

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



İÇ FINDIKTA OZON GAZI UYGULAMASININ MİKROBİYEL GELİŞİME VE
KİMYASAL KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ

Hilal Esra ŞEYHOĞLU AKBAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TC
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İÇ FINDIKTA OZON GAZI UYGULAMASININ MİKROBİYEL GELİŞİME VE
KİMYASAL KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ

Hilal Esra ŞEYHOĞLU AKBAŞ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SAMSUN

2019

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

Hilal Esra ŞEYHOĞLU AKBAŞ tarafından hazırlanan “İç Fındıkta Ozon Gazı Uygulamasının Mikrobiyel Gelişime ve Kimyasal Kalite Üzerine Etkisi” adlı tez çalıŐması 19/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman Prof. Dr. Ahmet Hilmi ÇON
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri

BaŐkan Prof. Dr. Ahmet Hilmi ÇON
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye Prof. Dr. Hasan TEMİZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Remzi OTAĞ
Giresun Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım. ... /... /2019

Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tezin içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

19/07/2019



Hilal Esra ŞEYHOĞLU AKBAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İÇ FINDIKTA OZON GAZI UYGULAMASININ MİKROBİYEL GELİŞİME VE KİMYASAL KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ

Hilal Esra Şeyhoğlu Akbaş

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet Hilmi Çon

Bu çalışmada, 2016 yılı mahsülü naturel iç fındık numuneleri 30, 60 ve 90 dakika ozon gazı uygulaması yapılarak, vakum ambalajlanmış ve 9 ay muhafaza edilmiştir. Muhafaza süresinin 0, 1, 2, 3, 6 ve 9. aylarında numuneler mikrobiyolojik, kimyasal ve duyusal analizlere tabi tutulmuş ve ozon gazı uygulamasının mikrobiyel gelişme ve kimyasal kalite üzerine etkisi incelenmiştir. Araştırma sonucu, naturel iç fındıklarda ozon gazı uygulamasının beklenildiği gibi protein, yağ, su aktivitesi ve nem üzerine önemli bir aktivitesi bulunmamıştır. Etkili olması beklenen serbest yağ asidi üzerine de belirli bir etkisinin olmadığı, ancak peroksit değerlerinin ozon uygulanan numunelerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, çalışmada ilerleyen depolama süresince peroksit değerinde meydana gelen artış ve bu dönemlere ait duyusal analizlerde ürünlerin acılaşma ve kötü koku puanlarındaki artış ile teyid edilmiştir. Depolama sürecinde incelenen toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ozon gazı uygulanan örneklerde, kontrol grubuna göre istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). İstatistiksel olarak aralarında önemli farklılıklar bulunmasa da ozonlamanın maya-küf sayısını azaltabileceği belirlenmiştir. Ozon gazı uygulanan örneklerde depolama süresince maya-küf sayısı ve toplam canlı sayısı kontrol grubuna göre daha düşük tespit edilmiştir. Ozon gazı uygulamasının duyusal analizlerde sertlik dışındaki diğer parametrelere (lezzet, kötü koku, acılaşma, bayat tat ve yabancı tat) olumsuz etkisi olduğu görülmüştür. Özellikle depolama süresi ile birlikte ozon gazı uygulanmış örneklerde lezzet, kötü koku, acılaşma, bayat tat ve yabancı tat üzerindeki olumsuz etki, kontrol grubuna göre daha da belirginleşmiştir.

Temmuz 2019, 63 sayfa

Anahtar Kelimeler: Mikotoksin, Fındık, Ozon

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECTS OF OZONE APPLICATION ON MICROBIAL GROWTH AND CHEMICAL QUALITY OF NATURAL HAZELNUT

Hilal Esra Şeyhoğlu Akbaş

Ondokuz Mayıs University
Graduate School of Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet Hilmi on

In this study, ozone gas was applied for 30, 60 and 90 minutes on crop of natural hazelnut kernels of 2016 and then vacuum packed and stored for 9 months. Samples were subjected to microbiological, chemical and organoleptic analyzes during their storage periods at 0, 1, 2, 3, 6 and 9. months and the effect of ozone treatment on microbial growth and chemical quality was investigated. As a result of the research, it was not found any significant activity on dry matter, protein, oil, water activity and moisture as expected in the ozone gas treatment on natural hazelnut kernals. Likewise, there was also no significant effect on the free fatty acid as expected but it was noted that the peroxide values were higher in ozone-treated samples. This phenomena was confirmed by the increase in peroxide value during advancing storage periods and the increase the scent and bad odor scores of the products in organoleptic analyzes of these periods. The total number of mesophilic aerobic bacteria examined during storage was significantly lower in the ozone-treated samples than the control group ($p < 0.05$). There aren't significant differences between them, still it has been determined that ozone gas treatment may decrease the number of yeast and mold. Organoleptic analyzes showed negative effects on all parameters except hardness. The flavor, bad odor, bitterness, stale taste and foreign taste were especially evident in the storage process compared to the control group.

July 2019, 63 pages

Keywords: Mycotoxin, Hazelnut, Ozone

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmalarımın yürütülmesinde değerli bilgi ve tecrübeleri ışığında bana yol gösteren, desteğini esirgemeyip karşılaştığım zorluklarda daima yanımda olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet Hilmi Çon' a teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi ve deneyimleri ile yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Hasan Temiz'e teşekkürlerimi sunarım.

Proje çalışmalarını yürütebilmem adına olanak kılan Banvit A.Ş eski yönetim kurulu Görener Ailesine, yöneticilerim Çiğdem Kızılay Karaoğlu'na ve Uğur Pekbay'a çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca elimi hiç bırakmayan, her daim yanımda olan, eğitimim için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan sevgili annem Meral Şeyhoğlu'na, sevgisini esirgemeyen babam Muhammet Şeyhoğlu'na ve canım ablam Rabia Şeyhoğlu'na sonsuz teşekkür ederim. Varlığıyla bana güç veren eşim İlhan Akbaş 'a tüm içtenliğimle teşekkürlerimi sunarım.

Desteklerini her zaman yanımda hissettiğim, yardımsever iş arkadaşlarıma katkılardan dolayı tüm içtenliğimle teşekkürleri bir borç bilirim.

Halk sağlığına ve ülke ekonomisine katkı verecek sonuçlara ulaşılan bu proje Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından PYO.MUH.1904.14.006 No ile desteklenmiştir.

Temmuz 2019, Samsun

Hilal Esra ŞEYHOĞLU AKBAŞ

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Aflatoksinler.....	4
2.2. Fındıklarda Küf ve Aflatoksin Sorunu.....	7
2.3. Fındıklarda Küf Kontaminasyonu ve Gelişimini Etkileyen Çevre Koşulları ...	8
2.4. Aflatoksin Oluşumunu Engellemek İçin Alınacak Önlemler.....	11
2.5. Mikotoksinlerin İnsan ve Hayvan Sağlığı Üzerine Etkileri.....	13
2.6. Aflatoksin Limitleri.....	20
2.7. Türk Fındığı İhracatına Aflatoksin Probleminin Etkisi.....	21
2.8. Ozon ve Gıdalarda Kullanımı.....	22
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
3.1. Materyal.....	29
3.2. Yöntem.....	29
3.2.1. Ozonlama uygulaması.....	29
3.2.2. Mikrobiyolojik analizler.....	29
3.2.2.1. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı.....	29
3.2.2.2. Maya-küf sayımı.....	30
3.2.3. Kimyasal ve fiziksel analizler.....	30
3.2.3.1. Yağ tayini.....	30
3.2.3.2. Serbest yağ asidi analizi.....	30
3.2.3.3. Peroksit tayini.....	31
3.2.3.4. Ham protein tayini.....	31
3.2.3.5. Su aktivitesi tayini:.....	32
3.2.3.6. Nem tayini.....	32
3.3. Duyusal Analiz.....	32
3.4. İstatistik Analiz.....	33
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	34
4.1. Ozon Gazı Uygulamasının Mikrobiyolojik Özellikler Üzerine Etkisi.....	34
4.2. Ozon Gazı Uygulamasının Serbest Yağ Asitliği ve Peroksit Sayısı Üzerine Etkisi.....	37
4.3. Ozon Gazı Uygulamasının Su Aktivitesi ve Nem İçeriği Üzerine Etkisi.....	42
4.4. Ozon Gazı Uygulamasının Protein ve Yağ İçeriği Üzerine Etkisi.....	44
4.5. Ozon Gazı Uygulamasının Duyusal Özellikler Üzerine Etkisi.....	45
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

°C	Santigrat
a_w	Su aktivitesi
cm	Santimetre
g	Gram
g/saat	Gram/Saat
kGy	Kilogrey
LD ₅₀	Ortalama öldürücü doz
log kob/g	Koloni Oluşturan Bölüm/ Gram
meqO ₂ /kg	Miliekivalen O ₂ / kg yağ
mg kg ⁻¹	Miligram/Kilogram
mg/dk	Miligram/Dakika
mg/L	Miligram/Litre
mL	Mililitre
mm	Milimetre
ng/kg	Nanogram/Kilogram
nm	Nanometre
pH	Hidrojen iyonu konsantrasyonunun (-) logaritması
ppb	Milyarda bir
ppm	Milyonda bir
sn	Saniye
µg/kg	Mikrogram/Kilogram
µg/mL	Mikrogram/Mililitre

KISALTMALAR

ADI	Kabul Edilebilir Günlük Alım Miktarı
ATP	Adenozin Trifosfat
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
DRBC	Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi
FFA	Serbest Yağ Asidi
GRAS	Genel Olarak Güvenli Kabul Edilir
IARC	Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı
KKN	Kritik Kontrol Noktası
MAM	Marmara Araştırma Merkezi
Mrna	Mesajcı Ribo Nükleik Asit
NOEL	Gözlenebilir Etki Oluşturmayan Düzey
PCA	Plate Count Agar
RASFF	Gıda ve Yem İçim Hızlı Alarm Sistemi
RNA	Ribo Nükleik Asit
Spp	Türleri
TAMB	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayımı
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UV	Ultra Viyole

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Aflatoksinlerin kimyasal yapıları (Güntekin, 2007).....	5
Şekil 2.2.	<i>Aspergillus flavus</i> (Anonim, 2018).....	6
Şekil 2.3.	Mikotoksinlerin insan ve hayvanlara geçiş yolları (Tosun, 2015).....	14



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Kodeks Alimentarius maksimum aflatoksin limitleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$) (Kayabaşı, 2015).....	20
Çizelge 2.2. AB'ye göre fındıkta maksimum aflatoksin limitleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$) (Kayabaşı, 2015).....	20
Çizelge 2.3. TGK'ya göre fındıkta aflatoksin limitleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$) (Anonim, 2011)...	21
Çizelge 3.1. Duyusal analiz formu	33
Çizelge 4.1. Ozon gazı uygulamasının toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı üzerine etkisi ($\log \text{kob}/\text{g}$).....	34
Çizelge 4.2. Ozon gazı uygulamasının maya küf sayısı üzerine etkisi ($\log \text{kob} /\text{g}$).....	36
Çizelge 4.3. Ozon gazı uygulamasının serbest yağ asitliği üzerine etkisi (%).....	38
Çizelge 4.4. Ozon gazı uygulamasının peroksit üzerine etkisi (meqO_2/kg).....	40
Çizelge 4.5. Ozon gazı uygulamasının su aktivitesi (a_w) üzerine etkisi.....	42
Çizelge 4.6. Ozon gazı uygulamasının nem içeriği üzerine etkisi.....	43
Çizelge 4.7. Ozon gazı uygulamasının protein ve yağ içeriği üzerine etkisi (%)... ..	45
Çizelge 4.8. Ozon gazı uygulamasının renk üzerine etkisi.....	46
Çizelge 4.9. Ozon gazı uygulamasının lezzet üzerine etkisi	46
Çizelge 4.10. Ozon gazı uygulamasının acılaşıma üzerine etkisi.....	47
Çizelge 4.11. Ozon gazı uygulamasının kötü koku üzerine etkisi.....	48
Çizelge 4.12. Ozon gazı uygulamasının yabancı tat üzerine etkisi	49
Çizelge 4.13. Ozon gazı uygulamasının bayat tat üzerine etkisi	49
Çizelge 4.14. Ozon gazı uygulamasının sertlik üzerine etkisi.....	51

1. GİRİŞ

Türkiye'nin Karadeniz Bölgesinde yetişen fındık, doğal yayılma alanı olan ve üreticilerinin en büyük geçim kaynağı tarımsal sanayi ürünüdür. Dünyada fındık yetiştiriciliğinin ve ticaretinin yapıldığı ilk ülke Türkiye, fındığın en önemli yabancı türlerinin ve kültür çeşitlerinin anavatanıdır (Ayfer vd, 1986). Türkiye, fındık üretimi ve ihracatı açısından dünya lideri konumundadır. 2018 yılı verilerine göre Türkiye'de ortalama 700.000 hektar alanda fındık yetiştirilmiş ve yıllık ortalama 550.000 tonluk üretim gerçekleştirilmiştir. 2018 yılında dünyada 976.200 hektarlık bir alanda fındık üretimi yapıldığı tahmin edilmekte olup, üretim alanlarının %75'i Türkiye'de bulunmaktadır (Anonim, 2019a).

Ülke ekonomimizde önemli bir yeri olan fındıkta çeşitli ülkelerin aflatoksin miktarını sınırlandırması nedeni ile, fındık ihracatında güçlükler söz konusudur (Demir vd, 2002).

Son yıllarda gıdaların mikrobiyal açıdan daha güvenilir olmasının amaçlanması üzerine radyasyon ve ozon uygulamaları gibi farklı alternatif yöntemler dikkat çekmektedir. Ozon uygulamaları ile daha düşük konsantrasyonlarda ve daha kısa sürede geniş yelpazede yer alan mikroorganizmaların inaktivasyonu sağlanarak, gıda sanayinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Yüksek reaktivitesi, kendiliğinden parçalanması ve kalıntı bırakmaması ozonun kullanımını güvenli hale getirmektedir (Yıldız ve Yangılar, 2014). Ozon, Amerikan Gıda ve İlaç dairesi (FDA) tarafından 1997 yılında güvenli ajanlar (GRAS) statüsü kazanmıştır. 2001 yılı itibari ile "gıdalarla doğrudan temasında sakınca olmadığı" yönündeki kararlar gıda endüstrisinde kullanım olanağı bulan ozon, koruma yöntemlerine alternatif olmuştur (Savaş, Tavşanlı ve Gökgözoğlu, 2014).

Ozon, oksijen molekülünün üç atoma sahip (O_3) bir formudur. Normal atmosfer basıncında ve sıcaklığında stabil olmayıp, $35^\circ C$ nin üzerindeki sıcaklıkta hızla oksijene dönüşmektedir. Bu nedenle endüstriyel kullanımında ihtiyaç halinde üretilmek zorundadır. Doğada gök gürültüsü ile açığa çıkan taze temiz kokusuyla karakterize edilen mavimsi veya renksiz bir gaz olan ozon ticari olarak çoğunlukla

bir korona akım jeneratörü tarafından saf oksijen veya hava kullanılarak üretilmektedir (Işıkber vd, 2015).

Güçlü bir dezenfeksiyon ve fumigasyon maddesi olan ozon gazı, bu özelliğinden dolayı suyun dezenfeksiyonunda, koku, tat ve rengin giderilmesinde, sudaki pestisitlerin, inorganik ve organik bileşiklerin bertaraf edilmesinde kullanılmaktadır. Yine, sebze ve meyvelerin muhafazası, çabuk bozulan ürünlerin yüzey dekontaminasyonu, işleme ekipmanları ile paketleme materyallerinin sterilizasyonunda da kullanılmaktadır. Ozonun gıda endüstrisinde kullanımına yönelik çalışmalara; proses suyu dezenfeksiyonu ve geri dönüşümü, küflerden kaynaklanan bozulmaların önlenmesi, bakteriyel gelişimin önlenmesi, meyve ve sebzelerin yıkanması ve muhafazası, kuru incirlerde mikrobiyel yükün azaltılması, paslanmaz çelik yüzeylerdeki mikrobiyel yükün indirgenmesi, depo zararlılarının kontrolü, pestisit ve kimyasal kalıntıların parçalanması, kanatlı ve et ürünlerinde mikroorganizmaların kontrolü örnek verilebilir (Işıkber vd, 2015).

Gıdalara ozon uygulaması ya depo atmosferine ozon gazı verilerek ya da ozonlu su ile yıkanarak gerçekleştirilmektedir. Gıda endüstrisinde gaz ve su formunda uygulanan ozonun mikroorganizmalar, mikotoksinler ve pestisitler üzerindeki etkisi birçok araştırmacıya konu olmuştur. Ozon, mikroorganizmaların hücre yapısını oksidasyona uğratarak hücre bileşenlerine zarar verir ve mikroorganizmaları inaktif hale getirir. Hedef mikroorganizmanın ozonlama ile inaktif hale getirilmesi iki şekilde gerçekleşmektedir. Birincisi protein, peptid ve enzimlerin aminoasit ve sülfidril grupları oksidasyona uğrayarak, kısa peptitler meydana gelmektedir. İkincisi ise, çoklu doymamış yağ asitlerinin asit peroksitlerine okside olmasıdır. Hücre zarında bulunan çift bağlı doymamış yağ asitleri etkilenmekte, gram negatif bakterilerin hücre yapısındaki lipoprotein ve lipopolisakkaritler etkilenmesi ile hücre zarının geçirgenliği de değişime uğramaktadır. Ozonun seçici olmaması, hücre yapısındaki proteinleri okside etmesi, hızlı hücre ölümlerine yol açar. Yine nükleik asitlerin hasar görmesi de hücre ölümlerine sebebiyet vermektedir (Sevilgen, 2009).

Ozon uygulaması ile birçok faktöre bağlı olarak, ürünlerin duyuşal ve kalite özelliklerinde kayıplar ya da iyileşmeler görülebilmektedir. Gıdanın kimyasal bileşimine, ozon konsantrasyonuna ve uygulanma biçimi ile süre gibi birtakım parametrelere bağlı olduğu bildirilmektedir (Karaca, 2006). Buna örnek olarak,

yüksek konsantrasyonlarda ozon uygulanan gıdalarda renk ve tat özelliklerinde kayıplara neden olabilmektedir (Kuşçu ve Pazır, 2004). Araştırmaların bazılarında aroma kayıplarının olduğu, bazılarında ise kontrol örneğinde olmayan yeni bileşiklerin meydana geldiği ifade edilmiştir (Sevilgen, 2009).

Tüm bu bilgiler ışığında, kalıntı bırakmadan atmosferik oksijene ayrışması nedeniyle sağlıklı ve çevreci bir dezenfeksiyon yöntemi olan ozonlamanın, fındıkta yaygın olan ve insan sağlığı için risk oluşturan küf gelişimi ve fındığın kalitesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda, uygun ozon uygulanma süresi belirlenerek ozonlama işleminin naturel fındıklarda alternatif/ek muhafaza yöntemi olarak değerlendirilecektir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Aflatoksinler

Mikroorganizmalardan olan küfler, uygun şartlar bulduklarında gelişerek canlılar için zararlı olan metabolitler üretirler. Hemen her ortamda bulunan ve her çeşit gıda maddesinde üreyebilen küfler, tarımsal ürünlere hasat öncesi, hasat, harman ve depolama aşamalarında bulaşmaktadır. Uygun olmayan depolama şartlarında gelişerek ürünün kalite ve kantitesini bozarken diğer yandan insan ve hayvan sağlığı için çok zararlı toksik bileşikler olan mikotoksinleri de oluşturmaktadır (Demir vd, 2002).

Küflerin çok önemli metabolitleri olan mikotoksinler üzerindeki araştırmalar aflatoksinin bulunmasından sonra bütün Dünya’da hız kazanmıştır. Aflatoksinler yüksek toksisite ve karsinojeniteye sahip mikotoksinlerdir ve normal gıda işleme şartlarına dayanıklıdır. (EI Nabarawy vd, 1989; Gourama ve Bullennan, 1995). Ülkemiz açısından ilk mikotoksin problemi 1967 yılında Kanada’ya ihraç edilen 10 ton iç fıncığın aflatoksin tespiti sebebiyle geri çevrilmesi ile gündeme gelmiş ve üzerinde çalışmalara başlanmıştır (Demir vd, 2002). İhraç ürünlerinde, yüksek oranda aflatoksin tespiti ile ilgili uyarılar zaman zaman gündeme konu olmaktadır. Fındık, yer fıncığı, Antep fıncığı, kırmızı pul biber, incir, mısır ve buğday aflatoksin açısından risk oluşturan başlıca ürünler (Çeliksaş ve Dağlıoğlu, 2008).

Gıda ve yemlerde bulunan en toksik mikotoksinin aflatoksinler olduğu, insan ve hayvan sağlığını olumsuz etkilediği bildirilmiştir (Yentür ve Er, 2012).

Dünya genelinde üretilen tarımsal ürünlerin yaklaşık olarak %25’inin mikotoksinlerle kontamine olduğunun raporlanması ve dünya nüfusunun artışına bağlı gıda sorunlarında artış görülmesi, ilerleyen yıllarda güvenilir gıda talebini daha da arttıracaktır. Patojenik ve bozulma etmeni olan küfler tarafından üretilen mikotoksinler *Aspergillus spp.*, *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.* ve *Alternaria spp.* başta olmak üzere ikincil metabolitleridir (Moss, 1992; Sweeney ve Dobson, 1999). Doğada bulunan 100’ün üzerinde küf türü tarafından 400 kadar ikincil metabolit üretilmektedir ve toksijenik etkiye sahip olduğu bildirilmektedir (Wang ve Groopman, 1999).

İngiltere'de 1960 yılında kanatlı çiftliklerinde 100.000'in üzerinde hindinin ölümü üzerine, yeni bir hastalık olarak "Hindi X hastalığı" adlandırılmıştır. Bu hastalığın sadece hindilere özgü olmadığı sonradan anlaşılmış, genç sülünler ve yavru ördekler de bu olaydan etkilenecek ölümler görülmüştür. Yapılan araştırmalar doğrultusunda, Brezilya'dan ithal edilerek yeme katılan yer fıstığı küspesi ile bu ölümlerin ilişkili olduğu anlaşılmıştır. Sonrasında yapılan çalışmalar, aflatoksinlerin çoğu gıda maddesinde oluştuğunu belirtmiştir (Atik, 2012).

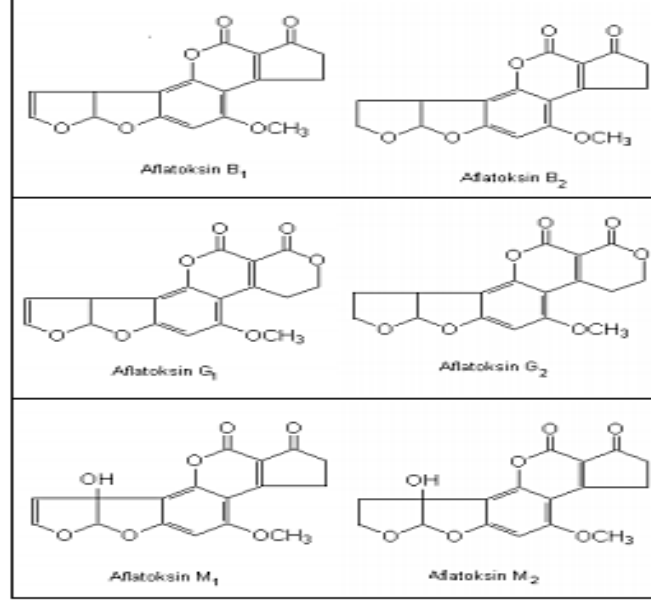
Aflatoksin oluşturan küfler, uygun nem ve sıcaklıkta genellikle ürün hasatından sonra ölü hücrede gelişerek aflatoksin oluşturabilmektedir. Gıdada toksijenik küf olmasına rağmen aflatoksine rastlanmayabilir, güvenli görünen bir üründe ise aflatoksine rastlanabilir. Fiziksel ve biyolojik birçok faktör, aflatoksinin doğal oluşumuna etki etmektedir. Bunlar arasında iklim koşulları, sıcaklık ve nem önemli parametrelerdir (Demir vd, 2002).

