

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



ANTEP FISTIKLARINDA YÜZEY DEZENFEKSİYONU VE
GIDA GÜVENLİĞİNİ SAĞLAYAN YENİLİKÇİ
TEKNOLOJİLERİN GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞERİFE MUSTULOĞLU

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Semra TURAN

BOLU, OCAK - 2024

KABUL VE ONAY SAYFASI

Şerife MUSTULOĞLU tarafından hazırlanan “**ANTEP FISTIKLARINDA YÜZEY DEZENFEKSİYONU ve GIDA GÜVENLİĞİNİ SAĞLAYAN YENİLİKÇİ TEKNOLOJİLERİN GELİŞTİRİLMESİ**” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliğiyle kabul edilmiştir. **2/01/2024.**

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof.Dr. Semra TURAN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Prof. Dr. Sevcin ÜNLÜTÜRK
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü

.....

Üye
Doç. Dr. Erdan AĞÇAM
Çukurova Üniversitesi

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

"Teze ilişkin Turnitin adlı programında enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %30'u geçmemektedir."

ŞERİFE MUSTULOĞLU

ÖZET

ANTEP FISTIKLARINDA YÜZEY DEZENFEKSİYONU VE GIDA GÜVENLİĞİNİ SAĞLAYAN YENİLİKÇİ TEKNOLOJİLERİN GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞERİFE MUSTULOĞLU

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. SEMRA TURAN

BOLU, OCAK 2024

XVI+64

Antep fıstığı ülkemizin en önemli tarımsal ürünlerinden birisi olmasına rağmen, hasattan paketlenmeye kadar geçen serme, kurutma, ıslatma, kabuk soyma, çatlatma vb gibi aşamalar kontrolsüz şartlarda ve açıkta yapıldığı için fıstıkların mikrobiyel yükünde artış meydana gelmekte, patojen bakterilerle kontamine olmakta ve ürünün nem miktarı kontrol edilemediği için ayrıca küf kontaminasyonu olan ürünlerde aflatoksin problemi ortaya çıkmaktadır. Isıl işlem mikrobiyel inaktivasyonu sağlamakta, fakat gıdanın fiziksel ve duyuşsal özelliklerine zarar vermektedir. Bu nedenle hem mikrobiyel inaktivasyonu sağlayan hem de gıdanın fiziksel ve duyuşsal özelliklerine zarar vermeyen teknolojiler araştırılmaktadır. Bu amaçla sunulan tezde Antep fıstıklarına atımlı elektrik alan (AEA) ve ultraviyole ışık (UV) uygulanarak fıstıkların fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özellikleri araştırılmıştır. Antep fıstıklarına uygulanan AEA parametreleri; 100-300 Hz frekans, 1-8 döngü, 2.47- 19.78 s süre, 2.97-71.23 J enerji ve 1.2–28.8 kV/cm elektrik alan gücü şeklindedir. Antep fıstığında 71.23 J enerji ve 28.8 kV/cm elektrik alan gücü uygulaması sonucunda *Salmonella spp.* populasyonu üzerinde 4.73, toplam mezofilik aerobik bakteri (TAMB) popülasyonunda 5.21, toplam maya-küf (TMK) 5.56 ve toplam koliform seviyesinde 4.87 log kob/g seviyesinde bir azalma gözlemlenmiştir. UV uygulamasında ise 900 -2700 s süre, 0.044 W/cm² ışık yoğunluğu ve 39.6–118.8 J/cm² UV dozu parametreleri uygulanmıştır. Bu parametreler sonucunda *Salmonella*, toplam koliform bakteri, toplam mezofilik aerobik bakteri ve toplam maya-küf seviyesindeki azalma sırasıyla 4.88, 4.43, 4.46, 5.30 log kob/g, şeklindedir. AEA ve UV uygulaması Antep fıstıklarının fiziksel ve duyuşsal özelliklerinde önemli değişimlere yol açmamıştır ($p>0.05$). AEA uygulaması Antep fıstıklarının toplam fenolik madde miktarını ve toplam antioksidan aktivitesini azaltırken, UV uygulaması aynı parametreleri istatistiksel açıdan önemli derecede artırmıştır ($p<0.05$). AEA ve UV uygulaması örneklerin peroksit değerini artırırken, titrasyon asitliğinde önemli bir değişime neden olmamıştır ($p>0.05$). Elde edilen sonuçlara göre, Antep fıstıklarında AEA ve UV uygulamalarının yüzey dezenfeksiyonu ve mikrobiyel inaktivasyon için kullanılabileceği saptanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Antep fıstığı, Atımlı elektrik alan, UV, Yüzey dezenfeksiyonu, Mikrobiyel inaktivasyon

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF NOVEL TECHNOLOGIES FOR SURFACE DISINFECTION AND FOOD SAFETY IN ANTEP PISTACHIOS

MSC THESIS

ŞERİFE MUSTULOĞLU

BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. SEMRA TURAN)

BOLU, JANUARY 2024

XVI+64

Although pistachios are one of the most important agricultural products of our country, since the stages such as laying, drying, wetting, peeling, cracking, etc. from harvest to packaging are carried out under uncontrolled conditions, the microbial load of the pistachios increases, they become contaminated with pathogenic bacteria, and the moisture content of the product cannot be controlled. Additionally, aflatoxin problems occur in products with mold contamination. Heat treatment provides microbial inactivation but damages the physical and sensory properties of the food. For this reason, technologies that provide microbial inactivation and do not harm the physical and sensory properties of food are being investigated. For this purpose, in this thesis, physical, chemical, microbiological and sensory properties of pistachios were investigated by applying Pulsed Electric Field (PEF) and Ultraviolet Light (UV) to pistachios. PEF parameters applied to pistachios; 100-300 Hz frequency, 1-8 cycles, 2.47-19.78 s duration, 2.97-71.23 J energy and 1.2-28.8 kV/cm electric field strength. As a result of the application of 71.23 J energy and 28.8 kV/cm electric field strength in pistachios, 4.73 on the *Salmonella spp.* population, 5.21 on the total mesophilic aerobic bacteria (TMAB) population, 5.56 on the total yeast and mold (TMK) population, and a decrease of 4.87 log cfu/g was observed in the total coliform bacteria level. In the UV application, 900 - 2700 s duration, 0.044 W/cm² light intensity and 39.6-118.8 J/cm² UV dose parameters were applied. As a result of these parameters, the decrease in *Salmonella*, total coliform bacteria, total mesophilic aerobic bacteria and total yeast-mold levels is 4.88, 4.43, 4.46 and 5.30 log cfu/g, respectively. PEF and UV application did not cause significant changes in the physical and sensory properties of pistachios ($p>0.05$). While PEF application decreased the total phenolic content and total antioxidant activity of pistachios, UV application increased them statistically significantly ($p<0.05$). While PEF and UV application increased the peroxide value of the samples, it did not cause a significant change in the titratable acidity ($p>0.05$). According to the results, it was determined that PEF and UV applications can be used to provide surface disinfection and microbial inactivation in pistachios.

KEYWORDS: Antep pistachios, Pulsed Electric Field (PEF), Ultraviolet Light (UV), Surface disinfection, Microbial inactivation

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
TABLO LİSTESİ	xii
FOTOĞRAF LİSTESİ	xiv
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xv
TEŞEKKÜR.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
2.1 Antep Fıstığı.....	4
2.2 Antep Fıstıklarının Üretim Aşamaları.....	4
2.3 Atımlı Elektrik Alan (AEA) Prosesi	6
2.3.1 AEA Uygulamasının Mikrobiyel İnaktivasyonu Sağlaması	6
2.3.2 AEA Uygulaması ile Mikroorganizmaların İnaktivasyonunda Etkili Olan Faktörler	7
2.4. Gıdalarda Atımlı Elektrik Alan Uygulaması ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar	8
2.5 UV –C Uygulaması	9
2.5.1. UV Yüzey Uygulamalarının Mikrobiyel İnaktivasyon Verimliliğini Etkileyen Faktörler.....	10
2.5.2 UV-C Işık Uygulamasının İnaktivasyon Mekanizması	11
2.5.3 Gıdalarda UV Uygulaması ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM	15
3.1 Materyal	15
3.2 Yöntem.....	15
3.2.1 Pilot Ölçekli Atımlı Elektrik Alan Sistemi	15
3.2.2 UV-C sistemi.....	18
3.4.1 Mikrobiyolojik Analizler	20
3.4.1.1 <i>Salmonella spp.</i> Sayımı	20
3.4.1.2 Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) Sayımı	20
3.4.1.3 Toplam Maya-Küf (TMK) Sayımı.....	20
3.4.1.4 Toplam Koliform Bakteri Sayımı	20
3.4.2 Kimyasal Analizler	21
3.4.2.1 Toplam Fenolik Madde Analizi	21

3.4.2.2 Toplam Antioksidan Kapasite.....	22
3.4.2.3 Toplam Klorofil Analizi.....	22
3.4.2.4 Peroksit değeri.....	22
3.4.2.5 Toplam Asitlik Değeri	23
3.4.3 Antep Fıstıklarında Fiziksel Ve Duyusal Özellikler	24
3.4.3.1 Renk ölçümü (L^* , a^* ve b^*).....	24
3.4.3.2 Duyusal Analizler.....	24
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	26
4.1 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi.....	26
4.1.1 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Yüzeyindeki <i>Salmonella spp.</i> Üzerine Etkisi.....	26
4.1.2 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Yüzeyindeki TMAB Üzerine Etkisi.....	27
4.1.3 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Yüzeyindeki TMK Üzerine Etkileri.....	29
4.1.4 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Yüzeyindeki Toplam Koliform Üzerine Etkileri	30
4.2 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi	31
4.2.1 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının L^* , a^* ve b^* Değeri Üzerine Etkileri.....	31
4.3 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Duyusal (Yapı, Koku-Aroma, Renk ve Tat) Özellikleri Üzerine Etkisi	35
4.4 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi	36
4.4.1 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Toplam Asitlik Üzerine Etkisi	36
4.4.2 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Peroksit Değeri Üzerine Etkisi	37
4.4.3 Kontrol ve AEA uygulamasının Antep Fıstıklarının Toplam Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi.....	39
4.4.4 Atımlı Elektrik Alan Uygulamasının Antep Fıstıklarının Toplam Fenolik Madde Miktarı Üzerine Etkisi.....	40
4.4.5 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Toplam Klorofil Miktarı Üzerine Etkisi.....	41
4.5 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi.....	43
4.5.1 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının <i>Salmonella</i> ve Toplam Koliform Bakteriler Üzerine Etkisi.....	43
4.5.2 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının TMAB Üzerine Etkileri...45	45
4.5.3 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının TMK Üzerine Etkisi.....47	47
4.6 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi	48
4.6.1 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının Toplam Fenolik Madde Üzerine Etkisi.....	48
4.6.2 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının Toplam Antioksidan Kapasite Üzerine Etkisi.....	49

4.6.3 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının Toplam Klorofil Miktarı Üzerine Etkisi.....	50
4.6.4 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının Titrasyon Asitliği Üzerine Etkisi	51
4.6.5 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının Peroksit Değeri Üzerine Etkisi	52
4.7 UV-C Uygulamasının Antep Fıstıklarının Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi	54
4.7.1 UV-C Uygulamasının Antep Fıstıklarının L^* , a^* ve b^* Değerleri Üzerine Etkisi.....	54
4.8 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının Duyusal Özellikleri (renk, yapı, koku-aroma ve tat) Üzerine Etkisi.....	57
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	58
7. KAYNAKLAR.....	60



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Dünya'da en fazla üretim yapan ilk 5 ülkenin yıllara göre Antep fıstığı üretim miktarları.....	1
Şekil 1.2. TÜİK verilerine göre 2020 yılında bazı illerde Antep fıstığı üretimi...1	
Şekil 2.1 Antep fıstığı üretim akış şeması.....	5
Şekil 2.2. Mikroorganizmaların hücre zarında meydana gelen değişim.....	6
Şekil 2.3. Işığın dalga boyu spektrumu.....	10
Şekil 2.4. UV ışık etkisiyle DNA yapısının bozulması	11
Şekil 3.1. Pilot ölçekli atımlı elektrik alan cihazı	16
Şekil 3.2 AEA sisteminin tasarımı ve temel parçacıkları.	17
Şekil 3.3. Toplam fenolik madde miktarının hesaplanmasında kullanılan gallik asit standardına ait kalibrasyon grafiği.....	21
Şekil 3.4. Panelistlere sunulan duyu analizi formu	25
Şekil 4.1. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığında <i>Salmonella spp.</i> inaktivasyonu.....	26
Şekil 4.2. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığında TMAB inaktivasyonu .	28
Şekil 4.3. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığında TMK inaktivasyonu ...	29
Şekil 4.4. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığında toplam koliform bakteri inaktivasyonu.....	30
Şekil 4.5. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığının L^* değeri.....	32
Şekil 4.6 Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığının a^* değeri.....	33
Şekil 4.7. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığının b^* değeri.....	34
Şekil 4.9. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığının titrasyon asitliği değerleri.	36
Şekil 4.10. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığının peroksit değerleri.	38
Şekil 4.11. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığının toplam antioksidan aktivite değerleri.	39
Şekil 4.12. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığının toplam fenolik madde değerleri.	40
Şekil 4.13. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığının toplam klorofil değerleri.	42
Şekil 4.14. Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığında <i>Salmonella spp.</i> inaktivasyonu.....	43
Şekil 4.15. Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığında toplam koliform inaktivasyonu.....	45
Şekil 4.16. Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığında TMAB inaktivasyonu.	46
Şekil 4.17. Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığında TMK inaktivasyonu	47
Şekil 4.18. Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının toplam fenolik madde değerleri.....	48
Şekil 4.19. Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının toplam antioksidan aktivite değerleri.....	49
Şekil 4.20. Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının toplam klorofil değerleri.	50
Şekil 4.21 Kontrol ve uygulanmış Antep fıstığının titrasyon asitliği değerleri	51
Şekil 4.22. Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının peroksit değerleri.	52

Şekil 4.23. Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının L^* değerleri.	54
Şekil 4.24. Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının a^* değerleri	55
Şekil 4.25. Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının b^* değerleri.	56



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 Antep fıstığının besin içeriği	4
Tablo 2.2. AEA teknolojisinin avantajları ve dezavantajları.....	7
Tablo 3.1. Antep fıstıklarına uygulanan AEA uygulamasının proses parametreleri	18
Tablo 3.2. Antep fıstıklarına uygulanan AEA uygulamasında kullanılan örnek kodlamaları.....	18
Tablo 3.3 Antep fıstıklarına uygulanan UV proses parametreleri.....	19
Tablo 4.1 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının yüzeyinde bulunan <i>Salmonella spp.</i> sayısı üzerindeki etkileri.....	27
Tablo 4.2 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının yüzeyinde bulunan TMAB sayısı üzerindeki etkileri.....	28
Tablo 4.3 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının yüzeyinde bulunan TMK sayısı üzerindeki etkileri.....	30
Tablo 4.4 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının yüzeyindeki toplam koliform bakteriler üzerine etkisi.....	31
Tablo 4.5 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının <i>L*</i> değeri üzerine etkisi	32
Tablo 4.6 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının <i>a*</i> değeri üzerine etkisi.....	33
Tablo 4.7 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının <i>b*</i> değeri üzerine etkisi.....	34
Tablo 4.8 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının yapı, koku-aroma ve renk üzerine etkisi.....	35
Tablo 4.9 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının tadı üzerine etkisi.....	36
Tablo 4.10 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının titrasyon asitliği üzerine etkisi	37
Tablo 4.11 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının peroksit değeri üzerine etkisi	38
Tablo 4.12 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının toplam antioksidan kapasite üzerine etkisi	40
Tablo 4.13 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi	41
Tablo 4.14 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının klorofil miktarı üzerine etkisi.....	43
Tablo 4.15 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarında <i>Salmonella</i> ve toplam koliform bakteri sayısı üzerindeki etkileri.....	44
Tablo 4.16 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarında TMAB ve TMK sayısı (log kob/g) üzerindeki etkileri.....	47

Tablo 4.17 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarında toplam fenolik madde üzerindeki etkileri.....	49
Tablo 4.18 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarında toplam antioksidan kapasitesi üzerindeki etkileri.....	50
Tablo 4.19 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarında toplam klorofil miktarı üzerindeki etkileri.....	51
Tablo 4.20 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının titrasyon asitliği üzerindeki etkileri.....	52
Tablo 4.21 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarında peroksit değeri üzerindeki etkileri.....	53
Tablo 4.22 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarında L^* , a^* ve b^* değeri üzerindeki etkileri.....	55
Tablo 4.23 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının renk, yapı ve koku-aroma üzerine etkisi.....	57
Tablo 4.24 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep tat ve tipik fıstık hissi üzerindeki etkileri.....	57



FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 2.1 Antep fıstığının ağaçtaki görüntüsü ve iç hali	4
Fotoğraf 3.1 Çalışmada kullanılan iç Antep fıstığı.....	15
Fotoğraf 3.2 Analizde kullanılan laboratuvar ölçekli UV cihazı.....	19



KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

ABS	: Absorbans
AEA	: Atımlı Elektrik Alan
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
J	: Joule
Kob	: Koloni Oluşturan Birim
kV	: Kilovolt
Log	: Logaritma
TMAB	: Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri
TMK	: Toplam Maya Küf
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UV	: Ultra violet

TEŞEKKÜR

İş ve yüksek lisans eğitimimi aynı anda yürütmek durumunda kaldığım bu süreçte bana her zaman destek olan, kıymetli bilgilerinden faydalandığım ve laboratuvarını gece gündüz bana açan Sayın Prof. Dr. Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK'e

Kıymetli bilgilerinden yararlandığım ve benim zorlu bir süreçte danışmanım olmayı kabul eden kıymetli danışmanım Prof. Dr. Semra TURAN 'a

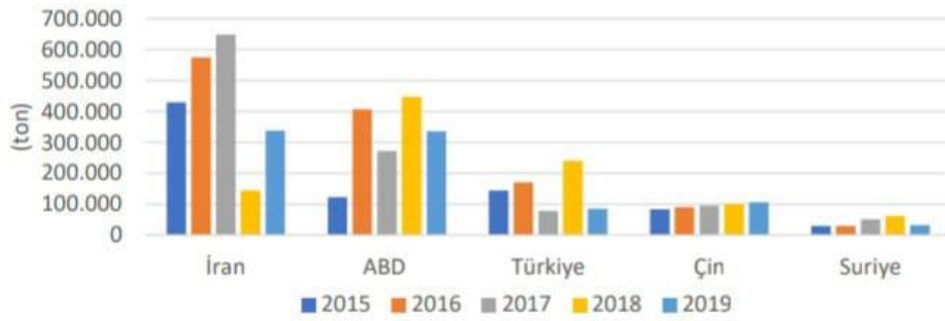
Yüksek lisansım boyunca maddi manevi her zaman yanımda olan aileme ve kıymetli dostlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma BAP – 2021.09.04. 1528 nolu proje ile Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi (BAİBÜ) Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı BAİBÜ BAP Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

En önemlisi de bir kadın olarak her daim dimdik ayakta durabiliyorsam bunu Mustafa Kemal Atatürk'e borçluyum. En büyük teşekkürüm ona.....

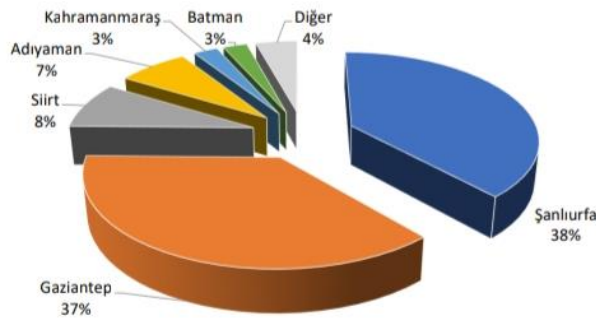
1. GİRİŞ

Antep Fıstığı (*Pistachio vera L.*) yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk olan bölgelerde yetişebilen, tuzluluk stresine karşı toleransı yüksek olan yedi yaşımdan itibaren meyve veren bir bitkidir (Karacan, 2019). 2019 yılı Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine bakıldığında İran 338 bin ton, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) 336 bin ton, Çin 106 bin ton ve Türkiye ise 85 bin ton iç fıstık üretmiştir. FAO verilerine göre dünyada ilk beş üreticinin yıllara göre Antep fıstığı üretim miktarları aşağıdaki grafikte gösterilmiştir (FAO, 2023).



Şekil 1.1. Dünya'da en fazla üretim yapan 5 ülkenin yıllara göre Antep fıstığı üretim miktarları (FAO, 2023).

Türkiye’de Antep fıstığının profesyonel anlamda üreticiliği 1948 yıllarına dayanmaktadır. İlk üretime Ceylanpınar Devlet Çiftliği’nde başlanmış, daha sonra tüm Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ne yayılmıştır (Sandal ve Yurddaş, 2019). Ülkemizde en fazla Antep fıstığı üretimi Şanlıurfa ve Gaziantep ilinde yapılmaktadır. TÜİK verilerine göre 2020 yılında bazı illerde Antep fıstığı üretimi Şekil 1.2’de gösterilmiştir (TÜİK, 2023).



Şekil 1.2. TÜİK verilerine göre 2020 yılında bazı illerde Antep fıstığı üretimi (Anonim, 2023).

Antep fıstıkları hasat edilmeden önce daha ağaçtayken kabuğu çatlar ve böceklerin iç taneye zarar verme ve mikroorganizma bulaşma riski artar (Şen ve Nas, 2010). Ülkemizde Antep fıstıkları elle toplanmakta, geleneksel yöntemlerle kurutulmakta ve kabukları elle ayrılmaktadır. Ayrıca saklama koşullarında nem oranı ve sıcaklık yüksek olduğu için mikrobiyel bulaşma kaçınılmaz olmaktadır. Bu durum tüketicinin güvenli gıdaya ulaşmasını engellemektedir (Akbaş ve Özdemir, 2006). Bu nedenle hem Antep fıstığının duyuşal, fiziksel ve kimyasal özelliklerine zarar vermemek, hem de mikrobiyel inaktivasyonu sağlamak amacıyla ısıl olmayan işlemler geliştirilmiştir (Bravo ve diğeri., 2022).

Antep fıstığı %19-%23.5 protein, % 24 tekli doymamış yağ asidi (%23'ü oleik asit), %13.35 çoklu doymamış yağ asidi (%13'ü linoleik asit) ve %27 karbonhidrat içermektedir. Antep fıstığı diğeri yağlı tohumlarla karşılaştırıldığında protein, B1, B6, E, vitaminleri, beta karoten, lutein ve toplam fitosterol açısından birinci sıradadır. Antep fıstığının sağlığa etkisi ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; yüksek oranda yüksek oranda yağda çözünen antioksidanları içermektedir ve bu antioksidanlar kronik hastalıkların riskini azaltmakta ve oksidatif stresin kontrolünü sağlamaktadır. İçerdiği fenolik bileşikler nedeniyle kanser, kardiyovasküler ve insan patojenlerine karşı koruyucu etki göstermektedir. Antep fıstığında önemli miktarda bulunan lutein ve zeaksantin dokuları fototoksik etkiden korumaktadır. Aynı zamanda koroner kalp hastalıkları riskini ve kötü kolesterolü (LDL) azaltmaktadır (Çağlar ve diğeri., 2017).

AEA teknolojisi; gıdalara yüksek frekans ve şiddette elektrik alan verilmesiyle gıdalarda bozulma etmeni olan mikroorganizmaların ve gıda kökenli patojenlerin kontrol altına alındığı ısıl olmayan bir prosestir. Bu teknolojiyle beraber gıdalar mikrobiyel açıdan güvenli hale gelir ve gıdaların raf ömrü uzatılabilir. İşlem düşük sıcaklıklarda gerçekleştiğinden dolayı gıdaların fiziksel ve duyuşal özelliğı korunur (Ağçam ve diğeri., 2014).

UV – C teknolojisi 200-280 nm arasında kısa dalga boyuna sahip, gıdalarda mikrobiyel inaktivasyonu sağlamak ve raf ömrünü artırmak amacıyla kullanılan ısıl olmayan bir prosestir (Korkmaz ve Gündüz, 2018).

