivars Based in Chemical, Fatty Acid and Sterol Composition. Eur Food Res. Technology (222): 274-280.
- Anonim, 2016, 07 Aralık 2016, www.fiskobirlik.org.tr
- Anonim, 2017a, 07 Haziran 2017, <http://www.fiskobirlik.org.tr/findik-nedir/>
- Anonim, 2017b, 12 Ekim 2017, <http://www.ftg.org.tr/tr/turk-findigi-findik-cesitleri-kabuklu-findik.html>.
- Anonim, 2017c, 09 Ekim 2017, Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü 2016 Yılı Fındık Sektör Raporu, Ankara 2017.

- Anonim, 2017d, 07 Ekim 2017, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release,
<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/45283512?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=RAW+HAZELNUTS%2C+UPC%3A+064777815137&ds=&qt=&qp=&qd=&qn=&q=&ing=>
- Anonim, 2017e, 02 Şubat 2017, Mycotoxins: Risks in Plant, Animal, and Human Systems, Council for Agricultural Science and Technology, Ames, Iowa, USA,
http://www.cast-science.org/publications/%3Fmycotoxins_risks_in_plant_animal_and_human_systems%26show%3Dproduct%26productID%3D2905
- Anonim, 2017f, 02 Mart 2017, Fındıklarda Aflatoksin Oluşumuna Etki Eden Faktörlerin ve Önleyici Tedbirlerin Belirlenmesi Projesi Sonuç Raporu, Tübitak Marmara Araştırma Merkezi, Gıda Bölümü ve Teknolojisi Enstitüsü.
- Anonim, 2018a, 11 Ocak 2018, GTHB, Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-8.htm>
- Anonim, 2018b, www.taek.gov.tr
- Anonim, 2018c, 11 Ocak 2018, TS 3075 İç Fındık Standardı, Kabul Tarihi Haziran 2012.
- Anonim, 2018d, 11 Haziran 2018, Gıda İşinlama Yönetmeliği,
<http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/Metin.Asp?MevzuatKod=7.5.5065&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=g%FDda>
- Anonim, 2018e, 19 Kasım 2018, T.C Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, 2017 Yılı Fındık Raporu.
- Atasever M.A., Atasever M., 2007. İşinlamanın Gıda Teknolojisinde Kullanımı. Atatürk Üniversitesi Vet.Bil.Derg. 2 (3): 107-116
- Bennett J.W, Klich M.,2003. Mycotoxins Clinical Microbiology Reviews, 16 (3): 497–516.
- Bosco F., Mollea C., 2012. Mycotoxins in Food. Food Industrial Processes Benjamin Valdez, IntechOpen,. Retrieved 10 May 2018, from

<https://www.intechopen.com/books/food-industrial-processes-methods-and-equipment/mycotoxins-in-food>

- Bostan S.Z., Koç Güler S., 2016. Kabuklu Olarak Depo Edilen Bazı Fındık Çeşitlerinde Kalite Değişimleri. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 45 (2).
- Chapa A.M., González R.G.G, Teniente L.M., Pacheco I.T., Vazquez-Cruz M.A., Cervantes-Landaverde J.J., Preciado-Ortiz R.E., Martinez, E.M., 2011. Genetic Resistance to Drought in Maize and Its Relationship in Aflatoxins Production, Aflatoxins IntechOpen, <https://www.intechopen.com/books/aflatoxins-biochemistry-and-molecular-biology/genetic-resistance-to-drought-in-maize-and-its-relationship-in-aflatoxins-production>, p:301-305.
- Cullen P.J., Valdramidis V.P., Tiwari B.K., Patil S., Bourke P., O'Donnell C.P., 2010. Ozone Processing for Food Preservation: An Overview on Fruit Juice Treatments. Ozone: Science & Engineering: The Journal of the International Ozone Association, 32 (3): 166-179.
- Çakmakçı S., Gökalp H.Y., 1992. Gıdalarda Kısaca Oksidasyon Antioksidantlar ve Gıda Sanayinde Kullanımı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 23(2):174-192.
- Çalikoğlu E., 2008. Fındıkların Uçucu Yağ İçeren Yenilebilir Protein Filmlerle Kaplanması Depolama Sırasındaki Oksidatif Stabilité Ve Duyusal Kalite Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Türkiye.
- Çam Ş., Kılıç M., 2008. Fındık Ürünlerinde Acılaşma Ve Etkili Faktörler. Gıda 33 (2) : 97-105.
- Çetintaş G., 2005. Fındık Yağı İşleme Aşamalarında Kalite Kriterlerinde ve Aflatoksin Konsantrasyonunda Olan Değişimler. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye.
- Çınar S., Yılmaz S.N., Aydın E., Yorulmaz A., 2017. Gıda ve Yem İçin Hızlı Alarm Sistemi (RASFF) 2009-2016 Türkiye Raporu. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknolojisi Dergisi 5 (8): 873-882.
- Demir C., Şimşek, O., Hamzaçebi H., 2002. Fındıkta Küf Florası ve Aflatoksin Oluşumunun Araştırılması. Gıda 27 (4): 291-295.