Aflatoksinler, *Aspergillus flavus*, *A.nomius* ve *A.parasiticus* küfleri tarafından üretilen metabolitlerdir. Başlıca 4 adet aflatoksin olan B₁, B₂, G₁ ve G₂ küfler tarafından doğrudan üretilmektedir. (Ayfer vd, 1986). M₁ ve M₂, sütte bulunmakta olup B₁'in ve B₂'nin metabolikleridir (Karaman ve Acar, 2006). M₁ ve M₂, ilk olarak aflatoksinli yem tüketen hayvanların sütlerinden izole edilmişlerdir ve buna dayanılarak M olarak gösterilmişlerdir. Aflatoksin B₁ ve B₂ UV (Ultra Viyole) ışığı altında mavi, G₁ ve G₂ ise sarı-yeşil flüoresan vermelerinden dolayı bu özellikleri isimlendirilmelerinde dikkate alınmıştır (Demir vd, 2002). Aflatoksinlerin kimyasal yapısı Şekil 2.1'de verilmiştir.

Aflatoksinlerin arasında en toksik olan ve gıdalarda en sık karşılaşılan aflatoksin B₁'dir. İnsan sağlığı açısından yüksek dozda alınması halinde şiddetli toksik etkisine ilave olarak, düşük dozda sürekli alımının ise kronik etkilere sebebiyet verdiği bildirilmiştir. Bilimsel araştırmalar ışığında, gıdalardaki aflatoksin limitleri üzerine uluslararası standartların tartışılması hız kazanmıştır (Karaman ve Acar, 2006).

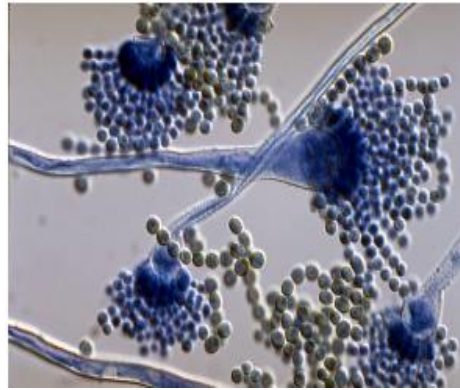
Aflatoksinler, metanol, kloroform gibi birçok organik çözücüde çözünebilmektedirler. Sudaki çözünebilirlikleri ise düşüktür (10-30 µg/mL). Toksinler, UV ışığını (362 nm) kuvvetle absorbe ederler ve floresan emisyonunu, aflatoksin B₁ ve B₂ için 425 nm de, aflatoksin G₁ ve G₂ için ise 450 nm de

oluştururlar. Aflatoksinler gıda ve yemlerde stabildirler, fakat çok düşük (3'den az) veya yüksek pH'larda (10'dan büyük), oksijen olan ortamda okside edici ajanlarla UV ışığında aktivasyonlarını hızla kaybederler (Özkaya ve Temiz, 2003).



Şekil 2.1. Aflatoksinlerin kimyasal yapıları (Güntekin, 2007)

Aspergillus türleri aseksüel olarak ürerler. Aspergillus türlerinin mikroskopik görünümüne bakıldığında, hiflerin bölmeli ve iyi gelişmiş olduğu, bir taban hücresi üzerine oturmuş düzgün kenarlı ve dik konidiyoforları, apikalde genişleme yapmakta ve dallanma görülmektedir. Konidiyumları tek hücreli, kuru ve hidrofobiktir (Güntekin, 2007). Şekil 2.2. de *Aspergillus flavus*'un mikroskopik görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.2. *Aspergillus flavus*, (Anonim, 2018)

Aflatoksin oluşturan türlerin bütün suşlarının toksin sentezleyebilmeleri söz konusu değildir. Gıdalar dan ve yemlerden izole edilerek toksin üretme yönünden incelenen 3000 kadar *A. flavus* suşunun %76'sının yeteneğe sahip olduğu belirlenmiştir. Bu konuda Türkiye' de ayrı iki çalışma yapılarak ‘‘aflatoksin üretme yeteneği / test edilen *A. flavus* sayısı’’ 3/18 ve 20/43 olarak bildirilmiştir (Tunail, 2000).

2.2. Fındıklarda Kf ve Aflatoksin Sorunu

Sert kabuklu meyvelerde kontaminasyon riski diğerlerine göre daha az olmasına rağmen fındıkta kf kontaminasyonu ve aflatoksin oluşumu gözlenmektedir (eliktaş ve Dağlıoğlu, 2008).

Aflatoksin oluşturan küfler, hasat sonrasında uygun sıcaklık ve nem varlığında gelişerek aflatoksin oluşturmaktadırlar. Fındıkta *A. flavus* bulaşması ve aflatoksin oluşumu gözlendiğinde, kabuğu sağlam olan tanelerde endosperme bulaşmadığı, toprakla temas etmesiyle bulaşmanın gerçekleştiği ve aflatoksinin kurutma işlemi esnasında oluştuğu saptanmıştır. Bu nedenle, fındık ve fındıktan elde edilen ürünlerde aflatoksinlerin varlığını hasattan önceki ve sonraki koşulların etkilediği tespit edilmiştir. Ancak, kontaminasyon nedeni ile hasattan sonraki aşamalar aflatoksin oluşumunda en kritik aşamalardır. Bu sebeple, soldurma ve kurutma işlemlerini en kısa zamanda ve en uygun şartlarda yapmak önemlidir (şen ve Nas, 2010).

Ülkemizde, 1982 yılında TBTAK-Marmara Araştırma Merkezi tarafından küfler ve mikotoksinlerle ilgili detaylı çalışmalar yapılmıştır. NATO (North Atlantic Treaty Organization) Science for Stability Programı tarafından destek verilen proje kapsamında birçok gıdada mikoflora ve mikotoksin varlığı proje konusu olarak ele alınmış, fındıkta aflatoksin sorunu da kapsama dahil edilmiştir. (Heperkan, 2003).

Türkiye'de üretilen kabuklu fındıklar üzerine yapılan araştırmada, *Aspergillus niger* başta olmak üzere *A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. candidus* türleri ile *Penicillium*, *Trichothecium*, *Rhizopus* ve *Fusarium* türleri tanımlanmıştır. 61 örneğin ortalama %18'inde *A. Flavus*'un belirlendiği bildirilmiştir (Tunail, 2000).

Erarslan'ın (2006) bildirdiğine göre ise; ülkemizde, fındıkta aflatoksinle ilgili ilk çalışmalar 1968 yılında başlamıştır. Söz konusu çalışmada, Güray ve Vural

(1968) Ankara’da piyasadan tedarik ettikleri 27 adet fındık örneğinden 6 adetinde aflatoksin saptandığını ve aflatoksin düzeylerini 50 ppb’nin altında belirlemişlerdir. Benzer şekilde Akşehirli ve Bozkurt (1969) piyasadan tedarik edilen ve Kanada’dan iade gelen fındıkların 42 örneğinin ikisinde mavi floresans veren metabolit aflatoksin B₁ tespit etmişlerdir. Yine Erarslan’ın (2006) bildirdiğine göre; Denizel ve Köşker (1972) tarafından 37 fındık örneğinden 9 örnekte *A. flavus* tanımlanmış ve toksin ürettiği belirlenmiş, Çolakoğlu ve Ünal (1974) tarafından ise 13 adet fındık örneğinde aflatoksine rastlanmadığı bildirilmiştir.

Ayçiçek vd (2005) tarafından 51 fındık örneğinden 4’ünde toplam aflatoksin miktarı belirlenmediği, 26 örnekte 1 ppb’den az, 17 örnekte 1–5 ppb arasında, 3 örnekte 5–10 ppb arasında ve 1 fındık örneğinde 10 ppb’den fazla toplam aflatoksin içerdiği belirlenmiştir. Aynı fındık örneklerinde aflatoksin B₁ miktarlarının ise, 8’inde belirlenmediği, 41’inde 1 ppb’den az, 1’inde 1-5 ppb arasında, 1’inde ise 5-10 ppb arasında aflatoksin B₁ belirlendiğini bildirmişlerdir.

Özay vd (2005) çalışmalarında izole edilmiş olan *A. flavus* ve *A. parasiticus* türlerinin toksijenik kapasitesini test etmişlerdir. Çalışmalarında, 2002 yılında 2923 izolatın 48 adedinin, 2003 yılında 3069 izolatın 112 adedinin, 2004 yılında 1310 izolatın 603 adedinin toksin üretebildiği tespit edilmiştir. Toksijenik 603 adet küfün 495’inin bahçelerden temin edilen örnekler olduğu ve %39’unun 1. bölgeye (Adapazarı-Düzce), %40’inin 2. bölgeye (Samsun-Ordu) ve %21’inin 3. bölgeye (Giresun-Trabzon) ait olduğu belirlenmiştir. Böylece, toksijenik küflerin yıllara göre farklılık gösterebileceği ancak iklim ya da mevsimsel şartların etkileşimi ile bölgeler arasında keskin ayrımlar yapılamayacağı bildirilmiştir. Dolayısıyla, aflatoksin oluşumu açısından hasattan sonraki aşamaların kritik olduğu, toksijenik küf adetlerinin yüksek olmasının aflatoksin açısından kesin bir gösterge olmadığı anlaşılmıştır. Fakat hasattan sonraki aşamalarda alınacak önlemlerin aflatoksin riskini indirgeyebileceği ortaya konulmuştur. Sonuç olarak, ortamda aflatoksin üretebilen küf bulursa dahi, hasattan sonra ve depolama esnasında toksin oluşumunu önleyici tedbirler sayesinde aflatoksin oluşmayacağı vurgulanmıştır.

2.3. Fındıklarda Küf Kontaminasyonu ve Gelişimini Etkileyen Çevre Koşulları

Fındık raf ömrünü olumsuz etkileyen en önemli etken küflenmedir. Küf gelişimi bahçede ağaç dalında başlamakta, hasadı yığın olarak bekletme, uygunsuz kurutma

işlemleri, gibi nedenlerle devam etmekte, uygun olmayan depolama ve taşıma esnasında da artabilmektedir. Kabuğun zedelenmesi ile de tanenin içine küf misellerin geçişinin kolaylaştığı bildirilmiştir (Özçakmak ve Dervişoğlu, 2007). Aflatoksin kontaminasyonu kısa sürede hızla oluşum gösterebilmektedir. Yapılan bir çalışmada, bitkilere *A. flavus* inokule edilerek takibi yapılmış, iki gün sonunda 0,3–2 ppb, dört gün sonunda 950–2.800 ppb ve yedi gün sonunda ise 3.600–4.500 ppb miktarlarında aflatoksin tespit edildiği belirtilmiştir (Yentür ve Er, 2012).

Aflatoksin üreticilerinden *A. flavus* daha yaygın bulunmaktadır. *A. parasiticus* ise tropik ve subtropik iklim koşullarında görülmektedir. Ancak iki türe de topraklarda sık rastlanılmakta; havada, hayvanlar ve bitkiler üzerinde bulunmaktadır (Tunail, 2000). Küf gelişimi ve toksin oluşumu için gerek duyulan sıcaklık ve su aktivitesi a_w değerleri aynı olmamakta ve türlere göre de değişiklik göstermektedir (Yentür ve Er, 2012). *Aspergillus*'lar mezofilik mikroorganizmalardır ve 6-8°C'den 50-60°C'ye geniş sıcaklık aralığında gelişim göstermektedirler. Gelişebilmeleri için optimum sıcaklıkları 35-38°C'dir. Aflatoksin oluşumu, 10-13°C'lerin altında ve 41-42°C'lerin üzerine çıktıkça sınırlanmaktadır. 25-30°C'lerde en yüksek toksin oluşumu görülmektedir. Depolarda dalgalı sıcaklıklar veya doğal iklim koşullarına bağlı olarak sıcaklıkta meydana gelen iniş ve çıkışlar aflatoksin sentezini uyarıcı etkiye sahiptir. (Tunail, 2000).

Su aktivitelerine göre, kavrulmuş fındıklar (a_w : 0,24), naturel (a_w : 0,38) ve kavrulmuş kıyılmış fındıklara göre aflatoksin açısından daha dayanıklıdır (Sanchis vd, 1988). *Aspergillus*'ların gelişimleri için gereken optimum a_w değerleri 0,97–0,99 arasında olup, 0,80 a_w değerinin altında da gelişimlerini devam ettirebilirler. *A. parasiticus*, gelişimi için minimum 0,78–0,84 arası a_w değerlerini isterken, *A. flavus* minimum 0,78–0,82 arası a_w değerlerini talep etmektedir. Toksin oluşumu için ise daha fazla minimum a_w değerlerine ihtiyaç duyarlar. Toksin oluşumu için, *A. parasiticus* minimum a_w değeri 0,87, *A. flavus* minimum a_w değerleri 0,83-0,87 arasında olduğu bildirilmiştir. En yüksek düzeyde aflatoksin oluşumu pH 5-6 aralığında gerçekleşmektedir. Aflatoksin oluşumu için küf türüne göre farklılık gösteren minimum a_w değeri, substrata bağlı daha da değişkenlik gösterir (Tunail, 2000).

Türkiye'de fındıklar geleneksel olarak güneşte kurutulduğundan, nemli ve yağışlı iklim şartlarında kurutma işleminin uzun sürmesi nedeniyle küf gelişimi ve

ardından mikotoksin üretimi gerçekleşebilir. Etkin ve kısa sürede kurutma işlemi ile fungal aktivite ve spor çoğalması inhibe edilir. Böylece gıdanın solunum hızı azalır, böcek hasarı önlenir ve fizikokimyasal stabilite gelişir. Hasat öncesi uygun uygulamalar ile birlikte ardından uygun kurutma ve güvenli saklama ile üründe hem kalite hem de ekonomik kayıpların önüne geçilebilir (Özilgen ve Özdemir, 2001). Heperkan (2003) tarafından da fındıkta aflatoksinle karşılaşıldığı; toprakla temas eden gıdalarda *A. flavus* bulaşmasının yüksek olduğu; kabuğu hasar gören tanelerde endospermin de enfekte olduğu; kurutma esnasında aflatoksin oluşumunun başladığı bildirilmiştir.

Ürünün güneşte kurutma sırasında tekrardan nemlenmesi küflerin gelişimini ve mikotoksin üreme riskini tetikler. Güneşte kurutma aşamasında, ilk 6-10 günde su aktivitesinin yüksek olması nedeni ile aflatoksin oluşabilmektedir (Eke ve Gökten, 1987). Bu nedenle güneşte kurutma yerine, merkezi tesislerde, kurutucularda 40°C sıcaklıkta %5 nem değerine düşüncüye kadar kurutma tavsiye edilmektedir (Özilgen ve Özdemir, 2001). Bir başka araştırmacı, %25-40 nem değerindeki fındığı 1 ile 3 gün içinde iki aşamada kurutarak %4-5 nem değerine indirerek, %65 nispi nem değerinde 5-7°C aralığında 1 ay süresinde depolanabildiğini göstermiştir (Özçakmak ve Dervişoğlu, 2007). Kurutmanın 40 ve 45 °C'lerde fındığın yağ bileşenleri üzerine olumsuz etki yapmadığı belirlenmiştir (Özdemir vd, 2002). TÜBİTAK-MAM tarafından 2003 yılında yürütülen bir projede makine ile kurutmanın avantajlı olduğu ortaya konmuştur (Özay vd, 2005).

Fındık yağlı bir ürün olup, yağ oranı %57-62 arasındadır. 3°C sıcaklıkta ve %60 bağıl nemde kalitelerini iki yıl kadar koruyarak depolanabilirler. Kavrulmuş fındıkların ise 12-15 gün sonra kaliteleri olumsuz yönde değişim gösterir. Mikrobiyal aktivitenin etkisi ile bozulma kadar, kötü tat ve istenmeyen kokuların oluşumuna neden olan acılaşma da yağ oranı yüksek gıdaların kalitesini olumsuz etkileyen önemli sorunlardandır. Fındığın depolanması esnasındaki kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik değişimlerini sınırlayan başlıca önemli faktörler , %50-60 gibi düşük bağıl nem ve sonrasında da 5-10°C gibi düşük sıcaklık koşullarıdır. Bağıl nem değerinin %60- 70 arasındaki değerlerde, enzimler aktif hale geçmektedir. Küfler, %70 bağıl nemin üzerinde gelişmeye başlamakta ve kalite kayıplarına yol açmaktadırlar (Özer, 2009).

Kurutma sonrası fındıklar işleme alınacakları süreye kadar kabuklu halde depolanırlar. Kabuğun ve iç kısmının kimyasal bileşimleri birbirinden farklıdır. Kabuk daha fazla nem absorbe eden selülozik bileşiklerden oluşmakta, iç kısım ise çeşide ve yetiştirme bölgelerine göre değişiklikler göstermekte olup , yağ oranı %55-65 arasındadır. Dolayısıyla kabuklu ve işlenmiş fındıkların su aktivite değerleri farklı nem değerlerine karşılık gelmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda tek bir güvenli depolama nem değerinden bahsetmek yanlış olacaktır. Fakat, %70 bağıl nem değerinin altında naturel fındıkların depolanması küfler ve toksin oluşumunun önlenmesi için yeterli olabilmektedir. Su aktivitesi 0,30-0,20 arasında olan kavrulmuş fındıklarda ise mamüllerin açık olarak %70 bağıl nem koşullarında depolanması ürünün yeniden nem alarak sertlik gibi duyu niteliklerinin bozulmasına neden olacağından ve acılaşıma reaksiyonlarını hızlandıracağından, nem geçirmeyen ambalaj ile paketlenildikten sonra depolanması tavsiye edilmektedir (Özay vd, 2005).

2.4. Aflatoksin Oluşumunu Engellemek İçin Alınacak Önlemler

Ülkemizin dünya genelinde en büyük fındık üreticisi olması nedeni ile, fındık yetiştirilmesi ve işlenmesi önem arz etmektedir. Fındık hasadı, öncesi ve sonrasında birçok sorunla karşılaşmaktadır. Hatalı veya zamanından önce hasat, fındığın uygunsuz şartlarda, yeterli olmayan kurutma işlemi veya nemli havada kurutma başta aflatoksin problemi ve pek çok kalite sorunlarına yol açmakta ve büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Dolayısıyla fındıklarda aflatoksin oluşumuna etki eden etmenlerin belirlenerek, önleyici faaliyetlerin uygulanması gerekmektedir (Özay vd, 2005).

Fındıkların hasattan sonra, kurutma işlemi ile su aktivitelerinin düşürülerek, serin ve kuru ortam koşullarında saklanması gerektiği bildirilmiştir. Olumsuz depo şartları ve özellikle yığın halinde depolama, küf gelişmesini tetiklemekte, ürünün küflü görüntüye bürünmesine ve tüketilemez hale dönüşmesine neden olmaktadır (Heperkan, 2003). Depolama öncesinde fındıkta gizli çürük, nem, serbest yağ asitliği, peroksit, toplam küf, aflatoksin ve *A. flavus* analizleri yapılmalı ve ayda en az 1 kez bu analizler tekrarlanmalıdır. Depolama esnasında, sıcaklık 5-7°C arasında, nispi nem %65 veya altında ve dane nemi %4-5 değerlerinde olmalıdır (Özçakmak ve Dervişoğlu, 2007). Depolarda nem ölçümü kritik kontrol noktası (KKN) olarak

belirlenmeli ve önlemler bu doğrultuda hazırlanmalıdır. Bu sayede depolama boyunca mikotoksin oluşumu tamamen ortadan kaldırılabılır veya limitlerin altındaki değerlere indirgenebilir. Kontamine olmuş partilerin ayırımı ve uygun depolama yöntemleriyle sonraki bulaşmanın önlenmesi aflatoksin kontrolünü geliştirmeye yardım edebilir. Modifiye atmosfer altında depolama, maliyet gerektirir gibi görünse de, ürün güvenliğini sağlayarak ekonomik kayıpların önüne geçen bir uygulamadır (Halkman, 2005).

Depo olarak kullanılacak alanlar; direk güneş ışığı almayan, serin, kuru, nem yapmayan, tabanı zeminden yüksek, çatı ve tavalardan sızdırmaz ve yalıtımlı, kapı-pencere ve diğer kısımlar kontaminasyonu ve haşere girişlerini önleyecek şekilde olmalıdır. Depo zemininde ızgaralar üzerinde üst üste en fazla 10 çuval istiflenmeli, istifler duvardan 25 cm uzakta olacak şekilde ayarlanmalı, fındıklar çeşitlere ve hasat zamanlarına göre ayrılmalı ve jüt çuvallarda depolanmalıdır, naylon çuvallar kesinlikle kullanılmamalıdır (Özçakmak ve Dervişoğlu, 2007).

Aflatoksinli ürünlerin sağlam ürünlerden bazı fiziksel özellikleri itibari ile farklılık göstermesinden faydalanılarak, hasat esnasında ve sonrasında aflatoksin tespit edilen partilerin ayrılması, uygun depolama ve işleme yöntemleriyle yeni aflatoksin oluşmasının önlenmesi sağlanabilmektedir (Özay vd, 2005). Aflatoksin oluşumunun önlenmesi için hasat ve harmanda dikkat edilecek hususlar:

- Fındık bahçelerindeki yabancı otlar, hasat döneminden en az 5-10 gün önce temizlenmelidir.
- Bahçede bulunan ve farklı dönemlerde hasat olgunluğuna erişen farklı çeşitler hasat drumuna göre ayrı ayrı hasat edilmelidir.
- Hasat, fındıklar tam olgunlaştıktan sonra ve yerden yapılmalıdır.
- Hasat olgunluğuna erişip kendiliğinden dökülen fındıklar yerde bekletilmeden hızlıca toplanmalıdır
- Fındıklar hasat edildikten sonra jüt çuvallar içerisine koyulmalı ve aynı gün içerisinde harmana getirilmelidir. Bahçede, naylon çuvallarda ve sıkışık bir şekilde bekletilmemelidir. Bu küfleme ve çürümeye sebebiyet verilir
- Zurumlu fındıklar büyük yığınlar halinde veya kalın tabaka oluşturacak vaziyette yığılıp harmanda bekletilmemelidir.