Bu tezde ultraviyole (UV-C) ve atımlı elektrik alanı (AEA) teknolojilerini kullanarak fıstık yüzeyindeki mikrobiyel yükün azaltılması ve aflatoksin dekompozisyonu hedeflenmektedir. Ülkemizde geliştirilen AEA teknolojisi ile yapılan çalışmalarda tohum ve baharatlarda yüzey dezenfeksiyonu ve aflatoksin dekompozisyonunda olumlu sonuçlar alınmış, fakat Antep fıstığı gibi yağlı tohumlarda AEA teknolojisinin etkili olup olamayacağı konusunda çalışmalar yapılmamıştır. Bu nedenle AEA teknolojisinin potansiyelinin değerlendirilebilmesi için Antep fıstığı gibi ürünlerde test edilmesi gereklidir. UV-C yüzey dezenfeksiyonu amacıyla kullanılan bir teknolojidir ve UV teknolojisinin fıstıklarda yüzey dezenfeksiyonu amacıyla kullanımına ilişkin çalışmalar oldukça sınırlıdır. UV-C sisteminin taze fıstıkların raf ömrü üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada fıstıklara 2.1 kJ/m² ve 4.5 kJ/m² dozunda uygulama yapılmıştır. Uygulama sonunda taze fıstıkların toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayısında 3.42 log kob/g, toplam maya küf (TMK) sayısında ise 1.66 log kob/g biriminde bir azalma gözlenmiştir (Hosseini ve diğer., 2019). Kabuklu cevizlerde *Salmonella enteritidis*'in inaktivasyonu için atımlı UV ışığının kullanılması ile ilgili yapılan başka bir çalışmada, 40 s 13 cm uzaklıkta 1.11 log kob/g, 20 s 5 cm uzaklıkta 1.48 log kob/g, 35 s 8 cm uzaklıkta 2.46 log kob/g ve 45 s 8 cm uzaklıkta 3.18 log kob/g biriminde azalma gözlenmiştir (İzmirlioğlu ve diğer., 2020).

Yukarda kısaca açıklanan nedenlerden dolayı tez kapsamında

- AEA ve UV-C ünitelerinin Antep fıstıklarının prosesine uygun olacak şekilde sistem dizaynı,
- Fıstıklarında problem olan ve kavlatma, kurutma, çatlatma vb gibi aşamalarda yüzeye kontamine olan koliform, *Escherichia coli* ve *Salmonella spp.* gibi fekal kaynaklı bakterilerin inaktivasyonu,
- AEA ve UV uygulamalarının fıstıkların kalite kriterleri üzerine etkilerinin tespit edilmesi hedeflenmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Antep Fıstığı

Antep fıstığı (*Pistacia vera L.*) dünyada ilk kez Orta Asya ve Yakın Doğu’da yetiştirilmiş ve Güney/Kuzey Amerika’ya 1957 yılında getirilmiştir. Kuraklık ve tuzluluk koşullarına karşı yüksek direnci olan bu bitki dünyada 30°-45° paralelleri arasında yetiştirilmektedir (Öztep ve Işın, 2023). Fotoğraf 2.1’de Antep fıstığının ağaçtaki görüntüsü ve iç hali gösterilmiştir.



Fotoğraf 2.1 Antep fıstığının ağaçtaki görüntüsü ve iç hali (Sutso, 2023).

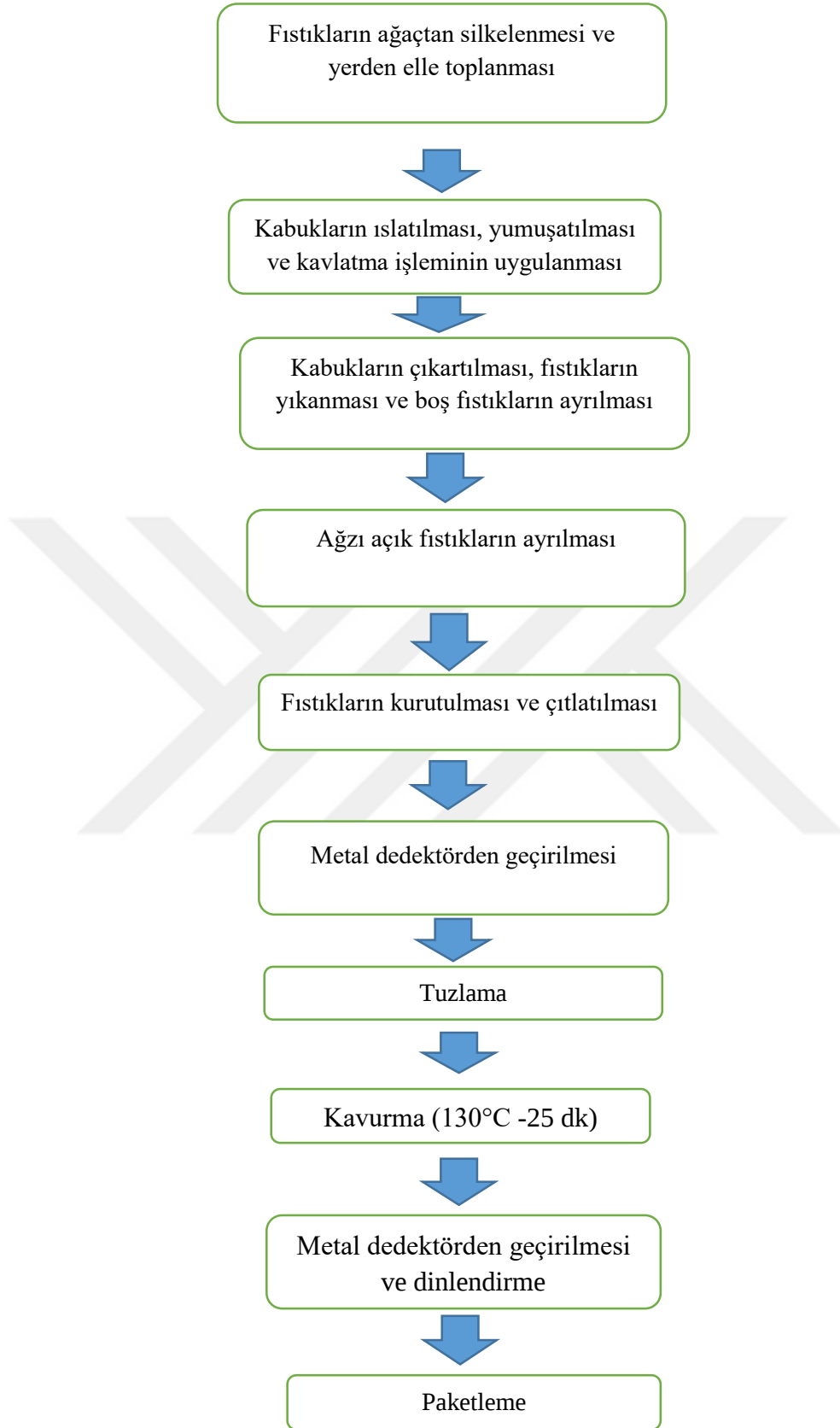
Antep fıstığı Türkiye’de daha çok Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde yetiştirilmekle birlikte dünyada Amerika Birleşik Devletleri, İran, Çin, Suriye ve Yunanistan’da da yetiştirilmektedir (Dilmen ve Fırat, 2020). Antep fıstığı protein ve diğer besin kaynakları açısından zengin olduğu için insan beslenmesinde önemli yer tutmaktadır. Aşağıda Tablo 2.1’de Antep fıstığının 100 gramında bulunan besin içerikleri yer almaktadır (Demircan, 2010).

Tablo 2.1. Antep fıstığının besin içeriği (100 g esas alınmıştır) (Demircan, 2010).

Protein (%)	Yağ (%)	Karbonhidrat (%)	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	K (mg)	Vitamin A (mg)
19.3	53.7	19	131	500	7.3	972	230

2.2 Antep Fıstıklarının Üretim Aşamaları

Fıstıkların hasadı genellikle fıstık salkımlarının silkelenerek yere düşenlerin elle toplanması sonucu yapılmaktadır. Elle toplamanın ardından yıkama, ayıklama, kabuklardan ayırma, kavurma ve paketleme aşamalarından geçmektedir. Antep fıstıklarının üretim akış şeması Şekil 2.1’de verilmiştir (Gümüş, 2012).



Şekil 2.1 Antep fıstığı üretim akış şeması (Gümüş, 2012).

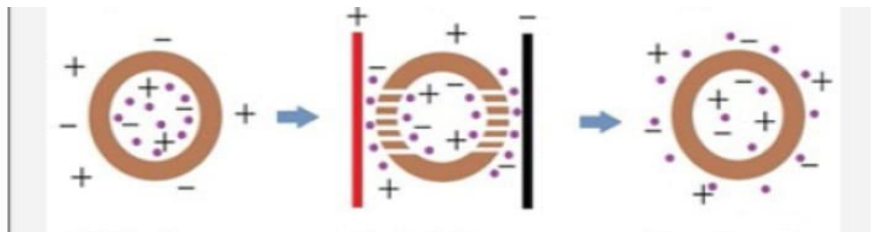
2.3 Atımlı Elektrik Alan (AEA) Prosesi

AEA teknolojisi gıdalarda bozulmaya neden olan patojen mikroorganizmaları yok etmek ve ısı işlemin gıdanın fiziksel ve duyuşal özelliklerine verdiği zararını minimuma indirmek amacıyla pastörizasyon uygulamasına alternatif olarak geliştirilen ısı olmayan teknolojidir (Sepulveda ve Barbosa-Canovas, 2005). AEA uygulaması ile iki elektrot arasına gıdalar yerleştirilir ve kısa süreli olarak yüksek voltaj atımları verilir (Gomez ve diğer., 2019).

AEA teknolojisi 20. yüzyılın ortalarında gıda ürünlerinin işlenmesinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknoloji ile gıdalarda bulunan mikroorganizmaların inaktivasyonuna yönelik ilk çalışma 1960'lı yıllarda rapor edilmiştir. Daha sonra 1970'li yıllarda AEA teknolojisi yardımıyla mikroorganizmaların hücre zarlarının parçalanması ile ilgili çalışmalar yapılmıştır ve membran elektroporasyon kavramı ortaya çıkmıştır. 1990'lı yıllardan itibaren AEA teknolojisi gıdaların özelliklerine zarar vermeyen ısı işleme alternatif bir teknoloji olarak kabul edilmektedir. Gıdalarda AEA uygulaması mikroorganizmaların inaktivasyonun yanında ekstraksiyon, dondurma, presleme ve kurutma işlemlerini asiste etme amacıyla da kullanılmaktadır (Sitzmann ve diğer., 2016).

2.3.1 AEA Uygulamasının Mikrobiyel İnaktivasyonu Sağlaması

Uygulanan elektrik alan atımları mikroorganizmaların hücre zarlarında gözeneklerin oluşumuna neden olur. Oluşan bu gözenekler hücre zarının geçirgenliğinin kısmen veya tamamen bozulmasına neden olur (Castro ve diğer., 1993).



Şekil 2.2. Mikroorganizmaların hücre zarında meydana gelen değişim (Thulasidas ve diğer., 2019).

Hücre zarının geçirgenliğini kaybetmesi nedeniyle hücre içindeki maddeler hücre dışına geçer ve ozmotik şişmeye neden olur. Şekil 2.2’de AEA uygulaması sonucunda mikroorganizmaların hücre zarında meydana gelen değişim gösterilmiştir. Bu nedenle mikroorganizmaların hücre zarları geri dönüşümsüz zarara uğramaktadır. AEA uygulaması ile mikrobiyel inaktivasyon bu şekilde açıklanır (Saulis, 2010). AEA uygulamasının avantajları olduğu gibi dezavantajları da vardır. Tablo 2.2.’de AEA teknolojisinin avantaj ve dezavantajları gösterilmiştir.

Tablo 2.2. AEA teknolojisinin avantajları ve dezavantajları (Gomez ve diğer., 2019).

Avantajları	Dezavantajları
Gıdaların renk, tat ve görünüşlerinde herhangi bir değişikliğe neden olmaz. Uygulama süresi daha kısadır. Sağlığı tehdit eden herhangi bir madde içermez. Birçok katı ve sıvıda uygulanabilir. Etkili mikrobiyel inaktivasyon sağlar. Diğer işleme teknikleriyle kombine edilebilir. Çevre dostudur.	Spor inaktivasyonlarının sağlanmasında yetersizdir. Yatırım maliyeti yüksektir. Endüstriyel prosesler için yeterli mühendislik çalışmaları yoktur. Dünyanın birçok yerinde yedek parçaları bulunmamaktadır.

2.3.2 AEA Uygulaması ile Mikroorganizmaların İnaktivasyonunda Etkili Olan Faktörler

Elektrik Alan Gücü: Yarı log grafiğine göre uygulanan elektrik alan gücü arttıkça mikrobiyel inaktivasyonun arttığı yapılan çalışmalarda görülmüştür (Wouters ve Smelt, 1997). AEA teknolojisinin *Staphylococcus aureus* üzerine etkisi ile ilgili yapılan bir çalışmada 14.25 kV/cm elektrik alan gücünde %65 oranında, 19.5 kV/cm elektrik alan gücünde %99.1 oranında ve 24 kV/cm elektrik alan gücünde %99.7 oranında bir mikrobiyel inaktivasyon sağlanmıştır. Bu çalışmada görüldüğü üzere elektrik alan gücü arttıkça mikrobiyel inaktivasyon oranı artmaktadır (Castro ve diğer., 1993).

Uygulama Odası ve Dizaynı: Uygulama alanlarının tasarımı yüksek elektrik alan yoğunluklarına dayanıklı olarak tasarlanmalıdır. AEA uygulama hazneleri yüksek

elektrik alan yoğunluğuna ulaştığında haznenin içerisinde elektriksel bozulma olmamalıdır (Wouters ve Smelt, 1997).

Atım şekli ve şiddeti: Atım şeklinin mikroorganizmalar üzerine etkisi daha çok atım şekli ve frekansına bağlıdır. Mikrobiyel inaktivasyonda en etkili olan atım şekli kare şeklinde olup titreşimli ve ani geri dönüşümlü dalga modelleridir (Gürsul, 2012).

2.4. Gıdalarda Atımlı Elektrik Alan Uygulaması ile İlgili Yapılan Bazı alışmalar

AEA ve proses sıcaklığının *E.coli* inaktivasyonuna etkisi üzerine yapılan bir çalışmada süte *E.coli* inoküle edilmiş ve uygulama sonucundaki etkisi araştırılmıştır. Uygulanan 64 atımlık AEA ve 7°C sıcaklık uygulaması sonucunda *E.coli* sayısında 4 log biriminde bir azalma gözlenmiştir. Sıcaklık 40°C'ye kadar yükseltildiğinde ve AEA ile kombine edildiğinde inaktivasyon derecesinin arttığı saptanmıştır. Ayrıca logaritmik fazdaki hücrelerin durağan ve gecikme fazındaki hücrelere göre elektrik alana daha duyarlı oldukları bildirilmiştir (Pothakamury ve diğer., 1996).

Peynir yapımında AEA uygulaması üzerine yapılan bir çalışmada peynirlere farklı sıcaklıklarda 240 μs, 30 kV/cm elektrik alan gücü uygulanmıştır. *E. coli O157:H7* inaktivasyonunda sıcaklığın 20°C'den 35°C'ye yükseltilmesi, mikrobiyel inaktivasyonu 0.24 log arttırmıştır. AEA ve 50°C sıcaklık kombine uygulandığında *E. coli O157:H7*'de 4.1 log biriminde bir azalma gözlenmiştir (Yu, 2009).

Tanımlanan am fıstığı peptidlerinin AEA uygulaması ile antioksidan aktivitesinin iyileştirilmesi üzerine yapılan bir çalışmada 1800 Hz ve 2400 Hz, 5,10, 15 ve 20 kV/cm elektrik alan gücü uygulaması yapılmıştır. Yapılan uygulama sonucunda AEA teknolojisinin antioksidan aktiviteyi arttırdığı saptanmıştır (Lin ve diğer., 2017).

Ayçiçeği ekirdeğinden yağ çıkarmak için AEA uygulaması üzerine yapılan bir çalışmada ayekirdeklerine 1, 3, 5, 6 ve 7 kV/cm, 0.5, 1.5, 5, 10 ve 15 Hz, 10, 30, 60, 90 ve 120 s ve kare elektrik darbeleri uygulanmıştır. Uygulama sonunda yağ veriminin %9.1 artığı gözlenmiştir (Shorstkii ve diğer., 2017).

Qin ve diğer. (1996) elma suyunda bulunan *Saccharomyces cerevisiae* bakterisinin AEA uygulaması ile inaktivasyonu üzerine yaptıkları bir çalışmada 6 log biriminde bir mikrobiyel inaktivasyon sağlamak için 35 kV/cm elektrik alan gücü ve 8 atım uygulamışlardır. Atım sayısı 2'ye düşürüldüğünde 6 log biriminde bir inaktivasyon elde etmek için elektrik alan gücünü 50 kV/cm'ye çıkarmışlardır. Bu uygulamalarda sıcaklık maksimum 34°C'ye kadar yükseldiği için herhangi bir soğutma işlemine ihtiyaç duyulmamıştır.

Bezelye çorbasında bulunan *E. coli* ve *Bacillus subtilis* inaktivasyonu üzerine yapılan bir çalışmada örneğe 41 °C'de 6.7 Hz, 15 atım sayısı, 28 kV/cm elektrik alan gücünde AEA uygulanmış ve 0.7 log biriminde bir azalma gözlemlenmiştir. Sıcaklık 53 °C'ye elektrik alan gücü 30 kV/cm'e yükseltildiğinde ise 4.4 log biriminde bir inaktivasyon sağlanmıştır. 36 Hz, 30 kV/cm elektrik alan gücünde sıcaklık 55 °C'ye yükseltip atım sayısı 30'a çıkarıldığında 4.8 log biriminde bir mikrobiyel azalma görülmüştür (Vega- Mercado ve diğer., 1996a).

Elma suyunda *E. coli* O157:H7 ve *E. coli* 8739'un atımlı elektrik alanları ile inaktivasyonun araştırıldığı bir çalışmada 35°C'nin altında örneklerle 30, 26, 22 ve 18 kV/cm elektrik alan gücü ve 172 µs, 144 µs, 115 µs ve 86 µs sürelerde AEA uygulaması yapılmıştır. Uygulama sonunda *E. coli* O157:H7'de 5.0 ve *E. coli* 8739'da ise 5.4 log biriminde bir azalma gözlemlenmiştir (Evrendilek ve diğer., 1999).

Yapılan bir çalışmada sıvı yumurta sarısında *E. coli* O157:H7 ve *S. enteritidis*'in inaktivasyonu üzerinde sıcaklık ve AEA uygulamasının sinerjistik etkisi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında yumurta sarısına *E. coli* O157:H7 ve *S. enteritidis* inoküle edilmiş ve 210 s'de 20-40 °C, 20-30 kV/cm elektrik alan gücü ve 105 atımlık AEA uygulanmıştır. 40 °C, 30 kV/cm, 210 s ve 105 atımlık sayısında 5 log biriminde mikrobiyel inaktivasyon gözlemlenmiştir (Amiali ve diğer., 2006).

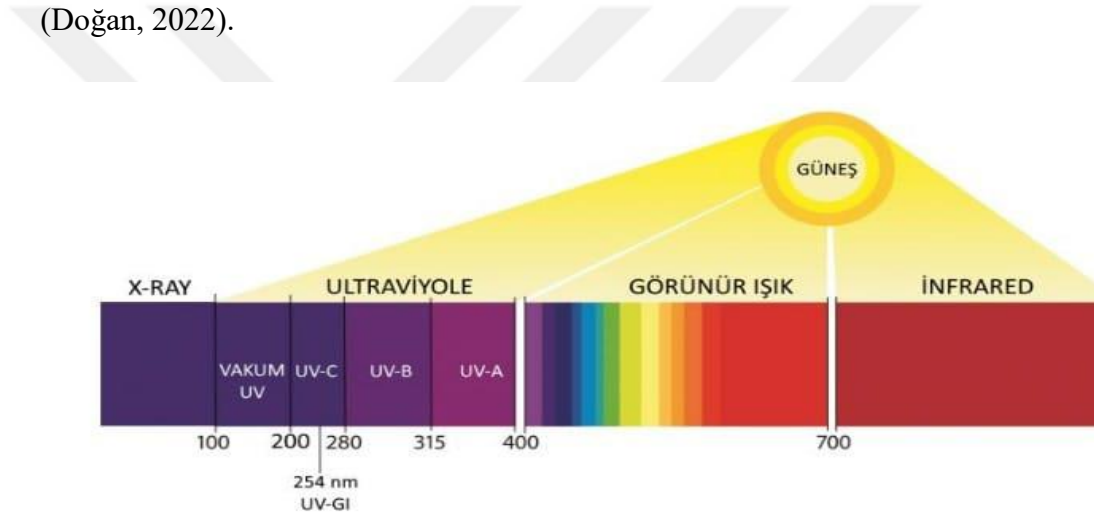
2.5 UV –C Uygulaması

Elektromanyetik enerjinin belirli bir türü olan UV ışınları güneş aracılığıyla gelmektedir. UV ışık 10-400 nm dalga boyuna sahiptir ve spektrumunda görünür bölge ve X ışınları arasında kalmaktadır. Mor ötesi ışık olarak da adlandırılan UV ışınlarının içermiş olduğu fotonlar 3.1-124 elektrovolt arasında enerji taşımaktadır.

300-400 *nm* dalga boylarına sahip UV ışınlarına yakın, 200-300 *nm* dalga boyuna sahip UV ışınlarına uzak ve 200 *nm* 'nin altında dalga boylarına sahip olan ışınlarla ise vakum UV denmektedir. Şekil 2.3’de görüldüğü gibi UV ışınları dalga boylarına göre üç bölümden oluşmaktadır.

- UV-A ışık 315-400 *nm*
- UV-B ışık 280-315 *nm*
- UV-C ışık 100-280 *nm*

UV ışınlarının üretilmesinde gaz deşarjlı lambalar kullanılmaktadır. Bu lambalar iyonize gazdan elektrik akımı geçirildiğinde UV ışık yayarlar. Bu ışığın verimliliği kullanılan gaz çeşidine, elektrik akımının frekansına ve gaz basıncına bağlıdır (Doğan, 2022).



Şekil 2.3. Işığın dalga boyu spektrumu (Anonim, 2023).

2.5.1. UV Yüzey Uygulamalarının Mikrobiyel İnaktivasyon Verimliliğini Etkileyen Faktörler

Gıdalarda yüzey dezenfeksiyonunu sağlamak amacıyla uygulanan UV uygulamasının verimliliği birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir.

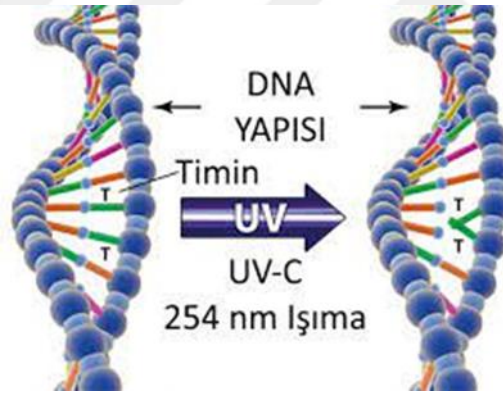
Bu faktörler şunlardır.

- UV ışık kaynağı ve uygulama dozu
- Yüzeyde bulunan mikroorganizma türü, miktarı ve riskli olan mikroorganizmanın UV ışığa olan hassasiyeti

- UV ışın uygulanacak yüzeyin fiziksel özellikleri (kirlilik, pürüzlülük, renk, opaklık vb.)
- Gıdaların içerikleri (yağ, karbonhidrat vb.)
- Ambalajlı gıdalarda ambalajın UV ışık geçirgenliği

2.5.2 UV-C Işık Uygulamasının İnaktivasyon Mekanizması

UV ışık mikroorganizmaların DNA sarmalında bulunan timin ve sitozin arasında kovalent bağ oluşturarak pirimidin dimerleri meydana getirmektedir. Oluşan dimerler mikroorganizmaları mutasyona uğratır (Şekil 2.4). Bu mutasyon klonojenik ölüm olarak adlandırılır ve nükleik asitlerin replikasyonunun engeller. Kendini yenileyemeyen mikroorganizmalar bu şekilde inaktive olmaktadır (Koca ve diğer., 2018).



Şekil 2.4. UV ışık etkisiyle DNA yapısının bozulması (Anonim, 2023).

2.5.3 Gıdalarda UV Uygulaması ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

Tavuk göğüs filetolarında *Listeria monocytogenes* sayısını azaltmak için antiseptik UV ışık üzerine yapılan bir çalışmada tavuk etinin yüzeyine *L. monocytogenes* inoküle edilmiş ve 1000 W/cm² UV dozunda 5 dak işleme maruz bırakılmıştır. İşlem sonucunda tavuk yüzeyindeki *L. monocytogenes* sayısında 2 log kob/g azalma gözlemlenmiştir (Lyon ve diğer., 2007).

Tavuk etinde *Campylobacter jejuni*'yi azaltmak için UV ışınlamanın kullanılması üzerine yapılan bir çalışmada 254 nm dalga boyunda piliç eti, deri ve karkas yüzeylerine *C. jejuni* inoküle edilerek mikrobiyel inaktivasyonları

incelenmiş ve araştırma sonucunda piliç etinde 0.7 log, deride 0.8 log ve tavuk karkasında ise 0.4 log'luk bir azalma saptanmıştır. Uygulama sonucuna örneklerin duyu kalitesi, koku ve yağ asidi bileşimleri incelenmiş ve istatistiksel açıdan bir fark gözlenmemiştir (Isohanni ve Lyhs, 2009).