- Demirci Ercoşkun T., 2009. Bazı İşlenmiş Fındık Ürünlerinin Raf Ömrü Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Dhanasekaran D., Shanmugapriya S., Thajuddin N., Panneerselvam A., Aflatoxins and Aflatoxicosis in Human and Animals. Aflatoxins – Biochemistry and Molecular Biology, IntechOpen, <https://www.intechopen.com/books/aflatoxins-biochemistry-and-molecular-biology/genetic-resistance-to-drought-in-maize-and-its-relationship-in-aflatoxins-production>
- El-Desouky T.A., Sharoba A.M.A., El-Desouky A.I., El-Mansy H.A., Khayria N., 2012. Effect of Ozone Gas on Degradation of Aflatoxin B1 and Aspergillus Flavus Fungal. Environmental & Analytical Toxicology, 2: (2).
- Ebrahim K.S., 1993. Factors Influencing Storage Quality of Hazelnut Varieties. PhD Dissertation (Doktora Tezi). Oregon State University, USA.
- Eliseeva L., Gorozhanin P., Yurina O., 2016. The Study of Oxidative Processes in Walnut Fats During Storage. Indian Journal of Science and Technology, 9 (38): 5.
- Erarslan D., 2006. Fındıkta Mikrodalga İle Kurutmanın Aspergillus flavus Küfüne Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- Ergün A.R., Baysal T., Bozkır H., 2013. Ultrases Yöntemi ile Karotenoitlerin Ekstraksiyonu, Gıda 38 (4): 239-246.
- Ertaş N., Doğruer Y., 2010. Besinlerde Tekstür. Erciyes Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi 7 (1): 35-42.
- Evren S., 2011. Naturel Fındık Ununun Depolama Stabilitesi, Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye.
- Ghanem I., Orfi M., Shamma M., 2008. Effect Of Gamma Radiation on the Inactivation of Aflatoxin B1 In Food And Feed Crops. Brazilian Journal Of Microbiology.
- Ghirardello D., Zeppa G., Rolle L., Gerbi V., 2014. Effect of Different Storage Conditions on Hazelnut Quality, Acta Horticulture.
- Gönenç T.M, Kayalar H., Erdoğan T., Kıvçak B., 2014. Taze ve Hazır Meyve Sularında Karşılaştırmalı α -Tokoferol Miktar Tayini ve Antioksidan Aktivite Araştırması. Türk Biyokimya Dergisi, 39 (2) ; 215–220.

- Jubeen F., Khan M., Hassan Z., 2012. Effect of UVC Irradiation on Aflatoxins in Ground Nut (*Arachis hypogea*) and Tree Nuts (*Juglans regia*, *Prunus dulcis* and *Pistachio vera*). Journal- Chemical Society of Pakistan.
- Herzallah S., Alshawabkeh K., Fataftah A., 2008. Aflatoxin Decontamination of Artificially Contaminated Feeds by Sunlight, γ -Radiation, and Microwave Heating. Poultry Science Association.
- Inan F., Pala M., Doymaz I., 2006. Use of Ozone in Detoxification of Aflatoxin B1 in Red Pepper. Journal of Stored Products Research (43): 425–429.
- İşman B., Biyik H., 2009. The Aflatoxin Contamination of Fig Fruits In Aydın City (Turkey). Journal of Food Safety, 29: 318–330.
- Jabłońska J., Mańkowska D., 2014. The Influence of UV, X and Microwave Radiation On The Aflatoxin B1 Concentration In Nuts. Biotechnology and Food Science, 78.
- Jalili M., 2015. A Review on Aflatoxins Reduction in Food. Iranian Journal of Health, Safety & Environment, (3): 1, 445-459.
- Kaya S., 2014. Mikotoksinler. Veteriner Toksikoloji, (3. Baskı). Medisan Yayınevi. Ankara s.393-433.
- Kaya S., Yarsan E., 1995. Yem ve Yem Hammaddelerinde Küflenmenin Önlenmesi ve Mikotoksinlerle Kirlenmiş Bu Tür Yemlerin Değerlendirilmesine Yönelik Uygulamalar. Ankara Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 42 (2): 111-112.
- Koç Güler, S., 2015. Gama Işını Uygulamalarının Naturel İç Fındıkta Depolama Kalitesine Etkisi. Doktora Tezi. Ordu Üniversitesi, Türkiye.
- Konak Ü.İ., Certel M., Helhel S., 2009. Gıda Sanayisinde Mikrodalga Uygulamaları. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 4 (3): 20-31.
- Laroussi M., Mendis D.A., Rosenberg M., 2003. Plasma Interaction With Microbes. New Journal Physics, (5) 41.1-41.10.
- Luo X., Wang R., Wang L., Li Y., Bian Y., Chen Z., 2014. Effect of Ozone Treatment On Aflatoxin B1 And Safety Evaluation of Ozonized Corn. Food Control, (37): 171-176.
- Lin X., Wu J., Zhu R., Chen P., Huang G., Li Y., Ye N., Huang B., Lai Y., Zhang H., Lin