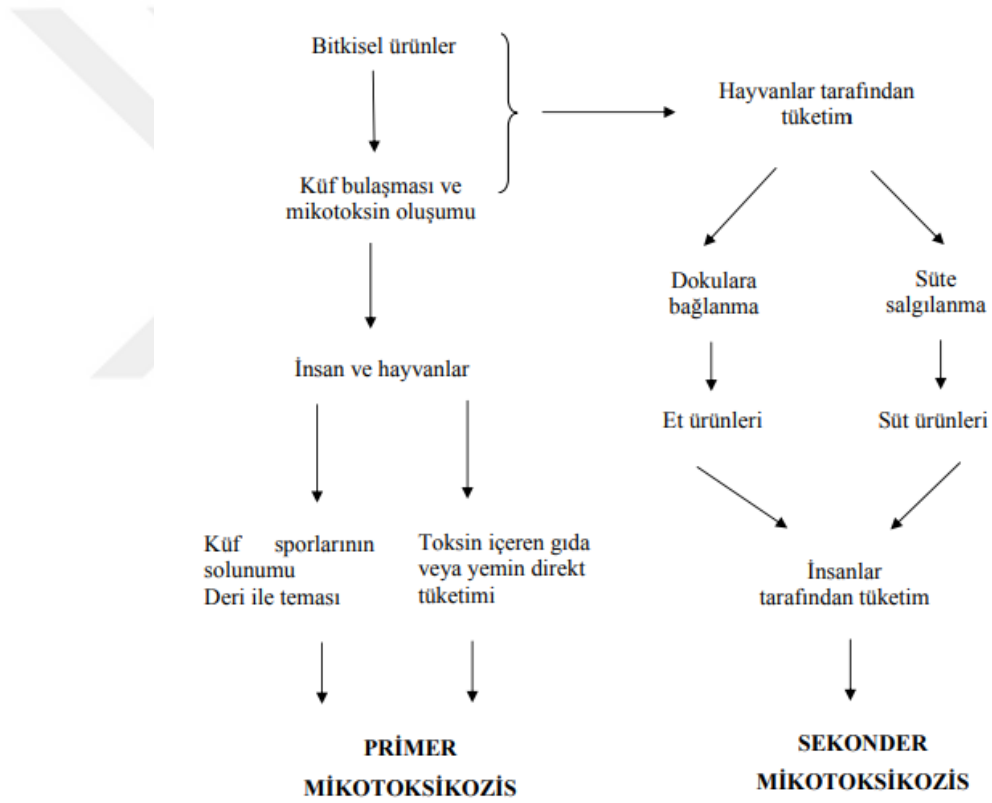
- Zurumlu fındıkların toprakla teması önlenmeli ve yağmurdan korunmalıdır. Üzerlerine örtülen naylon örtü çardak yapılarak, en az 30-40 cm yüksekliğinde olacak şekilde örtülmelidir.
- Zurumlu fındıklar 15-20 cm kalınlığında beton harmanlarda serilerek, güneşte 1-2 gün soldurma işleminden sonra patoza verilmelidir.
- Fındığı verdiğimiz patoz fındıkları zurufundan ayırırken fındık kabuğuna hasar verilmemesine önem gösterilmelidir.
- Zurufundan ayrılan dane fındıklar; hafif eğimli ve temiz beton harmanlara serilerek kurutma işlemine tabi tutulmalıdır. Şayet zemin beton değil ise toprak ile teması önleyebilmek için jüt tente ya da bez kullanılmalıdır.
- En fazla % 12 nem değerine sahip olan ve tam olarak kurumuş olan kabuklu danelerin içindeki, patozun kırıdığı iç fındıklar ve yabancı maddeler ayıklanmalıdır. Bu maddelerin dayanıklılık süresinin az olması nedeni ile küflenerek aflotoksin oluşumuna ve kontaminasyona sebebiyet verebilmektedir.
- Kurutulan fındıklar tam olarak soğuduktan sonra, sabahın erken saatlerinde veya akşam geç saatlerde jüt çuvallar içine yerleştirilmelidir. Naylon çuvallar kızışmaya sebebiyet vereceğinden küflenme riskini arttıracaktır. Bu nedenle jüt çuvallar tercih edilmelidir.
- Kuruyan kabuklu fındıklar eğer kısa süre içerisinde pazara götürülmeyecekse, rutubetsiz, temiz ve uygun havalandırma özelliğine sahip koşullarda depolanmalıdır (Anonim, 2019c).

2.5. Mikotoksinlerin İnsan ve Hayvan Sağlığı Üzerine Etkileri

İnsanların mikotoksinlere doğrudan kontamine olmuş gıdaların tüketilmesi ya da kontamine yemler ile beslenen hayvanlardan elde edilen gıdaların tüketilmesiyle maruz kalırlar. İnsan ve hayvanlarda mikotoksinlerin sebep olduğu zehirlenmeler “mikotoksikozis” olarak bilinmektedir (Şener, 2006; Tosun, 2015). Az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde gıdaların yaklaşık %25’inin mikotoksinlerle ve metabolitleriyle kontamine olduğu görülmektedir (Şener, 2006). Mikotoksinler genellikle kontamine gıdaların tüketilmesi ile vücuda alınmakta olsa da toksijenik sporların inhalasyonu yoluyla ve doğrudan deri ile temasıyla maruziyete

kalınabilmektedir (Salem ve Ahmad, 2010). Mikotoksinlerin insan ve hayvanlara geçiş yolları Şekil 2.3'te özetlenmiştir.

İnsan ve hayvan sağlığı üzerinde mikotoksinlerin olumsuz etkilerinin açığa çıkması, bu konuda yapılan çalışmalara hız kazandırmıştır. Mikotoksinlerin spesifik toksisitelerinin insanlarda doğrudan test edilememesi nedeniyle, toksisite çalışmaları laboratuvar hayvanları üzerinde elde edilen sonuçlara dayanmaktadır. Ancak mikotoksikozis nedeniyle ölüm ve hastalık vakalarına rastlanılan bölgelerde insanlardan alınan kan, idrar ve süt örneklerinde, insan kadavralarında ve bu insanların tükettiği gıdalardan elde edilen mikotoksin bulguları bu konuda veri kaynağı olmaktadır (Özer, 2009).



Şekil 2.3. Mikotoksinlerin insan ve hayvanlara geçiş yolları (Tosun, 2015)

Memeliler, kanatlılar ve balıklar aflatoksinlere duyarlıdırlar. Hayvanlar üzerinde yapılmış birtakım deneyler, vücuda alınan toksinin %90'ından fazlasının 24 saat içinde özellikle gaita ve idrar yolu ile vücuttan atıldığını göstermiştir. Gaita ile %75, idrarla ise %15-20 arasında atılım olduğu tespit edilmiştir. %5-6 oranlarında da karaciğerde tutulduğu bildirilmiştir (Güntekin, 2007).

Aflatoksinlerin arasında insan ve hayvanlar üzerinde en toksijenik etki gösteren, en çok karsinojenik özellikte, gıda ve yemde yaygın olarak bulunan aflatoksin B₁'dir. Aflatoksinlerin insan ve hayvanlardaki toksik etkilerine göre B₁> M₁> G₁> B₂> M₂> G₂ şeklinde sıralanabilirler (İpçak ve Alçiçek, 2013).

Bir yemde bulunan 300 µg/kg gibi düşük miktardaki aflatoksin bile domuzlarda 3-4 ay içinde kronik aflatoksikozise yol açabilmektedir. Kemiriciler ve çelikbaş alabalıklarıyla yapılan deneylerde doz-cevap ilişkisi oluşturulmuş ve yemdeki 1 µg/kg aflatoksin B₁, bu hayvanlarda yaklaşık olarak %10'luk tümör oluşumuna neden olmuştur. Aflatoksinli yemle beslenen kemirgenlerin, kolon ve böbreklerinde tümör oluşumu gözlemlendiği bazı çalışmalar tarafından bildirilmiştir (Anonim, 2017).

Hayvanlarda aflatoksikozisde karşılaşılan başlıca önemli sorunlar, gelişme hızında ve yem tüketiminde azalma, karaciğer bozukluğu, sarılık, iç organlarda kanamalar, bitkinlik, kıl örtüsünde değişme ve ölümlerin artışıdır. Uzun süre az miktarda aflatoksin alımıyla en çok karaciğer kanseri, kanın pıhtılaşması, böbrek fonksiyonunda ve immun cevapta azalma görülür (Güntekin, 2007).

Aflatoksinler, toksik ve karsinojenik poliketit ve karmaşık biyosentetik yolla üretilen ikincil metabolitlerdir. Akut ve kronik toksisite ile birlikte çok çeşitli organizmalarda mutajenik, karsinojenik ve teratojenik etkiler göstermektedirler. Aflatoksinlerin emilimi en çok mide-bağırsak sindirim kanalında, akciğer ve deride gerçekleştiği, yumuşak dokularda ve hayvanların depo yağlarında biriktiği, karaciğer ve böbrekler gibi biyosentezini kendi yapan dokularda en yüksek seviyelerde olduğu görülmüştür (Çağındı ve Gürhayta, 2015).

Aflatoksinlerin yem ile alımında, mide bağırsak kanalından 30 dakika içerisinde geçip kan dolaşım sistemine geçtiği ve 1 saatte de karaciğere vardığı görülmüştür. Aflatoksinlerin karaciğer hücrelerinde bozulmaların en az 6 yolla gerçekleştiği ve bütün metabolitler arasında Aflatoksin B₁'in karaciğer kanserine sebep olan en mutajen ajan olduğu bildirilmiştir (Heperkan vd, 2009).

Denek hayvanları üzerinde yapılan klinik çalışmalar aflatoksinlerin kuvvetli karsinojen etkileri olduğunu göstermektedir. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) tarafından Aflatoksin B₁, Aflatoksin B₂, Aflatoksin G₁ ve Aflatoksin G₂'yi Grup 1 karsinojenleri olarak gösterilmiştir (Trucksess ve Scott, 2008).

Aflatoksinlerin az miktarlarda vücuda alımında dahi uzun zaman süresince kronik vakalara sebebiyet verdiği bildirilmiştir (Cemeroğlu, 2004). Aflatoksin B₁ bulaşmış yemle beslenmiş inekler, Aflatoksin B₁'i metabolik transformasyon ile Aflatoksin M₁'e dönüştürmektedirler. Ayrıca aflatoksinleri ineklerin günlük süt verimini de etkilemektedir. Aflatoksin B₁ ile beslenen kümes hayvanları, kemirgenler ve balıklarda karaciğer hasarı tespit edilmiştir. Hayvanların düşük miktarlardaki Aflatoksin B₁ alımında dahi, toksinin özellikle karaciğer ve diğer dokular dışında hayvanın sütüne ve yumurtasına da geçtiği tespit edilmiştir (Çağındı ve Gürhayta, 2015).

Aflatoksinlerin, akut toksik ve karsinojenik etkilerini göstermeleri oksidatif metabolizmaya uğramaları ile gerçekleşmektedir. Vücuda diyet yoluyla alınan aflatoksinler, karaciğerden kurtulduktan sonra diğer organlara kolayca dağılıp, metabolize olarak toksik veya karsinojenik etkilerini açığa çıkarmaktadırlar. Bazı türlerin Aflatoksin B₁'in neden olduğu karsinojeniteye karşı dayanıklılık göstermesi, genellikle Aflatoksin B₁'i detoksifiye etme yeteneği ile ilişkilendirilmekte ve bu durum glutatyon birleşmesi ile açıklanmaktadır. Vücuda alımı takip eden 3 hafta içinde akut toksisite görülebilmektedir (Zorlugenç, 2009).

Aflatoksin B₁'in oksidatif metabolizmaya uğraması ile stabil olmayan, yüksek reaktif epoksid metabolitler oluşur. Hidroksillenmiş metabolitlerin sülfat veya glukuronik asit ile enzimatik konjugasyonu neticesinde suda çözünen sülfat veya glukuronid esterler oluşmaktadır ve bunlar idrar veya safra aracılığıyla uzaklaştırılırlar. Dolayısıyla Aflatoksin B₁, detoksifikasyona uğramış olur. Aflatoksin B₁'in vücuttan atılmasını sağlayan diğer yöntem de oluşan epoksid metabolitinin glutatyon ile enzimatik olarak reaksiyona girerek safra aracılığıyla uzaklaştırılmasıdır (Özkaya ve Temiz, 2003). Aflatoksinin 8, 9-epoksid formuna dönüşmesi sitokrom p450 enzimi aracılığıyla olur ve bazı metabolitlerin etkinleşmesi ile ana bileşikten farklı kanser etmeni özelliğine sahip olurlar (Zorlugenç, 2009). Aflatoksin B₁'in oksidatif metabolizması ile oluşan reaktif elektrofilik epoksid, DNA, RNA ve protein gibi hücresel makro moleküllerin çeşitli nükleofilik merkezleri ile bağlanabilmektedirler. Organizma veya hücre için potansiyel bir biyolojik tehlike olan karsinojenik ve genotoksik etkiler, bu aktivasyon reaksiyonu sonucu oluşmaktadır (Özkaya ve Temiz, 2003).

Bu epidemiyolojik, genetik ve deneysel bulgular doğrultusunda, 1993 yılında Uluslararası Kanser Araştırma Kuruluşu (IARC; International Agency for Research on Cancer) tarafından yapılan sınıflamada, aflatoksin B₁ “yeterli kanıt elde edilmiş insan karsinojenlerine (sınıf 1)”, aflatoksin M₁ ise "muhtemel insan karsinojenlerine (2B sınıfı)" dahil edilmiştir. Avrupa Birliği'nin “Gıda Maddelerinde Bazı Kontaminantların Maksimum Düzeylerini Belirleyen Komisyon Direktifi”nde; özellikle aflatoksin B₁ olmak üzere, aflatoksinlerin genotoksik karsinojen etki gösteren maddeler olduğu, bu sebepten ötürü NOEL (No Observable Effect; gözlenebilir etki oluşturmeyen düzey) ve ADI (Acceptable Daily Intake; kabul edilebilir günlük alım miktarı) değerlerinin belirlenemediği rapor edilmiştir (Özer, 2009).

Aflatoksinlerin gıda ve yemlerde yaygın bulmasına rağmen havada da bulunabildiği bildirilmiştir. Örneğin, yarfıstığı işleyen tesislerde aflatoksin içeren tahıl tozlarına maruz kalan işçilerin akciğerlerinde ve diğer organlarında tespit edilen kanser bulgusu nedeni ile ölüm vakaları önemli bir artış göstermiştir. Akciğerlerin, aflatoksinlerin diyetle alınması durumunda da risk altında olduğu bildirilmektedir (Zorlugenç, 2009).

İnsanlar, diyet ile düşük dozlarda toksine maruz kalabilmektedirler. Uzun periyotlarda ve düşük dozlarda aflatoksine maruz kalınması durumunda çok tehlikeli sonuçlar meydana gelebilir (Yentür ve Er, 2012). Aflatoksinlerin, doza ve toksinin vücuda alım periyoduna göre akut ve kronik etkileri oluşabilir. Aflatoksinlerin insanlar ve hayvanlar için toksijenik, mutajenik, teratojenik ve karsinojenik etkileri olduğu, birçok canlıda akut toksisite ve karsinojeniteye sebep verdiği ve etkilenen başlıca organ karaciğer olduğu bilinmektedir (Dinçel vd, 2012; Zorlugenç, 2009).

Aflatoksinlerin yüksek dozlarda alınması akut toksisiteye neden olabilir. Hayvanların çoğunda gözlenen akut aflatoksikozisin bulgularının; nörolojik anormallikler, ağırlık kaybı, iştah azalması, mukoz membranlarda sarılık, kasılma ve ölümlerle sonuçlanan vakalar olduğu belirtilmiştir. Karaciğerde rengin mor-kırmızıdan sarı-kırmızıya dönüştüğü veya tamamen renksizleşme ve yağ birikiminin belirgin olarak görüldüğü bildirilmiştir. Böbrek ve bağırsaklarda kanamalar ve vücut boşluklarında sıvı birikimi görülebilmektedir (Zorlugenç, 2009; Özkaya ve Temiz, 2003). Philips vd (1976), Amerika Birleşik Devletleri'nde rektum ve karaciğer

kanseri olan hastalardan alınan karaciğer biyopsilerinde aflatoksin B₁ tespit edildiğini rapor etmişlerdir.

Çin'in güneyinde ve Afrika'nın Sahara bölgesinin güneyinde, yüksek düzeyde aflatoksinli gıdalar tüketen, hepatit B ve C virüsü taşımayan karaciğer kanserine yakalanmış insanlarda yapılan araştırmaya göre, karaciğerlerinden alınan örneklerde, aflatoksin B₁'in p53 olarak bilinen kanser baskılayıcı genin 249'uncu kodonundaki Guanin yerine Timin geçtiği ve karaciğerde primer kansere sebebiyet verdiği belirtilmektedir. Bu olaya "Hot Spot Mutasyon" denilmekte olup, yüksek aflatoksin bölgelerinde yaşayan ve karaciğer kanserine yakalanan hastaların %50'sinde görüldüğü bildirilmektedir (Özer, 2009). Ancak Aflatoksin B₁'den hiç etkilenmeyen ya da düşük dozlarda etkilenen kişilerde bu mutasyonun görülmediği bildirilmiştir. Aflatoksin B₁'in ayrıca enzimleri inhibe ettiği, ATP (Adenozin trifosfat) üretimini azalttığı ve ilave olarak DNA, mRNA ve protein sentezini önlediği bildirilmektedir (Zorlugenç, 2009).

Subletal (yarı öldürücü) dozlarda uygulanan aflatoksin, hayvan karkasının sararmasına ve karaciğerlerinde siroza neden olabilmektedir. Dolayısı ile subletal dozlarda uygulanan aflatoksinler kronik etkiler göstermektedir (Özkaya ve Temiz, 2003). Aflatoksin molekülü karaciğer hücreleri ile reaksiyona girerek, DNA ve RNA polimerazlar inhibisyona uğrar ve özellikle mRNA'daki değişikliklerle protein yapısı büyük ölçüde hasara uğrar. Böylece RNA sentezi ve bazı proteinlerin sentezi azalır ve hücre ölümü gerçekleşir (Güntekin, 2007).

Gelişmekte olan ülkelerde karaciğer kanseri sıklıkla görülmekte ve diyetle alınan aflatoksin ile karaciğer kanseri arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Afrika'da ve Hindistan'da küflü tahılların tüketilmesine bağlı karaciğer kanseri görülme oranının yüksek olduğu bildirilmiştir (Zorlugenç, 2009).

Çeşitli Asya ve Afrika ülkelerinde yapılan araştırmalar; karaciğer kanserine yakalanma sıklığının aflatoksinle kontamine olan gıdaların tüketim seviyesi arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermiştir. Son yıllarda moleküler genetik alanında yapılan çalışmalarla, aflatoksinin insanlarda karaciğer kanserine neden olduğu yönünde önemli veriler bulunmuştur (Özkaya ve Temiz, 2003).

Benin ve Togo'da yaşayan 5 yaşın altındaki 480 çocuk üzerinde aflatoksin maruziyeti hakkında çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada kandaki albüminlere bağlı

aflatoksin miktarı ile çocuklardaki gelişim geriliği ve kilo kayıpları arasında doz-yanıt ilişkisi belirlenmiştir (Çağındı ve Gürhayta, 2015). Tayvan'da küflü pirinç tüketilmesi üzerine 26 kişi hastalandığı ve hastalar arasındaki 3 çocuğun, ayaklarında ödem, kusma, karın ağrısı, karaciğerde büyüme belirtilerinden sonra ölüm gerçekleşmiştir. Pirinç örnekleri incelenmiş ve örneklerde 200 ppb aflatoksin B₁ tespit edilmiştir. Tayvan'daki çocuklara çok benzer belirtilerle, Uganda'da 15 yaşında bir çocuk ölmüş ve çocuğun 1,7 ppm düzeyinde aflatoksin içeren 'cassava' yediği tespit edilmiştir. Patolojik olarak, akciğerde ödem, kalp yetmezliği, karaciğerde nekroz ve yağlanma gibi bulgular görülmüştür. Yine aynı ailenin iki çocuğu daha hastalanmış ancak daha az tüketmelerinden dolayı kurtulabildikleri bildirilmiştir. Taylanda'da ise 3 yaşındaki bir çocuğun "Reye's Sendromu" sonucu öldüğü ve 2 gün önce yediği pirinçte aflatoksin miktarı 10 ppm olarak tespit edilmiştir (Şekerci, 2014).

Aflatoksinin LD₅₀ değeri 0,5 mg/kg (vücut ağırlığı) olduğu ve 72 saat içinde karaciğer hasarı, karın boşluğunda ve bağırsak sisteminde kanamalara bağlı ölüm gerçekleştiği bildirilmektedir (Zorlugenç, 2009).

Mozambik, Svaziland, Kenya ve Tayland'dan elde edilen verilere göre günlük diyetle alınan aflatoksinin (bir günde 3,5 ile 222,4 ng/kg vücut ağırlığı), karaciğer kanseri vakaları (yılda 100.000 kişiden 1,2 ile 13 vaka) ile doğrusal yönde bir ilişkisi olduğunu göstermiştir. Türkiye'de 1983-1984 yılları kasım ayları arasında, Kanserle Savaş Daire Başkanlığına toplam 183 karaciğer kanser olgusu ihbar edilmiş ve %77,2'sinin aflatoksin oluşumu için elverişli iklim koşullarına uygun olduğu varsayılabilir; Marmara, Ege ve Akdeniz bölgelerinde yoğun olması dikkat çekmektedir. Ülkemizde karaciğer kanser olgularının coğrafi dağılımı ve gıdaların aflatoksin dağılımı arasında bir ilişki kurabilmek için, öncelikle karaciğer kanser olgularının yoğun olduğu bölgeler bakımından, önemli olan gıdalarda geniş aflatoksin tarama çalışmalarının yapılması gerekir (Özer, 2009).

Aflatoksine maruz kalmış insanlarda yapılan çalışmalar, karaciğer kanseri görülme oranının yüksek olmasına kronik enfeksiyonların da sebebiyet verebileceğini belirtmektedir. Deney hayvanlarında aflatoksin B₁'in hücre bağışıklığını baskıladığı bildirilmiştir. Akut aflatoksin intoksikasyonunun (zehirlenme) bir diğer belirleyici özelliğinin bağışıklık sisteminin baskılanması olduğu ifade edilmektedir (Zorlugenç, 2009).

2.6. Aflatoksin Limitleri

Günümüzde mikotoksinler, önemli gıda kontaminantları olarak ele alınmakta ve bu nedenle de ticaretinde çeşitli gıdalar için limit değerler getirilmektedir.

Aflatoksinler için uygulanan yasal limit değer, her gıda grubu için değişiklik göstermektedir. Kodeks Alimentarius maksimum aflatoksin limit değerleri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Kodeks Alimentarius maksimum aflatoksin limitleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$) (Kayabaşı, 2015)

ÜRÜNLER	881/2006 Sayılı Tüzük		165/2010 Sayılı Tüzük		1058/2012 Sayılı Tüzük	
	Aflatoksin B ₁	Toplam Aflatoksin	Aflatoksin B ₁	Toplam Aflatoksin	Aflatoksin B ₁	Toplam Aflatoksin
İleri işleme tabi tutulacak fıstık ve badem	5	10	12	15	-	-
İleri işleme tabi tutulacak fındık	5	10	8	15	-	-
İleri işleme tabi tutulacak kurutulmuş meyveler	5	10	12	15	-	-
Doğrudan tüketime sunulan fıstık ve badem	2	4	8	10	-	-
Doğrudan tüketime sunulan fındık	2	4	5	10	-	-
Doğrudan tüketime sunulan kurutulmuş meyveler	2	4	-	-	-	-
Kuru incir	2	4	-	-	6	10

Avrupa Birliği’ne göre fındıkta maksimum aflatoksin limitleri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. AB’ye göre fındıkta maksimum aflatoksin limitleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$) (Kayabaşı, 2015)

Gıda Çeşidi	Toplam aflatoksin	B ₁
Fındık ve Brezilya fındığı (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan)	15	8
Rafine bitkisel yağ üretiminde kullanılan fındık hariç		
Fındık ve Brezilya fındığı (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan)	10	5
- Rafine bitkisel yağ üretiminde kullanılan fındık hariç		

Ülkemizde gıdalarda bulunabilen belirli bulaşanların maksimum limitleri, TGK-Bulaşanlar Yönetmeliği (RG: 29.12.2011-28157 3. Mükerrer) hükümleri ile düzenlenmektedir. Fındıkta bulunabilecek aflatoksin limitleri Çizelge 2.3’de verilmiştir.