Domateslerde ve gıdalla temas eden yüzeylerde *Salmonella* kontaminasyonunu azaltma aracı olarak UV ışığının etkinliği üzerine yapılan bir çalışmada domateslere *Salmonella* spp. inoküle edilmiş ve 30 saniyede 22.3 mJ/cm² UV dozunda 3.22 log, 240 saniye 178 mJ/cm² UV dozunda 4.39 log'luk bir azalma belirlenmiştir (Lim ve Harrison, 2016).

Taze tüketime hazır gıdalardaki mikroorganizmaların inaktivasyonu için termal olmayan uygulamalar olarak UV ışık ve ultrasesin kullanımı üzerine yapılan bir çalışmada marul ve çileğe inoküle edilen *E. coli*, *Listeria innocua*, *S. enteritidis* ve *Staphylococcus aureus*'un inaktivasyonu araştırılmıştır. Yapılan çalışmada 4 lambalı UV kabini kullanılmış ve örnekler 8 cm uzaklıktan 10, 20, 30, 45 ve 60 dak bir işlem uygulanmış ve sıcaklık 25±2 °C'yi aşmamıştır. Uygulama sonucunda *E. coli*, *L. innocua*, *S. enteritidis* ve *S. aureus* miktarında sırasıyla 1.75, 1.27, 1.39 ve 1.21 log biriminde istatistiksel açıdan önemli derecede azalma saptanmıştır. Çileklerde ise UV uygulaması bakterileri yalnızca 1-1.4 log biriminde azaltmıştır. Uygulama sonrası renk değerleri incelendiğinde 45 dak kadar istatistiksel açıdan önemli bir değişim olmadığı saptanmıştır (Birmpa ve diğer., 2013).

Aspergillus niger sporlarının etkisizleştirilmesi için mısır ununun atımlı UV ışığıyla işlenmesi üzerine yapılan başka bir çalışmada mısır unlarına *A. niger* inoküle edilmiş ve gelişmesi için 30°C'de 72 saatlik inkübasyona bırakılmıştır. Ardından 20-100 s, 2000-3800 V ve 3-13 cm mesafede bir UV işlemi uygulanmıştır. Uygulama sonucunda 100 s, 2900 V ve 13 cm uzaklıkta 2.95 log birim; 100 s, 2900 V ve 3 cm uzaklıkta 3.26 log birim ve 100 s, 3800 V ve 8 cm uzaklıkta 4.95 log biriminde bir inaktivasyon sağlanmıştır (Jun ve diğer, 2003).

Liu ve diğer. (1992) yaptıkları bir çalışmada UV-C uygulamasının domateslerin olgunlaşmasına ve depoda çürümesine etkisini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında domateslere *Alternaria alternata* (siyah küf), *Botrytis cinerea* (gri küf), ve *Rhizopus stolonifer* inoküle edip 1.3 ile 40 kJ/m² arasında UV dozu uygulamışlardır. Uygulama sonunda UV-C uygulanmış örneklerin kontrole göre

daha geç olgunlaştığını ve depoda çürümeye karşı daha dirençli olduğunu belirlemişlerdir. UV-C uygulaması domateslerin olgunlaşması sırasında üretilen likopen (kırmızı) ve karoten (turuncu) pigmentlerin üretimini geciktirmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada atımlı UV ışığın taze yaban mersininin doğal mikrobiyel yükü ve antioksidan özellikleri üzerine etkisini gözlemlemek için yaban mersinine 30, 60, 90 ve 120 saniyelik UV işlemi uygulanmıştır. Uygulama sonunda; UV işlemi 60. ve 90. saniyelerde yaban mersininin antioksidan aktivitesini artırırken, 30. ve 120. saniyelerde azalttığı gözlemlenmiştir. TMAB miktarında 90 s'de 1.97 log ve 120 s'de 1.72 log biriminde azalma gözlemlenirken, TMK sayısında 90 s'de 1.29 log ve 120 s 1.17 log biriminde azalma saptanmıştır (Güner ve Topalcengiz, 2018).

Atımlı UV ışık sterilizasyonu ile *S. aureus*'un inaktivasyonu araştırılan bir çalışmada 1-30 s, 16.8-504 J/cm² ve 8 cm mesafede bir işlem uygulanmıştır. Uygulama sonunda en fazla inaktivasyon 30 s, 504 J/cm² ve 8 cm mesafede gözlemlenmiştir ve sıvı yüzeyde 7.5 log biriminde bir azalma gözlemlenirken, katı yüzeyde 8.5 log biriminde bir azalma saptanmıştır (Krishnamurthy ve diğer., 2004).

Yapılan bir çalışmada kabuklu cevizlerde gıda kaynaklı patojenlerin UV-C radyasyonu ile inaktivasyonu araştırılmıştır. Sağlam kabuklu ceviz yüzeyleri ayrı ayrı *Salmonella spp.*, *E. coli O157:H7*, *L. monocytogenes* ve *S. aureus* ile aşılanmış ve ardından 1-30 dak – 29.4-882.0 mJ/cm² dozlarında UV-C radyasyonuna tabi tutulmuştur. 30 dak 882 mJ/cm² UV dozunda *S. enteritidis*, *S. typhimurium*, *E. coli O157:H7*, *L. monocytogenes*, ve *S. aureus*'da sırasıyla 2.40, 2.41, 2.11, 1.76 ve 1.97 log biriminde azalma belirlenmiştir (Yun ve diğer., 2022).

Antep fıstığı sadece ülkemizde değil tüm dünyada yüksek ekonomik öneme sahip, kendine has rengi, aroması ve fiziksel özellikleri ile öne çıkan bir üründür. Her yıl gittikçe artan talepler karşısında fıstıkta gıda güvenliği ve gıda kalitesi yönünden ortaya çıkan ve fıstık kalitesinde önemli derecede kayba neden olan problemler nedeniyle önemli miktarda ürün kaybı yaşanmakta veya mevcut ürünlerde ortaya çıkan kalite kaybından dolayı düşük fiyattan satılmaktadır. Fıstıklarda mikrobiyel kontaminasyon, küf varlığı ve aflatoksin oluşumu fıstık ve fıstığa bağımlı olan kuruyemiş, pastacılık, fırıncılık, hazır yemek endüstrisi gibi farklı iş alanlarını da olumsuz yönde etkilemektedir. Fıstıkta mevcut olan bu

problemler aynı zamanda Türkiye'nin yurt dışına fıstık ihracatının önünde de engel teşkil etmekte ve Türkiye'nin Avrupa'ya ihracatını büyük ölçüde engellemektedir. Türk fıstıkları Avrupa mikrobiyolojik standartlarını karşılamadığı için ihracatta problemler yaşanmakta ve çoğu kez ihraç edilen ürünler limanda bekletildikten sonra geri gönderilmektedir. Gerek yurt içinde gerekse yurt dışında yaşanan problemler ürün kayıpları ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Tez kapsamında fıstıklarda mevcut problemlerin çözülerek ulusal ve uluslararası bazda ürün ve ekonomik kayıpların önlenmesi hedeflenmektedir. Mevcut ısıtılma işleme dayalı prosesler ve kimyasal uygulamaları ürünün fiziksel, duyuşsal ve kalite özelliklerinde olumsuz değişimlere neden olmaktadır. Bu nedenle, mevcut proses teknolojilerinden daha farklı prosesler kullanarak fıstıkların yüzey dezenfeksiyonunun sağlanıp kalite özelliklerinin muhafaza edilmesi gerekmektedir.

AEA ve UV-C teknolojisi farklı gıda ürünlerinde yüzey dezenfeksiyonu amacıyla kullanılmasına rağmen fıstıkların prosesi ile ilgili mevcut bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle tez kapsamında yenilikçi teknolojiler olarak kabul edilen AEA ve UV-C uygulamalarının fıstıkların prosesinde kullanımı fıstıkların yüzey dezenfeksiyonunun sağlanarak kalite özelliklerinin muhafazası amaçlanmaktadır.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışma kapsamında bulunan Antep fıstıkları içi 2021 yılında Gaziantep ilinde bulunan Adagro Gıda Tarım Makina Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi'nden temin edilmiştir. Firmadan elde edilen iç Antep fıstığı fotoğraf 3.1'de gösterilmiştir.



Fotoğraf 3.1 Çalışmada kullanılan iç Antep fıstığı

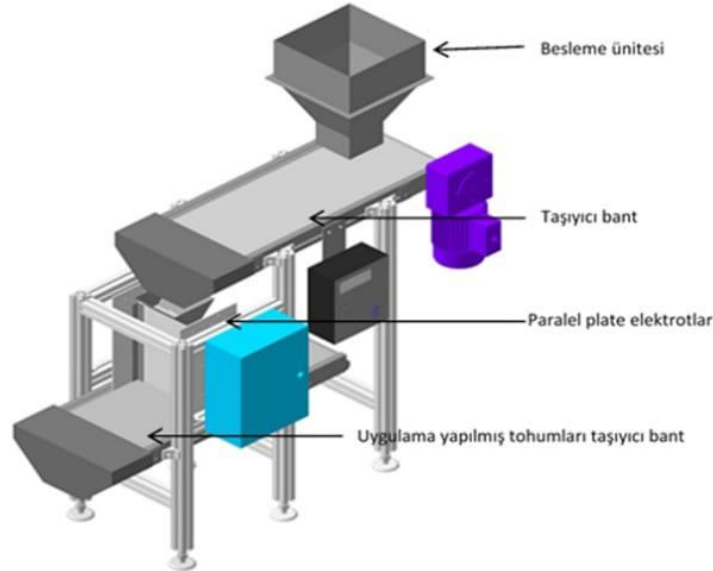
3.2 Yöntem

3.2.1 Pilot Ölçekli Atımlı Elektrik Alan Sistemi

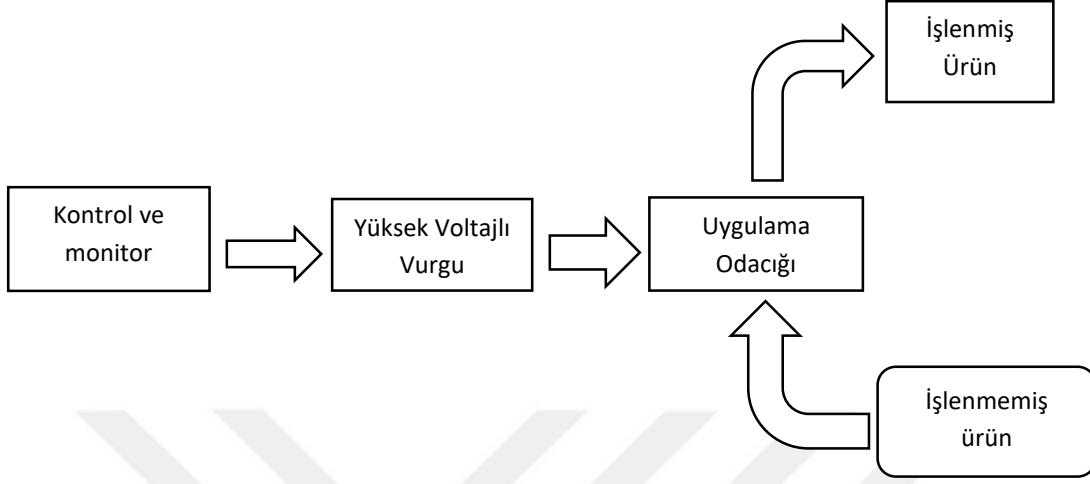
AEA ünitesi atım jeneratörü, güç kaynağı, uygulama odacığı, kontrol ünitesi ve konveyörden oluşmaktadır. Uygulama odacığının boyutları 40x20 olarak dizayn edilmiştir. Uygulama odacıkları paralel plate olarak adlandırılan iki adet paralel çelik elektrottan oluşmaktadır.

Uygulama yapılacak olan fıstıkların tanecik büyüklüğüne göre iki plaka arasındaki mesafe ayarlanmıştır. Belirlenen elektrik alan parametreleri (frekans ve elektrik alan şiddeti) cihazda ayarlandıktan sonra uygulama odacıkları üzerine yüklenen fıstıklar yerçekimi kuvveti etkisiyle düşey ekseninde iki paralel plaka elektrot arasından geçerken belirlenen doz ve sürede elektrik alanına maruz bırakılmıştır. Güç kaynağı, atım jeneratörü, açma/kapama düğmesi, kontrol ünitesi ve uygulama odacığı aynı ünite üzerinde konumlandırılmıştır. Cihazda uygulama odacıklarına üstten besleme yapılmakta ve taşıyıcı bant (konveyör) vasıtasıyla örnekler proses edilmiştir. Fıstık içleri tek tabaka halinde uygulama odacıklarına iletilmiştir. Konveyör üzerinde hareket eden örnekler konveyörün ileri doğru ve titreşimli

hareketiyle tek katmanlı olarak uygulama odacıklarına taşınmaktadır. Herhangi bir sisteme elektrik akımı verildiği zaman verilen elektrik akımının iletimini sağlayan iyonlardır. Bu nedenle, atımlı elektrik alan daha çok yüksek asitli gıdalara uygulanmaktadır. Dizayn edilen sistemde elektrik alan oluşturulmaya çalışılan ortam hava ortamı olduğundan elektrik akımını iletecek iyonlar mevcut değildir. Bu nedenle havanın elektrik akımını iletecek duruma getirilmesi yani ortamda elektrik alanı oluşturulması gereklidir. Bu amaçla havanın iyonizasyonu gerçekleştirilmiştir. Sistemin diğer önemli bir bileşeni uygulanacak atım şeklidir. Bu bağlamda tek kutuplu kare dalga boyu elektrik atımı kullanılmış olup, bu tasarıma göre uygulanacak elektrik alan parametreleri belirlenmiştir. Pilot ölçekli AEA proses sistemi temel olarak partikül halindeki ürünlerin beslendiği titreşimli besleme ünitesi, taşıyıcı bant, paralel plaka elektrotların yer aldığı uygulama odacığı ve uygulama yapılmış ürünlerin ambalajlama ünitesine taşınmasını sağlayan taşıyıcı banttan oluşmaktadır. Daha önce 2180068 nolu TUBİTAK projesi kapsamında tasarım ve dizaynı yapılan bu sistem tohum ve baharatlar için geliştirilmiştir, fıstıkların boyutları ve fiziksel özellikleri farklı olduğu için mevcut sistem modifiye edilerek fıstıkların prosesinde kullanılmıştır (Şekil 3.1.) AEA sisteminin tasarımı ve temel parçacıkları ise Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Pilot ölçekli atımlı elektrik alan cihazı



Şekil 3.2 Atımlı elektrik alan sisteminin tasarımı ve temel parçacıkları.

Araştırmada kullanılan AEA sisteminin çalışma frekans aralığı 100-300 *Hz* arasında değişmekte olup, atım genişliği 1 μ s ve uygulanacak elektrik alan gücü maksimum 28.8 kV/cm'dir. Uygulama süresi 1 döngüde 2.47 saniye olarak hesaplanmıştır. Uygulama süresi aşağıda verilen formül ile hesaplanmıştır. Formülde ;

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Eşitlik 3.1.

t :uygulama süresi (s),

h : uygulama odacığı yüksekliği (m),

g : yerçekimi ivmesi (9.81 m/s²) olarak verilmiştir.

Uygulanacak elektriksel alan gücü ise aşağıda verilen eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$P = V^2 \times f \times C / 2$$

Eşitlik 3.2.

Formülde ;

P : güç (W),

V :voltaj (V),

F : frekans (Hz),

C : elektrik sığası (60 pF) olarak verilmiştir.

Bir döngüde verilen enerji ise aşağıdaki formülle hesaplanmış olup

$$E = P \times t \quad \text{Eşitlik 3.3.}$$

E :enerji (J),

P : güç (W),

T : uygulama süresi (s) olarak verilmiştir.

Tablo 3.1’de Antep fıstıklarına uygulanan AEA uygulamasının proses parametreleri ve Tablo 3.2.’de ise Antep fıstıklarına uygulanan AEA uygulamasında kullanılan örnek kodları gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Antep fıstıklarına uygulanan AEA uygulamasının proses parametreleri

Döngü Sayısı	Frekans (Hz)					
	100		235		300	
	Uygulama Süresi (s)	Enerji (J)	Uygulama Süresi (s)	Enerji (J)	Uygulama Süresi (s)	Enerji (J)
1	2.47	2.97	2.47	6.97	82.47	8.9
4	9.89	11.87	9.89	27.9	9.89	35.61
8	19.78	23.74	19.78	55.79	19.78	71.23

Tablo 3.2 Antep fıstıklarına uygulanan AEA uygulamasında kullanılan örnek kodlamaları

Frekans-Döngü	Örnek Kodları	Elektrik Alan Gücü (kV/cm)	Enerji (J)
Kontrol	Kontrol	0	0
100F-1C	AEA 1	1.2	2.97
100F-4C	AEA 2	4.8	11.87
100F-8C	AEA 3	9.6	23.74
235F-1C	AEA 4	2.82	6.97
235F-4C	AEA 5	11.28	27.90
235F-8C	AEA 6	22.56	55.79
300F-1C	AEA 7	3.6	8.90
300F-4C	AEA 8	14.4	35.61
300F-8C	AEA 9	28.8	71.23

3.2.2 UV-C sistemi

Kabin şeklinde tasarlanan UV-C sistemi, lambaları, motoru ve proses hattını kontrol eden bir elektrik panosu ünitelerinden oluşmaktadır. UV-C lambaları taşıyıcı bant üzerine yerleştirilmiş olup kullanılan lambaların yaydığı UV-C dozu (J/cm²) aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$F = Ixt$$

Eşitlik 3.4.

Formülde ;

I : lambanın ışık yoğunluğu (W/cm^2)

t : proses süresidir (s)'dir.

UV lambaların ve ürünün hareket ettiği sarsak eleğin bulunduğu kabin UV ünitesi ile bu ünitenin bağlı olduğu elektrik panosundan oluşmaktadır. Elektrik panosunda UV sisteminin açılıp kapanmasını sağlayan on/off çalışan 1 adet elektrik düğmesi, UV kabin içinde normal ışık sağlayan 1 adet on/off çalışan düğme, UV lambalarının sırayla çalıştırılmasını sağlayan on/off çalışan düğmeler vardır. UV kabin paslanmaz çelikten yapılmış olup iç kısımda tavanda UV lambalar bulunmaktadır. UV lambaların yerleşimine paralel olarak kabinin alt kısımda lambalara olan mesafesi ayarlanabilen konveyör vardır.

Yapılacak ön denemelerle uygulanacak UV dozu ve uygulama süresi belirlenmiştir. Fıstıkların prosesinde kullanılan laboratuvar ölçekli UV-C cihazı fotoğraf 3.1 'de ve UV-C proses parametreleri Tablo 3.3'de gösterilmiştir.



Fotoğraf 3.2 Analizde kullanılan laboratuvar ölçekli UV cihazı

Tablo 3.3 Antep fıstıklarına uygulanan UV proses parametreleri

UV dozu (J/cm^2)	Işık Yoğunluğu (W/cm^2)	Süre (s)
39.6	0.044	900
79.2	0.044	1800
118.8	0.044	2700

3.4.1 Mikrobiyolojik Analizler

3.4.1.1 *Salmonella* spp. Sayımı

Falcon tüplerine kontrol ve uygulama yapılmış örneklerden 5 g alınarak 1:9 oranında %0.1'lik peptonlu su ile seyreltme işlemi yapıldıktan sonra uygun dilüsyonlardan alınarak Xylose Lysine Dextrose (XLD) agara aseptik koşullarda yayma yöntemi ile ekim yapılmıştır. Petriler 22 ± 2 °C'de 3-5 gün inkübasyona tabi tutularak toplam *Salmonella* spp. log kob/g olarak hesaplanmıştır (Özdemir, 2017).

3.4.1.2 Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) Sayımı

Homojen olarak alınan 5 g örnekler 1:9 oranında %0.1'lik pepton su ile seyreltilmiş ve uygun dilüsyonlardan alınarak Plate Count Agara (PCA) yayma yöntemi ile ekim yapılmıştır. Petriler 35 ± 2 °C'de 24-48 °C'de inkübasyona tabi tutularak toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı log kob/g olarak hesaplanmıştır (Tanrıverdi, 2022).

3.4.1.3 Toplam Maya-Küf (TMK) Sayımı

Kontrol ve uygulama yapılmış örneklerden 5 g alınarak 1:9 oranında %0.1'lik peptonlu su ile seyreltme işlemi yapılmış ve sonra uygun dilüsyonlardan alınarak Potato Dextrose Agara (PDA) yayma yöntemi ile ekim yapılmıştır. Petriler 35 ± 2 °C'de ve 24-48 °C'de inkübasyona tabi tutularak toplam maya küf sayısı log kob/g olarak hesaplanmıştır (Tanrıverdi, 2022).

3.4.1.4 Toplam Koliform Bakteri Sayımı

Örneklerden homojen olarak 5'er g alınarak 1:9 oranında %0.1'lik peptonlu su ile seyreltme işlemi yapılmış ve sonra uygun dilüsyonlardan alınarak Violet Red Bile Agara (VRBA) yayma yöntemi ile ekim yapılmıştır. Petriler 35 ± 2 °C'de 24-48 °C'de inkübasyona tabi tutularak toplam koliform sayısı log kob/g olarak hesaplanmıştır (Özdemir, 2017).

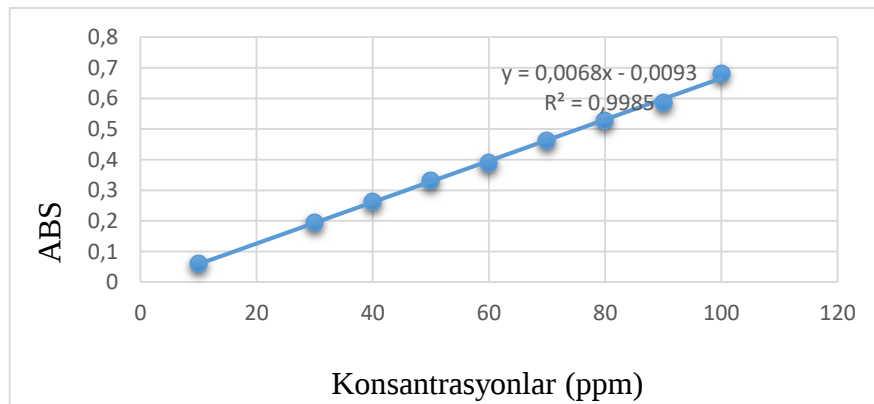
3.4.2 Kimyasal Analizler

3.4.2.1 Toplam Fenolik Madde Analizi

Fıstık örneği (1g) blender yardımıyla iyice parçalandıktan sonra 5 mL % 80' lik aseton eklenmiş ve Whatman filtre kağıtları ile filtrasyon işlemi yapılmıştır. Elde edilen filtrattan 20 µL örnek alınıp üzerine 180 µL saf su eklenerek örnekler seyreltilmiştir. Seyreltilmiş örnekler 2600 µL saf su, 400 µL Folin-Ciocalteu çözeltisi ve 2000 µL Na₂CO₃ çözeltisi (%7.5'lik) eklenerek örnek hacmi 5 mL'ye tamamlanıp tüp karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Şahit örneği ise 2800 µL saf su, 200 µL Folin-Ciocalteu çözeltisi ve 2000 µL Na₂CO₃ çözeltisi eklendikten sonra karıştırılıp 5 dak bekletilerek hazırlanmıştır. Spektrofotometre (Nüve HACH LANGE, DR 5000) şahit ile sıfırlanarak 760 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır (Tsantili ve diğer., 2011).

Spektrofotometre ile yapılan okumalar sonucunda elde edilen absorbans değerlerinden Antep fıstığının toplam fenolik madde miktarını belirleyebilmek için gallik asit eğrisinden yararlanılmıştır.

Gallik asit eğrisini çizebilmek için, daha önceden hazırlanan gallik asit stok çözeltisinden 0.1, 0.09, 0.08, 0.06 ve 0.04 mg/L derişimlerinde çözeltiler hazırlanmıştır. Bu çözeltilerden 2600 µL alınarak üzerine 400 µL *Folin-Ciocalteu* çözeltisi ve 2000 µL Na₂CO₃ çözeltisi eklendikten sonra 760 nm'de şahide karşı okuma yapılmıştır. Gallik asit konsantrasyonu-absorbans şeklinde kalibrasyon eğrisi çizilerek, eğrinin denklemi aşağıda gösterildiği gibi elde edilmiş (Şekil 3.4)



Şekil 3.3. Toplam fenolik madde miktarının hesaplanmasında kullanılan gallik asit standardına ait kalibrasyon grafiği.