- W., Lin J., Wang Z., Zhang H., Ruan R., 2012. California Almond Shelf Life: Lipid Deterioration During Storage. *Journal of Food Science*, 77 (6): 583-93.
- Mahapatra A.K., Muthukumarappan K., Julson J.L., 2005. Applications of Ozone, Bacteriocins and Irradiation in Food Processing: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45 (6): 447-461.
- Manousaridis G., Nerantzaki A., Paleologos E.K., Tsiotsias A., Savvaidis I.N., Kontominas M.G., 2005. Effect of Ozone on Microbial, Chemical and Sensory Attributes of Shucked Mussels. *Food Microbiology*, (22): 1–9.
- Markov K., Mihajilevic B., Domijan A., Pleadin J., Delas F., Frece J., 2015. Inactivation of Aflatoxigenic Fungi and the Reduction of Aflatoxin B1 In Vitro And In Situ Using Gamma Irradiation. *Food Control*, (54): 79-85.
- Momchilova S.M., Taneva S.P., Zlatanov M.D., Antova G.A., Angelova-Romova M.J., Blagoeva E., 2017. Fatty Acids, Tocopherols and Oxidative Stability of Hazelnuts During Storage. *Bulgarian Chemical Communications*, (49): 65 –70.
- Muthukumarappan K., Halaweish F., Naidu A.S., 2000. *Ozone In Natural Food Anti-Microbial Systems*, CRC Press, Boca Raton, FL. p.783–800.
- Najafi M.B.H., Khodaparast M.H.H., 2009. Efficacy of Ozone to Reduce Microbial Populations in Date Fruits. *Food Control*, p.27-30.
- Nikzadeh V., Sedaghat N., 2008. Physical and Sensory Changes in Pistachio Nuts as Affected by Roasting Temperature and Storage. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 4 (4): 478-483.
- Öksüztepe G., Erkan S., 2016. Mikotoksinler ve Halk Sağlığı Açısından Önemi, *Harran Üniv.Vet.Fak.Derg.*, 5 (2): 190-195.
- Özbek S., 1978. *Özel Meyvecilik*. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara. 286-319.
- Özdemir, F., Akıncı İ., 2004. Physical and Nutritional Properties of Four Major Commerical Turkish Hazelnut Varieties. *Journal of Food Engineering*, (63): 341-347.
- Özdemir F., Topuz A., Doğan Ü., Karkacıer M., 1998. Fındık Çeşitlerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri, *Gıda Dergisi*, 23 (1): 37-41.

- Özkaya Ş., Temiz A., 2003. Aflatoksinler: Kimyasal Yapıları, Toksisiteleri ve Detoksifikasyonları, *Orlab Mikrobiyoloji Dergisi*, 1 (1): 1-21.
- Öztekin S., Zorlugenç B., Zorlugenç F.K., 2006. Effects of Ozone Treatment on Microflora of Dried Figs, *Journal of Food Engineering*, (75): 396-399.
- Pankaj S.K., Shi H, Keener K.M., 2018. A Review of Novel Physical and Chemical Decontamination Technologies for Aflatoxin in Food. *Trends in Food Science & Technology*, (71): 73-83.
- Pannico A., 2014. Improving Hazelnut Quality At Harvest And Non-Destructive Assessment Of Post-Harvest Nut Quality, PhD Dissertation (Doktora Tezi). Università Degli Studi Di Napoli Federico, İtalya.
- Pourfarzad A., Mehrpour G.S., 2017. Health Benefits of Hazelnut, *EC Nutrition*. 8 (3): 101-105.
- Proctor A.D., Ahmedna M., Kumar J.V., Goktepe I., 2004. Degradation of Aflatoxins in Peanut Kernels/Flour by Gaseous Ozonation and Mild Heat Treatment. *Food Additives and Contaminants*, 21 (8): 786-793.
- Rakcejeva Y., Zagorska J., Zvezdina E., 2014. Gassy Ozone Effect on Quality Parameters of Flaxes Made from Biologically Activated Whole Wheat Grains. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 8 (4).
- Ramalhosa E., Delgado T., Estevinho L., Pereira J.A., Hazelnut (*Corylus avellana* L.) Cultivars and Antimicrobial Activity. *Nuts & Seeds in Health and Disease Prevention* (1st ed.). 627-628.
- Sahab A.F., Hassanien F.R., El-Nemr S., Abdel-Alim H.A., Abdel-Wahhab M.A., 2013. Effect of Ozone Gaseous on Aflatoxin Degradation and Fat and Protein Content In Peanut Seeds. *Journal of Applied Sciences Research*, 9 (3): 2170-2175.
- Sakudo A., Toyokawa Y., Misawa T., Imanishi Y., 2016. Degradation and Detoxification of Aflatoxin B1 Using Nitrogen Gas Plasma Generated by a Static Induction Thyristor as a Pulsed Power Supply, *Food Control*, 1 (8).
- Samarajeewa U., Sen A.C., Cohen M.D., Wei C.I., 1990. Detoxification of Aflatoxins in