Çizelge 2.3. TGK’ya göre fındıkta aflatoksin limitleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$) (Anonim, 2011)

Gıda Çeşidi	Toplam aflatoksin	B ₁
Fındık ve Brezilya fındığı (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan) - Rafine bitkisel yağ üretiminde kullanılan fındık hariç	15	8
Fındık ve Brezilya fındığı (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan) - Rafine bitkisel yağ üretiminde kullanılan fındık hariç	10	5

2.7. Türk Fındığı İhracatına Aflatoksin Probleminin Etkisi

Fındığın kökeni 2500 yıl öncesine dayanmakta olup, *Corylus maxima* M. ve *Corylus avellana* L. türlerine ait olan ve bunların hibritlerinden oluşan kültür bitkisidir. Kültüre alınışı ilk olarak Trabzon ve yöresinde gerçekleştirilmiştir (Şahin vd, 1990; Ayfer vd, 1997). Karadeniz İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği’nin 2018 yılı verilerine göre; Türkiye fındık ihracatı toplam 279.250 ton ve ihracat geliri toplam 1.635.235.672 \$ ‘dır. 2018 yılı verilerine görede gerçekleşen fındık ihracatının 397 milyon dolardan fazlası Almanya ile, yaklaşık 303 milyon doları İtalya ile, 107 milyon dolardan fazlası ise Fransa ile gerçekleşmiştir (Anonim, 2019b).

Türkiye’den birçok AB üyesi ülkeye fındık ihracatı gerçekleşmektedir. Ülkemizin tarımsal ürünleri arasında önemli yeri olan fındık ticaretindeki en önemli engel çeşitli ülkelerce kabul edilmiş olan düşük aflatoksin limitleridir. İhracatımızın büyük oranda gerçekleştiği AB ülkelerinde düşük aflatoksin limiti nedeniyle ürünlerimiz zaman zaman geri gönderilmektedir. Fındık partilerinde yaşanan aflatoksin problemi ticarete büyük oranda aksaklıklara neden olmaktadır. Gönderilen sevkiyatlarda karşılaşılan aflatoksin sorunu, RASFF (Gıda ve yemlerde hızlı alarm sistemi) ‘de mevcut üyelerle paylaşılmaktadır. RASFF verilerine göre, Türkiye’den ihrac edilen fındık ve ürünlerine ilişkin 2009-2018 yılları arasında alınan

261 bildirim 240 adedinin sınırda red bildiri olduğu gör÷lmektedir. Sınırda red bildiri almış fındık partileri AB ÷lkelerine giriş yapmadan geri gönderilmektedir. Öte yandan piyasada tespit edilen ve risk teşkil eden fındıklar da piyasadadan toplatılabilmektedir (Kayabaşı, 2015).

AB ÷lkeleri gümrüklerinde aflatoksin gerekçesiyle fındıkların geri iadesi ekonomik olarak büyük kayıplara neden olmakta, üreticiyi ve sanayiciyi mağdur etmekte, ihracatı engellemekte, Türkiye'nin dış ticaretteki itibarını sarsmakta, fındık fiyatlarındaki düşüşlere ve pazarlama sorunlarına yol açmaktadır (Özçakmak ve Dervişoğlu, 2007).

2.8. Ozon ve Gıdalarda Kullanımı

Eskiden gıda güvenliğinin sağlanması adına oldukça etkili bulunan birtakım dezenfeksiyon yöntemlerinin, günümüzde yüksek pH'da bazı mikroorganizmalar veya sporlar üzerinde etkin olmaması ve trihalo bileşikleri gibi zararlı parçalanma bileşiklerine dönüşmeleri nedeni ile güvenilirliği açısından uygun görülmemiştir (Khadre vd, 2001). Dezenfektan kullanımı hakkındaki araştırmalar, çevreci ve gıda proseslerine uygun, kullanımının sağlık açısından problem teşkil etmeyen, zararlı kalıntı bırakmayan, zararlı mikroorganizmalar mücadelesinde sporlar da dahil geniş spektrumda etkiye sahip olan daha etkin maddelere yönelmiştir (Karaca ve Velioğlu, 2007).

Söz konusu araşışlar neticesinde, kuvvetli antimikrobiyal etki gösterdiği bilinen ozon ile ilgili çalışmaların son yıllarda önemi artmıştır. Oksijenin üç atomlu bir allotropu olan ozon (O₃), güçlü antimikrobiyallerdendir. Diğer dezenfektan ajanlarından farklı olarak, zararlı olmayan parçalanma ürünlerine dönüşen ve oksidasyon özelliği ile güçlü antimikrobiyal olan ozon gıda sanayiinde *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Enterococcus faecalis* gibi gram pozitif bakterilerde olduğu gibi *Pseudomonas aeruginosa* ve *Yersinia enterocolitica* gibi gram negatif mikroorganizmalar üzerine de etkisi olduğu bilinmektedir. Ortamda bulunan organik madde yoğunluğu ve difüzyon hızı gibi değişkenlere bağlı, antimikrobiyal etkilerinin farklılık gösterdiği bildirilmektedir (Patil vd, 2009).

1997 yılında, Amerikan Gıda ve İlaç dairesi (FDA) tarafından güvenli ajanlar (GRAS) statüsü kazanan ozon 2001 yılı itibari ile "gıdalarla doğrudan temasında

sakınca olmadığı” şeklinde belirtilen karar ile gıda endüstrisinde kullanım alanı bulmuş ve güvenilir koruma yöntemlerine alternatif olarak karşımıza çıkmıştır. Ozonun (O₃) ilk olarak sadece şişe sularının dezenfeksiyonu amacıyla kullanıldığı ancak 1997 yılından itibaren gıda endüstrisinde değişik alanlarda koruma yöntemi olarak kullanılmaya başlandığı bildirilmiştir (Çatal ve İbanoğlu, 2010). Ozon şimdilerde gıdaların muhafaza edilmesi ve raf ömrünün uzatılması üzerine gıda endüstrisinde birçok alanda kullanılmaktadır (Rice vd, 1982; Graham, 1997; Kim vd, 1999; Kim vd, 2003).

Ozon, birçok faydalı uygulamaları olan etkili bir oksitleyicidir (Mendez vd, 2003). Gaz formunda bulunan ozon kuvvetli bir sanitizer ve fumigasyon ajanıdır. Ozon uygulamasının gıdalarda kullanımı ile ilgili olarak birçok çalışma mevcuttur. Bunlardan bazıları; bakteriyel gelişimin önlenmesi (Kim ve Yousef, 2000; Achen ve Yousef, 2001; Sharma vd, 2002), proses suyu sterilizasyonu ve geri dönüşümü (Xu, 1999), meyve ve sebzelerin yıkanması ve depolanması (Escriche vd, 2001; Beltran vd, 2005), kanatlı ve et ürünlerinde mikroorganizmaların kontrolü (Kim vd, 2003; Meunpol vd, 2003), küflerden kaynaklanan bozulmaların önlenmesi (Perez vd, 1999; Palou vd, 2002), kuru incirlerde mikrobiyel yükün azaltılması (Öztekin vd, 2006), paslanmaz çelik yüzeylerdeki mikrobiyel popülasyonun azaltılması (Güzel-Seydim vd, 2004), depo zararlılarının kontrolü (Kells vd, 2001; Mendez vd, 2003; Isikber vd, 2007), pestisit ve kimyasal kalıntıların parçalanması (Ong vd, 1996; Hwang vd, 2001) olarak sıralanabilir. Görüleceği üzere ozonun gıdalarda kullanımına yönelik çok fazla araştırmalar mevcuttur.

Ozonun etki mekanizmasının genetik materyalleri üzerinde etkin olması ve mikroorganizmaların hücre zarındaki glikoproteinleri ve lipoproteinleri okside ettiği şeklinde görüşler mevcuttur. Ozonun hücre zarı ve enzimler üzerindeki oksitleyici etkisinin, mikroorganizmalar üzerindeki antimikrobiyal özelliğini açıkladığı bildirilmektedir (Kim vd, 1999). Alparslan vd (2012) “mikroorganizmaların hücrelerini parçalayarak hücre yapısına zarar veren ozon, bu sırada hücrenin enzim sistemini etkileyip hücre solunumunu durdurması ile mikroorganizma ölümünün gerçekleşmesine neden olmaktadır” demektedirler. Gıda ile ilgili faktörlerin yanı sıra mikroorganizmaların tür, sayı, yaş gibi parametreler ile metal ve inorganik madde varlığı da ozon uygulaması sırasında önem kazanan diğer faktörler olarak bilinmektedir.

Aflatoksinler ısıtma işlemleri gibi yüksek sıcaklık uygulanarak ortadan kaldırılamaz ve eğer üründe aflatoksin üreticisi küf kontaminasyonu varsa depolama ve işleme esnasında uygun şartlar bulunduğunda toksin içeriği artarak devam edecektir. Özellikle açıkta pazara sunulan fındık, fıstık gibi kuruyemişler ve kurutulmuş meyveler uzun süre çevresel koşullara maruz kaldığından bu ürünlerde sağlık açısından ciddi tehlike doğurabilecek düzeyde mikotoksin sentezlenebilmektedir. Hasattan sonraki aşamalar aflatoksin gelişiminde en önemli süreçlerdir. Yeterli olgunluğa eriştikten sonra hasat edilen ürünler iyi bir kurutma, uygun depolama, işleme ve işleme sonrası depolama aşamaları geçirdikten sonra tüketime sunulmalıdır (Çelikleş ve Dağlıoğlu, 2008).

Tüm bu bilgiler ışığında ülkemize en fazla ihracat geliri sağlayan tarımsal ürün olan ve insanlar tarafından sevilerek tüketilen fındıkta depolama süresince risk oluşturan küf gelişiminin önlenmesi için uygulanabilir bir yöntem geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Ozon, atmosferimizde doğal olarak bulunan çok önemli bir gaz olup, günümüzde yapay olarak üretilmektedir. Ozon (O_3), standart iki atom içeren oksijenden (O_2) farklı olarak üç atoma sahip oksijenin bir formudur. Ozonun gaz fazında iken mavi, sıvı ve katı fazlarında ise opak mavi-siyah renktedir. Normal sıcaklık ve basınç altında oldukça kararsız bir gaz olup, suda kısmen çözünür, kendine has keskin bir kokuya sahiptir ve gıdalara uygulanabilen çok güçlü bir dezenfektandır (Mahapatra vd, 2005).

Güçlü antimikrobiyal özelliğinden dolayı sıvı veya gaz halinde üretilen ozon, gıda sanayisinde kullanılmaktadır. Molekül halindeki ozonun ayrışan ürünleri herhangi bir kalıntı bırakmadan mikroorganizmaları hızlı bir şekilde inaktive edebilmektedir (Khadre vd, 2001).

Ozon GRAS sınıfına dahil edilmeden önce yalnızca içme sularında dezenfeksiyon amaçlı uygulanırken, daha sonra atık suların dezenfeksiyonunda, şarap üretiminde, sofralık zeytin ve zeytinyağı üretiminde dezenfektan olarak gaz ve sıvı formlarda kullanılmıştır. Gıda sanayisinde ozonun, gıda tesislerinde yüzey hijyeni ve sanitasyonu; atık sularının yeniden değerlendirilmesi, bitkisel gıda atıklarının biyolojik oksijen ihtiyacının ve kimyasal oksijen ihtiyacının azaltılması gibi alanlarda kullanımı önerilmektedir. Ozon multifonksiyonel özellikleriyle

gelecek için umut vaadeden dezenfeksiyon ajanlarından biri olarak kabul edilmektedir (Guzel-Seydim vd, 2004).

Ozon uygulamaları tahıl grubu ürünlerde genel olarak fungal kontaminasyonların azaltılması amacıyla test edilmiştir (Demir vd, 2011). Arpa ve buğdaylar üzerine yapılan bir araştırmada, kısa sürede ve düşük konsantrasyonda (0,16 ve 0,10 mg ozon/g arpa) ozonun fungilerin ve fungi sporlarının üzerinde oldukça etkili olduğu ve inaktif ettiği tespit edilmiştir (Allen vd, 2003). Başka bir çalışmada ise depolama silolarında kullanılan ozon gazı ile fungilerin inaktivasyonunun devam edebileceği ve ozonun etkisinin su aktivitesi ve sıcaklık ile doğrusal olarak artabileceği belirtilmektedir (Wu vd, 2006).

Aflatoksinin oldukça toksijenik, mutajenik ve kanserojen bir mikotoksin olduğu bilinmektedir. Fındık, fıstık, incir, zeytin, pul biber, buğday, pirinç arpa, çavdar, baharat gibi birçok üründe aflatoksinle karşılaşılabilir. Ozon uygulamaları mikrobiyel yükün azaltılmasında etkili olduğu gibi mikotoksin kirliliğinin indirgenmesinde de olumlu sonuçlar vermiştir (Proctor vd, 2004; Turantaş, 2000). Inan vd (2007) tarafından kırmızı biberde oluşan aflatoksini uzaklaştırmak için farklı konsantrasyon ve sürelerde ozon uygulanmıştır. Aflatoksin B₁ düzeyinde önemli bir düşüş görülmüş ancak ürün renk kalitesi üzerine bir etkisi görülmemiştir. Fakat renk dışındaki nitelikler üzerine de araştırma yapılması gerektiği bildirilmiştir. Bunun yanı sıra Proctor vd (2004) yerfıstığı taneleri ve ununda oluşan aflatoksinleri yok etmek için farklı sıcaklık ve sürelerde ozon gazı uygulamışlardır. Yüksek sıcaklık ve sürelerde uygulanan ozonlamanın daha etkin olduğu, en çok zarar gören aflatoksin B₁ ve G₁ olduğu ve toksinlerin giderilmesinde taneler üzerinde undan daha başarılı sonuçlar olduğu raporlanmıştır.

Aflatoksin üzerine ozon uygulanmasıyla ilgili olarak 25 mg/dakika ozon uygulamasının pamuk tohumu küspesi ve yerfıstığı küspesinde aflatoksinleri azalttığını belirten Dwarakanath vd (1968) pamuk tohumu küspesinde toplam aflatoksinin %91'lik kısmının 2 saat içerisinde yıkımlandığını ve aflatoksin miktarının 214 ppb'den 20 ppb'ye indiğini; aynı şekilde yerfıstığı küspesinde de aflatoksinde 1 saat içerisinde % 78 yıkımlanma olduğunu ve miktarın 82 ppb'den 18 ppb'ye indiğini bildirmişlerdir. Elektrolizle yeni ve sürekli bir ozon kaynağı geliştiren McKenzie (1997) aflatoksin içeren mısır ve pirinç ununda yaptığı denemede ağırlıkça % 2 ozon solüsyonunda aflatoksin B₁ ve aflatoksin G₁'in hızla

yıkımlandığını ve aflatoksin B₂ ile aflatoksin G₂'nin yıkımlanması için daha yüksek miktarda ozona gereksinim duyulduğunu bildirmiş ve tümünden yıkımlanmanın 15 sn. süreyle ağırlıkça %20 ozon kullanarak gerçekleştiğini belirtmiştir. Aynı araştırmacı 1998'de yaptığı bir çalışma sonucunda 92 saat süresince ağırlıkça %14 ozon ile 200 mg/dk akış oranında ozon ile muamele edilmiş mısırlarda aflatoksinin %95 oranında azaltılabildiğini ve ozonla muamele edilmiş mısırla beslenen hindilerde herhangi bir zararlı etkinin oluşmadığını raporlamıştır.

Kuru fasülye, tahıl tanesi, tahıl unu ve baharatlar üzerine yapılan çalışmada 1-6 saat süre boyunca 0,5-50 mg/L konsantrasyonları arasında 5-50°C sıcaklık aralığında ozon uygulanmış ve etkinliği araştırılmıştır. 5 ppm'in altındaki ozon uygulamasının nadiren lipid oksidasyonuna sebebiyet verdiği, konsantrasyon artışına paralel olarak lipid oksidasyonunda da artış olduğu görülmüştür. Kuru gıdalardan olan, pirinç unu ve karabiberde ozon uygulaması ile başarılı sonuçlar elde edildiği bildirilmektedir. Kuru gıdalarda bulunan mikotoksinlerin parçalanmasını sağlayan ozonun uygulama dozu üzerine mikotoksin tipinin etkili olduğu; ozona karşı duyarlılığının B₁ ve G₁ aflatoksinlerinin yapısında yeralan C₈-C₉ arasındaki çift bağ nedeni ile arttığı, B₂ ve G₂'nin ise yapısında çift bağın olmamasından dolayı degradasyonu için çok daha yüksek dozlarda ozona ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir (Kuşçu ve Pazır, 2004).

Prudente ve King (2002) mısıra uygulanan ozonlamanın aflatoksini dejenere etme etkinliğini ve güvenliğini değerlendirme üzerine yaptıkları bir çalışmada, ağırlık olarak %10 ile %12 kadar ozon uygulamasının aflatoksin düzeyini %92 oranında azalttığını ve ana bileşiğe geri dönüşümün olmadığını gözlemlemişlerdir.

Elgün (2011) tarafından yapılan çalışmada, farklı buğday çeşitlerine (Bezostaya-1 ve Gerek-79) ait un ve kepeklere uygulanan ozon gazının, un, kepek, hamur ve ekmek özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Tüm örneklerde ozonlamanın yapıldığı gün ve 21 günlük dinlendirme sonrasında analizler gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucuna göre; ozonlama ile un ve kepek örneklerinin rengi önemli düzeyde ağardığı, 21 günlük dinlendirmeye eşdeğerde beyaz renkli un elde edildiği bildirilmiştir. Ozonlama ile un ve kepek örneklerinde maya-küf yükü önemli düzeyde düştüğü tespit edilmiştir. Genel olarak, 21 günlük dinlendirme ve ozon uygulaması farinograf ve ekstensografta hamur reolojik özellikleri üzerinde olumlu etkisi olduğu bildirilmiştir.

Skog ve Chu (2001) tarafından yapılan çalışmada brokoli ve salatalıklar 3°C'de, 0,04 ppm ozon atmosferinde 17-21 gün süre ile depolanmıştır. Brokolilerde renk değişiminin olumsuz yönde etkilendiği (yeşilden sarıya dönüşüm) ve ozonlanmış örneklerde kontrol örneklerine göre daha düşük seviyelerde floret açılması tespit edilmiştir. Görünüş, sertlik ve çürümeye dayanıklılık gibi duyu kalite özelliklerinin bakımından ozonlanmış salatalık örneklerinin kontrol örneklerine göre daha üstün olduğu bulunmuştur.

Barth vd (1995) yaptıkları çalışmada, 2°C'de 12 gün boyunca 0,1-0,3 ppm ozon gazı atmosferinde depoladıkları böğürtlenlerde herhangi bir hasar, kalite kaybı ve yüzeyde küf gelişiminin olmadığını belirtmektedirler. Ayrıca böğürtlenlerin depolanmasında 0,3 ppm ozon uygulaması ile başlangıçtaki renge en yakın değeri elde etmişlerdir. Böğürtlen ve çilek gibi hassas meyvelerin ozonla yıkama sonrasında kalite özelliklerinde duyu kayıplarının olduğu, bu nedenle duyu özelliklerindeki kayıpların önüne geçilmesi amacı ile ozon uygulamasının, ozonlu suyla yıkama işlemine göre genelde ozon gazı atmosferinde muhafaza etmenin uygun olacağı bildirilmiştir.

Torlak vd (2013) çalışmalarında kurutulmuş kekik otu üzerinde *Salmonella* eliminasyonu ve mikrobiyal azalma için ozon gazı etkinliğini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada ozon uygulaması 2 farklı ozon gazı konsantrasyonu (2,8 ve 5,3 mg/L) arasında sürekli bir akış altında 120 dakikaya kadar gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar gaz ozon uygulamasının kurutulmuş kekik otu için etkili bir alternatif mikrobiyal azaltma tekniği olduğunu göstermiştir. Duyusal değerlendirme puanlarına göre; 120 dakikaya kadar 2,8 mg/L ozonlama uygulamasında, kekiğin tat, lezzet ve görünüşünde anlamlı bir etkilenme görülmezken ($p>0,05$). 5,3 mg/L konsantrasyonda uygulamada (120 dakika) kekiğin tat ve lezzetinde değişiklik belirlenmezken; görünümünde önemli değişim gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Najafi ve Khodaparast (2009) tarafından İran hurmasında 1, 3, 5 ppm düzeyinde ve 15, 30, 45, 60 dakika ozon gazı muamelesi uygulanmıştır. Toplam bakteri, coliform, *S. aureus* ve küf-maya gelişimi incelenmiştir. Sonuçlar ozon gazı etkinliğinin İran hurmasında mikrobiyal yükü azaltmak için ümit verici olduğunu göstermiştir. Koliform bakterilerin 3,54 log kob/g olan ortalama başlangıç değeri 5 ppm konsantrasyonda 30 ve 45 dakika ozon uygulaması sonucu sırasıyla 0,89 ve 0,44 log kob/g azalmıştır. Başlangıç *S. aureus* ortalama değeri 3,52 log kob/g iken; 5

ppm konsantrasyonda 30 ve 45 dakika ozon uygulaması sonucu sırasıyla 0,85 ve 0,41 log kob/g azalmıştır.

Çalışmada, ülkemiz tarım ürünleri ihracatında büyük paya sahip, ekonomik değeri yüksek, pastacılık-kek-çikolata sektöründe yaygın kullanılan, çerez olarak da yaygın tüketilen fındıkta küf bulaşması ve aflatoksin oluşumu nedeniyle yaşanan ve yukarıda geniş şekilde açıklanan sorunların çözülmesi için natürel iç fındıkta, kalıntı bırakmayan ve uygulama kolaylığı olan ozon gazı kullanımının küf gelişimi ve kimyasal kalite üzerine etkileri araştırılmıştır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada Ordu ilinde yetiştirilen 2016 yılı ürünü, ekvator çapları boylarına eşit ya da yakın, yuvarlak şekilli, 9-15 mm çaplı naturel iç findık kullanılmıştır.

Ozonlama işlemi için plexiglassdan 40x40x50 cm boyutlarında gaz giriş ve çıkış ventili, sızdırmaz olarak kapatılabilen örnek koyma-alma kapakçığı, ozon gazının homojen dağılımını sağlayan vantilatör ve ön sterilizasyonu sağlayan UV lambası içeren bir ozonlama kabini kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Ozonlama uygulaması

Ozonlama uygulaması için naturel iç findık örnekleri önceden steril edilmiş tepsi içerisine 5 cm derinliği geçmeyecek şekilde serilmiş ve ozon jenatöründen (1 g/saat kapasiteli) çıkan O₃ akışı ile dengeye getirilmiş 40x40x50 cm boyutlarındaki ozonlama kabininde 30 60 ve 90 dakika ozona maruz bırakılmıştır. Ozonlama işlemini takiben önceden steril edilmiş cam kavanoza alınmış ve aseptik şartlarda vakum ambalajlanmıştır. Tüm çalışma 2 paralel ve 2 tekerrürlü yapılmıştır. Örnekler oda sıcaklığında ve karanlıkta 9 ay muhafaza edilmiştir.