3.4.2.2 Toplam Antioksidan Kapasite

Fıstık örneği (1g) blender yardımıyla iyice parçalandıktan sonra 5 ml % 80'lik aseton eklenip karıştırılmış ve Whatman filtre kağıtları ile filtre edilmiştir.

Antep fıstığı ekstraktlarından 100 μ L alınarak üzerine 2400 μ L saf su eklenmiştir. Seyreltilmiş örneklerden 100 μ L alınarak üzerine 900 μ L Tris-HCl ve 1000 μ L DPPH eklenerek vortekste 2 karıştırılarak örnekler homojen hale getirilmiştir. 30 dak karanlıkta bekletildikten sonra 517 nm boyunda UV spektrofotometre cihazında absorbans okunmuştur (Bakay, 2019).

Ölçülen değerler aşağıda belirtilen Eşitlik 3.4'e göre hesaplanmış ve örneklerdeki yüzde antioksidan aktivite (AA) değerleri bulunmuştur.

$$\%AA = (1 - (Abs \text{ örnek} / Abs \text{ şahit}) * 100 \quad \text{Eşitlik 3.5.}$$

3.4.2.3 Toplam Klorofil Analizi

Öğütülen numune (1 g) 5 ml % 80' lik aseton içerisinde blender yardımıyla iyice parçalandıktan sonra Whatman No.1 ve 42 filtre kağıtları ile filtrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen filtratın 663 nm ve 645 nm'de absorbans değerleri ölçülerek aşağıda verilen denklem ile örneklerin toplam klorofil içeriği belirlenmiştir. Toplam klorofil miktarı ile birlikte, klorofil a ve b değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Özkan, 2014).

$$\text{Klorofil-a İçeriği} = (12.7 \times A_{663}) - (2.69 \times A_{645}) \quad \text{Eşitlik 3.6.}$$

$$\text{Klorofil-b İçeriği} = (22.9 \times A_{645}) - (4.68 \times A_{663}) \quad \text{Eşitlik 3.7.}$$

$$\text{Toplam Klorofil İçeriği (mg/100 g)} = \text{Klorofil} - a + \text{Klorofil} - b \quad \text{Eşitlik 3.8.}$$

3.4.2.4 Peroksit değeri

Öğütülen fıstık örneklerinden (2 g) alınarak üzerine 3.5 ml hekzan eklenip yağı ekstrakte edildikten sonra hekzan uzaklaştırılmıştır. Daha sonra 10 mL 2:3 oranında hazırlanan kloroform-asetik asit (buzlu) çözeltisi ve 0.2 mL doymuş potasyum iyodür çözeltisi ilave edilerek kuvvetlice çalkalanıp 5 dak karanlık bir ortamda erlenin ağzı kapalı olarak bekletildikten sonra üzerine 15 mL saf su ve 1 mL % 1'lik nişasta çözeltisi ilave edilmiş ve ortamdaki iyodun serbest hale geçmesi

sağlanmıştır. Serbest duruma gelen iyot, 0.01 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile indik特or olarak % 1'lik nişasta çözeltisi varlığında titre edilmiştir. Harcanan sodyum tiyosülfat hacminden yararlanarak 'kilogramda miliequivalent gram O₂' olarak peroksit değeri olarak hesaplanmıştır (Kurban, 2021).

$$\text{Peroksit sayısı (miliekivalen O}_2 \text{ /kg yağ)} = \frac{(a - b) \times N \times 1000}{m} \quad \text{Eşitlik 3.9.}$$

a= titrasyonda örnek için harcanan sodyum tiyosülfat miktarı, ml

b=titrasyonda şahit için harcanan sodyum tiyosülfat miktarı, ml

N= sodyum tiyosülfatın normalitesi, N

m= alınan örnek miktarı, g

3.4.2.5 Toplam Asitlik Değeri

Fıstık örneği (1 g) blender yardımıyla iyice parçalandıktan sonra, 10 mL etil alkol-dietil eter (1:1) karışımı eklenmiş ve % 1'lik fenolftalein indikatörü varlığında 0.1 N KOH çözeltisi ile titre edilmiştir (Kurban, 2021). Toplam asitlik değeri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Titrasyon asitliği} = V \times F \times E \times 100 \div M \quad \text{Eşitlik 3.10.}$$

V= Harcanan 0.1 N NaOH miktarı, mL

F= Titrasyonda kullanılan NaOH çözeltisinin normalitesi

E= 1 mL 0.1 N NaOH' ın eşdeğeri asit miktarı, g

M= Titre edilen örneğin gerçek miktarı, g

3.4.3 Antep Fıstıklarında Fiziksel ve Duyusal Özellikler

3.4.3.1 Renk Ölçümü (L^* , a^* ve b^*)

Minolta color (Konica CM-700d, Nieuwegein, Netherlands) cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Ölçülen renk değerleri CSI sisteminde;

L^* (0: koyuluk, 100: açıklık), a^* (-: yeşillik, +: kırmızılık) ve b^* (-: mavilik, +: sarılık) değerleri olarak verilmiştir (Özdemir, 2017).

3.4.3.2 Duyusal Analizler

Antep fıstıklarına uygulanan AEA ve UV işlemlerinin fıstıkların duyusal özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla 7 paneliste 9'lu hedonik skala kullanılarak duyusal analiz yaptırılmıştır (Tanrıverdi, 2022). Antep fıstığı örneklerine rastgele 300 ile 400 arasında sayılar verilmiş ve panelistlere Şekil 3.5'de gösterilen duyusal analiz formundaki soruları cevaplayarak örneklerin koku-aroma, tanelerin yapısı, renk, ve ağızda bıraktığı his gibi kalite özelliklerinin 10 puan üzerinden değerlendirilmesi istenmiştir.

Ön sorular: Antep Fıstığı örnekleri tüketir misiniz? Evet (...) Hayır (...)

Cevabınız evet ise ne sıklıkla tüketirsiniz?

Her gün (...) Haftada 2-3 kez (...) Ayda birkaç kez (...) Yılda birkaç kez (...) 1-

Görsel inceleme:

Fıstık rengi

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10

Renksiz, soluk
yeşil

Göz alıcı,

Tanelerin yapısı

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10

Ezilmiş, kırık, ufalanmış

Taneler normal şekilde, bütünlüğü bozulmamış

Koku-Aroma

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10

Kötü koku-kokusuz

Tipik fıstık kokusu – aroması

Tadarak inceleme

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10

Tipik değil (yavan, bozuk, acı tad vs.)

Tipik fıstık tadı

Ağızda bıraktığı his

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10

Tipik fıstık hissi değil

Tipik fıstık hissi

Yorumlarınız.....
.....
.....
.....

Şekil 3.4. Paneslistlere sunulan duyusal analiz formu (Tanrıverdi, 2022).

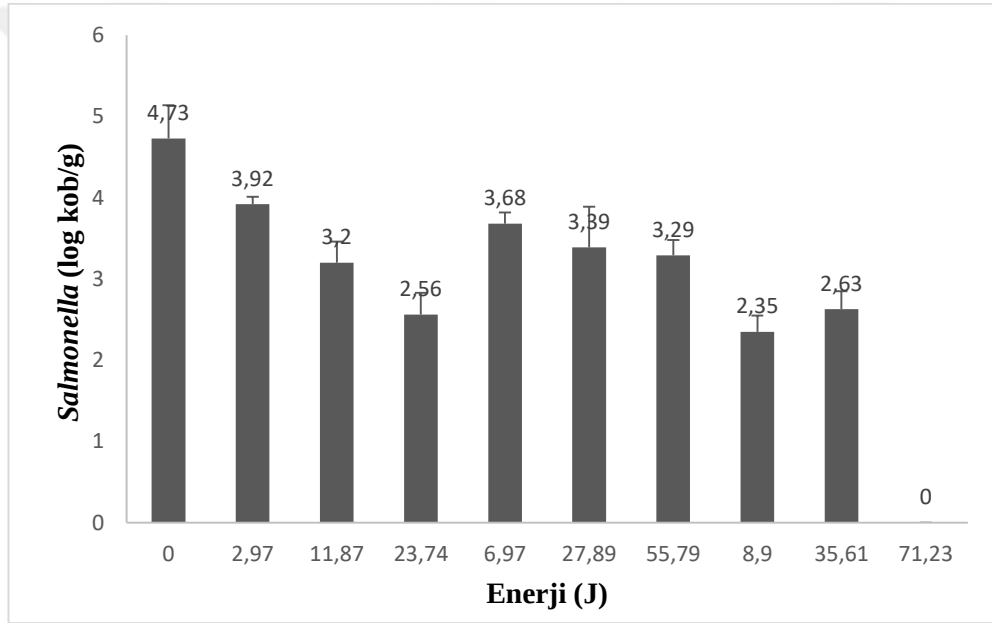
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Antep fıstıklarına uygulanan AEA ve UV uygulamaları sonucunda, Antep fıstığı örneklerinin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizi yapılmış ve bu analizlerin etkileri araştırılmıştır.

4.1 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi

4.1.1 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Yüzeyindeki *Salmonella* spp. Üzerine Etkisi

Atımlı Elektrik Alan uygulamalarının Antep fıstıklarında bulunan *Salmonella* spp. üzerine etkisi Şekil 4.1 ve Tablo 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığında *Salmonella* spp. inaktivasyonu

Yapılan uygulama sonucunda mikrobiyel inaktivasyon sağlamıştır. Kontrol örneğine kıyasla AEA uygulanmış örneklerde meydana gelen değişimler önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Tablo 4.1’de görüldüğü gibi başlangıçta Antep fıstığındaki *Salmonella* spp. sayısı 4.73 ± 0.41 log kob/g seviyesinde iken 300 Hz 8 döngülük elektrik alan uygulaması sonrasında koloni tespit edilememiştir. Bu durumda uygulanan elektrik alan sonucunda 4.73 log kob/g seviyesinde bir azalma olduğu görülmüştür.

Elde edilen sonuçlar literatür çalışmaları ile de desteklenmektedir. Liang ve diğer. (2002) yaptıkları bir çalışmada AEA uygulamasının portakal suyundaki *Salmonella typhimurium* üzerine etkisini araştırmışlar ve 55 °C sıcaklıkta 90 kV/cm elektrik alan gücünde *Salmonella typhimurium* sayımında 5.9 log azalma olduğunu belirlemişlerdir. Hermawan ve diğer. (2004) ise bir çalışmada *Salmonella enteridis* inoküle edilmiş sıvı yumurtada atımlı elektrik alan uygulamasının etkisini araştırmışlar ve 25, 22.5 ve 20 kV/cm elektrik alan gücünde sırasıyla 1, 0.5 ve 0.3 log azalma saptamışlardır.

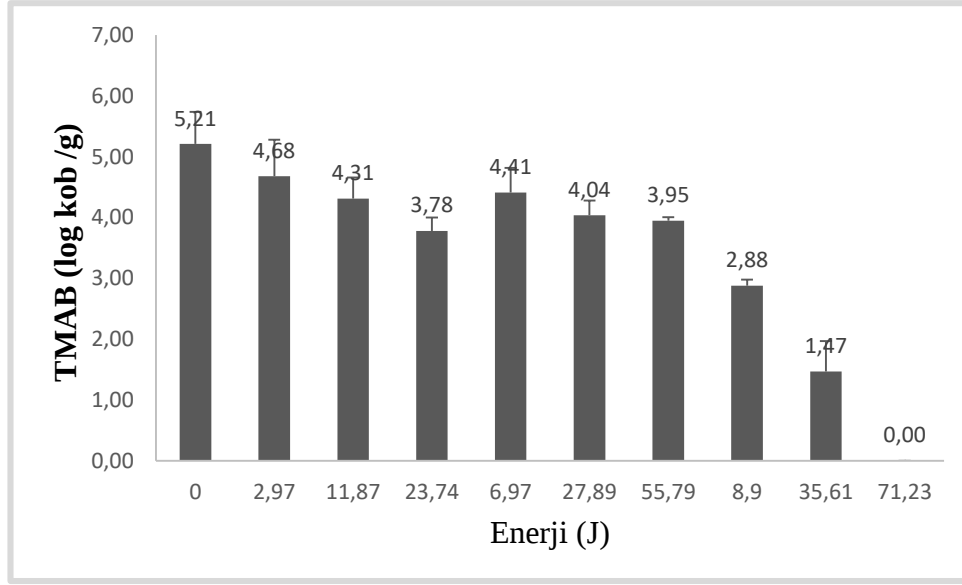
Tablo 4.1 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının yüzeyinde bulunan *Salmonella spp.* sayısı üzerindeki etkileri

Örnek Kodları	Elektrik Alan Gücü (kV/cm)	Süre (s)	Uygulanan Enerji (J)	<i>Salmonella</i> (log kob/g)
Kontrol	0	0	0	4.73±0.41 ^a
AEA 1	1.2	2.47	2.97	3.92±0.09 ^{ab}
AEA 2	4.8	9.89	11.87	3.20±0.26 ^{bcd}
AEA 3	9.6	19.78	23.74	2.56±0.27 ^{cd}
AEA 4	2.82	2.47	6.97	3.68±0.14 ^b
AEA 5	11.28	9.89	27.90	3.39±0.48 ^{bc}
AEA 6	22.56	19.78	55.79	3.29±0.19 ^{bc}
AEA 7	3.6	2.47	8.90	2.35±0.15 ^d
AEA 8	14.4	9.89	35.61	2.63±0.22 ^{cd}
AEA 9	28.8	19.78	71.23	0.05±0.00 ^e

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. AEA: Atımlı Elektrik Alan. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken ($p>0.05$), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

4.1.2 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Yüzeyindeki TMAB Üzerine Etkisi

AEA uygulamalarının Antep fıstıklarında bulunan TMAB üzerine inaktivasyonuna etkisi Şekil 4.2 ve Tablo 4.2’de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi yapılan uygulama sonucunda mikrobiyel inaktivasyon sağlamıştır. Kontrol örneğine uygulanan 2.97 J enerji uygulamasında istatistiksel açıdan önemli bir değişiklik gözlenmezken ($p>0.05$) diğer uygulamalardaki değişimler istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$) (Tablo 4.2). Başlangıçta Antep fıstığındaki TMAB sayısı 5.21±0.53 log kob/g seviyesinde iken, 300 Hz 8 döngülük elektrik alan uygulamasında koloni tespit edilememiştir. Bu durumda AEA uygulaması sonucunda 5.21 log kob/g seviyesinde bir azalma olduğu görülmüştür.



Şekil 4.2. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığında TMAB inaktivasyonu

Tablo 4.2 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının yüzeyinde bulunan TMAB sayısı üzerindeki etkileri

Örnek Kodları	Elektrik Alan Gücü (kV/cm)	Süre (s)	Uygulanan Enerji	TMAB (log kob/g)
Kontrol	0	0	0	5.21±0.53 ^a
AEA 1	1.2	2.47	2.97	4.68±0.59 ^{ab}
AEA 2	4.8	9.89	11.87	4.31±0.35 ^{ab}
AEA 3	9.6	19.78	23.74	3.78±0.22 ^{bc}
AEA 4	2.82	2.47	6.97	4.41±0.41 ^{ab}
AEA 5	11.28	9.89	27.90	4.04±0.24 ^b
AEA 6	22.56	19.78	55.79	3.95±0.06 ^b
AEA 7	3.6	2.47	8.90	2.88 ±0.14 ^c
AEA 8	14.4	9.89	35.61	1.47±0.47 ^d
AEA 9	28.8	19.78	71.23	0.06±0.00 ^e

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. AEA: Atımlı Elektrik Alan. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken ($p>0.05$), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

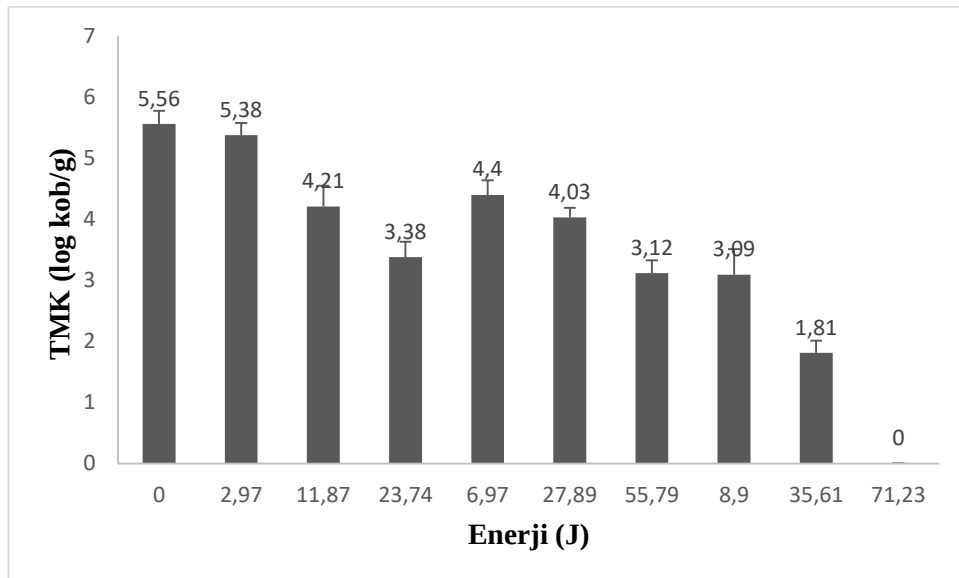
Kayalvizhi ve diğer. (2016) AEA uygulamasının şeker kamışı suyu üzerine yaptıkları çalışmada şeker kamışındaki TMAB konsantrasyonunda 2.71 log seviyesinde bir azalma gözlemlemişlerdir.

AEA uygulamasının havuç suyunda bulunan toplam mezofilik aerobik bakteri miktarını azaltmak için yapılan diğer çalışmada örneğe sırasıyla 13 kV/cm, 17 kV/cm, 20 kV/cm, 23 kV/cm ve 27 kV/cm elektrik alan uygulanmıştır.

Araştırma sonucuna göre havuç suyuna 27 kV/cm elektrik alan gücü uygulamasında 4.3 log seviyesinde TMAB popülasyonunda azalma sağlanmıştır (Akın ve Evrendilek, 2009). Yapılan başka bir çalışmada hurmalarda mikrobiyel inaktivasyonu sağlamak amacıyla AEA uygulaması yapılmış ve TMAB sayısında 120 atım, 4.76 kV/cm elektrik alan gücünde 0.23 ± 0.06 log, 120 atım sayısı, 6.82 kV/cm elektrik alan gücünde 0.75 ± 0.05 log, 120 atım sayısı, 8.84 kV/cm elektrik alan gücünde 2.07 ± 0.06 log ve 120 atım sayısı, 10.82 kV/cm elektrik alan gücünde 3.70 ± 0.35 log seviyesinde bir azalma gözlemlenmiştir (Mohammed ve diğer., 2016).

4.1.3 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Yüzeyindeki TMK Üzerine Etkileri

AEA uygulamalarının Antep fıstıklarında bulunun TMK inaktivasyonuna etkisi Şekil 4.3 ve Tablo 4.3’de gösterilmiştir. Yapılan uygulama sonucunda mikrobiyel inaktivasyon sağlanmıştır. Kontrol uygulamasına 2.97 J enerji uygulamasında önemli bir değişiklik gözlenmezken, diğer uygulamalardaki değişimler önemlidir ($p < 0.05$) (Tablo 4.3). Başlangıçta Antep fıstığındaki TMK sayısı 5.56 ± 0.22 log kob/g seviyesinde iken, 300 frekans 8 döngülük elektrik alan uygulamasında koloni tespit edilememiştir. Bu durumda yapılan uygulama sonucunda 5.56 log kob/g seviyesinde bir azalma olduğu görülmüştür.



Şekil 4.3. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığında TMK inaktivasyonu

Mohammed ve diğer. (2016) yaptıkları bir çalışmada hurma meyvelerinde mikroorganizma inaktivasyonu için AEA uygulamasının etkilerini incelemiş ve 120

atım 10.82 kV/cm elektrik alan gücünde AEA uygulamasında TMK sayısında 3.85 log seviyesinde bir azalma saptamışlardır.

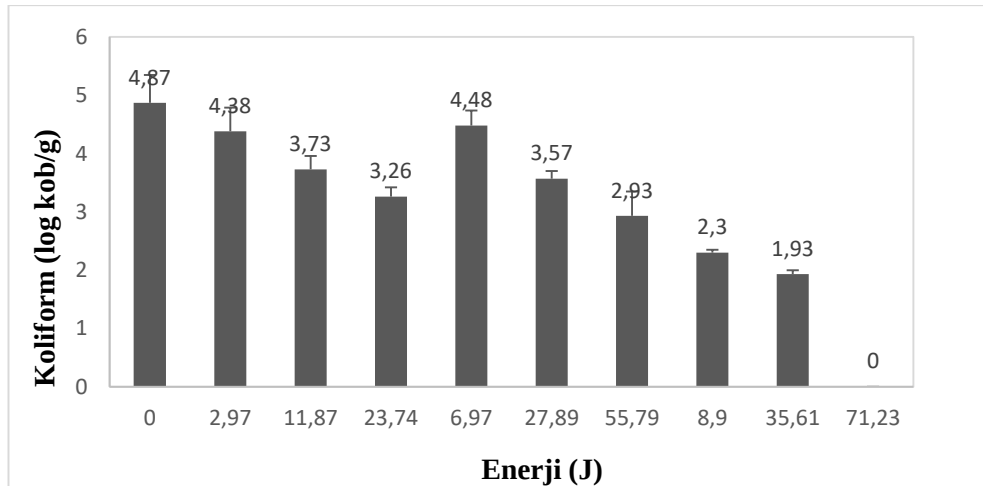
Tablo 4.3 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının yüzeyinde bulunan TMK sayısı üzerindeki etkileri

Örnek Kodları	Elektrik Alan Gücü (kV/cm)	Süre (s)	Uygulanan Enerji (J)	TMK (log kob/g)
Kontrol	0	0	0	5.56±0.22 ^a
AEA 1	1.2	2.47	2.97	5.38±0.19 ^a
AEA 2	4.8	9.89	11.87	4.21±0.34 ^b
AEA 3	9.6	19.78	23.74	3.38±0.25 ^b
AEA 4	2.82	2.47	6.97	4.40±0.24 ^{bc}
AEA 5	11.28	9.89	27.90	4.03±0.16 ^{cd}
AEA 6	22.56	19.78	55.79	3.12±0.21 ^d
AEA 7	3.6	2.47	8.90	3.09±0.42 ^d
AEA 8	14.4	9.89	35.61	1.81±0.20 ^e
AEA 9	28.8	19.78	71.23	0.05±0.00 ^f

Sonuçlar “ortalama±standart hata ” olarak verilmiştir. AEA: Atımlı Elektrik Alan. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken ($p>0.05$), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

4.1.4 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Yüzeyindeki Toplam Koliform Üzerine Etkileri

AEA uygulamalarının Antep fıstıklarında bulunun toplam koliform inaktivasyonuna etkisi Şekil 4.4 ve Tablo 4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığında toplam koliform bakteri inaktivasyonu

Yapılan uygulama sonucunda mikrobiyel inaktivasyon sağlamıştır. Kontrol örneği ile uygulama yapılan örnekler kıyaslandığında gözlenen değişimler istatistiksel

açından önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.4.). Başlangıçta Antep fıstığındaki toplam koliform bakteri sayısı 4.87 ± 0.48 log kob/g seviyesinde iken, 300 frekans 8 döngülük elektrik alan uygulamasında koloni tespit edilememiştir. Bu durumda yapılan analizler sonucunda 4.87 log kob/g seviyesinde bir azalma olduğu görülmüştür.