- Foods and Feeds by Physical and Chemical Methods. Journal of Food Protection, 53 (6): 489-501.
- Savran H.E., 2012, Fındık İşleme Sanayi Üzerine Bir Değerlendirme. Fındık Araştırma İstasyonu.
- Senyuva H., Gilbert J., 2005. Immunoaffinity Column Cleanup with Liquid Chromatography Using Post-column Bromination For Determination of Aflatoxins in Hazelnut Paste: Interlaboratory Study. Journal of AOAC International, (88): 526-35.
- Seyhan F., Tijskens L.M.M., Evranuz O., 2002. Modelling Temperature and pH Dependence of Lipase and Peroxidase Activity In Turkish Hazelnuts. Journal of Food Engineering, (52): 387–395.
- Siciliano I., Spadaro D., Prella A., Vallauri D., Cavallero M.C., Garibaldi A., Gullino M.L., 2016. Use of Cold Atmospheric Plasma to Detoxify Hazelnuts from Aflatoxins. Toxins, 8 (5): 125.
- Sobutay T., 2006. Fındık Sektör Araştırması. İstanbul Ticaret Odası Dış Ticaret Şubesi Uygulama Servisi, İstanbul.
- Steyn P.S., 1995. Mycotoxins, General View. Chemistry and Structure, Toxicology Letters, (82): 843-851.
- Suslow T.V., 2004. Ozone Applications for Postharvest Disinfection of Edible Horticultural Crops, Publication 8133.
- Şimşek A., Aslantaş R., 1999. Fındığın Bileşimi ve İnsan Beslenmesi Açısından Önemi. Gıda Dergisi, 24 (3): 209-216.
- Talbot G., 2016. The Stability and Shelf Life of Fats and Oils. Food Science, Technology and Nutrition, p:461-503.
- Taş N., 2017. Fındıkta Kavurma İle Meydana Gelen Kimyasal Reaksiyonların İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Türkiye.
- Turan A., İslam A., 2016. Çakıldak Fındık Çeşidinde Kurutma Ortamları ve Muhafaza Süresine Bağlı Olarak Meydana Gelen Değişimler. Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg., 6 (2): 272-285.

- Uncu E.B., 2008. Farklı Lamine Ambalajların Öğütülmüş Fındıklarda Oksidasyon ve Tokoferol Düzeyi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Türkiye.
- Uzun H., İbanoğlu E., 2017. Oxidation Kinetics of Hazelnut Oil Treated with Ozone. *Grasas Aceites*, 68 (4).
- Üren A., 1999. Üç Boyutlu Renk Ölçme Yöntemleri, *Gıda* 24 (3) :193-200
- Yangılar F., Oğuzhan P., 2013. Plazma Teknolojilerinin Gıda Endüstrisinde Kullanımı. *Gıda*, 38 (3): 183-18.
- Yurttaş H. C., Schafer H. W., Warthesen J. J., 2000. Antioxidant Activity of Nontocopherol Hazelnut (*Corylus spp.*) Phenolics. *Journal of Food Science*, 65 (2): 276-280.
- Yüksel F., 2013. Gıda Teknolojisinde Ultrases Uygulamaları, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8 (2):29-38.
- Xu L., 1999. Use of Ozone to Improve the Safety of Fresh Fruits and Vegetables. *Food Technology*, 53 (10): 58-63.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Orhan ATAKAN

Doğum Yeri : Yunanistan

Doğum Tarihi : 1982

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Uludağ Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 2005

Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen
Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 2019

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

İLETİŞİM

E-posta Adresi : orhanatakan17@gmail.com