3.2.2. Mikrobiyolojik analizler

Mikrobiyolojik analizler için ince kıyılmış ve homojen olacak şekilde karıştırılmış findık örneğinden stomacher poşetine 10 g tartılmıştır. Üzerine 90 mL steril fizyolojik su eklenmiş, stomacherde 1,5 dakika homojenize edilmiş ve steril fizyolojik su ile 10⁻³'e kadar seyreltileri hazırlanmıştır.

3.2.2.1. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı

Toplam Mezofilik Aerop Bakteri Sayımı (TAMB) için 10⁻¹, 10⁻² ve 10⁻³'lük seyreltiden dökme plak yöntemi ile Plate Count Agar (PCA) besiyerine paralelli olarak ekim yapılmıştır. Ekilen petri kapları jelleşmeyi takiben 30°C'de 48 saat

inkübe edilmiş ve gelişen tüm koloniler sayılmıştır (Anonim, 2005). Örnek hazırlama ve ekim süresi 30 dakikada tamalanmıştır. Hesaplama aşağıdaki formülle yapılmıştır:

$$N = \Sigma C / [(1 \times n_1) + (0,1 \times n_2) \times d]$$

N: Her ml ya da g'daki koloni sayısı
Σ C: Tüm petrilerdeki kolonilerin toplam sayısı
n₁: İlk seyreltinin yapıldığı petri sayısı
n₂: İkinci seyreltinin yapıldığı petri sayısı

3.2.2.2. Maya-küf sayımı

Maya-Küf Sayımı için 10⁻¹, 10⁻² ve 10⁻³'lük seyreltiden dökme plak yöntemi ile Sabouraud Dextrose Chloramphenicol Agar (SDCA) paralelli olarak ekim yapılmış ve 25°C'de 3-5 gün inkübasyon sonrasında gelişen tüm koloniler sayılmıştır (Anonim, 2005). Örnek hazırlama ve ekim süresi 30 dakikada tamamlanmıştır. Maya-küf sayısı "3.2.2.1. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı" kısmında verilen formüle göre hesaplanmıştır.

3.2.3. Kimyasal ve fiziksel analizler

3.2.3.1. Yağ tayini

Soxhlet ekstrasyon metodu ile yapılmıştır. Ölçüm yapılacak örnekler öğütülmüş ve en geç 30 dakika içinde analiz edilmiştir. Öğütülen örneklerden kartuşa 3-3,5 g tartılmış, takiben kartuşlar cihaza yerleştirilmiş ve petrol eter ile 6-8 saat cam balona ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon sonrası cam balon içindeki çözücünün bir kısmı damıtılarak geri alınmış, kalan az miktardaki çözücü 103±2°C'ye ayarlı etüvde bir saat bekletilerek uzaklaştırılmış, takiben cam balon desikatörde 30 dakika bekletilerek oda sıcaklığına getirilmiştir. Takiben hassas terazide cam balonun son ağırlığı kaydedildikten sonra içindeki yağ miktarı % yağ olarak aşağıdaki formülden hesaplanmıştır (James, 1995):

$$\% \text{ Yağ} = [(M2 - M1) / M0] \times 100$$

M0: Kurutulmuş deney numunesinin ağırlığı (g)
M1: Ekstrasyon balonunun ağırlığı, darası (g)
M2: Kurutma sonra ekstraksiyon balonunun ağırlığı (g)

3.2.3.2. Serbest yağ asidi analizi

Analizlerde kullanılacak fındık yağları oksidasyon riskini engellemek için press methodu kullanılmıştır. Öğütülen fındık örnekleri preslenerek elde edilen yağ kaba

filtre kağıdından süzölmüştür. Elde edilen yağlardan serbest yağ asitliği tayini ve peroksit tayininde kullanılan miktar ayrıldıktan sonra geride kalan yağ örnekleri amber renkli küçük şişelere alınıp derin dondurucuda (-20°C) muhafaza edilmiştir.

Serbest yağ asidi analizi için erlen içersine 2,5 g fındık yağı numunesi 0,001g duyarlılıkta tartılmıştır. 25 mL etil alkol/dietil eter karışımı (1/1, v/v, nötürlenmiş) ve indikatör olarak 2-3 damla fenolfitaleyn çözeltisi katılan örnek kuvvetle çalkalayarak 0,1 N NaOH çözeltisi ile 5 saniye değişmeden kalıcı açık pembe renk elde edilinceye kadar titre edilmiştir. Kör deneme için nötürlenmiş 25 mL etil alkol/dietil eter karışımında da aynı şekilde titrasyon yapılmıştır. Harcanan alkali miktarından serbest yağ asiti miktarı aşığıdaki formüle göre oleik asit cinsinden hesaplanmıştır (Anonim, 1990):

$$\text{Serbest yağ asitliği (FFA)} = (V / M) \times 2,82$$

V: Harcanan 0,1 N NaOH çözeltisi (mL)
M: Örnek ağırlığı (g)

3.2.3.3. Peroksit tayini

Peroksit sayısı potansiyometrik titrasyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Behere “3.2.3.2. Serbest Yağ Asidi (FFA) Tayini“ kısmında anlatıldığı şekilde elde edilmiş 1 g fındık yağı tartılmış ve üzerine 30 mL asetik asit/izooktan (3/2, v/v) çözeltisinden konulmuştur. 0,5 mL potasyum iyodür çözeltisi (14 g/10 mL su, doymuş) ilave edilmiş, karıştırılmış ve 5 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Üzerine 30 mL saf su ile 0,5 mL nişasta çözeltisi eklenmiş ve karışım 0,01 N sodyum tiyosülfat ile sarı renk görölene kadar titrasyon yapılmıştır. Kör deneme için 30 mL asetik asit/isooktan (3/2, v/v) karışımına aynı şekilde titrasyon uygulanmıştır. Peroksit sayısı aşığıda belirtilen formüle göre, meq O₂/kg olarak hesaplanmıştır (Anonim, 1989):

$$\text{Peroksit değeri (meq O}_2\text{/kg)} = [(S-B) \times N \times 1000] / M$$

B: Şahit deneyde harcanan sarfiyat (mL)
S: Örnek titrasyonunda harcanan sarfiyat (mL)
N: Sodyum tiyosülfat çözeltisinin normalitesi
M: Örnek miktarı (g)

3.2.3.4. Ham protein tayini

Kjeldahl balonunun içine ince kıyılmış fındık numunesinden 2 g tartılmış, üzerine 1 tablet katalizör ve 25 mL sülfirik asit konulduktan sonra balon protein cihazı yakma ünitesine konularak 420°C’de 1 saat yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Gaz çıkışı

bittikten sonra balon yaklaşık 40°C'ye kadar soğutulmuş, destilasyon ünitesine konulmuş ve üzerine 50 mL su ile 100 mL sodyum hidroksit çözeltisi (%33'lük) eklenmiştir. Distilat 50 mL %4'lük borik asit bulunan erlene toplanmıştır. Erlenide tutulan amonyak çözeltisine 5 damla Tashiro indikatörü eklendikten sonra 0,1 N HCl ile titre edilerek amonyak miktarından azot miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Protein} = (0,0028 \times V \times 100 \times 6,25) / M$$

V: Titrasyonda kullanılan 0,1N HCl çözeltisi hacmi (mL)

M: Deney numunesi ağırlığı (g)

3.2.3.5. Su aktivitesi tayini:

Öğütülmüş fındık örnekleri zaman geçirilmeden su aktivitesi ölçüm kaplarına alınarak kaplar hacminin 2/3'si oranında örnekle doldurulmuştur. Ölçümler, 25°C sıcaklıkta Novasina/aw Sprint TH 500 su aktivitesi cihazında yapılmıştır.

3.2.3.6. Nem tayini

Öğütülmüş fındık örneği iyice karıştırıldıktan sonra darası alınmış kurutma kabına 10±0,005 g tartılmış ve etüvde 103±2°C'de 6 saat tutulmuştur. Bu süre sonunda kurutma kabı desikatöre alınıp soğutulmuş ve tartılmıştır. Bu işlem sabit tartıma gelinceye kadar tekrarlanmış ve sabit ağırlığa geldiğinde elde edilen tartım sonuçlarından aşağıdaki formüle göre nem miktarı hesaplanmıştır (Anonim, 1978):

$$\% \text{ Nem} = (M_0 - M_1) \times 100 / M_0$$

M₀: Deney numunesinin ilk ağırlığı (g)

M₁: Kurutulmuş deney numunesinin ağırlığı (g)

3.3. Duyusal Analiz

Duyusal analiz için çalışma süresince değişmeyecek 8 kişilik bir panelist grubu belirlenmiştir. Bu grup normal yaşantısında sigara kullanmayanlardan seçilmiştir. Ürünler kod numaraları verilmiş, uygulama ile ilgili herhangi bir kısaltma yapılmamıştır. Panelistler tadım yaparak kendilerine verilen değerlendirme formuna ürün ile ilgili değerlendirmelerini yapmışlardır. Formda yer alan değerlendirme başlıkları renk, lezzet, sertlik, acılaşıma, kötü koku, yabancı tat ve bayat tat şeklindedir (Çizelge 3.1). Herbir başlık için 1'den 5'e kadar puanlama yapılmıştır (Baş, 1990; Saklar vd, 2001; Şimşek, 2004).

Çizelge 3.1. Duyusal analiz formu (Baş, 1990; Saklar vd, 2001; Şimşek, 2004)

DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU					
	Çok İyi	İyi	Kabul Edilebilir	Kötü	Çok Kötü
Renk	5	4	3	2	1
Lezzet	5	4	3	2	1
	Yumuşak	Sert			Çok Sert
Sertlik	1	2	3	4	5
	Yok	Hissedilebilir			Fazla
Acılaşma	1	2	3	4	5
Kötü Koku	1	2	3	4	5
Yabancı Tat	1	2	3	4	5
Bayat Tat	1	2	3	4	5

3.4. İstatistiki Analiz

Çalışma, tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve analizler sonucunda elde edilen veriler, Windows tabanlı SPSS 20.0 istatistik paket programı vasıtasıyla gruplar arasında farkın olup olmadığı tek faktör ANOVA ile test edilmiştir. Gruplar arasında farklılık olup olmadığı Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile %95 güven aralığında ($p<0,05$) belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Ozon Gazı Uygulamasının Mikrobiyolojik Özellikler Üzerine Etkisi

Ordu ilinde yetiştirilen 2016 yılı ürünü, ekvator çapları boylarına eşit ya da yakın, yuvarlak şekilli, 9-15 mm çaplı ozonlanmış naturel iç fındık numunelerinde depolamanın başında ve depolama süresince yapılan mikrobiyolojik analiz sonuçları belirlenmiş ve istatistiki değerlendirmesi yapılmıştır. Örneklerin TAMB sayısı üzerine ozon gazı uygulamasının etkisi Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ozon gazı uygulamasının toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı üzerine etkisi (log kob/g)

Depolama Süresi (ay)	Muamele			
	Kontrol	30 Dakika	60 Dakika	90 Dakika
0	1,38±0,51 ^{aAB}	1,70±0,19 ^{aA}	0,62±0,11 ^{bBC}	0,35±0,071 ^{cC}
1	1,79±0,11 ^{aA}	1,56±0,14 ^{aAB}	1,73±0,078 ^{aAB}	1,46±0,071 ^{aB}
2	1,11±0,10 ^{aA}	1,20±0,22 ^{aA}	0,78±0,34 ^{bA}	0,70±0,00 ^{bcA}
3	1,54±0,23 ^{aA}	0,62±0,88 ^{aA}	0,85±0,00 ^{bA}	1,10±0,40 ^{abA}
6	0,77±1,08 ^{aA}	0,79±0,55 ^{aA}	0,65±0,23 ^{bA}	0,15±0,21 ^{cA}
9	0,76±0,31 ^{aA}	0,74±0,00 ^{aA}	0,55±0,21 ^{bA}	0,52±0,47 ^{bcA}

A-C: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0,05), a-c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0,05).

Örneklere ozon gazı uygulamasının Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) sayısı üzerine önemli etkisinin bulunduğu belirlenmiştir (p<0,05). Ozon uygulamasının hemen sonrasında yapılan analizlerde en düşük sayı 90 dakika uygulamada elde edilmiş ve istatistiksel olarak kontrol ve 30 dakika ozonlama uygulamalarından farklı (p<0,05) bulunmuştur. İkinci sırada düşük değere sahip olan 60 dakika ozon uygulaması da 30 dakika ozon uygulanan gruptan önemli derecede farklı (p<0,05) bulunmuştur. Ozonlama süresinin uzaması ile TAMB sayısında azalma belirlenmesi beklenen bir sonuç olmuştur. Öztekin vd (2006) tarafından 1, 5 ve 10 ppm’de 3-5 saat gaz formunda ozon gazı uygulamasının kuru incir mikroflorası üzerine etkileri ile ilgili yapılan çalışmada da TAMB sayısının ozon gazı uygulanan örneklerde azaldığı (p<0,05) belirlenmiştir. Başlangıç TAMB sayısı 2,57 logkob/g olan kuru incirlerin 3 saat ozon gazı uygulama sonrası TAMB sayıları 1, 5 ve 10 ppm konsantrasyonlarda sırası ile 2,51, 2,07 ve 2,00 log kob/g; 5 saat ozon

gazı uygulama sonrası 2,11, 1,97 ve 1,59 log kob/g olarak belirlenmiştir. Yine kuru incirlere 5 ve 10 ppm dozlarında ozon gazı uygulaması ile TAMB sayısının %38 oranında azaldığı bildirilmiştir. Bir başka çalışmada da 1, 3 ve 5 ppm konsantrasyonlarda 15, 30, 45 ve 60 dakikalık sürelerde uygulanan ozon gazının hurma meyesi üzerine etkileri incelenmiştir. 1, 3 ve 5 ppm düzeyinde 1 saatlik uygulama sonucu TAMB sayımında başlangıç değerlerine göre düşüş olduğu tespit edilmiş ve gruplar arası farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Najafi ve Khodaparast, 2009). Yeoh vd (2014) tarafından ise, taze kesilmiş papaya meyvesine 10, 20 ve 30 dakika süreyle uygulanan ($9,2 \pm 0,2 \mu\text{L/L}$) ozon gazı ile TAMB sayısında 0,22-0,33 log kob/g'lık bir azalma olduğu gözlenmiştir. Aguayo vd (2006) ise, çalışmalarında her 3 saatte bir 30 dk süreyle uygulanan ($4 \pm 0,5 \mu\text{L/L}$) ozonla zenginleştirilmiş hava akışında, 5°C'de 15 gün depolanan dilimlenmiş domateslerin TAMB sayılarında 1,07 log birimlik azalma olduğunu belirlemişlerdir. Bu literatür verileri çalışma sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

Bir aylık depolama sonrası yapılan TAMB sayımında 90 dakika ozon uygulaması yine en düşük sayıya sahip olarak belirlenmiş ancak istatistiki olarak sadece kontrol örneğinden farklı ($p < 0,05$) diğer ozon uygulanmış örneklerden farksız ($p > 0,05$) olarak saptanmıştır. Depolamanın 2, 3, 6 ve 9. aylarında yapılan analizlerde ise 3. ay analizi hariç tüm zamanlarda 90 dakika ozon uygulanmış örnekte TAMB sayısı yine en düşük olmakla birlikte, kontrol dahil tüm örneklerin TAMB sayısı birbirinden istatistiki olarak farksız ($p > 0,05$) bulunmuştur. Bu sonuçlar uzun zaman depolanmış örneklerde, uygulanan ozon konsantrasyonunun etkisinin ortadan kalktığını, örneklerinin TAMB sayılarının birbirine yaklaştığını göstermektedir. Ozon gazı çok çabuk parçalanarak bir ajan olması nedeni ile bu sonuç beklenmeyen bir durum oluşturmamaktadır. Depolamanın 3. ayında yapılan analizlerde 90 dakikalık uygulama sonucunun 30 ve 60 dakikalık uygulamalara göre daha yüksek TAMB sayısı elde edilmesinin (istatistiki olarak farksız, $p > 0,05$), analize alınan numunede hasar görmüş fındık bulunmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Depolama süresinin TAMB sayısı üzerine etkisinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucunda; depolama süresinin kontrol ve 30 dakika ozonlanmış örneklerde etkisiz ($p > 0,05$) iken; 60 ve 90 dakika ozonlanmış örneklerde farklılıklar oluşturduğu belirlenmiştir. Ancak bu değişim belirli bir yönde olmamış değişiklikler

göstermiştir. Ozon gazının son derece hızlı bir şekilde yıkıma uğraması nedeni ile süreye bağlı olarak artan bir etkinin görülmemesi beklenen bir durumdur.

Bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, TAMB sayısında sırasıyla %80 ve %70 oranında düşüş sağlayan 60 ve 90 dakika ozon uygulamalarında yeterli öldürücü etkinin sağlandığı sonucuna varılmıştır.

Fındık numunelerine uygulanan ozon gazının maya küf sayısı üzerine etkisi ve istatistiki değerlendirmesi Çizelge 4.2’de verilmiştir. Örneklere ozon gazı uygulama muamelesinin maya-küf sayısı üzerine hemen uygulama sonrası yapılan analizlerde önemli etkisinin bulunmadığı ($p>0,05$) saptanmıştır. Bununla birlikte tüm depolama sürelerinde ozonlanmış örneklerin maya-küf sayısı kontrol örneğinden düşük çıkmıştır. Yine 90 dakika ozonlamada elde edilen sayı da, 0. ve 9. ay örnekleri hariç, en düşük maya-küf sayılarına sahiptir. Bu sonuçlar istatistiksel olarak aralarında önemli farklılıklar bulunmasa da ozonlamanın maya-küf sayısını azaltabileceğini göstermiştir.

Çizelge 4.2. Ozon gazı uygulamasının maya küf sayısı üzerine etkisi (log kob/g)

Depolama Süresi (ay)	Muamele			
	Kontrol	30 Dakika	60 Dakika	90 Dakika
0	1,12±0,02 ^{aA}	0,79±0,86 ^{aA}	0,44±0,62 ^{aA}	0,60±0,78 ^{aA}
1	1,17±0,15 ^{aA}	0,90±0,17 ^{aAB}	0,86±0,064 ^{aAB}	0,65±0,0 ^{aB}
2	1,08±0,28 ^{aA}	0,87±0,18 ^{aA}	0,89±0,56 ^{aA}	0,27±0,38 ^{aB}
3	0,86±0,36 ^{aA}	0,57±0,81 ^{aA}	0,78±0,00 ^{aA}	0,35±0,50 ^{aA}
6	0,58±0,81 ^{aA}	0,10±0,13 ^{aA}	0,30±0,42 ^{aA}	0,00 ^{aA}
9	1,04±0,57 ^{aA}	0,35±0,50 ^{aA}	0,54±0,51 ^{aA}	0,42±0,33 ^{aA}

A-C: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ($p<0,05$), a-c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Depolama sonrası yapılan analizlerde; ozon gazı uygulamasının 1. ve 2. ay analizlerinde örnekler arasında önemli farklılığa ($p<0,05$) neden olduğu; 90 dakika ozonlamanın 1. ay analizlerinde kontrol örneğinden, 2. ay analizlerinde de diğer tüm uygulamalardan istatistiksel yönden farklı ve daha düşük maya-küf sayısına sahip olduğu belirlenmiştir.

Depolama süresinin maya-küf sayısı üzerine hiçbir örnekte (kontrol, 30, 60 ve 90 dakika ozonlanmış) istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahip olmadığı ($p>0,05$)

belirlenmiştir. Bu sonuç ozon gazının son derece hızlı bir şekilde yıkıma uğraması nedeni ile beklenen bir durumdur.

Elgün (2011) tarafından yapılan araştırmada, 2 farklı buğday çeşidine (Bezostaya-1 ve Gerek-79) ait 1 kg'lık buğday unu ve kepeklerine uygulanan 0,4 g/h debili ozon gazının, analizlerin yapıldığı ilk gün ve 21 günlük dinlendirme sonrasında maya-küf yükünde önemli düzeyde düşüşe neden olduğu tespit edilmiştir. Onar (2013) tarafından yapılan çalışmada Tekirdağ ilinde üretilen üzümün kurutulması ve ozon uygulamasının depolama boyunca etkisinin incelendiği çalışma sonucu maya-küf değeri en az olan örneklerin ozon uygulanmış örnekler olduğu tespit edilmiştir. Yine, Öztekin vd (2006) tarafından 1, 5 ve 10 ppm konsantrasyonda 3-5 saat gaz formunda ozon uygulanmış incir kurusu üstündeki maya-küf sayısında istatistiki olarak belirgin düşüşler ($p < 0,05$) gözlemlendiği bildirilmiştir. Najafi ve Khodaparast (2009) tarafından yapılan çalışmada, başlangıçta 3,93 log kob/g olan maya küf değerine sahip hurmaların 1, 3 ve 5 ppm konsantrasyonda 1 saat ozon gazı uygulaması sonrası maya küf sayısının sırasıyla 3,80, 3,63 ve 3,50 log kob/g değerlerine kadar düştüğü belirtilmiştir. Perez vd (1999) tarafından 3 gün, 2⁰C de 0,35 ppm ozon gazı atmosferinde ve sonra 4 gün 20⁰C hava atmosferinde depolanan çileklerde yapılan analizler sonucunda, 20⁰C'de depolamanın 2. gününde küf gelişiminin %15 azaltılabileceği belirtilmiştir. Başka bir çalışmada da *Botrytis cinerea* inoküle edilmiş çilekler 3 gün, 2⁰C'de 1,5 ppm ozon atmosferinde depolanmış ve bu çileklerde yüzeydeki maya gelişiminin görülebilir düzeyde yavaşladığı bildirilmiştir (Nadas vd, 2003). Farklı gıda maddelerinde gerçekleştirilen çalışma sonuçları ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar paraleldir.

Gerek çalışma gerekse de literatür sonuçları, ozon uygulamasının ürünlerin maya küf sayısının azaltılmasında etkili olduğunu ve muhafaza süresini arttırıcı potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

4.2. Ozon Gazı Uygulamasının Serbest Yağ Asitliği ve Peroksit Sayısı Üzerine Etkisi

Fındık lipitlerinin kimyasal ve/veya enzimatik hidrolize uğraması ile serbest yağ asitleri oluşturmaktadır. Serbest yağ asidi oluşumu hidroliz reaksiyonlarına göre, düşük kararlılığa sahip doymamış yağ asitleri esterlerinde meydana gelmektedir. (Dermirci Ercoşkun, 2009). Fındıkta acılaşmaya neden olan lipaz ve esteraz

enzimlerinin hasar görmemiş hücrelerdeki yağlarda etkinlik gösteremediklerini ve fındık içi zararının hemen altında bulunduğu saptanmıştır (Riedl ve Mohr, 1979; Özdemir vd, 1998). Doymamış serbest yağ asitlerinin oksitlenmesi ile de peroksitler oluşmaktadır. Serbest yağ asidi oluşumu hızı yağ asidi oksitlenme hızından yüksek ise serbest yağ asidi miktarı da paralel olarak artmakta, düşük ise azalmaktadır (Dermirci Ercoşkun, 2009).