Tablo 4.4 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının yüzeyindeki toplam koliform üzerine etkisi

Örnek Kodları	Elektirik Alan Gücü (kV/cm)	Süre (s)	Uygulanan Enerji (J)	Koliform (log kob/g)
Kontrol	0	0	0	4.87 ± 0.48^a
AEA 1	1.2	2.47	2.97	4.38 ± 0.41^{ab}
AEA 2	4.8	9.89	11.87	3.73 ± 0.23^{bc}
AEA 3	9.6	19.78	23.74	3.26 ± 0.16^{cd}
AEA 4	2.82	2.47	6.97	4.48 ± 0.26^{ab}
AEA 5	11.28	9.89	27.90	3.57 ± 0.13^{cd}
AEA 6	22.56	19.78	55.79	2.93 ± 0.42^{de}
AEA 7	3.6	2.47	8.90	2.3 ± 0.05^{ef}
AEA 8	14.4	9.89	35.61	1.93 ± 0.06^f
AEA 9	28.8	19.78	71.23	0.06 ± 0.00^g

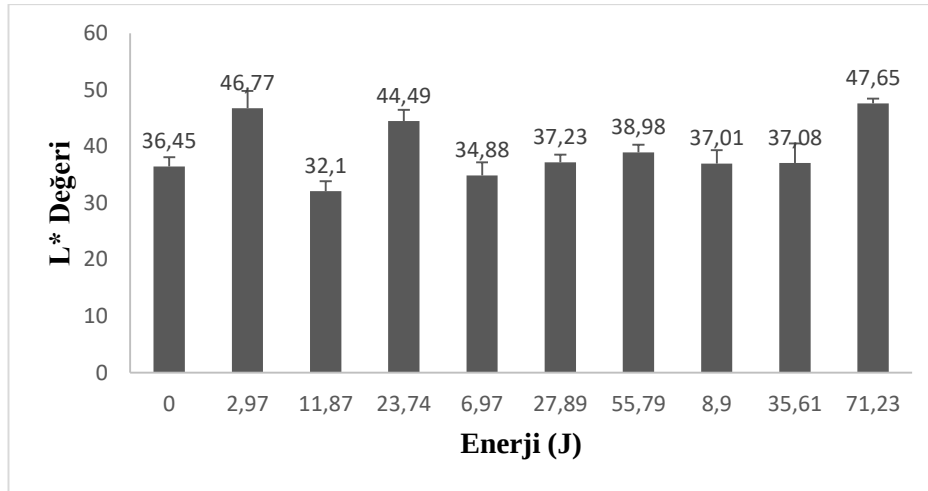
Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. AEA: Atımlı Elektrik Alan. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken ($p>0.05$), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

Yapılan bir çalışmada AEA uygulamasının çiğ yağsız süt üzerine etkileri araştırılmış ve başlangıç koliform yükü 1.7 log kob/g olan örneğin 40 kV/cm elektrik alan gücü, 2 s sürede, 3 Hz frekansta ve 20 atımlık AEA uygulanmasından sonra koliform popülasyonunun tamamın inaktive edildiği görülmüştür (Molina ve diğer., 2005).

4.2 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

4.2.1 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının L^* , a^* ve b^* Değeri Üzerine Etkileri

Atımlı Elektrik Alan uygulanan Antep fıstığının L^* değerinde meydana gelen değişim, sonuçlara Tukey karşılaştırma testi uygulanarak elde edilen veriler Tablo 4.5’de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığının L^* değeri

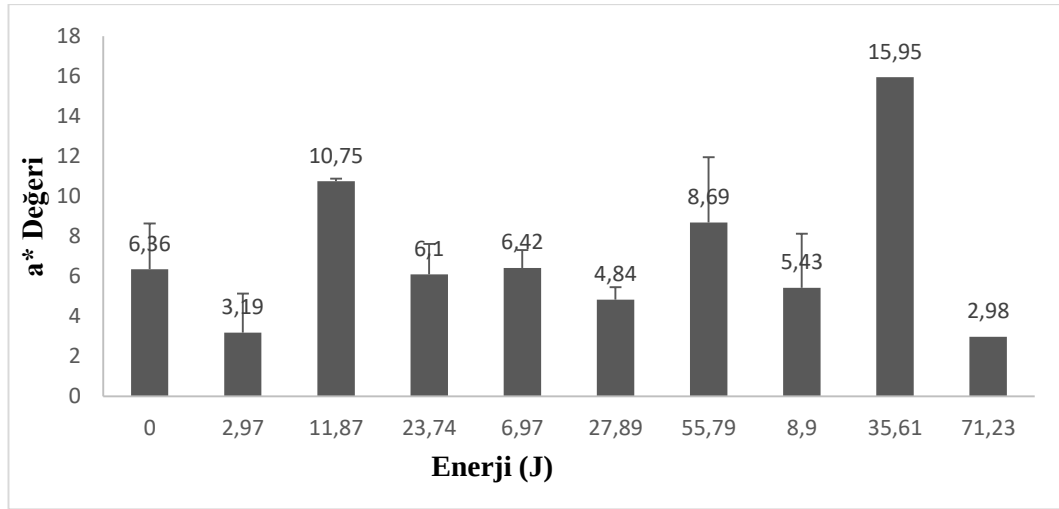
Antep fıstıklarına ait kontrol grubunun L^* değeri ortalama 36.45 ± 1.68 olarak bulunurken, AEA uygulanmış örneklerin L^* değerleri 32.10 ± 1.75 ile 47.647 ± 0.768 arasında değişiklik göstermiştir (Tablo 4.5). Analiz edilen her bir parametreye ait ortalamalardan aynı harfi taşıyanlar istatistiksel açıdan birbirinden farklıdır ($p > 0.05$), farklı harfi taşıyanlar ise istatistiksel açıdan birbirinden farklıdır ($p < 0.05$).

Tablo 4.5 Kontrol ve AEA Uygulaması Proses Parametrelerinin Antep Fıstıklarının L^* Değeri Üzerine Etkisi

Örnek Kodları	Elektrik Alan Gücü (kV/cm)	Süre (s)	Enerji (J)	L^* Değeri
Kontrol	0	0	0	36.45 ± 1.68 ^{cd}
AEA 1	1.2	2.47	2.97	46.77 ± 3.04 ^a
AEA 2	4.8	9.89	11.87	32.10 ± 1.75 ^{cd}
AEA 3	9.6	19.78	23.74	44.49 ± 1.98 ^{cd}
AEA 4	2.82	2.47	6.97	34.88 ± 2.31 ^d
AEA 5	11.28	9.89	27.90	37.23 ± 1.31 ^{bc}
AEA 6	22.56	19.78	55.79	38.98 ± 1.34 ^{cd}
AEA 7	3.6	2.47	8.90	37.01 ± 2.33 ^{ab}
AEA 8	14.4	9.89	35.61	37.08 ± 3.45 ^{cd}
AEA 9	28.8	19.78	71.23	47.65 ± 0.77 ^a

Sonuçlar “ortalama $\pm$ standart hata” olarak verilmiştir. AEA: Atımlı Elektrik Alan. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken ($p > 0.05$), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$).

Atımlı Elektrik Alan uygulaması görmüş Antep Fıstığı örneklerinin a^* değerleri, analiz edilmiş ve sonuçlara Tukey karşılaştırma testi uygulanmıştır (Şekil 4.6. ve Tablo 4.6.)



Şekil 4.6. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığının a^* değeri

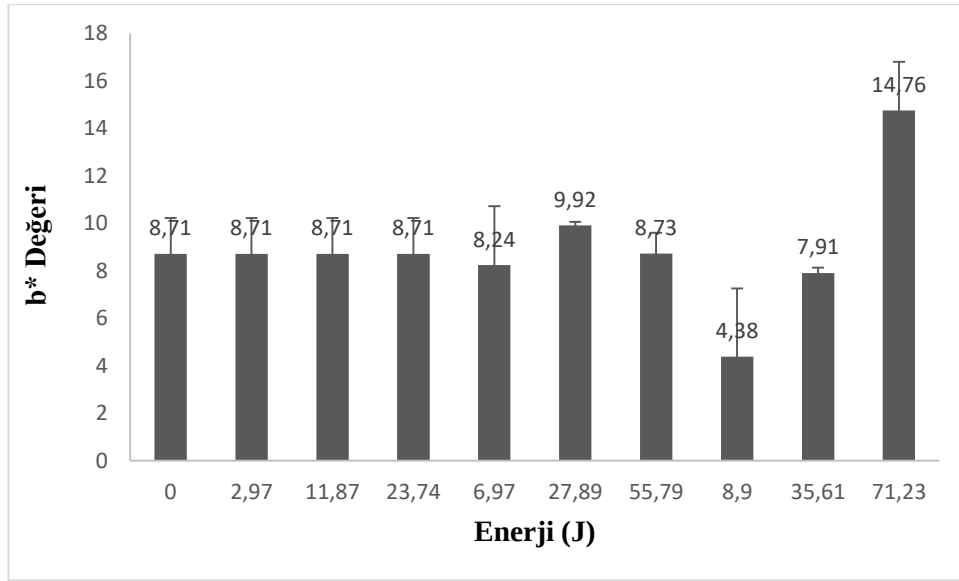
Elde edilen sonuçlara göre, kontrol örneğinin a^* değeri 6.36 ± 2.28 olarak bulunurken, AEA uygulanmış Antep fıstığı örneklerinin a^* değerleri 2.983 ± 0.463 - 15.95 ± 3.95 arasında değişiklik göstermiştir (Tablo 4.6.).

Tablo 4.6 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının a^* değeri üzerine etkisi

Örnek Kodları	Elektrik Alan Gücü (kV/cm)	Süre (s)	Enerji (J)	a^* Değeri
Kontrol	0	0	0	6.36 ± 2.28 ^{bc}
AEA 1	1.2	2.47	2.97	3.19 ± 1.95 ^c
AEA 2	4.8	9.89	11.87	10.75 ± 0.14 ^{ab}
AEA 3	9.6	19.78	23.74	6.10 ± 1.52 ^{bc}
AEA 4	2.82	2.47	6.97	6.43 ± 0.89 ^{ab}
AEA 5	11.28	9.89	27.90	4.84 ± 0.62 ^{bc}
AEA 6	22.56	19.78	55.79	8.69 ± 3.27 ^a
AEA 7	3.6	2.47	8.90	5.43 ± 2.70 ^{bc}
AEA 8	14.4	9.89	35.61	15.95 ± 3.95 ^a
AEA 9	28.8	19.78	71.23	2.983 ± 0.46 ^c

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. AEA: Atımlı Elektrik Alan. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken ($p > 0.05$), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$).

AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının b^* değeri üzerine etkileri Şekil 4.7. ve Tablo 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığının b^* değeri

Kontrol örneğinin b^* değeri 8.710 ± 1.516 olarak bulunurken, AEA uygulanmış Antep fıstığı örneklerinin b^* değerleri $8.71 \pm 1.52 - 14.76 \pm 2.04$ arasında değişiklik göstermiştir (Tablo 4.7.).

Tablo 4.7 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının b^* değeri üzerine etkisi

Örnek Kodları	Elektrik Alan Gücü (kV/cm)	Süre (s)	Enerji (J)	b^* Değeri
Kontrol	0	0	0	8.71 ± 1.52 ^{bcd}
AEA 1	1.2	2.47	2.97	4.75 ± 0.82 ^d
AEA 2	4.8	9.89	11.87	8.24 ± 2.48 ^{bcd}
AEA 3	9.6	19.78	23.74	9.92 ± 0.14 ^{bc}
AEA 4	2.82	2.47	6.97	5.89 ± 1.60 ^{cd}
AEA 5	11.28	9.89	27.90	8.73 ± 0.87 ^{bcd}
AEA 6	22.56	19.78	55.79	7.91 ± 0.23 ^{bcd}
AEA 7	3.6	2.47	8.90	10.87 ± 1.11 ^{ab}
AEA 8	14.4	9.89	35.61	4.38 ± 2.88 ^d
AEA 9	28.8	19.78	71.23	14.76 ± 2.04 ^a

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. AEA: Atımlı Elektrik Alan. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken ($p > 0.05$), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$).

Analizlerde Fotoğraf 3.1’de görülen Antep fıstıkları kullanılmıştır ve görüldüğü gibi iç fıstığın ayrılması sırasında bazı fıstıkların iç zarları soyulmuştur. Bu nedenle sonuçlar istatistiksel açıdan önemli olmasına rağmen kırmızı-yeşil arasında homojen olmayan bir renk skalası mevcut olduğu için AEA uygulamasının fıstıkların b^* değeri üzerindeki etkisi hakkında bir yorum yapılamamaktadır.

Literatürde yapılan çalışmalarda da AEA uygulamasının Antep fıstığının rengi, kokusu ve aromasında herhangi bir değişikliğe neden olmadığı gözlenmiştir. AEA uygulamasının kurutulmuş havucun vakumla kurutulmasına ve kalite özelliklerine etkisi üzerine yapılan bir çalışmada örneklere monopolar atım, 0.6 kV/cm elektrik alan gücü, 100 µs ve iki elektrot arasındaki mesafe 5 mm olacak şekilde bir uygulama yapılmış ve uygulama sonunda kontrol ve uygulama yapılan örnekler arasında istatistiksel açıdan renk farklılıklarının olmadığı görülmüştür (Liu ve diğer., 2020).

4.3 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Duyusal (Yapı, Koku-Aroma, Renk ve Tat) Özellikleri Üzerine Etkisi

AEA uygulamasının Antep fıstıklarının duyusal özellikleri üzerine etkisi Tablo 4.8. ve Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.8 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının yapı, koku-aroma ve renk üzerine etkisi

Örnek Kodları	Enerji (J)	Fıstıkların Yapısı	Koku-Aroma	Fıstık Rengi
Kontrol	0	8.06 ±0.92 ^a	9.22 ± 0.69 ^a	8.06±0.42 ^a
AEA 1	2.97	8.06 ± 0.42 ^a	8.39 ± 0.79 ^a	8.00±0.50 ^a
AEA 2	11.87	7.67 ± 1.61 ^a	7.89 ± 1.51 ^a	8.39±1.14 ^a
AEA 3	23.74	8.67 ± 0.76 ^a	9.00 ± 0.00 ^a	8.39±0.98 ^a
AEA 4	6.97	8.17 ± 1.04 ^a	9.39 ± 0.68 ^a	8.06±0.59 ^a
AEA 5	27.90	9.06 ± 0.42 ^a	8,72 ± 0.25 ^a	8.56±0.51 ^a
AEA 6	55.79	9.72 ± 0.25 ^a	8.89 ± 0.19 ^a	9.17±0.76 ^a
AEA 7	8.90	8.23 ±±1.44 ^a	8.61 ± 0.35 ^a	8.67±0.76 ^a
AEA 8	35.61	9.22 ± 0.48 ^a	8.89 ± 0.19 ^a	8.56±1.01 ^a
AEA 9	71.23	9.39 ± 0.35 ^a	9.06 ± 0.42 ^a	8.06±2.65 ^a

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. AEA: Atımlı Elektrik Alan. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken (p>0.05), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Duyusal analiz sonuçları incelendiğinde, AEA uygulanmış Antep fıstıkları örnekleri ile kontrol örneği arasında duyusal özelliklerde (yapı, koku-aroma, renk ve tat) meydana gelen değişimler istatistiksel açıdan önemsiz (p>0.05) bulunmuştur (Tablo 4.8.-Tablo 4.9.). Yapılan bir çalışmada AEA desteği ile zeytinyağı üretilmiş ve AEA uygulamasının zeytinyağı üzerine ekstraksiyon verimi, kimyasal parametreler ve duyusal özellikler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Örneklere 2 kV/cm , 65 J, 25 Hz ve 11.25 Kj/kg’lık tek kutuplu üstel azalmalı elektrik alan darbeleri uygulanmış ve eğitimli 12 paneliste duyusal analiz yaptırılmıştır. Yapılan

analiz sonucunda panelistler duyusal açıdan bir fark saptamamıştır (Puértolas, 2015).

Tablo 4.9. Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının tadı üzerine etkisi

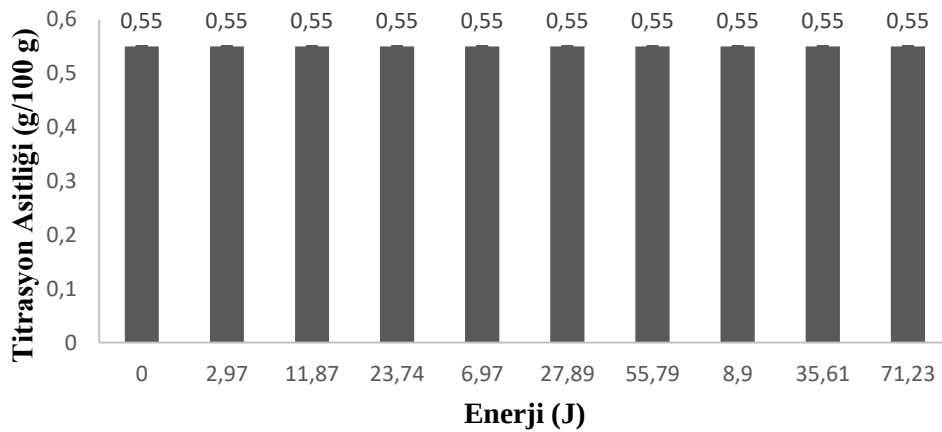
Örnek Kodları	Elektrik Alan Gücü (kV/cm)	Süre (s)	Enerji (J)	Fıstıkların Tadı
Kontrol	0	0	0	7.44±0.09 ^a
AEA 1	1.2	2.47	2.97	7.94±0.42 ^a
AEA 2	4.8	9.89	11.87	7.61±0.98 ^a
AEA 3	9.6	19.78	23.74	7.22±1.35 ^a
AEA 4	2.82	2.47	6.97	8.7 ±0.25 ^a
AEA 5	11.28	9.89	27.90	8.78±0.48 ^a
AEA 6	22.56	19.78	55.79	8.56±1.01 ^a
AEA 7	3.6	2.47	8.90	8.67±0.29 ^a
AEA 8	14.4	9.89	35.61	7.78±1.58 ^a
AEA 9	28.8	19.78	71.23	8.67±0.58 ^a

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. AEA: Atımlı Elektrik Alan. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken ($p>0.05$), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

4.4 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

4.4.1 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Toplam Asitlik Üzerine Etkisi

Atımlı Elektrik Alan uygulaması görmüş Antep Fıstıkları örneklerinin toplam asitlik değerleri, farklı koşullar altında analiz edilmiş ve verilere Tukey karşılaştırma testi uygulanarak sonuçlar verilmiştir.



Şekil 4.9. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığının titrasyon asitliği değerleri.

Örneklerin toplam asitlik miktarları oleik asit üzerinden hesaplanmış ve sonuçlar g/100 mL olarak verilmiştir (Tablo 4.10).

AEA işleminin vişne suyunun kalitesi ve mikrobiyel inaktivasyonu üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada örneklere; 17, 20, 23, 27 ve 30 KV/cm elektrik alan gücü; 66, 105, 131, 157 ve 210 µs ve 22.5, 27.0, 36.5, 48.0 ve 67.5 J/s enerji parametreleri uygulanmış ve kontrol ile uygulama yapılmış örnekler arasında titrasyon asitliği açısından istatistiksel olarak bir fark olmadığı gözlenmiştir (Altuntaş ve diğer., 2010).

Tablo 4.10 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının titrasyon asitliği üzerine etkisi

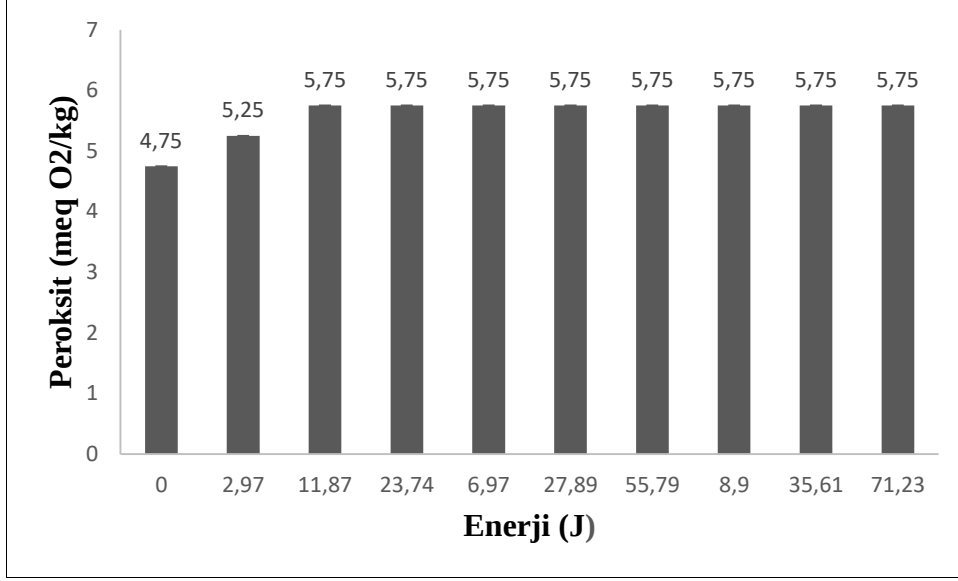
Örnek Kodları	Elektrik Alan Gücü (kV/cm)	Süre (s)	Enerji (J)	Titrasyon Asitliği (g/100 g)
Kontrol	0	0	0	0.55±0.00 ^a
AEA 1	1.2	2.47	2.97	0.55±0.00 ^a
AEA 2	4.8	9.89	11.87	0.55±0.00 ^a
AEA 3	9.6	19.78	23.74	0.55±0.00 ^a
AEA 4	2.82	2.47	6.97	0.55±0.00 ^a
AEA 5	11.28	9.89	27.90	0.55±0.00 ^a
AEA 6	22.56	19.78	55.79	0.55±0.00 ^a
AEA 7	3.6	2.47	8.90	0.55±0.00 ^a
AEA 8	14.4	9.89	35.61	0.55±0.00 ^a
AEA 9	28.8	19.78	71.23	0.55±0.00 ^a

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. AEA: Atımlı Elektrik Alan. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken ($p>0.05$), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

Sonuçlara bakıldığında AEA uygulamasının Antep fıstıklarının titrasyon asitliği üzerine istatistiksel açıdan bir etkisi olmadığı görülmüştür ($p>0.05$).

4.4.2 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Peroksit Değeri Üzerine Etkisi

AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının peroksit değeri üzerine etkileri Şekil 4.10 ve Tablo 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığının peroksit değerleri

Tablo 4.11’de görüldüğü gibi AEA uygulaması Antep fıstıklarının peroksit değerini arttırmıştır ve bu artış istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

AEA uygulamalarının yer fıstığı yağı kalitesine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada fıstıklara 20 kV/cm, 30 kV/cm, 40 kV/cm ve 50 kV/cm elektrik alan gücü uygulanmış ve uygulama sonucunda fıstıkların peroksit değerleri sırasıyla 4.8 meq O₂/kg, 6.2 meq O₂/kg, 10.1 meq O₂/kg ve 11.5 meq O₂/kg olarak bulunmuş ve bu artışın istatistiksel açıdan önemli olduğu rapor edilmiştir (Zeng ve diğer., 2009).

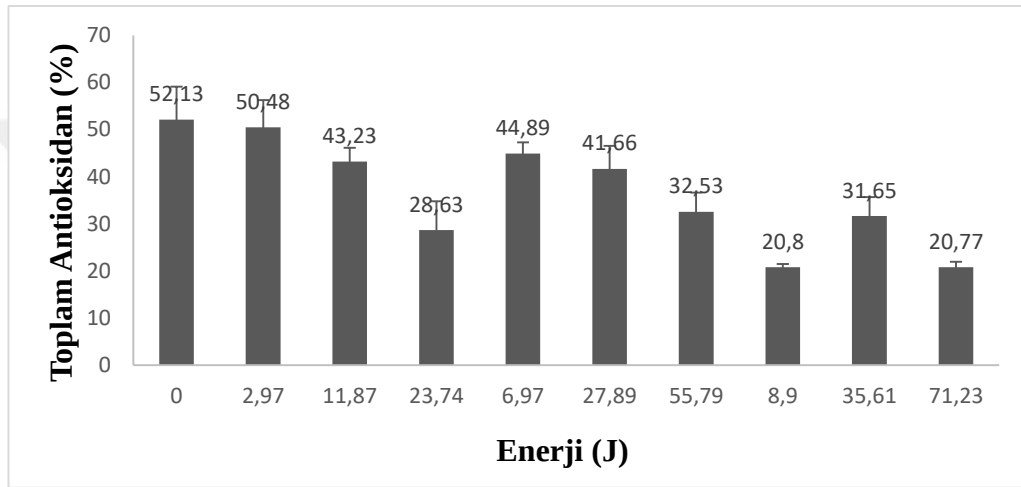
Tablo 4.11 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının peroksit değeri üzerine etkisi

Örnek Kodları	Elektrik Alan Gücü (kV/cm)	Süre (s)	Enerji (J)	Peroksit (meq O ₂ /kg)
Kontrol	0	0	0	4.750±0.00 ^c
AEA 1	1.2	2.47	2.97	5.250±0.00 ^b
AEA 2	4.8	9.89	11.87	5.750±0.00 ^a
AEA 3	9.6	19.78	23.74	5.750±0.00 ^a
AEA 4	2.82	2.47	6.97	5.750±0.00 ^a
AEA 5	11.28	9.89	27.90	5.750±0.00 ^a
AEA 6	22.56	19.78	55.79	5.750±0.00 ^a
AEA 7	3.6	2.47	8.90	5.750±0.00 ^a
AEA 8	14.4	9.89	35.61	5.750±0.00 ^a
AEA 9	28.8	19.78	71.23	5.750±0.00 ^a

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. AEA: Atımlı Elektrik Alan. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken ($p>0.05$), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

4.4.3 Kontrol ve AEA uygulamasının Antep Fıstıklarının Toplam Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi

AEA uygulamalarının Antep fıstıklarında toplam antioksidan aktivite üzerine etkisi Şekil 4.11 ve Tablo 4.12’de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi AEA uygulaması Antep fıstıklarının toplam antioksidan aktivitesini azaltmıştır. Bu azalışın nedeninin antioksidan etki gösteren bileşiklerin elektrik alan etkisiyle parçalandığı ve bu nedenle antioksidan etkilerinin azaldığı düşünülmektedir. Kontrol örneğine 2.97 J enerji uygulamasında önemli bir değişiklik gözlemlenmezken diğer uygulamalardaki değişimler önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 4.12).