Çalışmada fındığın kalitesi ve duyu özellikleri üzerine çok önemli etkisi bulunan serbest yağ asitliği değeri üzerine ozon gazı uygulamasının etkisi fındık numunelerinde belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar istatistiki olarak değerlendirilerek Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Örneklere ozon gazı uygulamasının serbest yağ asitliği üzerine önemli etkisinin bulunduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Farklılığın hangi örnekler arasında olduğunu belirlemek için yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma testi sonucu sadece 9. ay depolamada 60 ve 90 dakika ozonlamanın kontrol örneğinden istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) düzeyde farklı olduğu saptanmıştır. Ozon uygulamasının hemen sonrasında yapılan analizlerde en yüksek serbest yağ asitliği değeri 90 dakika uygulamada elde edilirken, bunu 60 dakika ozon uygulaması takip etmiştir. En düşük değer ozonlanmamış kontrol örneği ile 30 dakika ozonlanmış örnekte tespit edilmiştir. Ancak ozonlanmış örnekler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Çizelge 4.3. Ozon gazı uygulamasının serbest yağ asitliği üzerine etkisi (%)

Depolama Süresi (ay)	Muamele			
	Kontrol	30 Dakika	60 Dakika	90 Dakika
0	0,12±0,07 ^{cA}	0,12±0,07 ^{aA}	0,14±0,02 ^{aA}	0,18±0,05 ^{aA}
1	0,20±0,07 ^{bcA}	0,13±0,00 ^{aA}	0,14±0,03 ^{aA}	0,16±0,07 ^{aA}
2	0,19±0,06 ^{bcA}	0,12±0,02 ^{aA}	0,17±0,07 ^{aA}	0,21±0,07 ^{aA}
3	0,24±0,06 ^{abA}	0,21±0,04 ^{aA}	0,17±0,07 ^{aA}	0,18±0,04 ^{aA}
6	0,32±0,00 ^{aA}	0,29±0,23 ^{aA}	0,17±0,06 ^{aA}	0,20±0,06 ^{aA}
9	0,31±0,21 ^{aA}	0,21±0,08 ^{aAB}	0,17±0,03 ^{aB}	0,18±0,02 ^{aB}

A-C: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ($p < 0,05$), a-c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ($p < 0,05$).

Depolama süresinin serbest yağ asitliği üzerine etkisi sadece kontrol örneğinde önemli ($p < 0,05$) olarak belirlenmiştir. Serbest yağ asitliği değeri depolama süresince

artış göstermiş ve en yüksek değer 6. ay depolama sonrası yapılan analizlerde elde edilmiştir. Ozon uygulanmış örneklerde ise depolama zamanına bağlı olarak serbest yağ asitliği değerindeki değişim önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur.

Ozon uygulanmamış, kontrol grubu örneklerde depolama süresine bağlı olarak, serbest yağ asitliği değerinde belirlenen artış, literatür çalışmaları ile benzerlik göstermiştir. Turan ve İslam (2016) tarafından adi depo şartlarında 18 ay süre ile muhafaza edilen çakıldak fındık çeşitlerinde, depolama süresince serbest yağ asitliği değeri %0,09'dan %0,48'e yükselmiş ve istatistik olarak farklı görülmüştür ($p<0,05$). Akar (2016) Kalınkara, Palaz ve Tombul fındık çeşitlerini 9 ay süresince adi koşullarda depolamış, Palaz ve Tombul fındık çeşitlerinde zamana bağlı olarak serbest yağ asidi miktarının değişimi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Ancak, kurutma sonrası saptanan serbest yağ asidi değerleri (%0,30; %0,21), 6. aya kadar artarken (%0,34; %0,37) 9. ay sonunda (%0,31; %0,25) düşmüştür. Bostan ve Koç Güler (2016) tarafından yapılan çalışmada, başlangıçta %0,20 olan serbest yağ asidi değeri 9. aya kadar artış göstermiş (%0,34), 9. aydan sonra azalmış ve 12. ayda %0,31 olmuştur. Depolama sonucunda serbest yağ asidi bakımından yeme kalitesini olumsuz etkileyecek önemli değişikliklerin olmadığı, ortalama değer Kalınkara çeşidinde %0,431, Tombul çeşidinde % 0,200 ve Palaz çeşidinde %0,182 olduğu bildirilmiştir. Çetin vd (2000) tarafından yapılan çalışmada ise, analiz edilen tombul fındık çeşidinde depolamadan önce %0,16 olan ortalama serbest yağ asidi miktarı, 12 aylık depolama sonunda 3 ayrı grupta %0,25, %0,35, %0,50 değerlerine yükselmiş ve bu artış depo koşulları ile muhafaza sürelerine bağlı olarak değişmiştir.

Demirci Ercoşkun (2009), bazı fındık örneklerinde serbest yağ asitliği değerinin depolamanın ilk aylarında arttığını ve bir zirve değeri oluşturduktan sonra azaldığını, bazı ürünlerde artışın 12. aya kadar sürdüğünü belirtmiştir. Koç Güler (2015) gama ışını uygulamasının natürel iç fındık depolama kalitesi üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, serbest yağ asidi değerleri arasındaki farklılıkları depolama süresine göre önemli bulduğunu, depolama süresi uzadıkça serbest yağ asidi miktarının arttığını, bu değer kontrol grubu örneklerde 9 ay sonra %1'in üzerine çıktığını, 9. aydan itibaren nispeten azaldığını ancak yine %1'in üzerinde kaldığını ve yeme kalitesi açısından serbest yağ asidi değerinin %1'in üzerine çıkmaması gerektiğini bildirmiştir. Özdemir vd (1998) tarafından da kötü kokulu serbest yağ asidi miktarının %0,7'yi geçmesi acılaştırmanın göstergesi olarak

belirlenmiştir. Fındıklara ozonlamanın etkisinin araştırıldığı bu çalışmada depolamanın 9. ayında 30, 60 ve 90 dk. ozon gazı uygulanmış fındık örneklerinde elde edilen serbest yağ asitliği değerleri (sırasıyla %0,21±0,08, %0,17±0,03 ve %0,18±0,02) kabul edilebilir sınır değerler içerisinde kalmıştır.

Fındık numunelerinin peroksit değeri üzerine ozon gazı uygulamasının depolama süresince etkisi ve istatistiki değerlendirmesi Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Ozon gazı uygulamasının peroksit üzerine etkisi (meqO₂/kg)

Depolama Süresi (ay)	Muamele			
	Kontrol	30 Dakika	60 Dakika	90 Dakika
0	1,8±0,76 ^{bcB}	3,7±0,85 ^{cB}	7,88±0,69 ^{aA}	8,19±1,24 ^{bcA}
1	1,27±1,17 ^c	2,8±0,57 ^c	3,73±0,41 ^a	4,9±0,55 ^c
2	4,73±1,02 ^{bcA}	9,03±2,71 ^{bA}	6,73±1,42 ^{aA}	7,34±0,06 ^{bcA}
3	6,42±1,61 ^{abB}	8,60±0,14 ^{cC}	12,6±3,22 ^{aA}	9,98±1,75 ^{bcAB}
6	11,22±1,27 ^{aA}	13,95±3,37 ^{abA}	15,61±0,99 ^{aA}	11,95±2,83 ^{abA}
9	6,52±3,79 ^{abA}	17,40±3,01 ^{aA}	15,15±10,53 ^{aA}	16,05±3,54 ^{aA}

A-C: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0,05), a-c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0,05).

Fındık örneklerinin peroksit değerleri ozon gazı uygulaması ile artış göstermiştir. Örneklere ozon gazı uygulamasının ve konsantrasyon farklılıklarının peroksit değeri üzerine önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Uygulamanın hemen ardından yapılan analizlerde, kontrol grubu ve 30 dakika uygulanmış örneklerin peroksit değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmamışken (p>0,05), 60 ve 90 dakika ozon uygulanmış örneklerin peroksit değeri, kontrol ve 30 dakika ozon uygulamalarına göre istatistiksel açıdan önemli (p<0,05) bulunmuştur.

Depolama boyunca örneklerin peroksit değerlerinde istatistiksel olarak önemli farklılıkların (p<0,05) olduğu ve bu değişimin genel olarak yükseliş yönünde olduğu gözlenmiştir. Tüm muamelelerde 6 ve 9 ay depolama sonrası elde edilen değerler diğer zamanlardan belirgin şekilde daha yüksektir. Depolamanın 9. ayında kontrol örneği ile 30, 60 ve 90 dakika ozon uygulanmış örneklerde elde edilen peroksit değerleri sırasıyla 6,52±3,79 meqO₂/kg, 17,40±3,01 meqO₂/kg, 15,15±10,53 meqO₂/kg ve 16,05±3,54 meqO₂/kg olarak tespit edilmiştir.

Atakan (2019) tarafından 5, 10 ve 20 ppm konsantrasyonlarda 10 ve 20 dakika ozon uygulanmış ve 12 ay depolanmış fındıkların peroksit değerinde uygulama*depolama etkileşimi önemli bulunmuş ($p<0,05$) ve depolama boyunca tüm örneklerin peroksit değerinin arttığı gözlenmiştir. Oniki aylık süre sonunda en yüksek değer 20 ppm ve 20 dakika ozon uygulanan grupta ($12,77\pm 1,570$ meqO₂/kg), en düşük değer ise 5 ppm ve 20 dakika ozon uygulanan grupta ($3,20\pm 0,770$ meqO₂/kg) tespit edilmiştir. Fındık örneklerinde depolama boyunca peroksit değerinde meydana gelen dalgalanmalar, oksidasyondaki ilerleme ve meydana gelen peroksitlerin ileri oksidasyon ürünlerine parçalanmasına bağlanmıştır. Akar (2016), 9 ay adi koşullarda depolanmış fındıklarda peroksit değerinin elle ayıklamada 0,11-1,18 meqO₂/kg, patozla ayıklamada 0,13-3,24 meqO₂/kg arasında değerler aldığını bildirmiştir.

Turan ve İslam (2016) tarafından, adi depo şartlarında 18 ay süre ile muhafaza edilen çakıldak fındık çeşitlerinde, peroksit değerinin depolamada 0,026 meqO₂/kg'dan 0,616 meqO₂/kg değerine ulaştığı; en yüksek değer depolamanın sonunda kaydedildiği ve depolama zamanları arasındaki farklılığın önemli bulunduğu ($p<0,05$) bildirilmiştir. Evren (2011) fındık ununda peroksit değerinin depolama süresince sürekli artış gösterdiğini ve 12 ay sonunda zirve değere ulaştığını; Demirci Ercoşkun (2009) fındık örneklerindeki peroksit değerlerinin depolama ile arttığını, genellikle bir pik yaptıktan sonra düştüğünü bildirmiştir. Koç Güler (2015) tarafından da, depolama süresi arttıkça peroksit değerlerinin de yükseldiği ancak belirli bir pik değeri yaptıktan sonra tekrar düşüşe geçtiği; en yüksek peroksit değerlerine kontrol ($2,263\pm 0,038$ meqO₂/kg) ve 0,5 kGy grubunda ($3,017\pm 0,026$ meqO₂/kg) 9 ay sonra, 1 kGy ($3,620\pm 0,191$ meqO₂/kg) ve 1,5 kGy ($4,513\pm 0,187$ meqO₂/kg) gamma ışınlanmış grupta ise 12 ay sonra ulaşıldığı saptanmıştır. Tüm dozlarda en düşük peroksit değerleri ise depolamanın ilk üç ayında görülmüştür. Çetin vd (2000) tarafından vakumsuz çiğ fındığın başlangıçta 0,14 meqO₂/kg olan peroksit değerinin 6. ayda 0,50 meqO₂/kg'ye yükseldiği, 9. ayda 0,40 meqO₂/kg'a düştüğü ve 12. ayda 0,85 meqO₂/kg'a yükseldiği tespit edilmiştir. Bu literatür verileri çalışmada elde edilen veriler ile uyumludur.

Naturel İç Fındık Standardına göre peroksit değerinin bir üst limiti bulunmasa da, fındık piyasasında genellikle peroksit değerinin 1 meqO₂/kg'ın altında olması istenir (Turan ve İslam, 2016). Richardson ve Ebrahim (1997) peroksit sayısının

acılaşma açısından önemli olduğunu ve peroksit sayısının 2 meqO₂/kg yağ'ın üzerindeki fındıklarda acı tat hissedildiğini bildirmişlerdir. Peroksit değeri 8 meqO₂/kg yağ'a ulaştığında ise lezzet kalitesinin bittiği ifade edilmiştir (Atakan, 2019). Çalışmada ozonlanmış örneklerde tüm zamanlarda 2 meqO₂/kg değerinin üzerinde çıkmıştır.

Çalışmada ilerleyen depolama süresince peroksit değerinde meydana gelen değişim, bu dönemlere ait duyu analizlerde ürünlerin lezzet puanlarında düşüş; acılaşma ve kötü koku puanlarındaki artış ile teyid edilmiştir.

4.3. Ozon Gazı Uygulamasının Su Aktivitesi ve Nem İçeriği Üzerine Etkisi

Ürünlerin uzun süre bozulmadan muhafaza edilmesinde su aktivitesi değeri önemli bir kriterdir (Turan ve İslam, 2016). Gıdalarda bulunan su, biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşebilmesi için gerekli en önemli faktördür. Su, fındık gibi yağlı bir gıdada oksidasyon katalistleri ve oksijenin hareketliliğini artırarak oksidasyon hızını etkilemektedir. Kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik reaksiyonlar 0,2-0,4 su aktivitelerinde en düşük hızda gerçekleşmektedir. Su aktivitesi değeri gıda maddesi içerisindeki suyun ortam bağıl nemine oranıdır (Cemeroğlu ve Acar 1986). Su aktivitesi değeri mikroorganizmaların kullanımlarına yarayışlı, gıda içinde bağı olmayan suyu ifade ettiğinden gıdanın mikrobiyel stabilitesine ilişkin % su içeriğine oranla daha fazla bilgi sunmaktadır (Tunail, 2000). Fındık numunelerinin su aktivitesi üzerine depolama süresince etkisi ve istatistiksel değerlendirmesi Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ozon gazı uygulamasının su aktivitesi (a_w) üzerine etkisi

Depolama Süresi (ay)	Muamele			
	Kontrol	30 Dakika	60 Dakika	90 Dakika
0	0,62±0,07 ^{aA}	0,61±0,07 ^{aA}	0,60±0,14 ^{aA}	0,60±0,00 ^{aA}
1	0,60±0,07 ^{bA}	0,60±0,00 ^{abA}	0,60±0,07 ^{aA}	0,60±0,00 ^{aA}
2	0,58±0,00 ^{cA}	0,59±0,00 ^{bA}	0,59±0,00 ^{aA}	0,59±0,02 ^{aA}
3	0,58±0,00 ^{cA}	0,59±0,00 ^{bA}	0,59±0,00 ^{aA}	0,59±0,07 ^{aA}
6	0,56±0,07 ^{dA}	0,55±0,07 ^{cA}	0,55±0,14 ^{bA}	0,54±0,00 ^{bA}
9	0,49±0,00 ^{eA}	0,48±0,00 ^{dA}	0,47±0,00 ^{cA}	0,48±0,00 ^{aA}

A-C: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0,05), a-e: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0,05).

Örneklere ozon gazı uygulamasının su aktivitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Ozon gazı uygulamasının su aktivitesi üzerine belirgin etkisinin bulunmaması beklenen bir sonuçtur. Depolama süresine bağlı olarak ise tüm örnek gruplarında su aktivitesi değerlerinde önemli düşüş ($p<0,05$) belirlenmiş; 9. ay kontrol, 30, 60 ve 90 dakika ozonlanmış örneklerin su aktivitesi değerleri diğer zamanlardan daha düşük saptanmıştır.

Çalışma sonucuna benzer şekilde, Turan ve İslam (2016) tarafından yapılan çalışmada da çakıldak fındık çeşidinde depolamanın başında 0,58 olan su aktivitesi değerinin depolama sonunda 0,37'ye düştüğü ve depolama zamanları arasındaki farklılığın önemli olduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir. Yine Demirci Ercoşkun (2009), fındık örneklerinin tamamına yakın bir kısmında depolama süresince su aktivitesi değerlerinde istatistiki olarak önemli azalmalar meydana geldiğini belirtmiştir.

Fındık örneklerinde kontrol muamelesinin başlangıç örneği hariç ($a_w:0,62\pm0,07$) diğer tüm örneklerin depolama sonrası su aktivite değerleri ($a_w:0,61\pm0,07 - 0,47\pm0,00$ arasında) mikrobiyal bozulmanın başlaması için gerekli değerden daha düşük belirlenmiştir. Ürünlerin uzun süre bozulmadan muhafaza edilmesi açısından çok önemli bir kriter olan su aktivitesi değerinin tüm örneklerde mikrobiyal açıdan bozulma olmaksızın muhafaza edebilmek için yeterli olması istenilen bir sonuçtur. Çalışma sonucu elde edilen veriler literatürlere benzerlik göstermektedir.

Fındık numunelerinin nem içeriği üzerine ozon gazı uygulamasının depolama süresince etkisi ve istatistiki değerlendirmesi de Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Ozon gazı uygulamasının nem içeriği üzerine etkisi (%)

Depolama Süresi (ay)	Muamele			
	Kontrol	30 Dakika	60 Dakika	90 Dakika
0	2,55±0,15 ^{aA}	2,48±0,14 ^{bcA}	2,53±0,32 ^{abA}	2,66 ±0,17 ^{abcA}
1	2,44±0,3 ^{aA}	2,47±0,15 ^{bcA}	2,36±0,64 ^{abA}	2,68±0,29 ^{abcA}
2	3,33±0,23 ^{aA}	3,43±0,17 ^{aA}	3,28±0,27 ^{aA}	3,14±0,15 ^{aA}
3	2,79±0,21 ^{aA}	2,61±0,25 ^{ba}	2,86±0,91 ^{abA}	2,99±0,00 ^{abA}
6	2,41±0,76 ^{aA}	1,99±0,22 ^{ca}	2,19±0,07 ^{abA}	2,10±0,15 ^{ca}
9	2,49±0,18 ^{aA}	2,30±0,27 ^{bcA}	2,10±0,38 ^{ba}	2,41±0,49 ^{bcA}

A-C: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ($p<0,05$), a-c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Örneklere ozon gazı uygulama muamelesinin nem içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmazken ($p>0,05$), depolama süresinin etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Ozon gazı uygulamasının nem içeriği üzerine belirgin etkisinin bulunmaması beklenen bir sonuçtur. Depolama sürecinde de örnekler arasındaki istatistiksel olarak önemli olan farklılık; 60 dakika ozonlamada 9. ay sonuçlarının 2. ay sonuçlarından, 90 dakika ozonlamada da 6. ay sonuçlarının 2. ve 3. ay ozonlamadan farklı olmasından ($p<0,05$) kaynaklanmıştır. Diğer muamele ve zamanların birbiri ile benzer olduğu görülmektedir. Bununla birlikte tüm örneklerde depolama sonunda örneklerin nem içeriği başlangıç zamanından daha düşüktür. Bu veriye benzer şekilde, Akar (2016) tarafından depolanan fındıklarda en yüksek nem değerinin başlangıçta ve en düşük nem değerinin depolama sonundaki ürünlerde elde edildiği; Demirci Ercoşkun (2009) tarafından da fındık örneklerinde depolama süresi ile nem içeriklerinde istatistiksel olarak önemli azalmalar meydana geldiği bildirilmiştir. Çetin vd (2000) tarafından oda sıcaklığında ve %60-65 nemde depolanan fındık örneklerinde 12 ay sonunda nem değerinin %6'dan, %5,90'a düştüğü; Turan ve İslam (2016) tarafından çakıldak fındık çeşitinde depolamanın başında % 5,18 olan nem değerinin depolama sonunda %3,43'e düştüğü; Koç Güler (2015) tarafından başlangıçta en yüksek $4,773\pm 0,035$ olan nem değerinin 18 aylık depolamanın sonunda en düşük $4,117\pm 0,024$ tespit edildiği bildirilmiştir.

Fındık örneklerinde tüm örnekler ve zamanlarda elde edilen nem içeriği ($1,99\pm 0,22$ - $3,43\pm 0,17$) değeri mikrobiyal bozulmanın başlamasını sağlayacak değerden çok düşüktür.

4.4. Ozon Gazı Uygulamasının Protein ve Yağ İçeriği Üzerine Etkisi

Fındık numunelerine ozon gazı uygulamasının protein ve yağ içeriği üzerine etkisini belirlemek için depolamanın başında ve sonunda analizler yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Ozon gazı uygulamasının protein ve yağ içeriği üzerine etkisi (%)

Muamele	Protein İçeriği (%)		Yağ İçeriği (%)	
	0. Ay	9. Ay	0. Ay	9. Ay
Kontrol	14,77	15,24	66,43	65,63
30 Dakika	15,35	15,68	66,21	66,25
60 Dakika	13,74	15,47	64,99	65,90
90 Dakika	15,26	15,95	65,85	65,96

Gerek ozonlama gerekse de depolama süresi sonunda yapılan analizlerde findıkların toplam protein ve yağ miktarlarında küçük değişimler belirlenmiştir. Bu değişimlerin ozon gazı uygulamasından değil, her bir dönemde yapılan örneklemede analize alınan fındık örneklerinin farklı olmasından kaynaklandığı; ozonlama ve depolamanın protein ve yağ miktarları üzerine etkisinin bulunmadığı görüşüne varılmıştır.

Çakırmelikoğlu ve Çalışkan (1993) tarafından yapılan çalışmada da benzer şekilde 1 yıllık depolama sonunda yapılan protein ve ham yağ analizlerinde düzenli sayılabilecek tek yönlü değişiklikler görülmediği bildirilmiştir. Koç Güler (2015) iç fındıkta protein miktarının depolama süresince inişli ve çıkışlı değerler aldığını; yağ miktarının depolama sonunda azalma gösterse de depolama süresince sürekli azalma eğiliminde olmadığını belirtmiştir. Turan ve İslam (2016) 18 ay süre ile muhafaza edilen findıkların protein oranında depolama süresince kararlı bir değişim tespit edilmemiştir. Akar (2016) Kalınkara, Palaz ve Tombul çeşitlerinde kurutmadan hemen sonra, 3 ay, 6 ay ve 9 ay depolama sonrası yağ miktarları arasında istatistik olarak önemli bir farklılık olmadığını belirlemiştir ($p>0.05$). Literatürlerde ulaşılan sonuçlar çalışma sonuçları ile benzerdir.

4.5. Ozon Gazı Uygulamasının Duyusal Özellikler Üzerine Etkisi

Çalışmada ozon gazı uygulamasının fındık numunelerinin duyusal özellikleri üzerine etkisi de değerlendirilmiştir. Ozon gazı uygulanan natürel iç fındıkta depolama süresince meydana gelen renk, lezzet, sertlik, acılaşıma, kötü koku, yabancı tat ve bayat tat üzerine değişiklikleri test eden 8 panelistin duyusal değerlendirme puanları Çizelge 4.8., 4.9., 4.10., 4.11., 4.12., 4.13. ve 4.14. de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Ozon gazı uygulamasının renk üzerine etkisi

Depolama Süresi (ay)	Muamele			
	Kontrol	30 Dakika	60 Dakika	90 Dakika
0	4,88±0,18 ^{aA}	4,50±0,00 ^{aA}	4,84±0,23 ^{aA}	4,75±0,35 ^{aA}
1	5,00±0,00 ^{aA}	4,00±0,00 ^{bB}	4,13±0,18 ^{bB}	4,12±0,08 ^{bB}
2	4,38±0,18 ^{bA}	4,10±0,16 ^{bAB}	4,13±0,18 ^{bAB}	3,94±0,08 ^{bcB}
3	3,94±0,10 ^{cA}	4,00±0,88 ^{aA}	4,00±0,00 ^{bA}	4,00±0,18 ^{bcA}
6	3,63±0,00 ^{dAB}	3,50±0,00 ^{cB}	3,75±0,18 ^{bAB}	3,87±0,18 ^{bcA}
9	4,19±0,10 ^{bcA}	3,57±0,10 ^{cB}	3,75±0,00 ^{bB}	3,50±0,18 ^{cB}

A-C: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ($p<0,05$), a-c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Ozon gazı uygulamasının hemen ardından yapılan duyu analizlerinde, ozon gazı uygulamasının renk üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Depolamanın 1, 2 ve 9. ayında yapılan analizlerde de ozon gazı uygulanan örnekler ile kontrol örnekleri arasında istatistiksel açıdan farklılıkların önemli ($p<0,05$) ve olumsuz yönde olduğu saptanmıştır. Depolamanın 3. ve 6. aylarında ise ozonlamanın örnekler arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığa neden olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Depolama süresinin de hem ozonlanmış hem de ozonlanmamış örneklerde istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p<0,05$) beğeni kaybına neden olduğu saptanmıştır. Bu kayıp ozonlanmamış örnekte 2 ay depolamadan; ozonlanmış örneklerde ise 1 ay depolamadan itibaren önemli olmuştur.

Ağıza alınan maddenin, tat ve koku alma duyularıyla hissedilenlere ilave olarak acı verme, sıcaklık vb. gibi ağızda oluşturduğu diğer algıların toplamı olarak tanımlanan lezzet (flavor) (Cemeroğlu, 2009) değerleri ozonlamadan olumsuz etkilenmiştir. Ozon gazı uygulamasının lezzet üzerine etkisi, uygulamanın hemen sonrasında gerçekleştirilen analiz değerlerine göre istatistiksel olarak önemli farklılığa sahip bulunmuştur ($p<0,05$). Depolama süresi boyunca 2. ay sonuçları dışında birkaç istisna dışında ozonlanmış örneklerin lezzet puanları ozonlanmamış örneklerden önemli düzeyde düşük çıkmıştır ($p<0,05$). Depolama süresinin lezzet üzerine etkisi de hem ozonlanmış hem de ozonlanmamış örneklerde önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.9. Ozon gazı uygulamasının lezzet üzerine etkisi

Depolama Süresi (ay)	Muamele			
	Kontrol	30 Dakika	60 Dakika	90 Dakika
0	4,75±0,00 ^{aA}	3,42±0,12 ^{aC}	4,13±0,18 ^{aB}	3,88±0,18 ^{aB}
1	4,13±0,18 ^{bA}	2,63±0,53 ^{cbB}	3,75±0,35 ^{aA}	3,50±0,00 ^{aAB}
2	3,75±0,18 ^{cA}	3,19±0,27 ^{bA}	3,69±0,44 ^{aA}	3,56±0,26 ^{aA}
3	3,70±0,10 ^{cA}	2,63±0,00 ^{bcB}	2,56±0,09 ^{bB}	2,50±0,00 ^{bcB}
6	3,32±0,10 ^{dA}	2,44±0,00 ^{bB}	2,88±0,35 ^{bAB}	2,94±0,27 ^{bAB}
9	3,13±0,00 ^{dA}	2,06±0,26 ^{bB}	2,38±0,00 ^{bB}	2,25±0,35 ^{cbB}

A-C: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ($p<0,05$), a-d: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Ozon uygulanan örnekler arasında değerlendirme yapıldığında lezzet ve renk değerleri açısından 30 ve 90 dakika ozon uygulanan örneklerin istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte panelistler tarafından 60 dakika ozon uygulanan örneğe göre genel olarak daha düşük değerler aldıkları belirlenmiştir. Ancak, kontrole göre ozon uygulanan tüm örnekler renk ve lezzet ozon etkisi ile olumsuz etkilenmişlerdir. Yüksek dozda ozon kullanımının gıdaların renk ve lezzet gibi duyuşsal özelliklerini olumsuz etkilediği Tan vd (20059 tarafından da bildirilmiştir. Aydınoglu vd (2017) tarafından da ozon uygulamasının soğukta muhafaza edilen nar tanelerinin tatlarına ve nisbeten renklerine olumsuz etki ettiği tespit edilmiştir. Bu durum, vakum poşetlerinde depolanan nar tanelerinin anaerobik solunumu sonucu belirli bir süreden sonra tadının bozulmasına ve oksitlenmeye bağılı olarak renk değişimi olmasına bağılanmıştır.

Fındık örneklerinin tüketilebilirliği ve ekonomik değeri üzerine çok büyük etkisi olan acılaşma durumu üzerine de ozon gazı uygulamasının önemli etkisi olduğu belirlenmiştir. Ozonlamanın hemen ardından yapılan duyuşsal analizlerde, kontrol grubu ile 30 ve 90 dakikalık ozon uygulanan örnekler arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuş ($p<0,05$), kontrol grubu ile 60 dakikalık uygulama arasında ise istatistiki açıdan önemli farklılık bulunmamakla ($p>0,05$) birlikte acılaşma değerinde yükselme olmuştur. Depolama süresinin uzaması ile ozonlanmamış örnekler ile ozonlanmış örneklerin acılık değerleri birbirine yaklaşmış olmakla birlikte ozonlanmış örneklerde tüm zamanlarda daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.10. Ozon gazı uygulamasının acılaşma üzerine etkisi

Depolama Süresi (ay)	Muamele			
	Kontrol	30 Dakika	60 Dakika	90 Dakika
0	1,46±0,30 ^{bB}	2,63±0,53 ^{bcA}	1,75±0,35 ^{cdAB}	2,63±0,18 ^{bcA}
1	1,50±0,35 ^{bA}	2,25±0,35 ^{cA}	1,25±0,35 ^{dA}	2,00±0,35 ^{dA}
2	1,62±0,53 ^{bB}	2,44±0,84 ^{bcA}	2,00±0,00 ^{cdAB}	2,37±0,18 ^{cdAB}
3	2,82±0,10 ^{aA}	3,00±0,18 ^{abA}	2,87±0,53 ^{bA}	3,13±0,18 ^{bA}
6	2,82±0,10 ^{aA}	3,13±0,18 ^{abA}	2,50±0,35 ^{bcA}	2,63±0,35 ^{bcA}
9	2,75±0,00 ^{aB}	3,63±0,18 ^{aA}	3,70±0,08 ^{aA}	3,82±0,10 ^{aA}

A-C: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0,05), a-d: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0,05).

Depolama süresinin uzaması ile hem ozonlanmamış kontrol örneğinde hem de ozonlanmış örneklerde acılık değerlerinde artışlar meydana gelmiş ve istatistiksel olarak da önemli (p<0,05) bulunmuştur. Beklenildiği gibi ozon uygulanmış örneklerdeki bu olumsuz yöndeki değişim daha yüksek olmuştur.

Çizelge 4.11. Ozon gazı uygulamasının kötü koku üzerine etkisi

Depolama Süresi (ay)	Muamele			
	Kontrol	30 Dakika	60 Dakika	90 Dakika
0	1,00±0,00 ^{aB}	1,50±0,35 ^{cA}	1,75±0,00 ^{cA}	1,75±0,00 ^{cA}
1	1,00±0,00 ^{aB}	2,25±0,71 ^{bcA}	1,75±0,35 ^{cAB}	1,75±0,00 ^{cAB}
2	1,00±0,00 ^{aB}	2,50±0,35 ^{bA}	2,37±0,18 ^{bA}	2,50±0,00 ^{bA}
3	1,57±0,26 ^{bB}	3,10±0,10 ^{abA}	2,69±0,08 ^{bA}	2,88±0,18 ^{bA}
6	1,57±0,26 ^{bB}	3,20±0,27 ^{abA}	2,69±0,08 ^{bA}	2,82±0,62 ^{bA}
9	2,32±0,10 ^{aC}	3,50±0,00 ^{aB}	3,75±0,00 ^{aC}	3,82±0,10 ^{aC}

A-C: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0,05), a-c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0,05).

Ozon gazı uygulamasının hemen ardından yapılan duyuşal analizde, ozon gazı uygulamasının kötü koku üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Depolama süresince 9. ay hariç, diğer zaman kontrollerinde istatistiki açıdan ozon gazı uygulanan örnekler ile kontrol grubu arasındaki farklılık durumunu korumuştur. Depolanmanın 9. ayında istatistiksel olarak önemli bulunmasa da, ozon gazı uygulanan örnekler kontrol grubuna göre daha yüksek puanlama ile olumsuz yönde değerlendirilmiştir.

Kontrol grubu örneklerinde depolama süresinin kötü koku üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$), ozon uygulanmış örneklerde ise depolama zamanına bağlı olarak kötü koku üzerindeki değişim önemli ($p<0,05$) bulunmuş ve bu değişim olumsuz yönde olmuştur.

Fındık örneklerinde yabancı tat hissi üzerine ozon uygulamasının etkisi Çizelge 4.12’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.12. Ozon gazı uygulamasının yabancı tat üzerine etkisi

Depolama Süresi (ay)	Muamele			
	Kontrol	30 Dakika	60 Dakika	90 Dakika
0	1,34±0,13 ^{bb}	2,13±0,18 ^{ca}	1,50±0,35 ^{caB}	2,13±0,18 ^{cdA}
1	1,63±0,53 ^{abA}	2,38±0,18 ^{ca}	1,63±0,18 ^{ca}	1,75±0,35 ^{da}
2	1,63±0,53 ^{abA}	2,32±0,10 ^{ca}	2,00±0,35 ^{ca}	2,50±0,18 ^{bcA}
3	1,88±0,17 ^{abB}	3,10±0,26 ^{ba}	2,63±0,18 ^{ba}	3,10±0,26 ^{ba}
6	1,88±0,17 ^{abB}	3,20±0,27 ^{ba}	2,75±0,18 ^{ba}	3,19±0,44 ^{abA}
9	2,25±0,17 ^{abB}	3,69±0,09 ^{aa}	3,63±0,21 ^{aa}	3,88±0,18 ^{aa}

A-C: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ($p<0,05$), a-c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Ozon gazı uygulamasının yabancı tat üzerine etkisi özellikle depolamanın 3. ayı ve sonrasında ozonlanmamış örnekten istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Ozonlama sonrası ve ilk 2 ay depolama süresinde örnekler arasında yabancı tat açısından istatistiksel olarak önemli olmayan ($P>0,05$) farklılıklar bulunmakla birlikte, ozonlanmış örneklerde istenmeyen bu değerlerin daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Depolama süresi ise tüm örneklerde yabancı tat üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p<0,05$) etkili bulunmuş ve yabancı tat değerlerini artırmıştır. Bu artış yine ozonlanmış örneklerde daha yüksek olmuştur.

Fındık tüketicisi tarafından satın alımda önemli bir diğer kriter olan bayat tat hissine ozon gazı uygulamasından etkilenmiştir.

Çizelge 4.13. Ozon gazı uygulamasının bayat tat üzerine etkisi

Depolama Süresi (ay)	Muamele			
	Kontrol	30 Dakika	60 Dakika	90 Dakika
0	1,34±0,13 ^{bC}	1,67±0,16 ^{bAB}	1,50±0,00 ^{cBC}	1,75±0,00 ^{bA}
1	1,38±0,18 ^{bA}	1,63±0,18 ^{bA}	1,63±0,18 ^{cA}	1,75±0,00 ^{bA}
2	1,50±0,18 ^{bB}	1,75±0,35 ^{bB}	1,75±0,18 ^{cB}	2,38±0,00 ^{bA}
3	2,25±0,35 ^{aA}	3,25±0,53 ^{aA}	2,63±0,18 ^{bA}	3,19±0,26 ^{aA}
6	2,25±0,35 ^{aA}	3,32±0,45 ^{aA}	2,63±0,18 ^{bA}	3,19±0,62 ^{aA}
9	2,38±0,18 ^{aB}	3,70±0,08 ^{aA}	3,63±0,18 ^{aA}	3,69±0,08 ^{aA}

A-C: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ($p<0,05$), a-c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Ozon gazı uygulamasının hemen ardından yapılan duyusal değerlendirmelerde 30 dakika ve 90 dakika ozon uygulamalarının, kontrol ve 60 dakikalık uygulamalara göre istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı bulunduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). En yüksek puan (olumsuz) 90 dakikalık uygulama sonucu saptanırken bunu 30 ve 60 dakikalık ozon uygulamaları takip etmiştir. Beklenildiği gibi en düşük puan kontrol grubunda alınmıştır. Depolamanın süresi boyunca yapılan analizlerde, süre uzadıkça muameleler (ozonlama) arasındaki farklılıkların birbirine yaklaştığı belirlenmiştir. Örneğin depolamanın 1, 3 ve 6. aylarında ozon gazı uygulamasının bayat tat üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemsiz ($p>0,05$); 2. ayında ise sadece 90 dakikalık uygulama diğerlerinden istatistiksel olarak önemli farka sahip olarak ($p<0,05$) bulunmuştur. Bununla birlikte tüm depolama zamanlarında bayat tat ozon gazı uygulanan fındık örneklerinde kontrol grubuna göre daha yüksek puanlanmış ve olumsuz olarak değerlendirilmiştir.

Depolama süresi bayat tat üzerine tüm örnek gruplarında istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($p<0,05$) ve giderek yükselmiştir.

Fındık örneklerinde tat üzerine etkili duyusal parametrelerden acılaşma, yabancı tat ve bayat tat puanlarının birbirini destekler şekilde ozonlanmış örneklerde artış göstererek olumsuzluklara neden olduğu ve bu olumsuzluğun depolama süresi boyunca devam ettiği saptanmıştır. Nadas vd (2003) yaptıkları çalışma sonunda, ozonun duyusal kalite üzerine en önemli etkisinin aroma kaybı olduğunu (%40 kayıp) ve bunu uçucu bileşiklerin oksidasyonu ile gerçekleşmiş olabileceğini bildirmiştir. Zhang vd (2011) tarafından da ozon gazı uygulanan çileklerde aroma kaybı olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte ozon uygulamasının, Nadas vd (2003),

Perez vd (1999), Zhang vd (2011) tarafından cennet elmasında (Salvador vd, 2006); Cayuela vd (2009) tarafından sofralık üzümlerde ve Çağatay (2006) tarafından kirazlarda aroma üzerine olumsuz yönde etkisinin olmadığı bildirilmiştir.

Çizelge 4.14. Ozon gazı uygulamasının sertlik üzerine etkisi

Depolama Süresi (ay)	Muamele			
	Kontrol	30 Dakika	60 Dakika	90 Dakika
0	3,00±0,00 ^{abAB}	2,63±0,53 ^{aB}	3,50±0,24 ^{abA}	3,29±0,57 ^{abAB}
1	2,50±0,00 ^{bA}	2,63±0,53 ^{aA}	3,13±0,53 ^{abA}	2,87±0,18 ^{bA}
2	2,56±0,10 ^{bA}	2,57±0,62 ^{aA}	2,94±0,08 ^{bA}	3,13±0,18 ^{bA}
3	2,75±0,35 ^{abB}	3,38±0,18 ^{aB}	4,19±0,08 ^{aA}	4,19±0,27 ^{aA}
6	2,75±0,35 ^{abA}	2,75±0,18 ^{aA}	3,63±0,88 ^{abA}	3,50±0,88 ^{abA}
9	3,19±0,27 ^{aA}	3,32±0,10 ^{aA}	3,25±0,35 ^{abA}	3,31 ±0,26 ^{abA}

A-C: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0,05), a-c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0,05).

Gerek ozonlama uygulamasının gerekse de depolama süresinin fındık örneklerinin sertlik değerleri üzerinde küçük farklılıklara neden olduğu belirlenmekle birlikte birkaç istisna dışında değişimler istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır (p>0,05). Atakan (2019) tarafından da ozon uygulamasının fındık tekstürü üzerinde etkisinin önemli olmadığı, fakat depolama süresinin önemli olduğu bildirilmiştir. Depolama süresince ilk 9 ay tekstür değerlerinde önemli değişimler olmazken 12. aydaki değerler istatistiki açıdan farklı bulunmuş, depolama süresi arttıkça fındıkların sertlik değerinin de arttığı bildirilmiştir. Çalışma sonucu elde edilen veriler, literatür verisi ile benzerlik göstermektedir. Depolama süresinin yer fıstıklarında sertlik değerini arttırdığı da bildirilmiştir (Nikzadeh ve Sedaghat, 2008).

Ozon gazı uygulanan örnek gruplarının kontrol grubuna göre genel olarak daha yüksek puan alması durumu, farklı ürünler olmakla birlikte ozon uygulanan çileklerde (Salvador vd, 2006; Nadas vd, 2003; Perez vd, 1999) ve kirazlarda (Çağatay, 2006) da yumuşamanın geciktiğinin açıklandığı çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. fıstıklarında da sertlik değerini arttırdığı bildirilmiştir (Nikzadeh ve Sedaghat, 2008). Çalışma sonucu elde edilen veriler literatürlerle benzerlik göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Herhangi bir dezenfeksiyon maddesinin/sisteminin teknolojik açıdan uygun olabilmesi için ürünün yalnızca mikrobiyal güvenliğinin sağlanması yeterli değildir. Ürün kalitesine katkıda bulunan bileşenler üzerine de zararlı bir etki yaratmaması ve zararlı kalıntı bırakmaması gerekmektedir. Ozon; geniş spektrumda güçlü antimikrobiyal aktivite göstermesi ve gıdalar üzerinde kalıntı bırakmaması dolayısı ile birçok ülkede gıda sektöründe geleneksel metotlara alternatif bir dezenfektan olarak karşımıza çıkmaktadır.

Araştırma sonucu, naturel iç fındıklarda ozon gazı uygulamasının beklenildiği gibi protein, yağ, su aktivitesi ve nem üzerine önemli bir aktivitesi bulunmamıştır. Etkili olması beklenen serbest yağ asidi üzerine de belirli bir etkisinin olmadığı, ancak peroksit değerlerinin ozon uygulanan numunelerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmada ozon uygulaması mikrobiyal yükte azalma sağlamakla birlikte duyu kalite kriterleri üzerinde istenilmeyen değişikliklere neden olmuştur. Özellikle peroksit değerindeki artış ile örneklerde, acılaştırmanın hissedildiği peroksit değeri olan 2 meqO₂/kg yağ'ın hatta lezzet kaybının çok ciddi boyutlara ulaştığı değeri olan 8 meqO₂/kg yağ'ın, aşılması ürünün ransit olarak sınıflandırılmasına neden olmuştur.

Natural iç fındıklara ozon uygulamasının duyu özelliklerden lezzet, renk, acılaştırma, kötü koku, yabancı tat ve bayat tat üzerine olumsuz etkisi olmuştur. Sadece sertlik üzerine belirgin bir etkisi saptanmamış, genel olarak yükselme yönünde olmuştur. Nitekim çalışmada 9 aylık depolama süresi sonunda tüm grupların doğrudan tüketimi için arzu edilmeyen duruma geldiği de belirlenmiştir.

Tüm bu sonuçlar; ozonun meyve ve sebzelerin özellikle mikrobiyolojik kalitesinin korunması üzerine olumlu etkileri olmakla birlikte özellikle duyu ve kimyasal özellikler üzerinde bazı olumlu etkileri kadar olumsuz etkilerinin de olabileceğini göstermektedir. Ozon uygulamasının özellikle oksidasyona açık olan bileşenleri az içeren ürünlerde ve gıdanın kimyasal yapısının dikkate alınarak uygun koşul, süre ve dozda gerçekleştirilmesi ile gıda kalitesinin olumsuz etkilenmeden raf ömrünün artırılmasının mümkün olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, yapılacak çalışmalarla ozon gazı uygulama süre ve konsantrasyonunun, maksimum mikrobiyal

inaktivasyon sağlarken őrünün kalite ۆzelliklerine ve besleyici ۆgelere herhangi bir olumsuzluk yaratmayacak şekilde optimize edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.



KAYNAKLAR

- Achen, M. and Yousef, A.E. 2001. Efficacy of ozone against *Escherichia coli* O157:H7 on apples. *Journal of Food Science*, 66(9), 1380-1384.
- Aguayo, E., Escalona, V. H. and Artes, F. 2006. Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes, *Postharvest Biology and Technology*, 39, 169-177.
- Akar, A. 2016. Tömbül, palaz ve kalınkara fıındık çeştlerinde elle ve patozla ayıklanmış örneklere depolama süresince meydana gelen kalite değişimleri. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 68, Ordu.
- Allen, B., Wu, J. and Doan, H. 2003. Inactivation of fungi associated with barley grain by gaseous ozone. *Journal of Environmental Science and Health*, 38(5), 617 – 630.
- Alparslan, Y., Baygar T. ve Yıldız, D. 2012. Su ürünleri işleme tesislerinde ozon ve önemi. *Electronic Journal of Food Technologies*, 7, 24-31.
- Anonim, 1978. İç fıındık standardı (TS- 3075/ Mart 1978).
- Anonim, 1989. Peroxide Value, AOCS Official Method, Cd 8-53.
- Anonim, 1990. Oils and Fats. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, USA, 15th Ed., p. 485–518.
- Anonim, 2005. Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları, Ed. A.Kadir Halkman MERCK, ISBN:975-00373-0-8, Ankara.
- Anonim, 2011. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. Resmi Gazete No: 28157 <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-8-1.pdf> (Erişim tarihi: 05.04.2018)
- Anonim, 2017. Aflatoksinler. <http://www.food-info.net/tr/tox/afla.htm> (Erişim tarihi: 12.06.2017)
- Anonim, 2018. *Aspergillus flavus* görseli. <http://www.clt.astate.edu/mhuss/Aspergillus%20flavus%20pict.jpg> (Erişim tarihi: 11.05.2018)
- Anonim, 2019a. 2018 Yılı Fıındık Raporları <http://esnaf.ticaret.gov.tr/data/5ca32ccbddee7da0981062c1/2018%20F%C4%B1nd%C4%B1k%20Raporu.pdf> (Erişim tarihi: 12.06.2019)
- Anonim, 2019b. Karadeniz İhracatçılar Birliği Genel Sekreterliği Fıındık İstatistikleri. <http://www.kib.org.tr/tr/ihracat-istatistikler-findik-istatistikleri.html> (Erişim tarihi: 12.06.2019)

- Anonim, 2019c. Aflatoksin Oluşumunu Önlemek İçin Yapılması Gerekenler. <https://www.fiskobirlik.org.tr/findikta-aflatoksin/> (Erişim tarihi: 12.06.2019)
- Atakan, O. 2019. Ozon uygulamasının fındıkta aflatoksin miktarına ve bazı kalite kriterlerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 63, Çanakkale.
- Atik, İ. 2012. Aydın İlinde doğal olarak kurutulan, geleneksel ve endüstriyel işlenen incirlerin bazı özellikleri ve aflatoksin içerikleri. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 75, Pamukkale.
- Ayçiçek, H., Aksoy, A. and Saygi, S. 2005. Determination of aflatoxin levels in some dairy and food products which consumed in Ankara, Turkey. *Food Control*, 16, 263-266.
- Aydinoğlu, D.B., Koyuncu, M.A. ve Erbaş, D. 2017. Ozon uygulanmış nar tanelerinin soğukta depolanması. *Meyve Bilimi*, 4:2, 26-32.
- Ayfer, M., Türk, R. and Eriş, A. 1997. Chemical Composition of Değirmendere Hazelnut and its Importance in Human Nutrition. IV. International Congress on Hazelnuts, 1 May, Acta Horticulturae 445, 51-53, Ordu, Turkey.
- Ayfer, M., Uzun, A. ve Baş, F. 1986. *Türk fındık çeşitleri*. Karadeniz Bölgesi Fındık İhracatçıları Birliği Yayınları, 95, Ankara.
- Barth, M.M., Zhou, C., Mercier, J. and Payne F.A. 1995. Ozone storage effects on antocyanin content and fungal growth in blackberries. *Journal of Food Science*, 60:6, 1286-1288.
- Baş, F. 1990. Önemli fındık çeşitlerinin değişik sıcaklık ve nem koşullarında muhafazası üzerine bazı ambalaj malzemelerinin etkileri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Beltran, D., Selma, M.V., Marin, A. and Gil, M.I. 2005. Ozonated water extends the shelf life of fresh-cut lettuce. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53(14), 5654-5663. doi: 10.1021/jf050359c
- Bostan, S.Z. ve Koç Güler, S. 2014. Kabuklu olarak depo edilen bazı tombul fındık grubu çeşitlerinde kalite değişimleri. *Bahçe*, 45:2 , 41-53
- Cayuela, J. A., Vázquez, A., Pérez, A. G. and García, J. M. 2009. Control of table grapes postharvest decay by ozone treatment and resveratrol induction. *Food Science and Technology Internation*, 15:5, 495-502. doi : 10.1177/1082013209350539
- Çağatay, Ö. 2006. Ozon uygulamasının kirazın soğukta depolanma süresi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 45, Isparta.
- Çakırmelikoğlu, C. ve Çalışkan, N. 1993. Bazı fındık çeşitlerinde hasat olum kriterlerinin belirlenmesi. Sonuç Raporu. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı,

Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Fındık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Giresun.