Şekil 4.11 Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığının toplam antioksidan aktivite değerleri.

Kontrol örneğinin antioksidan kapasitesi 52.13 ± 7.01 iken 300 F- 8 döngü elektrik alan uygulanan örneğin antioksidan kapasitesi 20.77 ± 1.17 'ye düşmüştür. Gözlemlenen bu düşüş istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$).

AEA uygulamasının kırmızı şaraplarının kalite özellikleri üzerine yapılan bir çalışmada, uygulama sonucunda şaraplarda antioksidan kapasitenin azaldığı saptanmıştır. Kontrol örneğinin toplam antioksidan kapasitesi 10°C 'de (%) 64.23 ± 0.09 iken 17 kV/cm elektrik alan gücünde (%) 60.67 ± 0.44 'e düştüğünü yapılan çalışma sonucunda belirlenmiştir (Uysal 2010).

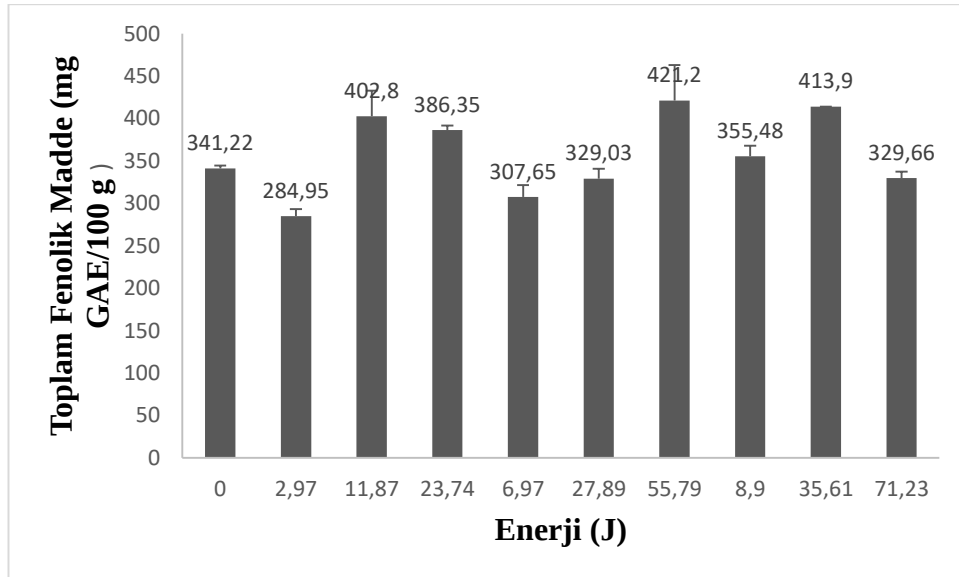
Tablo 4.12 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının toplam antioksidan kapasite üzerine etkisi

Örnek Kodları	Elektrik Gücü (kV/cm)	Alan	Süre (s)	Enerji (J)	Toplam Antioksidan Kapasitesi (%)
Kontrol	0		0	0	52.1 ±7.01 ^a
AEA 1	1.2		2.47	2.97	50.48±5.75 ^a
AEA 2	4.8		9.89	11.87	3.23±2.92 ^{cd}
AEA 3	9.6		19.78	23.74	28.63±6.18 ^d
AEA 4	2.82		2.47	6.97	44.89±2.40 ^{ab}
AEA 5	11.28		9.89	27.90	41.66±4.86 ^{abc}
AEA 6	22.56		19.78	55.79	32.53±4.08 ^{bcd}
AEA 7	3.6		2.47	8.90	20.80±0.67 ^d
AEA 8	14.4		9.89	35.61	31.65±4.01 ^{cd}
AEA 9	28.8		19.78	71.23	20.77±1.17 ^d

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. AEA: Atımlı Elektrik Alan. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken ($p>0.05$), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

4.4.4 Atımlı Elektrik Alan Uygulamasının Antep Fıstıklarının Toplam Fenolik Madde Miktarı Üzerine Etkisi

Kontrol ve AEA uygulanmış örneklerin fenolik madde içeriği Şekil 4.12 ve Tablo 4.13’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12 Kontrol ve AEA uygulanmış Antep fıstığının toplam fenolik madde değerleri

Kontrol örneğine uygulanan 100 F-1 döngü ile 100 F-8 döngü arasındaki uygulanan elektrik alan gücünün istatistiksel açıdan bir önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Fakat 235 F-1 (AEA 4) döngü ile 300 F-8 (AEA 9) döngü arasında uygulanan elektrik alan gücü Antep fıstığının toplam fenolik madde miktarını arttırmıştır ve bu fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Yapılan bir çalışmada kırmızı üzümlere AEA uygulanmış ve elektrik alan gücü 2 kV'dan 7 kV'a çıkarıldığında üzümlerin toplam fenolik madde içeriğinin arttığı gözlenmiştir (Giral ve diğer., 2015).

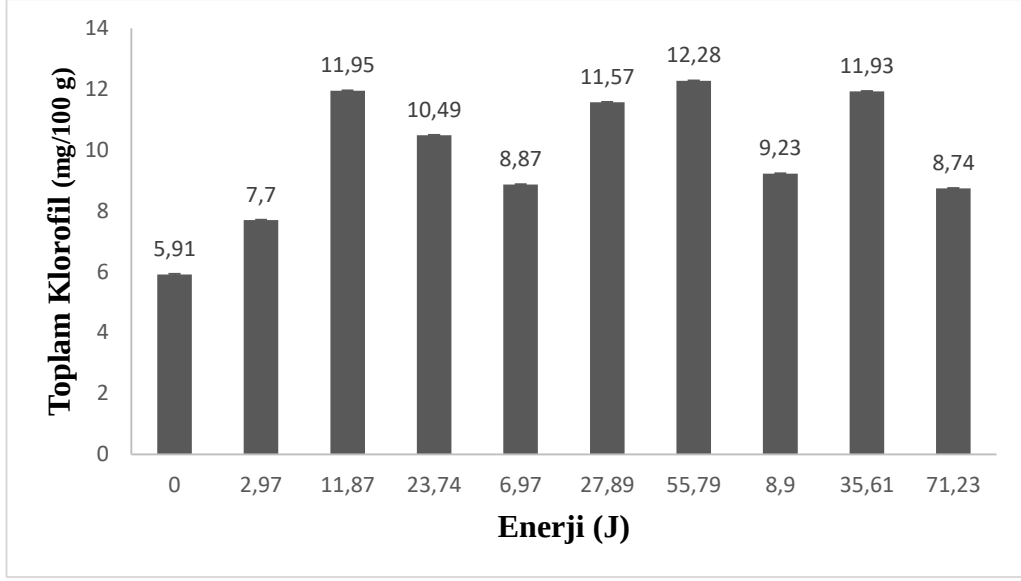
Tablo 4.13 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi

Örnek Kodları	Elektrik Alan Gücü (kV/cm)	Süre (s)	Enerji (J)	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/100 g)
Kontrol	0	0	0	341.22±3.29 ^a
AEA 1	1.2	2.47	2.97	285.95±8.09 ^a
AEA 2	4.8	9.89	11.87	402.80±29.9 ^{ab}
AEA 3	9.6	19.78	23.74	386.35±5.48 ^{abc}
AEA 4	2.82	2.47	6.97	307.65±13.72 ^{bcd}
AEA 5	11.28	9.89	27.90	329.03±11.87 ^{cd}
AEA 6	22.56	19.78	55.79	421.20±41.8 ^{de}
AEA 7	3.6	2.47	8.90	355.48±12.29 ^{de}
AEA 8	14.4	9.89	35.61	413.90±0.67 ^{de}
AEA 9	28.8	19.78	71.23	329.66 ± 7.58 ^e

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. AEA: Atımlı Elektrik Alan. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken ($p>0.05$), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

4.4.5 AEA Uygulamasının Antep Fıstıklarının Toplam Klorofil Miktarı Üzerine Etkisi

Kontrol ve AEA uygulanmış örneklerin toplam klorofil madde içeriği Şekil 4.13 ve Tablo 4.14’de gösterilmiştir.



Şekil 4.13 Kontrol ve AEA uygulanmış antep fıstığının toplam klorofil değerleri.

Tablo 4.14’de görüldüğü gibi AEA uygulaması Antep fıstığının toplam klorofil değerini arttırmıştır. 235 Hz frekans 8 döngüde en fazla artış gerçekleşmiştir. Gözlemlenen bu değişimler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$).

Kolza tohumu yağı üretiminde yağ verimi ve fonksiyonel gıda bileşenlerinin içeriğinde AEA kullanımının etkisiyle ilgili yapılan bir çalışmada kabuklu ve kabuksuz kolza tohumlarına 5 kV/cm ve 7 kV/cm elektrik alan gücü uygulanmış ve toplam klorofiline bakılmıştır. Kabuklu kolza tohumunda kontrol örneğinde toplam klorofil 19.7, 5 kV/cm’de 29.9 ve 7.5 kV/cm’de 28.6 mg/kg bulunmuştur. Kabuksuz kolza tohumunda ise kontrol örneğinde 174.4, 5 kV/cm’de 210.2 ve 7.5 kV/cm’de 268.2 mg/kg bulunmuştur. Kontrol ile uygulama yapılan örnekler karşılaştırıldığında klorofil miktarı artmıştır ve bu artış istatistiksel açıdan önemlidir (Guderjan ,2007).

Tablo 4.14 Kontrol ve AEA uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının klorofil miktarı üzerine etkisi

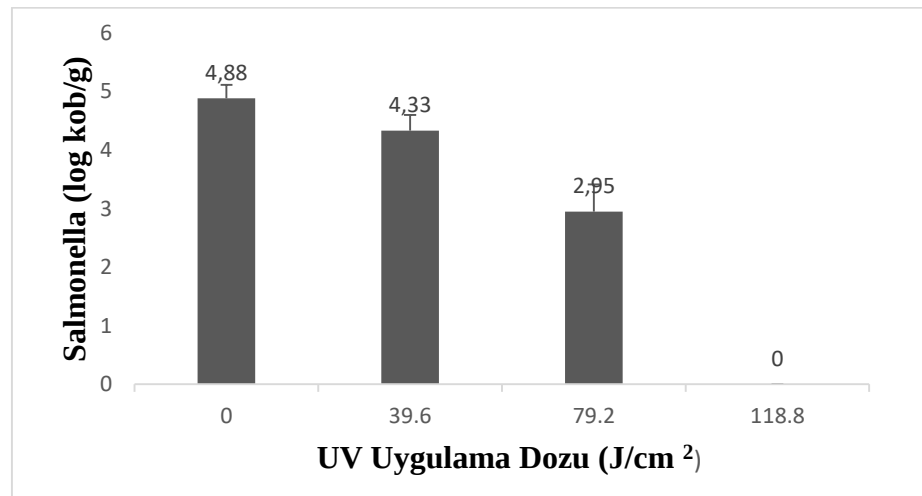
Örnek Kodları	Elektrik Alan Gücü (kV/cm)	Süre (s)	Enerji (J)	Toplam Klorofil Miktarı (mg/100 g)
Kontrol	0	0	0	5.91±0.02 ⁱ
AEA 1	1.2	2.47	2.97	7.70±0.01 ^h
AEA 2	4.8	9.89	11.87	11.95±0.01 ^b
AEA 3	9.6	19.78	23.74	10.49±0.01 ^d
AEA 4	2.82	2.47	6.97	8.87±0.01 ^f
AEA 5	11.28	9.89	27.90	11.57±0.01 ^c
AEA 6	22.56	19.78	55.79	12.28±0.01 ^g
AEA 7	3.6	2.47	8.90	9.23±0.01 ^e
AEA 8	14.4	9.89	35.61	11.93±0.01 ^b
AEA 9	28.8	19.78	71.23	8.74±0.01 ^g

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. AEA: Atımlı Elektrik Alan. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken ($p>0.05$), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

4.5 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi

4.5.1 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının *Salmonella* ve Toplam Koliform Bakteriler Üzerine Etkisi

UV uygulamalarının Antep fıstıklarında bulunun *Salmonella* inaktivasyonu üzerine etkisi Şekil 4.14 ve Tablo 4.15’de gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığında *Salmonella* spp. İnaktivasyonu

Yukarıda da görüldüğü gibi yapılan uygulama sonucunda mikrobiyel inaktivasyon sağlamıştır. Kontrol örneğine 39.6 J/cm² UV dozu uygulamasında istatistiksel açıdan önemli bir değişiklik gözlenmezken (p>0.05) diğer uygulamalardaki değişimler istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p < 0.05) (Tablo 4.15). Başlangıçta Antep fıstığındaki *Salmonella spp.* sayısı 4.88± 0.23 log kob/g seviyesinde iken 45 dak UV uygulaması sonucunda koloni tespit edilememiştir. Bu durumda yapılan analizler sonucunda 4.88 log kob/g seviyesinde bir azalma olduğu görülmüştür.

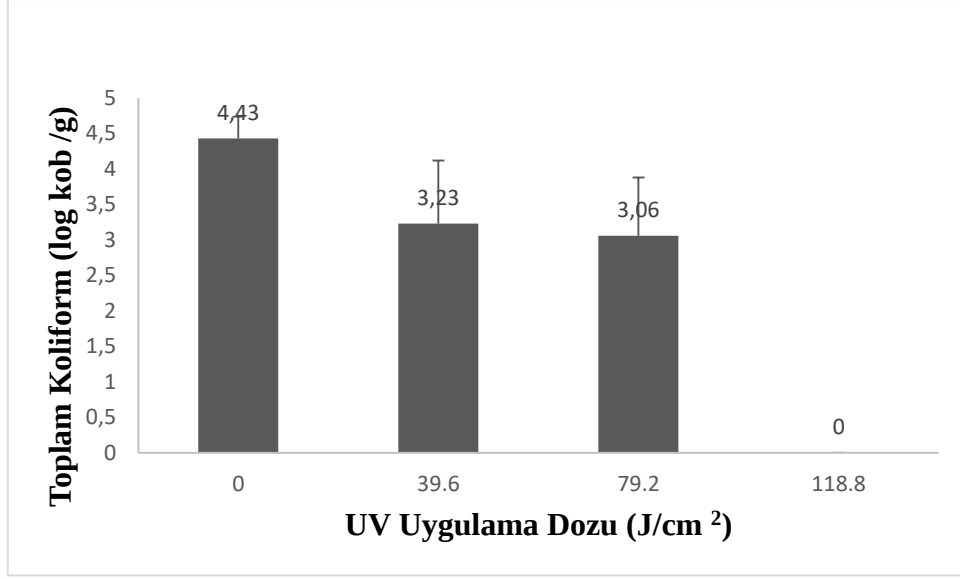
UV ışınının (254 nm) gıdalar ve paslanmaz çelik yüzeyler üzerindeki patojenlerin aktivasyonu üzerine yapılan bir çalışmada Jalapeno biberine 0.5 J/cm², 1 J/cm², 2 J/cm² ve 4 J/cm² dozunda UV uygulanmış ve örnekteki *Salmonella* miktarında sırasıyla 3.02 ± 0.06, 3.31 ± 0.05, 3.54 ± 0.06 ve 3.79 ± 0.11 log biriminde bir azalma olduğu bildirilmiştir (Sommers ve diğer., 2009).

Tablo 4.15 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarında *Salmonella* ve Toplam Koliform bakteri sayısı üzerindeki etkileri

Işık Yoğunluğu (W/cm ²)	UV Uygulama Süresi (s)	UV Uygulama Dozu (J/cm ²)	<i>Salmonella</i> (log kob/g)	Koliform (log kob/g)
0	0	0	4.88± 0.23 ^a	4.43±0.31 ^a
0.044	900	39.6	4.33± 0.27 ^a	3.23±0.89 ^a
0.044	1800	79.2	2.95± 0.46 ^b	3.06±0.82 ^a
0.044	2700	118.8	0.04 ± 0.00 ^c	0.05±0.00. ^b

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken (p>0.05), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

UV uygulamalarının Antep fıstıklarında bulunun toplam koliform bakteri inaktivasyonu üzerine etkisi Şekil 4.15 ve Tablo 4.15’de gösterilmiştir.



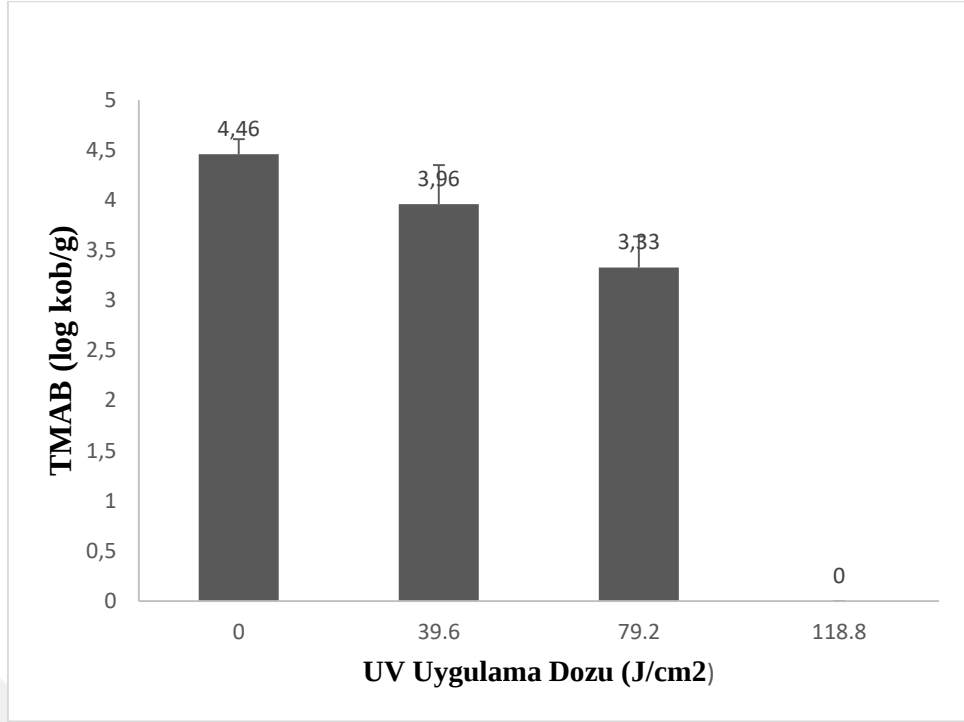
Şekil 4.15. Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığında toplam koliform bakterilerin inaktivasyonu

Yapılan uygulama sonucunda mikrobiyel inaktivasyon sağlamıştır. Kontrol örneğine 39.6 J/cm² ve 79.2 J/cm² UV dozu uygulamasında istatistiksel açıdan önemli bir değişiklik gözlemlenmezken ($p>0.05$), 118.8 J/cm² UV dozundaki değişim istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$) (Tablo 4.15). Başlangıçta Antep fıstığındaki Toplam koliform bakteri sayısı 4.43 ± 0.31 log kob/g seviyesinde iken 45 dak UV uygulaması sonucunda koloni tespit edilememiştir. Bu durumda yapılan işlem sonucunda 4.43 log kob/g seviyesinde bir azalma olduğu görülmüştür.

Doğadan toplanan *Tubifex tubifex*'in mikrobiyel yük seviyesinin kontrollü laboratuvar şartlarında değişimi üzerine yapılan bir çalışmada toplam koliform bakteri sayıları çalışma başlangıcında 5.39 ± 0.01 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Kapalı devre sistemde yirmi sekiz gün boyunca tutulan *T. tubifex* bakterilerinden periyodik olarak (0. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün ve 28. gün) mikrobiyolojik örnekler alınmış ve ölçümler yapılmıştır. Uygulama sonucunda 28. günde yaklaşık olarak 3.39 logluk bir azalma olduğu bildirilmiştir (Çelik ve Çakır, 2020).

4.5.2 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının TMAB Üzerine Etkileri

UV uygulamalarının Antep fıstıklarında bulunun TMBA inaktivasyonu üzerine etkisi Şekil 4.16 ve Tablo 4.16'de gösterilmiştir.



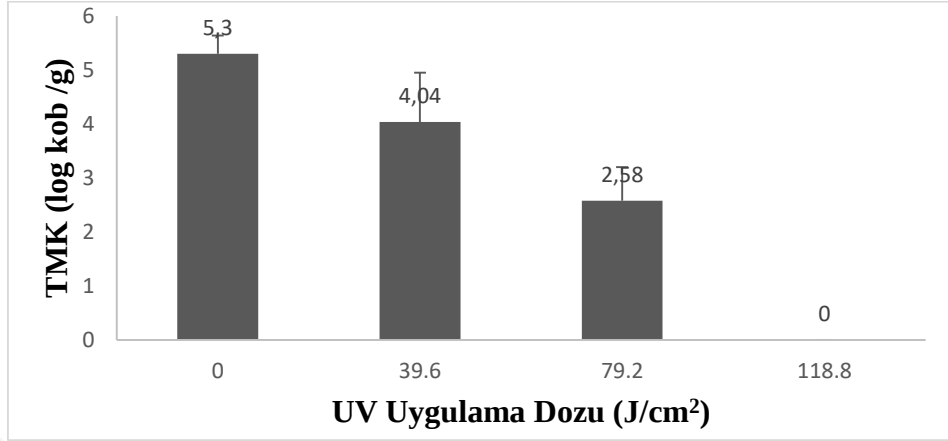
Şekil 4.16. Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığında TMAB inaktivasyonu

Görüldüğü gibi yapılan uygulama sonucunda mikrobiyel inaktivasyon sağlamıştır. Kontrol örneğine 39.6 J/cm² UV dozu uygulamasında istatistiksel açıdan önemli bir değişiklik gözlenmezken ($p>0.05$) diğer uygulamalardaki değişimler istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$) (Tablo 4.16). Başlangıçta Antep fıstığındaki TMAB sayısı 4.46 ± 0.15 log kob/g seviyesinde iken 45 daklık UV uygulamasında koloni tespit edilememiştir. Bu durumda yapılan analizler sonucunda 4.46 log kob/g seviyesinde bir azalma olduğu görülmüştür.

UV ışınlarının sütün mikrobiyel özellikleri üzerine etkisi üzerine yapılan bir çalışmada 5 farklı süt örneğine UV uygulanmış ve TMAB inaktivasyonu araştırılmıştır. Uygulama sonucunda 1. örnekte TMAB miktarı 4.70 ± 0.04 log kob/g'dan 2.04 ± 0.00 log kob/g'a, 2. örnekte 4.97 ± 0.15 log kob/g'dan 3.27 ± 0.01 log kob/g'a, 3. örnekte 6.21 ± 0.01 log kob/g'dan 4.56 ± 0.01 log kob/g'a, 4. örnekte 6.04 ± 0.04 log kob/g'dan 4.48 ± 0.01 log kob/g'a ve 5. örnekte 5.82 ± 0.12 log kob/g'dan 4.83 ± 0.02 log kob/g'a başlangıç yüküne bağlı olarak yaklaşık 2 log'luk bir inaktivasyon sağlanmıştır (Engin ve diğer., 2009).

4.5.3 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının TMK Üzerine Etkisi

UV uygulamalarının Antep fıstıklarında bulunun TMK inaktivasyonu üzerine etkisi Şekil 4.17 ve Tablo 4.16’da gösterilmiştir.



Şekil 4.17 Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığında TMK inaktivasyonu

Yukarıda da görüldüğü gibi yapılan uygulama sonucunda mikrobiyel inaktivasyon sağlamıştır. Kontrol örneğine 39.6 J/cm² UV dozu uygulamasında istatistiksel açıdan önemli bir değişiklik gözlenmezken ($p>0.05$) diğer uygulamalardaki değişimler istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$) (Tablo 4.16). Başlangıçta Antep fıstığındaki TMK sayısı 5.30 ± 0.34 log kob/g seviyesinde iken 45 dak UV uygulamasında koloni tespit edilememiştir. Bu durumda yapılan analizler sonucunda 5.30 log kob/g seviyesinde bir azalma olduğu görülmüştür.