- Çatal, H. ve İbanoğlu, Ş. 2010. Gıdaların ozonlanması. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(3), 47-55.
- Çeliksaş, M. ve Dağlıoğlu, F. 2008. Kuru Meyvelerde Aflatoksin Riski. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 20-23 Mayıs, Bildiri Özetleri Kitabı, 21-23, Erzurum, Türkiye.
- Çetin, Ö., Nazlı B., Bostan K., ve Alperden İ. 2000. Depolamanın çiğ iç fındığın kalitesi üzerine etkileri. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 26:2, 413-419.
- Cemeroğlu, B. ve Acar, J. 1986. Meyve ve sebze işleme teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği. Yayın No:6. Ankara.
- Cemeroğlu, B. 2004. *Meyve Sebze İşleme Teknolojisi*. Başkent Klişe Matbaacılık. 479-590, Ankara.
- Cemeroğlu, B., 2009. Meyve ve sebze işleme teknolojisi, *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, 1:38, 76-107.
- Chand, R., Bremner, D.H., Namkung, K.C., Collier, P.J. and Gogate, P.R. 2007. Water disinfection using the novel approach of ozone and a liquid whistle reactor. *Biochemical Engineering Journal*, 35:3, 357-364. doi: 10.1016/j.bej.2007.01.032
- Demir M.K., Elgün ve A., Elgün M.S. 2011. Farklı tip unlara ozon uygulamasının un, hamur ve ekmek kalitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 36:4, 209-216.
- Demir, C., Şimşek, O. ve Hamzaçebi, H. 2002. Fındıkta küf florası ve aflatoksin oluşumunun araştırılması. *Gıda Teknolojisi Derneği*, 27:4, 291-295.
- Demirci Ercoşkun, T. 2009. Bazı işlenmiş fındık ürünlerinin raf ömrü araştırmalar. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 205, Ankara.
- Dinçel, A., Demirli, F., Özkaya F. D., Alatan, F., Uzun, R. ve Subaşı, S. A. 2012. Çeşitli peynir örneklerinde aflatoksin M₁ varlığının HPLC ile analizi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69:2, 89 -96.
- Dwarakanath, C.T., Rayner, E.T., Man, G.E, and Dollear, F.G. 1968. Reduction of aflatoxin levels in cottonseed and peanut meals by ozonization. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 45:2, 93-95.
- Eke, D. ve Gökten, D. 1987. Kabuklu fındıklarda *Aspergillus flavus* gelişmesi ve aflatoksin oluşumu. *Gıda Sanayi*, 4, 36-43.
- Elgün, M.S. 2011. Buğday ununa ozon gazı uygulamasının unun ekmekçilik kalitesine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Konya Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 84, Konya.

- El-Nabarawy, A., Hartman, T., Rosen, J. D. and Montville T. J. 1989. *Aspergillus parasiticus* accumulates averufin and versicolorin a in the presence of bicarbonate. *Journal of Food Protection*, 52:7, 493-495. doi : 10.4315/0362-028X-52.7.493
- Eliseeva L., Gorozhanin P. and Yurina O. 2016. The study of oxidative processes in walnut fats during storage. *Indian Journal of Science and Technology*, 9:38, 1-6.
- Erarslan, D. 2006. Fındıkta mikrodalga ile kurutmanın *Aspergillus flavus* küfüne etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 85, İstanbul.
- Escriche, I., Serra, J.A., Gomez, M. and Galotto, M.J. 2001. Effect of ozone treatment and storage temperature on physicochemical properties of mushrooms (*Agaricus Bisporus*). *Food Science and Technology Internatiol*, 7:3, 251-258.
- Evren, S. 2011. Naturel fındık ununun depolama stabilitesi. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı 136, Samsun.
- Ghirardello, D., Contessa, C., Valentini, N., Zeppa, G., Rolle, R., Gerbi, V. and Botta, R. 2013. Effect of storage condition on chemical and physical characteristics of hazelnut (*Corylus avellana L.*). *Postharvest Biology and Technology*, 81, 37-43. doi:10.1016/j.postharvbio.2013.02.014
- Gourama, H. and Bullerman, L. B. 1995. *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*: aflatoxigenic fungi of concern in foods and feeds: a review. *Journal of Food Protection*, 58: 12, 1395-1404. doi:10.4315/0362-028X-58.12.1395
- Graham, D. 1997. Use of ozone for food processing. *Food Technology*, 51:6, 72-73.
- Güntekin, S. 2007. Tüketime sunulan kırmızı pul biberlerde aflatoksin B₁ miktarının Elisa yöntemi ile araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmasotik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, 54, Ankara, Türkiye.
- Gürhayta, O. F. ve Çağındı, Ö. 2015. Kurutulmuş meyvelerde aflatoksin ve okratoksin A varlığının ve sağlık üzerine etkilerinin değerlendirilmesi. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12:2, 327-338.
- Guzel-Seydim, Z.B., Greene, A.K., Seydim, A.C. 2004. Use of ozone in the food industry. *LWT- Food Science and Technology*, 37:4, 453-460. doi:10.1016/j.lwt.2003.10.014
- Halkman, K. 2005. Mikotoksin Kontrolünde HACCP Modeli. II. Ulusal Mikotoksin Sempozyumu. 23-24 Mayıs, Bildiri Özetleri Kitabı, 138-141, İstanbul, Türkiye.
- Heperkan, D. 2003. Gıdalarda Mikotoksinler Ve Ülkemiz Açısından Önemi. Ulusal Mikotoksin Sempozyumu. 18-19 Eylül, Bildirler Kitabı, 1-7, İstanbul, Türkiye.

- Heperkan, D., Dazkır, G.S., Kansu, D.Z. and Güler, F.K. 2009. Influence of temperature on citrinin accumulation by *Penicillium citrinum* and *Penicillium verrucosum* in black table olives. *Toxin Reviews*, 28:2-3, 180-186.
- Hwang, E.S., Cash, J.N. and Zabik, M.J. 2001. Postharvest treatments for the reduction of mancozeb in fresh apples. *Journal Of Agricultural Food Chemistry*, 49:6, 3127-3132.
- Inan, F., Pala, M., ve Doymaz, I. 2007. Use of ozone in detoxification of Aflatoxin B₁ in red pepper. *Journal Of Stored Products Research*, 43:4, 425-429.
- Isikber, A., Oztekin, S., Ulusoy, R., Ozsoy S. and Karcı, A. 2007. Effectiveness of gaseous ozone alone and in combination with low pressure or carbon dioxide against *Ephestia kuehniella* (Zell.) (Lepidoptera: Pyralidae) at short exposure time. *Integrated Protection of Stored Products*, 30:2, 205-213.
- Işıkber, A.A., Oztekin, S., Dayısoğlu, S., Duman, A.D. ve Eroğlu, S. 2015. Bademde yüksek konsantrasyonlarda ozon gazı uygulamasının *Plodia interpunctella* (Hübner) ve *Ephestia cautella* (Walker)' ya karşı etkinliği. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 39:2, 187-198
- İpçak , H. H. ve Alçiçek, A. 2013. Yemlerde Aflatoksin Gelişimi ve Süte Geçme Durumu .8. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi. 5-7 Eylül, Bildiri Özetleri Kitabı, 502-511, Çanakkale, Türkiye.
- James, C.S. 1995. Analytical chemistry of foods. Publisher Blackie Academic and Professional, 176p., London.
- Karaca, H. 2006. Meyve ve sebze işlemede ozon uygulamaları. Doktora Semineri, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 28, Ankara.
- Karaca, H. and Velioglu, Y.S. 2007. Ozone applications in fruit and vegetable processing. *Food Reviews International*, 23:1, 91-106.
- Karaman, S. ve Acar, B. 2006. Uluslararası gıda ürünleri ticareti ve aflatoksin yasal düzenlemeleri. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 7:2, 190-197.
- Kaya, H., Özenç, N. ve Şirin, H. 2004. Fındığın elektrik donanımlı sandık sisteminde kurutulması bunun kalite ve raf ömrü üzerine etkilerinin araştırılması. Fındık Araştırma Enstitüsü, Giresun
- Kayabaşı, İ. 2015. Kuru meyve ihracatında aflatoksin sorunu ve Avrupa Birliği uygulamaları. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı AB Uzmanlık Tezi, 88, Ankara.
- Kells, S.A., Mason, L.J., Maier, D.E. and Woloshuk, C.P. 2001. Efficacy and fumigation characteristics of ozone in stored maize. *Journal Of Stored Products Research*, 37:4, 371-382. doi: 10.1016/S0022-474X(00)00040-0
- Khadre, M.A., Yousef, A.E. and Kim, J.G. 2001. Microbial aspects of ozone applications in food: a review. *Journal of Food Science*, 66:9, 1242-1252.

- Kim, J.G. and Yousef, A.E. 2000. Inactivation kinetics of foodborne spoilage and pathogenic bacteria by ozone. *Journal of Food Science*, 65:3, 521-528. doi:10.1111/j.1365-2621.2000.tb16040.x
- Kim, J.G., Yousef, A.E. and Dave, S. 1999. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. *Journal of Food Protection*, 62:9, 1071-1087. doi:10.4315/0362-028X-62.9.1071
- Kim, J.G., Yousef, A.E. and Khadre, M.A. 2003. Ozone and its current and future application in the food industry. *Advances in Food and Nutrition Research*, 45, 167-218.
- Koç Güler, S. 2015. Gama ışını uygulamalarının naturel iç fındıkta depolama kalitesine etkisi. Doktora Tezi, Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, 107, Ordu.
- Köksal, A.İ. 2002. Türk Fındık Çeşitleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, 136, Ankara.
- Kuşçu, A. ve Pazır, F. 2004. Gıda endüstrisinde ozon uygulamaları. *Gıda*, 29:2, 123-129.
- Mahapatra, A.K., Muthukumarappan, K. and 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. doi:10.1080/10408390591034454
- Mckenzie, K.S. 1997. Degradation and detoxification of common chemical contaminants of food and water using ozone generated by electrolysis. College Station, Texas A & M University, 200, Texas, USA.
- Mendez, F., Maier, D.E., Mason, L.J. and Woloshuk, C.P. 2003. Penetration of ozone into columns of stored grains and effects on chemical composition and processing performance. *Journal of Stored Products Research*, 39:1, 33-44. doi: 10.1016/s0022-474x(02)00015-2
- Meunpol, O., Lopinyosiri, K. and Menasveta, P. 2003. The effects of ozone and probiotics on the survival of black tiger shrimp (*Penaeus Monodon*). *Aquaculture*, 220:1-4, 43-48. doi:10.1016/S0044-8486(02)00586-0
- Moss, M.O. 1992. Secondary metabolism and food intoxication-moulds. *Journal of Applied Bacteriology*. 73, 80-85.
- Nadas, A., Olma, M. and Garcia, J.M. 2003. Growth of *Botrytis Cinerea* and strawberry quality in ozone- enriched atmospheres, *Journal of Food Science*, 68:5, 1798-1802.
- Najafi, M.B.H. and Khodaparast, M.H.H. 2009. Efficacy of ozone to reduce microbial populations in date fruits. *Food Control*, 20:1, 27-30. doi:10.1016/j.foodcont.2008.01.010

- Nikzadeh V. and Sedaghat N. 2008. Physical and Sensory Changes in Pistachio Nuts as Affected by Roasting Temperature and Storage. *American-Eurasian J. Agriculture & Environment Science*, 4:4, 478-483.
- Onar, G. 2013. Tekirdağ ilinde üretilen üzümün kurutulması ve ozon uygulamasının depolama boyunca kuru üzümde kalite değişimi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, 46, Tekirdağ.
- Ong, K.C., Cash, J.N., Zabik, M.J., Siddiq M. and Jones, A.L. 1996. Chlorine and ozone washes for pesticide removal from apples and processed apple sauce. *Food Chemistry*, 55: 2, 153-160. doi: 10.1016/0308-8146(95)00097-6
- Özay, G., Seyhan, F., Saklar, S. ve Pembeci, C. 2005. Fındıklarda aflatoksin oluşumuna etki eden faktörlerin ve önleyici tedbirlerin belirlenmesi projesi. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi Gebze, Kocaeli .
- Özçakmak, S. ve Dervişoğlu, M. 2007. Fındıkta aflatoksin oluşumuna etkili faktörler, Avrupa Birliğinin limit değerlerle ilgili düzenlemeleri ve Türk Fındığı ihracatına etkileri. *Gıda*, 32:1, 33-40.
- Özdemir, M., Özay, G. ve Seyhan, F. G. 1998. Hasattan Ambalaja Fındık İşlemenin Kritik Kontrol Noktalarında Tehlike Analizi. Marmara Araştırma Merkezi, Gıda Bilimi ve Teknolojisi Araştırma Enstitüsü, Kocaeli.
- Özdemir, M., Yıldız, M. ve Gürçan, Ş. T. 2002. Mekanik kurutmada hava sıcaklığının önemli Türk fındık çeşitlerinden Tombul'un kalitesine etkisi. *Gıda*, 27:1, 35-39.
- Özer, H. 2009. Fındıklara uygulanan fiziksel ve ısıl süreçlerin aflatoksinler üzerine etkisi. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, 106, İstanbul.
- Özilgen, M. ve Özdemir, M. 2001. A review on grain and nut deterioration and design of the dryers for safe storage with special reference to Turkish hazelnuts. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41: 2, 95-132.
- Özkaya, Ş. ve Temiz, A. 2003. Aflatoksinler: kimyasal yapıları, toksisiteleri ve detoksifikasyonları. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 01:01, 1-21.
- Öztekin, S., Zorlugenç, B., Kıroğlu and Zorlugenç, F. 2006. Effects of ozone treatment on microflora of dried figs. *Journal of Food Engineering*, 75:3, 396-399.
- Palou, L., Crisosto, C. H., Smilanick, J. L., Adaskaveg, J. E. and Zoffoli, J. P. 2002. Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 24:1, 39-48. doi:10.1016/S0925-5214(01)00118-1

- Patil, S., Bourke, P., Frias, J.M., Tiwari, B.K. and Cullen, P.J. 2009. Inactivation of escherichia coli in orange juice using ozone. *Innovative Food Science And Emerging Technologies*, 10:4, 551–557.
- Perez, A.G., Sanz, C., Rios, J.J., Olias, R. and Olias J.M. 1999. Effects of ozone treatment on postharvest strawberry quality. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47:4, 1652-1656.
- Phillips, D.L., Yourtee, D.M. and Searles, S. 1976. Presence of aflatoxin B₁ in human liver in the united states. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 36:2 403-406. doi: 10.1016/0041-008X(76)90018-1
- Proctor, A.D., Ahmedna, M., Kumar, J.V. and 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. doi:10.1080/02652030410001713898
- Prudente Jr, A.D. and King, J.M. 2002. Efficacy and safety evaluation of ozonation to degrade aflatoxin in corn. *Journal of Food Science* 67:8, 2866-2872. doi: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb08830.x
- Rice, R.G., Farquhar, J.W. and Bollyky, L.J. 1982. Review of the applications of ozone for increasing storage times of perishable foods. *Ozone Science and Engineering*, 4:3, 147-163.
- Richardson, D. G. and Ebrahim, K. 1997. Hazelnut kernel quality as affected by roasting temperatures and duration. *Acta Horticulturae*, 445, 301–304.
- Saklar, S., Katnas S. and Urgan, S. 2001. Determination of optimum hazelnut roasting conditions. *International Journal of Food Science and Technology*, 36:3, 271-281.
- Salem, N.M. and Ahmad, R. 2010. Mycotoxins in food from Jordan: preliminary survey. *Food Control*, 21:8, 1099–1103. doi: 10.1016/j.foodcont.2010.01.002
- Salvador, A., Abad, I., Arnal, L. and Martinez-Javega, J.M., 2006. Effect of ozone on postharvest quality of persimmon, *Journal of Food Science*, 71:6, 443-446. Doi:10.1111/j.1750-3841.2006.00059.x
- Sanchis, V., Quilez M.L., Viladrich, R., Vinas, I. and Canela, R. 1988. Hazelnuts as possible substrate for aflatoxin production. *Journal Food Production*, 51:4, 289-292. doi: 10.4315/0362-028X-51.4.289
- Savaş, E., Tavşanlı, H. ve Gökgözoğlu, İ. 2014. Gıda Endüstrisinde Ozon Uygulamaları. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2:3, 122-127.
- Sevilgen, Ö. 2009. Ozon, klor ve hidrojen peroksit uygulamalarının pazıda klorofil miktarı üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 75, Ankara.
- Skog, L.J. and Chu, C.L. 2001. Effect of ozone on qualities of fruits and vegetables in cold storage. *Canadian Journal of Plant Science*, 8:4, 773-778.

- Sweeney, M.J., and Dobson, A.D.W. 1999. Molecular Biology of Mycotoxin Biosynthesis. *Fems Microbiol Letters*, 175: 2, 149-163.
- Şahin, İ., Erkut, A., Öztekin, L., Üstün, Ş. ve Oysun, G. 1990. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesinde Yetiştirilen Fındık Çeşitlerinin Teknolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 63, 54, Samsun.
- Şekerci, A. 2014. İstanbul ilinde satışa sunulan tahin helvalarında aflatoksin varlığının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 43, Tekirdağ.
- Şen, L. ve Nas, S. 2010. Fındık ve Antep Fıstığının mikotoksin problemi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5:1, 49-56.
- Şener, S. 2006. Gıda güvenliği açısından mikotoksinler. *Türkiye Klinikleri Journal Surgical Medical Sciences*, 2:46, 135-9.
- Sharma, R.R., Demirci, A., Beuchat, L.R. and Fett, W.F. 2002. In activation of *Escherichia Coli O157:H7* on inoculated alfalfa seeds with ozonated water and heat treatment. *Journal of Food Protection*, 65, 447-451.
- Şimşek, A. 2004. Değişik kavurma proseslerinin bazı fındık çeşitlerinde oluşturduğu biyokimyasal değişiklikler. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 149, Ankara.
- Tan, B. K., Watson, I. A., Patron, R. and Peden, I. 2005. A real-time monitoring and detection instrument for analysis of the effects of O₃ on bioluminescent *Escherichia coli* on agar surfaces-potential applications of the food industry. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6:2, 183-188.
- Torlak, E., Sert, D. and Ulca, P. 2013. Efficacy of gaseous ozone against salmonella and microbial population on dried oregano. *International Journal of Food Microbiology*, 165:3, 276-280.
- Tosun, A. 2015. Çeşitli gıdalarda okratoksin A varlığının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmasotik Toksikoloji Anabilim Dalı, 56, İstanbul.
- Trucksess, M.W. and Scott, P.M. 2008. Mycotoxins in botanicals and dried fruits: a review. *Food Additives and Contaminants*, 25:2, 181-192.
- Tunail, N. 2000. *Funguslar ve mikotoksinler. Gıda mikrobiyolojisi ve uygulamaları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Yayını, 3:13, 522, Sim Matbaası, Ankara.
- Turan, A. ve İslam, A. 2016. Çakıldak fındık çeşidinde kurutma ortamları ve muhafaza süresine bağlı olarak meydana gelen değişimler. *Ordu Üniversitesi Bilim Teknoloji Dergisi*, 6:2, 272-285
- Turantaş, F., 2000. Ozon Gazının Kırmızı Et Sanayiinde Kullanımı. *Dünya Gıda Dergisi*. Mart, 100.

- Wang, J. and Groopman, J. D. 1999. DNA damage by mycotoxins. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 424:1-2, 167-181.
- Wu, J., Doan, H. and Cuenca, M.A. 2006. Investigation of gaseous ozone as an anti-fungal fumigant for stored wheat. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 81:7, 1288-1293.
- Xu, L. 1999. Use of ozone to improve the safety of fresh fruits and vegetables. *Food Technology*, 53:10, 58-63.
- Yentür, G. ve Er, B. 2012. Gıdalarda aflatoksin varlığının değerlendirilmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69:1, 41-51.
- Yeoh, W. K., Ali, A. and Forney, C. F. 2014. Effects of ozone on major antioxidants and microbial populations of fresh-cut papaya. *Postharvest Biology and Technology*, 89, 56-58.
- Yıldız, O.P. ve Yangılar, F. 2014. Ozon ve gıda endüstrisinde kullanım alanları. *Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3:1, 94-101.
- Zhang, X., Zhang, Z., Wang, L., Zhang, Z., Jing, L. and Zhao, C. 2011. Impact of ozone on quality of strawberry during cold storage. *Frontiers Agriculture of China*, 5:3, 356-360.
- Zorlugenç, B. 2009. Çeşitli gıda maddelerinden *Flavobacterium Aurantiacum* ile aflatoksin B₁ üzerine miktarının azaltılması bir araştırma. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 141, Adana.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Hilal Esra Şeyhoğlu Akbaş

Doğum Yeri : Artvin - şavşat

Doğum Tarihi : 06.10. 1988

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : şavşat Çok Programlı Lisesi

Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Gıda Mühendisliği. 2011

Yüksek Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Banvit A.ř. 2011- Devam ediyor.

Görev Aldığı Araştırma Projeleri:

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırmaları Destekleme Birimi tarafından desteklenen PYO.MUH.1904.16.006 kodlu “İç Fındıkta Ozon Gazı Uygulamasının Mikrobiyel Gelişme ve Kimyasal Kalite Üzerine Etkisi” projesi.