Tablo 4.16 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarında TMAB ve TMK sayısı (log kob/g) üzerindeki etkileri

Işık Yoğunluğu (W/cm²)	UV Uygulama Süresi (s)	UV Uygulama Dozu (J/cm²)	TMAB (log kob/g)	TMK (log kob/g)
0	0	0	4.46 ± 0.15^a	5.30 ± 0.34^a
0.044	900	39.6	3.96 ± 0.39^{ab}	4.04 ± 0.91^{ab}
0.044	1800	79.2	3.33 ± 0.31^b	2.58 ± 0.62^b
0.044	2700	118.8	0.05 ± 0.00^c	0.05 ± 0.00^c

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken ($p>0.05$), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

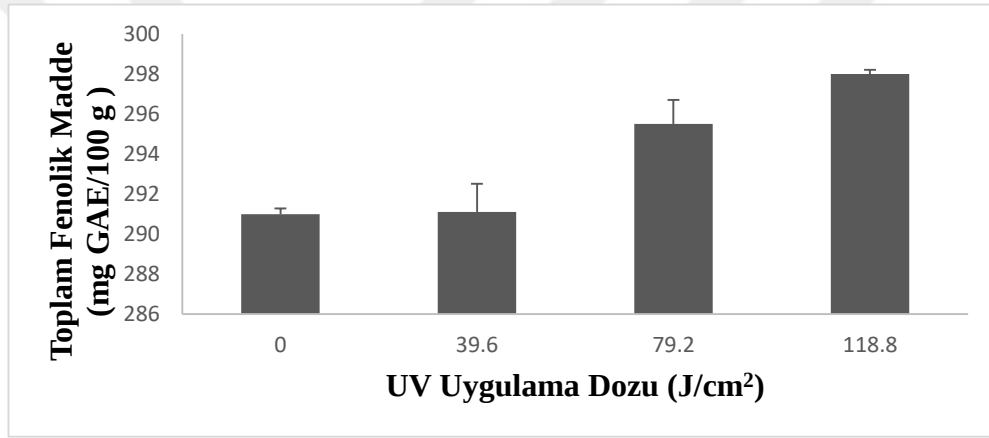
UV-C ve ısıl işlemin taze kesilmiş *Chokanan* mango ve *Josephine* ananasının kalitesi üzerine etkileri üzerine yapılan bir çalışmada 15, 30 ve 60 daklık UV uygulanmış ve TMK miktarında azalma belirlenmiştir. Mangonun TMK

miktarında 1.07 log biriminde bir azalma ve ananasta 1.3 log biriminde bir azalma gözlemlenirken, sıcaklık 70 °C'ye çıkarıldığında bu azalma miktarı mangoda 1.13 ve ananasta 1.4 oranında arttığı görülmüştür (George ve diğer., 2014).

4.6 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

4.6.1 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının Toplam Fenolik Madde Üzerine Etkisi

UV uygulamalarının Antep fıstıklarının toplam fenolik madde üzerine etkisi Şekil 4.18 ve Tablo 4.17’da gösterilmiştir.



Şekil 4.18 Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının toplam fenolik madde değerleri

UV uygulamalarından sonra Antep fıstıklarının toplam fenolik madde içeriği incelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.18’de gösterilmiştir. Yukarıda da görüldüğü gibi yapılan uygulama sonucunda Antep fıstıklarının toplam fenolik madde içeriğinde 39.6 ve 79.2 J/cm² uygulama dozunda istatistiksel açıdan fark görülmezken ($p>0.05$) 118.8 J/cm² uygulama dozunda Antep fıstığının toplam fenolik madde içeriği artmıştır ve bu artış istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Hasat sonrası UV-C ve yenilebilir kaplama uygulamalarının kirazın kalite ve muhafaza üzerine etkileri üzerine yapılan bir çalışmada 6 lambalı, 30 W çıkışlı, 253.7 nm dalga boyunda ışık yayan UV-C uygulaması yapılmıştır. 5 dk süre ile yapılan bu uygulamada UV ışınlarının fenolik madde miktarını arttırdığını bildirmişlerdir (Koçak ve Bal, 2016).

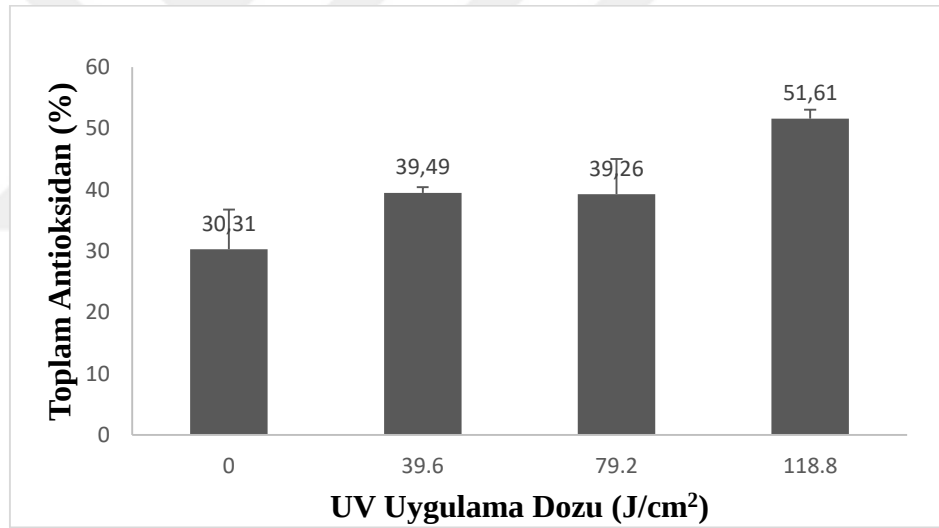
Tablo 4.17 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarında toplam fenolik madde üzerindeki etkileri

Işık Yoğunluğu (W/cm ²)	UV Uygulama Süresi (s)	UV Uygulama Dozu (J/cm ²)	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/100 g)
0	0	0	290.99±0.29 ^b
0.044	900	39.6	291.10±1.40 ^b
0.044	1800	79.2	295.50±1.19 ^b
0.044	2700	118.8	298.00±0.20 ^a

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken (p>0.05), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

4.6.2 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının Toplam Antioksidan Kapasite Üzerine Etkisi

UV uygulamalarının Antep fıstıklarının toplam antioksidan kapasite üzerine etkisi Şekil 4.19 ve Tablo 4.18’de gösterilmiştir.



Şekil 4.19 Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının toplam antioksidan aktivite değerleri

UV uygulamalarından sonra Antep fıstıklarının toplam antioksidan kapasitesine bakılmış ve sonuçlar Şekil 4.19’da gösterilmiştir. Görüldüğü gibi yapılan uygulama sonucunda Antep fıstıklarının toplam antioksidan kapasitesi 118.8 J/cm²’de istatistiksel açıdan önemli derecede artmıştır (p<0.05).

UV uygulamasının çilek meyvesinde antioksidan kapasite, antioksidan enzim aktivitesi ve çürüme üzerine etkisi üzerine yapılan bir çalışmada çilekler 10 °C’de 15 gün UV-C ışınına maruz bırakılmış ve depolama sonunda başlangıçtaki

antioksidan kapasitenin % 21.11'den % 32.2'ye yükseldiği gözlemlenmiştir (Erkan ve diğer., 2008).

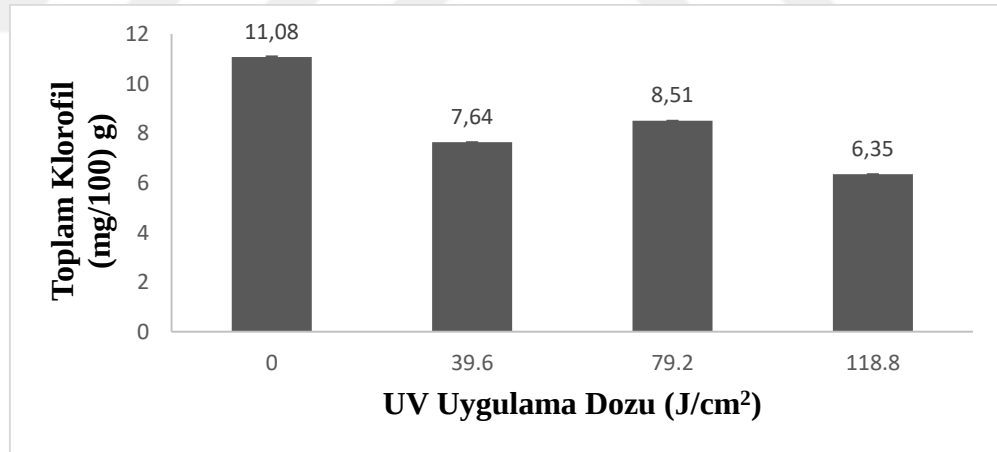
Tablo 4.18 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarında toplam antioksidan kapasitesi üzerindeki etkileri

Işık Yoğunluğu (W/cm ²)	UV Uygulama Süresi (s)	UV Uygulama Dozu (J/cm ²)	Toplam Antioksidan Kapasite (%)
0	0	0	30.31±6.46 ^a
0.044	900	39.6	39.49±0.92 ^b
0.044	1800	79.2	39.26±5.74 ^b
0.044	2700	118.8	51.61±1.46 ^b

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken (p>0.05), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

4.6.3 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının Toplam Klorofil Miktarı Üzerine Etkisi

UV uygulamalarının Antep fıstıklarının toplam klorofil madde miktarı üzerine etkisi Şekil 4.20 ve Tablo 4.19'da gösterilmiştir.



Şekil 4.20 Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının toplam klorofil değerleri

UV uygulamalarından sonra Antep fıstıklarının toplam klorofil miktarları incelenmiş ve sonuçlar Şekil 4.20'de verilmiştir. Görüldüğü gibi yapılan uygulama sonucunda Antep fıstıklarının toplam klorofil miktarı uygulama sonucunda azalmıştır ve bu azalış istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). UV-C uygulamasının domates ve hıyarda fide gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada tohumlara 50 cm mesafeden 30 dakika boyunca UV-

C ışık uygulaması yapılmıştır. Yapılan uygulama sonucunda; elde edilen sonuçların aksine tohumların klorofil değerlerinde istatistiksel açıdan önemli bir değişim gözlenmemiştir (Kibar, 2010).

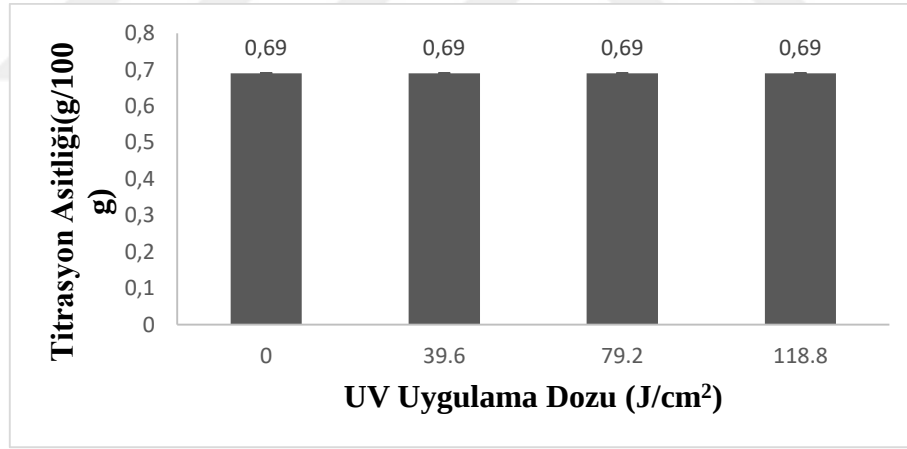
Tablo 4.19 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarında toplam klorofil miktarı üzerindeki etkileri

Işık Yoğunluğu (W/cm ²)	UV Uygulama Süresi (s)	UV Uygulama Dozu (J/cm ²)	Toplam Klorofil (mg/100 g)
0	0	0	11.08±0.02 ^a
0.044	900	39.6	7.64±0.00 ^c
0.044	1800	79.2	8.51±0.00 ^b
0.044	2700	118.8	6.35±0.00 ^d

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. AE*: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken ($p>0.05$), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

4.6.4 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının Titrasyon Asitliği Üzerine Etkisi

UV uygulamalarının Antep fıstıklarının titrasyon asitliği üzerine etkisi Şekil 4.21 ve Tablo 4.20’de gösterilmiştir.



Şekil 4.21 Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının titrasyon asitliği değerleri

Sonuçlara bakıldığında UV uygulamasının Antep fıstıklarının titrasyon asitliği üzerine istatistiksel açıdan bir etkisi olmadığı görülmüştür ($p>0.05$).

UV-C ışınlaması ve ısıl işlemin limon-kavun suyu karışımının raf ömrü stabilitesi üzerindeki etkisi ile ilgili yapılan bir çalışmada örneklere 0-480 s ve 55-85 °C UV uygulaması yapılmış ve uygulama yapılmış örnekle kontrolün titrasyon asitliği arasında önemli bir farklılık saptanmamıştır (Kaya ve diğer., 2015).

Hasat sonrası UV ışınlamanın domatesta antioksidan bileşik içeriği ve antioksidan enzimlerin aktivitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada domateslere 10, 180 ve 360 dakikalarda; 353 nm, 365 nm ve 400 nm dalga boyunda UV işlem uygulanmış ve uygulama sonunda titrasyon asitliğinde istatistiksel açıdan bir fark gözlenmemiştir (Dyshlyuk ve diğer., 2020).

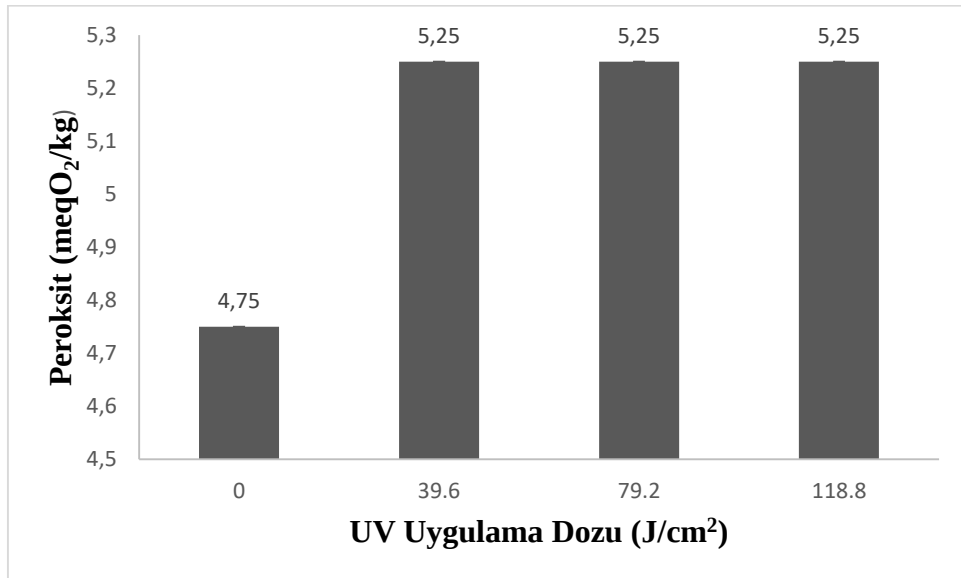
Tablo 4.20 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının titrasyon asitliği üzerindeki etkileri

Işık Yoğunluğu (W/cm ²)	UV Uygulama Süresi (s)	UV Uygulama Dozu (J/cm ²)	Titrasyon Asitliği (g/100g)
0	0	0	0.69±0.00 ^a
0.044	900	39.6	0.69±0.00 ^a
0.044	1800	79.2	0.69±0.00 ^a
0.044	2700	118.8	0.69±0.00 ^a

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken (p>0.05), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

4.6.5 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının Peroksit Değeri Üzerine Etkisi

UV uygulamalarının Antep fıstıklarının peroksit değeri üzerindeki etkisi Şekil 4.22 ve Tablo 4.21’de gösterilmiştir.



Şekil 4.22 Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının peroksit değerleri

Antep fıstıklarına uygulanan UV-C işlemi örneklerin peroksit değerini artırmıştır. Antep fıstıklarında meydana gelen bu artış istatistiksel açıdan önemlidir ($P<0.05$).

Tablo 4.21 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarında peroksit değeri üzerindeki etkileri

Işık Yoğunluğu (W/cm^2)	UV Uygulama Süresi (s)	UV Uygulama Dozu (J/cm^2)	Peroksit Değeri ($meqO_2/kg$)
0	0	0	4.75 ± 0.00^b
0.044	900	39.6	5.25 ± 0.00^a
0.044	1800	79.2	5.25 ± 0.00^a
0.044	2700	118.8	5.25 ± 0.00^a

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken ($p>0.05$), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

Taze kaplan fıstığı sütlü içeceğin (horchata) kısa dalga boyunda UV-C işlemleri ile dekontaminasyonunun kalite özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada örneklere 0.14, 0.28, 0.71, 1.41 ve $4.23 J/cm^2$ UV dozunda bir uygulama yapılmış ve uygulama sonunda örneklerin peroksit değerlerinde istatistiksel açıdan önemli bir değişim olmadığı saptanmıştır (Corrales ve diğer., 2012).

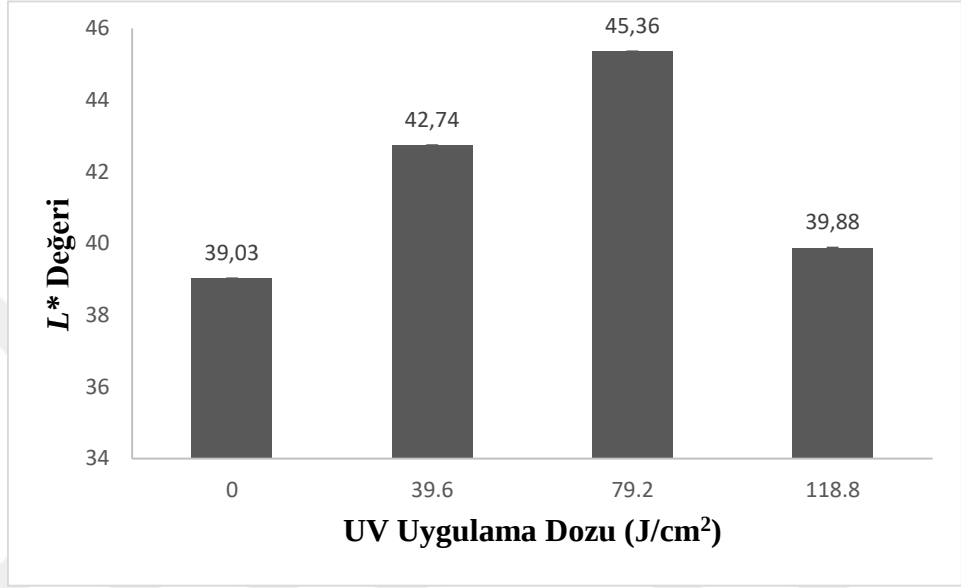
Fıstıklarda aflatoksinlerin azaltılmasında ozon, UV-C ve sitrik asit kullanımının değerlendirilmesi üzerine yapılan bir çalışmada fıstıklara 265 nm dalga boyunda 15, 30 ve 45 dakikalık UV işlemi uygulanmış ve uygulama sonunda fıstıkların peroksit değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir (Babae ve diğer., 2022).

Yapılan bir çalışmada yer fıstığı ve bademlere *Salmonella typhimurium* atcc 14028 inoküle edildikten sonra UV-C uygulanmış ve uygulama sonunda örneklerin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu özellikleri araştırılmıştır. Çalışmada yer fıstığı ve bademlere 254 nm dalga boyunda, 10 cm mesafede, 0-30 dak arası UV-C parametreleri uygulanmış ve uygulama sonunda peroksit değeri istatistiksel açıdan önemli bir değişim olmadığı saptanmıştır (Ruiz ve diğer., 2020).

4.7 UV-C Uygulamasının Antep Fıstıklarının Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

4.7.1 UV-C Uygulamasının Antep Fıstıklarının L^* , a^* ve b^* Değerleri Üzerine Etkisi

Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının L^* değerleri Tablo 4.22 ve Şekil 4.23’de gösterilmiştir.



Şekil 4.23 Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının L^* değerleri

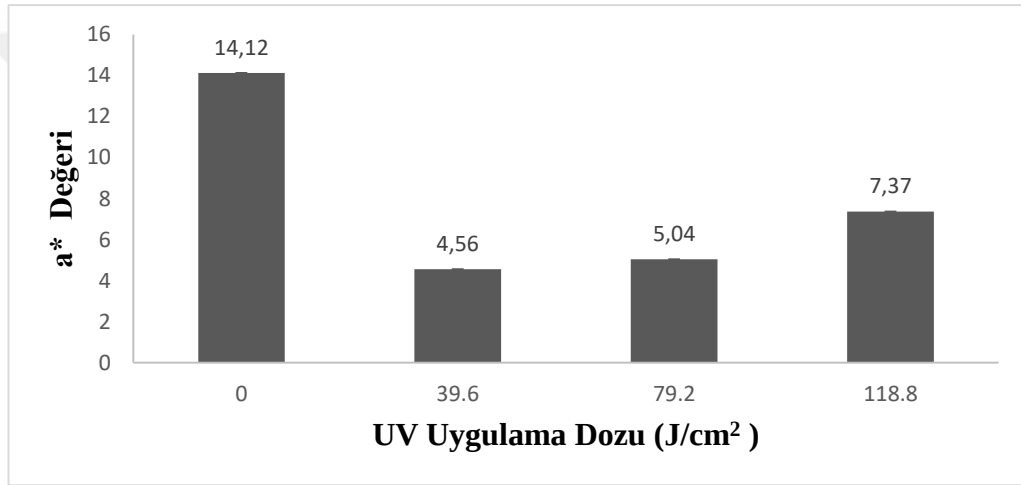
Antep fıstıklarına uygulanan UV-C uygulaması, örneklerin L^* değerini 39.03 ± 0.00 ve 45.36 ± 0.00 arasında değiştirmiştir. Gözlenen bu değişim istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$) fakat örneklerin bazılarının yüzeyindeki zararlar proses aşamasında zarar gördüğünden dolayı gözlenen bu değişim uygulanan UV-C uygulamasından dolayı değildir.

Tablo 4.22 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarında L^* , a^* ve b^* değeri üzerindeki etkileri.

Işık Yoğunluğu (W/cm ²)	UV Uygulama Süresi (s)	UV Uygulama Dozu (J/cm ²)	L*	a*	b*
0	0	0	39.03± 0.00 ^d	14.12± 0.00 ^a	8.15±0.00 ^c
0.044	900	39.6	42.74± 0.00 ^b	4.56± 0.00 ^d	15.14±0.00 ^a
0.044	1800	79.2	45.36± 0.00 ^a	5.04± 0.00 ^c	10.23±0.00 ^b
0.044	2700	118.8	39.88± 0.00 ^c	7.37± 0.00 ^b	4.59±0.00 ^d

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken ($p>0.05$), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$).

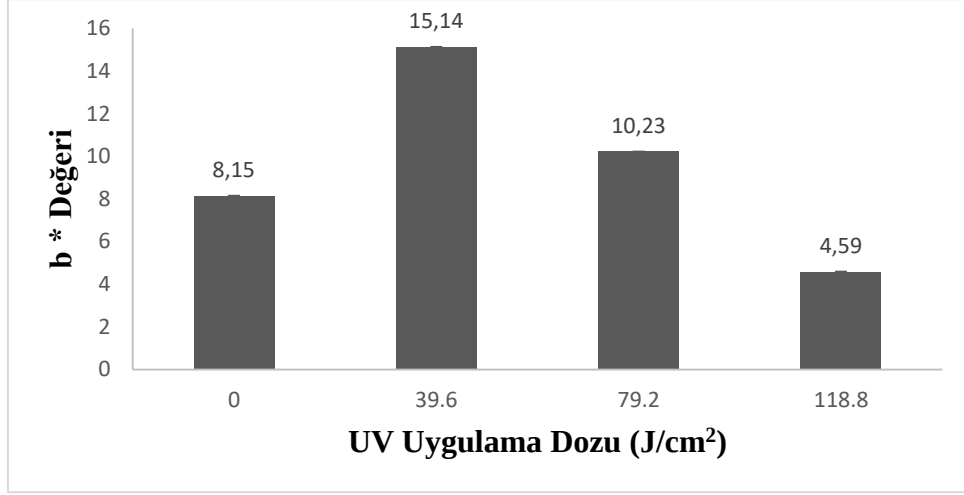
Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının a^* değerleri Tablo 4.22 ve Şekil 4.23’de gösterilmiştir.



Şekil 4.24 Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının a^* değeri

Antep fıstıklarına uygulanan UV-C uygulaması, örneklerin a^* değerini 4.56 ± 0.00 ve 14.12 ± 0.00 arasında değiştirmiştir. Gözlenen bu değişim istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$) fakat örneklerin bazılarının yüzeyindeki zarar proses aşamasında zarar gördüğünden gözlenen bu değişim uygulanan UV-C uygulamasından kaynaklanmadığı düşünülmektedir.

Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının b^* değerleri Tablo 4.22 ve Şekil 4.23’de gösterilmiştir.



Şekil 4.25 Kontrol ve UV uygulanmış Antep fıstığının b^* değeri.

Antep fıstıklarına uygulanan UV-C uygulaması, örneklerin b^* değerini 4.59 ± 0.00 ve 15.14 ± 0.00 arasında değiştirmiştir. Gözlenen bu değişim istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$). Bu değişimin fıstık kabuklarının soyulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Hasat sonrası domateslere 10-360 dak ; 353-400 nm dalga boyunda UV uygulandığında domateslerin renginde önemli bir değişime neden olmadığı gözlenmiştir (Dyshlyuk ve diğer., 2020).

Yapılan bir çalışmada yer fıstığı ve bademlere *Salmonella typhimurium* inoküle edildikten sonra UV-C uygulanmış ve mikrobiyolojik etkilerine ek olarak renk parametresi de analiz edilmiştir. 254 nm dalga boyu, 10 cm uzaklık ve 0-30 dak arası UV-C uygulaması sonucunda örneklerin L^* , a^* ve b^* değerlerinde önemli bir değişim olmadığı gözlenmiştir (Ruiz ve diğer., 2020).

4.8 UV Uygulamasının Antep Fıstıklarının Duyusal Özellikleri (renk, yapı, koku-aroma ve tat) Üzerine Etkisi

Tablo 4.23 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep fıstıklarının renk, yapı ve koku-aroma üzerine etkisi

Işık Yoğunluğu (W/cm ²)	UV Uygulama Süresi (s)	UV Uygulama Dozu (J/cm ²)	Fıstık Rengi	Fıstıkların Yapısı	Fıstıkların Koku ve Aroması
0	0	0	8.06± 0.418 ^a	8.057±0.92 ^a	9.22±0.69 ^a
0.044	900	39.6	8.00± 0.00a ^a	8.057±0.42 ^a	8.39±0.79 ^a
0.044	1800	79.2	8.06± 0.00 ^a	8.167±1.04 ^a	9.39±0.67 ^a
0.044	2700	118.8	8.56± 0.00 ^a	9.02±1.04 ^a	8.72±0.25 ^a

Sonuçlar “ortalama±standart hata” olarak verilmiştir. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken (p>0.05), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Tablo 4.24 Kontrol ve UV-C uygulaması proses parametrelerinin Antep tat ve tipik fıstık hissi üzerindeki etkileri

Işık Yoğunluğu (W/cm ²)	UV Uygulama Süresi (s)	UV Uygulama Dozu (J/cm ²)	Fıstık Tadı	Tipik Fıstık Hissi
0	0	0	7.44± 0.98 ^b	7.67±0.58 ^a
0.044	900	39.6	7.94± 0.42 ^{ab}	8.50±0.50 ^a
0.044	1800	79.2	8.72± 0.25 ^a	9.22±0.48 ^a
0.044	2700	118.8	8.78± 0.479 ^a	8.72±0.86 ^a

Sonuçlar “ortalama±standart ” olarak verilmiştir. *: Analiz edilen örneklerden aynı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemli değilken (p>0.05), farklı harfe sahip olanlar istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Elde edilen sonuçlara göre UV-C uygulamasının Antep fıstığının duyuusal özelliklerinde herhangi bir değişikliğe neden olmadığı saptanmıştır (p>0.05).

Fındık yüzeyindeki *Aspergillus parasiticus*'un UV-C uygulamasıyla azaltılması üzerine yapılan bir çalışmada kabuksuz fındıklar 2, 4 ve 6 saatlik bir UV işlemine maruz bırakılmıştır. 2 ve 4 saat UV uygulanan fındıklarda renk, koku ve dokularında işlem uygulanmamış fındığa göre bir fark gözlemlenmezken, 6 saat UV işlemine tabi tutulan fındıklarda yanık kokusu tespit edilmiştir (Başaran, 2009).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Antep fıstıkları proses aşamalarında (ağaçtan silkelmesi, yerden toplanması, kabukların ıslatılması vb.) gıda güvenliği ve gıda kalitesi yönünden problemlere neden olan toprak kaynaklı mikroorganizmalar yanında fekal kontaminasyon kaynaklı ve hijyen eksikliğinden kaynaklanan mikroorganizmalarla kontamine olmaktadır. Bu mikroorganizmaların varlığı hijyen ve sanitasyon yönünden problem olduğu gibi bazı küflerin ürettiği mikotoksinler de ürün kalitesi ve güvenliği açısından problem oluşturmaktadır. Mikrobiyel yükteki artış ve aflatoksin probleminden dolayı iç fıstık ve fıstığın kullanıldığı pastacılık, dondurma, kuruyemiş gibi faaliyet alanlarında kontaminasyon problemi yaşanmaktadır. İlave olarak Türk fıstığı dünyada coğrafi işaretini almış olmasına rağmen mikrobiyel yükteki sorundan dolayı yurt dışına ihraç edilen ürünlerde de sorunlar yaşanmakta Türk fıstığı ya çok ucuz fiyata satılmakta ya da geri gönderilip iç piyasada tüketilmektedir. Mikrobiyel inaktivasyon sağlamak amacıyla mevcut ısıtılma işlemi dayalı prosesler ve kimyasal uygulamalar ürünün duyuşal, fiziksel ve kalite özelliklerine zarar vermektedir. Bu nedenle fıstıkların kalite özelliklerini olumsuz yönde etkilemeden fıstıkları gıda güvenliği açısından uygun hale getirecek teknolojilerin geliştirilmesi gereklidir. Bu amaçla bu tezde ülkemizin en önemli ve en kıymetli tarımsal ürünlerinden olan Antep fıstıklarında mevcut kalite ve ekonomik kayıpların önlenmesi amacıyla AEA ve UV işlemi uygulanmış ve uygulama sonrasında fıstıkların mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri incelenmiştir.

Antep fıstıklarına uygulanan 300 Hz, 8 döngü, 19.78 s, 71.23 J enerji, 28.8 kV/cm elektrik alan gücünde *Salmonella*, toplam koliform, TMAB ve TMK miktarında en fazla inaktivasyon sağlanmış ve sırasıyla; 4.73 log kob/g, 4.87 log kob/g, 5.21 log kob/g ve 5.56 log kob/g biriminde mikrobiyel inaktivasyon sağlanmıştır. Uygulama sonunda titrasyon asitliği ve fıstıkların duyuşal özelliklerinde istatistiksel açıdan önemli bir değişim gözlenmemiştir. Fakat uygulama sonunda fıstıkların toplam fenolik madde ve toplam antioksidan kapasiteleri kontrole göre azalmıştır. Aynı zamanda peroksit değeri artmıştır. Bu durumda AEA uygulaması fıstıkların oksidasyonunu tetiklemiştir. UV uygulamasında ise en fazla

inaktivasyon 2700 s, 118.8 J/cm² UV uygulama dozunda sağlanmıştır ve sırasıyla *Salmonella*, toplam koliform, TMAB ve TMK miktarında; 4.88 log kob/g, 4.43 log kob/g 4.46 log kob/g ve 5.3 log kob/g biriminde azalma gözlemlenmiştir. UV uygulaması AEA uygulamasının aksine toplam fenolik madde miktarını ve toplam antioksidan kapasiteyi arttırmıştır. Aynı zamanda gıdanın duyuşal özelliklerine zarar vermemiştir. Bu çalışmaların sonuçları incelendiğinde hem AEA hem de UV uygulaması Antep fıstıklarında mikrobiyel inaktivasyonunu sağlamak amacıyla kullanılabilir. Fakat UV uygulaması sonunda mikrobiyel inaktivasyonun yanında Antep fıstıklarının fenolik madde ve antioksidan kapasitesini arttırdığından dolayı AEA teknolojisine göre daha avantajlıdır. Fıstık kimyasal bileşimi (yüksek yağ oranı), aroması ve kendine özgü tadı nedeniyle oldukça hassas bir üründür ve fıstıklara uygulanan herhangi bir proses (ısıl işlem, kimyasal kullanımı) fıstıkların rengi, aroması, ve duyuşal özelliklerinde istenmeyen değişikliklere neden olmakta ve aynı zamanda fıstık yağının oksidasyonuna yol açmaktadır. Bu nedenle fıstıklarda mikrobiyel inaktivasyonu sağlamak amacıyla özelliklerine zarar vermeyen ısıl olmayan yenilikçi yöntemler kullanılmalıdır. Bu bağlamda hem UV hem de AEA sistemi güvenle fıstıklarda kullanılabilir.

6. KAYNAKLAR

(Bu tez çalışmasında APA atıf sistemi kullanılmıştır).

Ağçam, E., Akyıldız, A., & Akdemir Evrendilek, G. (2014). Vurgulu elektrik alan teknolojisi (PEF): sistem ve uygulama odacıkları. *Akademik Gıda*, 12 (2), 69-78 s.

Akbaş, M. Y., & Özdemir, M. (2006). Effectiveness of ozone for inactivation of *Escherichia coli* and *Bacillus cereus* in pistachios. *International Journal of Food Science & Technology*, 41(5), 513-519 p.

Akın, E., & Evrendilek, G. A. (2009). Effect of pulsed electric fields on physical, chemical, and microbiological properties of formulated carrot juice. *Food Science and Technology International*, 15 (3), 275-282 p.

Altuntas, J., Evrendilek, G. A., Sangun, M. K., & Zhang, H. Q. (2010). Effects of pulsed electric field processing on the quality and microbial inactivation of sour cherry juice. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(5), 899-905 p.

Amiali, M., Ngadi, M. O., Smith, J. P. & Raghavan, G. S. V. (2007) Synergistic effect of temperature and pulsed electric field on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enteritidis* in liquid egg yolk. *International Journal of Food Engineering*, 79 (2), 689–694 p.

Babae, R., Karami-Osboo, R., & Mirabolfathy, M. (2022). Evaluation of the use of Ozone, UV-C and Citric acid in reducing aflatoxins in pistachio nut. *Journal of Food Composition and Analysis*, 106, 104276.

Bakay, Ş. (2019). Yenilikçi proses teknolojilerinin meyan kökü şerbetinin pastörizasyonu ve raf ömrü üzerine etkisi. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.

Barbosa-Ca, G. V. (2004). Present status and the future of PEF technology. In *Novel food processing technologies* (pp. 23-66). CRC press.

Başaran, P. (2009). Reduction of *Aspergillus parasiticus* on hazelnut surface by UV-C treatment. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(9), 1857-1863 p.

Birmpa, A., Sfika, V., & Vantarakis, A. (2013). Ultraviolet light and ultrasound as non-thermal treatments for the inactivation of microorganisms in fresh ready-to-eat foods. *International Journal of Food Microbiology* 167(1):96-102 p.

Çağlar, A., Tomar, O., Vatansever, H., & Ekmekçi, E. (2017). Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 15(4), 436-447 s.

Castro, A. J., Barbosa-Cánovas, G. V., & Swanson, B. G. (1993). Microbial inactivation of foods by pulsed electric fields. *Journal of Food Processing and Preservation*, 17(1), 47-73 p.

Çelik, P., & Çakır, F. (2020). Temporal variation of microbial load under controlled laboratory conditions of *Tubifex tubifex* collected from nature. *Marine and Life Sciences*, 2(2), 71-77 s.

Corrales, M., Souza, D.M.P., Stahl, R.M., & Fernandez, A. (2012). Effects of the decontamination of a fresh tiger nuts' milk beverage (horchata) with short wave ultraviolet treatments (UV-C) on quality attributes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 13, 163-168 s.

Demircan, M. (2010) Gaziantep’de Antep fıstığı üretimi (Yayınlanmış Yüksek Lisans tezi). Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.

Dilmen, H., Fırat, P. A. L. A., & Dilmen, M. Ö. (2020). Antep fıstığı (*Pistacia vera* L.) üreticilerinin tarımsal mücadele konusundaki bilgi düzeylerinin belirlenmesi: Türkiye, Siirt ili örneği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7(1), 1-8 s.

Doğan, R., (2022). UV Kurutma yönteminin kurutulmuş balık üretiminde lipid peroksidasyonu üzerine etkisi (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik.

Dyshlyuk L., Babich O., Prosekov A., Ivanova S., Pavsky V., & Chaplygina T. (2020). The effect of postharvest ultraviolet irradiation on the content of antioxidant compounds and the activity of antioxidant enzymes in tomato. *Heliyon* 6, 32-88.

Engin, B., Güneser, O., & Yüceer, Y. K. (2009). Ultraviyole Işıklarının Sütün Mikrobiyel Özellikleri Üzerine Etkisi. *Gıda Dergisi*, 34 (5) s.

Erkan, M., Wang, S. Y., & Wang, C. Y. (2008). Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 48 (2), 163-171 p.

Evrendilek, G. A., Zhang, Q. H., & Richter, E. R. (1999). Inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 and *Escherichia coli* 8739 in apple juice by pulsed electric fields. *Journal of Food Protection*, 62(7), 793-796 p.

Fernandez-Molina, J. J., BARBOSA-CANOVAS, G. V., & Swanson, B. G. (2005). Skim milk processing by combining pulsed electric fields and thermal treatments. *Journal of Food Processing and Preservation*, 29 (5-6), 291-306 p.

George, D.S., Razali, Z., Santhirasegaram, V., & Somasundram. (2014). Effects of ultraviolet light (UV-C) and heat treatment on the quality of fresh-cut *Chokanan* Mango and *Josephine* Pineapple. *Journal of Food Science*, 426-434 p.

Gómez, B., Munekata, P. E., Gavahian, M., Barba, F. J., Martí-Quijal, F. J., Bolumar, T., & Lorenzo, J. M. (2019). Application of pulsed electric fields in meat and fish processing industries: An Overview. *Food Research International*, 123, 95-105 p.

Guderjan, M., Elez-Martínez, P., & Knorr, D. (2007). Application of pulsed electric fields at oil yield and content of functional food ingredients at the production of rapeseed oil. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8(1), 55-62 p.

Gümüş, A. (2012) Şanlıurfa piyasasında açıkta satılan Antep fıstıklarında (*Pistacia vera*) *Salmonella* Tarama Çalışması (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.

Güner, S., & Topalcengiz, Z. (2018). Effect of pulsed ultraviolet light on natural microbial load and antioxidant properties of fresh blueberries. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6 (6), 733-739 p.

Gürsul, I. (2012). Vurgulu elektrik alan uygulamalarının domates hücre kültüründeki biyoaktif bileşenler üzerine etkisi. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Tunceli Üniversitesi, Tunceli.

Hermawan, N., Evrendilek, G. A., Dantzer, W. R., Zhang, Q. H., & Richter, E. R. (2004). Pulsed electric field treatment of liquid whole egg inoculated with *Salmonella enteritidis*. *Journal of Food Safety*, 24 (1), 71-85 p.

Hosseini, F. S., Akhavan, H. R., Maghsoudi, H., Hajimohammadi-Farimani, R., & Balvardi, M. (2019). Effects of a rotational UV-C irradiation system and packaging on the shelf life of fresh pistachio. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99 (11), 5229-5238 p.

Isohanni, P. M. I., & Lyhs, U. (2009). Use of ultraviolet irradiation to reduce *Campylobacter jejuni* on broiler meat. *Poultry Science*, 88(3), 661-668 p.

Izmirlioglu, G., Ouyang, B., & Demirci, A. (2020). Utilization of pulsed UV light for inactivation of *Salmonella enteritidis* on shelled walnuts. *Food Science and Technology*, 134, 110023.

Jun, S., Irudayaraj, J., Demirci, A., & Geiser, D. (2003) Pulsed UV-light treatment of corn meal for inactivation of *Aspergillus niger* spores. *International Journal of Food Science and Technology* 883-888 p.

Karacan, E. (2009). Türkiye'nin Antep Fıstığı İhracat Potansiyeli Karşılaştırma Analizi

(Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Antalya.

Kaya, Z., Yıldız., & Ünlütürk, S.(2015). Effect of UV-C irradiation and heat treatment on the shelf life stability of a lemon–melon juice blend: multivariate statistical approach. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10 s.

Kayalvizhi, V., Pushpa, A. J. S., Sangeetha, G., & Antony, U. (2016). Effect of pulsed electric field (PEF) treatment on sugarcane juice. *Journal of Food Science and Technology*, 53, 1371-1379 p.

Kibar, B., (2020). Ultraviyole-C ve ultrason uygulamalarının domates ve hıyarda fide gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayat Bilimleri Dergisi*, 6(3), 423-434 s.

Koca, N., Saatli, T.E., & Urgan, M. (2018). Gıda sanayisinde ultraviyole ışığın yüzey uygulamaları. *Akademik Gıda* 16(1) 88-100 s.

Koçak, H & BAL, E. (2016) Hasat sonrası UV-C ve yenilebilir yüzey kaplama uygulamalarının kiraz meyve kalitesi ile muhafaza süresi üzerine etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(1) 79-88 s.

Korkmaz, A., & Tiryaki Gündüz, G. (2018). Meyve ve sebzelerde UV-C ışık uygulamaları ile küf inhibisyonu. *Akademik Gıda*, 16(4), 458-469 s.

Krishnamurthy, K., Demirci, A. L. I., & Irudayaraj, J. (2004). Inactivation of *Staphylococcus aureus* by pulsed UV-light sterilization. *Journal of Food Protection*, 67(5), 1027-1030 P.

Kurban, H., (2021). Antep fıstığı dış kabuk yağının fiziksel ve kimyasal kompozisyonu. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon.

Liang, Z., Mittal, G. S., & Griffiths, M. W. (2002). Inactivation of *Salmonella typhimurium* in orange juice containing antimicrobial agents by pulsed electric field. *Journal of Food Protection*, 65(7), 1081-1087.

Lim, W., & Harrison, M. A. (2016). Effectiveness of UV light as a means to reduce *Salmonella* contamination on tomatoes and food contact surfaces. *Food Control*, 66, 166-173 p.

Lin, S., Liang, R., Xue, P., Zhang, S., Liu, Z., & Dong, X. (2017). Antioxidant activity improvement of identified pine nut peptides by pulsed electric field (PEF) and the mechanism exploration. *Lebensmittel- Wissenschaft Technologie*, 75, 366-372.

Liu J, Stevens C, Khan VA, Lu JY, Wilson CL, Adeyeye O, Kabwe MK, Pusey PL, Chalutz E, Sultana T, Droby S (1993) Application of Ultraviolet-C light on storage rots and ripening of tomatoes, *Journal of Food Protection* 56, 868- 872 p.

Liu, C., Pirozzi, A., Ferrari, G., Vorobiev, E., & Grimi, N. (2020). Effects of pulsed electric fields on vacuum drying and quality characteristics of dried carrot. *Food and Bioprocess Technology*, 13, 45-52 p.

López-Giral, N., López, R., Santamaría, P., González-Arenzana, L., & Garde-Cerdán, T. (2023). Phenolic and colour characteristics of must and wine obtained from red grapes treated by pulsed electric fields. Efficacy of PEF to reduce maceration time in elaboration of red wines. *European Food Research and Technology*, 249(2), 273-282 p.

Lyon, S.A., Fletcher, D.L. ve Berrang, M.E. (2007). Germicidal ultraviolet light to lower numbers of *Listeria monocytogenes* on broiler breast fillets, *Poultry Science*, 86, 964–967 p.

Mohammed, M. E. A., Eissa, A. A., & Aleid, S. M. (2016). Application of pulsed electric field for microorganism inactivation in date palm fruits. *Journal of Food and Nutrition Research*, 4(10), 646-652 p.

Özdemir, P. (2017) Alternatif teknolojilerin havuç yüzeyinin dezenfeksiyonu ve kalite parametreleri üzerine etkisi. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.

Özkan, G., (2014). İspanaktan ekstrakte edilen Zn-klorofil türevlerinin emülsiyon/soğuk jelleşme metodu ile mikroenkapsülasyonu. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi, İzmir.

Öztep, R. & Işın, F. (2023). Arma model ile Türkiye antep fıstığı üretimi tahmini. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi *Tarım ve Doğa Dergisi*, 26 (4), 878-887 s.

Pothakamury, U. R., Vega, H., Zhang, Q., Barbosa-Canovas, G. V., & Swanson, B. G. (1996). Effect of growth stage and processing temperature on the inactivation of *E. coli* by pulsed electric fields. *Journal of Food Protection*, 59 (11), 1167-1171 p.

Puértolas, E., & de Marañón, I. M. (2015). Olive oil pilot-production assisted by pulsed electric field: Impact on extraction yield, chemical parameters and sensory properties. *Food Chemistry*, 167, 497-502 p.

Qin, B. L., Chang, F. J., Barbosa-Cánovas, G. V., & Swanson, B. G. (1995). Nonthermal inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* in apple juice using pulsed electric fields. *LWT-Food Science and Technology*, 28 (6), 564-568 p.

Ruiz-Hernández, K., Ramírez-Rojas, N. Z., Meza-Plaza, E. F., García-Mosqueda, C., Jauregui-Vázquez, D., Rojas-Laguna, R., & Sosa-Morales, M. E. (2021). UV-C treatments against *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028 in inoculated peanuts and almonds. *Food Engineering Reviews*, 13(3), 706-712 p.

Sánchez-Bravo, P., Noguera-Artiaga, L., Gómez-López, V. M., Carbonell-Barrachina, Á. A., Gabaldón, J. A., & Pérez-López, A. J. (2022). Impact of non-thermal technologies on the quality of nuts: A Review. *Foods*, 11 (23), 3891.

Sandal, E.K (2019) &Yurddaş, M. (2019,) Şanlıurfa ilinde Antep fıstığı üretimi ve maliyet kazanç analizi. V. Uluslararası Sosyal Bilimler Sempozyumu. ASEAD Kemer/ Antalya.

Saulis, G. (2010). Electroporation of cell membranes: the fundamental effects of pulsed electric fields in food processing. *Food Eng Reviews*. 2,52–73 p.

Şen, L. & Nas, S. (2010) Mycotoxins Problem in Hazelnuts and Pistachios. *Electronic Journal of Food Technologies*. 5 (1), 49-56 p.

Shorstkii, I., Mirshekarloo, M. S., & Koshevoi, E. (2017). Application of pulsed electric field for oil extraction from sunflower seeds: electrical parameter effects on oil yield. *Journal of Food Process Engineering*, 40(1), e12281.

Sitzmann, W., Vorobiev, E., & Lebovka, N. (2016). Applications of electricity and specifically pulsed electric fields in food processing: Historical backgrounds. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 37, 302-311 p.

Sommers, C.H., Sites, J.E., Musgrove, M., 2010. Ultraviolet light (254 nm) inactivation of pathogens on foods and stainless steel surfaces. *Journal of Food Safety* 30(2), 470-479 p.

Tanrıverdi, H., (2022). Atımlı elektrik alanı ve ultraviyole proseslerinin meyan kökü şerbetinde kalite özellikleri, mikrobiyel inaktivasyon ve raf ömrü üzerine etkisi. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.

Thulasidas, J. S., Varadarajan, G. S., & Sundararajan, R. (2019). Pulsed electric field for enhanced extraction of intracellular bioactive compounds from plant products: An overview. *Novo Approaches Drug Design Development*, 5(2), 1-6 p.

Tsantili, E., Konstantinidis, K., Christopoulos, M.V., & Roussos, P.A (2011). Total phenolics and flavonoids and total antioxidant capacity in pistachio (*Pistachia vera* L.) nuts in relation to cultivars and storage conditions. *Scientia Horticulturae*, 129 (2011) 694–701 p.

Turan, O.Y. (2015). Ultraviyole-C ışık uygulaması kullanılarak soğukta saklanan gıdaların kalitelerinin artırılması (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Uysal, E. (2010). Atımlı Elektrik Akımı (PEF) teknolojisinin kırmızı şarapların kalite özellikleri

üzerine etkisi (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.

Vega-Mercado, H., Martín-Belloso, O., Chang, F.J., Barbosa-Cánovas, G. V., Swanson, B. G. 1996a. Inactivation of *Esheria coli* and *Bacillus subtilis* suspended in pea soup using pulsed electric fields. *Journal of Food Processing and Preservation*, 20, 501-510 p.

Wouters, P. C., & Smelt, J. P. (1997). Inactivation of microorganisms with pulsed electric fields: potential for food preservation. *Food Biotechnology*, 11 (3), 193-229 p.

Yu, L. J. (2009). Application of pulsed electric field treated milk on cheese processing: Coagulation properties and flavor development. (Yayınlanmış Doktora Tezi). McGill University, Montreal, Quebec, Canada.

Yun, Y. S., Bae, S. J., & Park, S. H. (2022). Inactivation of foodborne pathogens on inshell walnuts by UV-C radiation. *Journal of Food Protection*, 85 (8), 1172-1176 p.

Zeng, X. A., Han, Z., & Zi, Z. H. (2010). Effects of pulsed electric field treatments on quality of peanut oil. *Food Control*, 21 (5), 611-614 p.

Elektronik Kaynaklar

Anonim. Food and Agriculture and Organization(FAO, 2023). <http://www.fao.org>.

Anonim. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2023) <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>

Anonim. Şanlıurfa Ticaret ve Sinayi Odası (ŞUTSO, 2023). <https://www.sutso.org.tr/>