



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



**SULTANIYE CİNSİ KURU ÜZÜMDE BULUNAN
OKRATOKSİN (OTA) DETOKSİFİKASYONUNDA
SOĞUK PLAZMA TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI VE
KALİTE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

İREM AKBULUT

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

İzmir

2023

T.C.

EGE ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

**SULTANIYE CİNSİ KURU ÜZÜMDE BULUNAN
OKRATOKSİN (OTA) DETOKSİFİKASYONUNDA
SOĞUK PLAZMA TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI VE
KALİTE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

İREM AKBULUT

Danışman: Prof. Dr. Taner BAYSAL

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Programı

İzmir

EYLÜL, 2023

İrem AKBULUT tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan **“SULTANIYE CİNSİ KURU ÜZÜMDE BULUNAN OKRATOKSİN (OTA) DETOKSİFİKASYONUNDA SOĞUK PLAZMA TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI VE KALİTE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ”** başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 22/09/2023 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Taner BAYSAL

Raportör Üye : Doç. Dr. Ahsen RAYMAN ERGÜN.....

Üye : Doç. Dr. Hamza BOZKIR

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Sultaniye Cinsi Kuru Üzümde Bulunan Okratoksin (OTA) Detoksifikasyonunda Soğuk Plazma Teknolojisinin Kullanımı Ve Kalite Özelliklerinin İncelenmesi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

22/09/2023

İrem AKBULUT

ÖZET

SULTANIYE CİNSİ KURU ÜZÜMDE BULUNAN OKRATOKSİN (OTA) DETOKSİFİKASYONUNDA SOĞUK PLAZMA TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI VE KALİTE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

AKBULUT, İrem

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Taner BAYSAL

Eylül 2023, 115 sayfa

Sultaniye çeşidi çekirdeksiz kuru üzüm, ülkemizde önemli ihracat ürünleri arasında yer almaktadır. Hasat öncesi, hasat sonrası, kurutma ve depolama aşamalarında kuru üzümlerde meydana gelebilecek olumsuz koşullar mikrobiyal yükün artmasına, sekonder metabolitlerin oluşmasına ve kalite kayıplarına neden olmaktadır. Okratoksin A'nın insan vücuduna alındıktan sonra böbreklerde (nefrotoksin) biriktiği gözlemlenmiştir. Yenilikçi teknolojilerden biri olan dielektrik bariyer deşarj soğuk plazma (DBD) teknolojisi, gıda endüstrisinde potansiyel uygulamaları olan yeni, termal olmayan, düşük maliyetli ve çevre dostu bir teknolojidir. Bu çalışmada kapsamında OTA stok çözeltisiyle (250 ppb) kontamine edilmiş kuru üzümlerde, OTA'nın azaltılması ve/veya daha az toksik formlarına dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Ayrıca DBD plazmanın, kuru üzümün fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Farklı frekans (1250 ve 2000 Hz) ve sürelerde (2 ve 4 dk.) DBD plazmanın, kuru üzümlere uygulanmıştır. Gerçekleştirilen analizler sonucunda kuru üzümlerde en yüksek OTA degradasyonu 2000 Hz 2 dk.'da 69.10 ± 2.95 ; en düşük OTA degradasyonu ise 1250 Hz 4 dk'da

%36.87±7.60 olarak saptanmıştır ($p<0.05$). Tez çalışması kapsamında DBD plazma uygulamasının kuru üzümün nem içeriği, su aktivitesi, pH, titrasyon asitliği, suda çözünen kuru madde (SÇKM), renk (L^* , a^* , b^* , kroma, hue açısı ve toplam renk farkı), toplam fenolik, toplam flavonoid ve toplam antioksidan aktivite üzerine etkisi incelenmiştir. DBD plazma uygulaması sonrası kuru üzüm örneklerinin su aktivitesi değerlerinde kontrol grubuyla, 2000 Hz 2 dk., 1250 Hz 2 ve 4 dk. arasında anlamlı fark yokken ($p>0.05$), 2000 Hz 4 dk. değeri istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Kuru üzümün nem değerleri incelendiğinde en yüksek nem değeri %15.63±0.57 kontrol grubunda, en düşük nem değeri ise 2000 Hz 2 dk. işlem görmüş grupta %10.46±0.22 olarak belirlenmiştir. SÇKM değerlerinin her iki grup arasındaki fark anlamlıyken ($p<0.05$), aynı frekansın farklı sürelerdeki SÇKM değeri istatistiksel olarak anlamsızdır ($p>0.05$). DBD plazma uygulanan tüm grupların pH değerleri istatistiksel olarak anlamlıyken ($p<0.05$), aynı frekansın farklı sürelerdeki pH değerleri istatistiksel olarak anlamsızdır ($p>0.05$). Kontrol grubunun pH değeri ile 1250 Hz 2 ve 4 dk., 2000 Hz 2 ve 4 dk. grupları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Tüm grupların titrasyon asitliği değerlerinde tüm gruplar arasındaki fark anlamsızdır ($p>0.05$). Toplam renk farkı değerleri incelendiğinde tüm gruplar arasında en yüksek renk farkının 2000 Hz 2 dk. değerinde 2.61±0.21 olduğu tespit edilmiştir. DBD plazma uygulaması sonucu kuru üzümde, işlem görmemiş üzümlere göre toplam fenolik ve flavonoid madde miktarı ve antioksidan aktivitesinde değişim olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). En yüksek toplam fenolik madde miktarı 1250 Hz 2 dk. değerinde 259.41±10.68 mg GAE/100 g KM, en yüksek toplam flavonoid madde miktarı ve en yüksek antioksidan aktivite değeri kontrol grubunda sırasıyla; 70.61±2.37 mg QE/100 g KM ve 241.91±6.74 mg Troloks/100 g KM olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak OTA kaynaklı kuru üzümde oluşan kalite kayıplarının ve buna bağlı ortaya çıkan

ekonomik kayıpları önleyebilmek için DBD soğuk plazma teknolojisinden yararlanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Sultaniye çekirdeksiz kuru üzüm, Okratoksin A, Dielektrik Bariyer Deşarj Plazma





ABSTRACT

**APPLICATION OF COLD PLASMA TECHNOLOGY IN
DETOXIFICATION OF OCHRATOXIN (OTA) IN SULTANAS AND
INVESTIGATION OF THE EFFECT ON QUALITY PROPERTIES**

AKBULUT, İrem

M. Sc. In Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Taner BAYSAL

September 2023, 115 pages

Sultanas are amongst one of the the important exports of our country. Inconvenient conditions may occur during pre-harvest, post-harvest, drying and storage stages causing an increase in microbial load, formation of secondary metabolites and losses of quality. It has been observed that ochratoxin A accumulates in the kidneys (nephrotoxin) after ingestion. Dielectric barrier discharge cold plasma (DBD) technology, one of the innovative technologies, is a new, non-thermal, low-cost and environmentally friendly technology with potential applications in the food industry. In this study, it was aimed to reduce OTA and convert it to less toxic forms in Sultanas contaminated with OTA stock solution (250 ppb). DBD was applied to Sultanas at different frequencies (1250-2000 Hz) and times (2 and 4 minutes). As a result of the analyzes, the highest value OTA degradation in Sultanas was $69.10 \pm 2.95\%$ at 2000 Hz 2 minutes; the lowest value OTA degradation was found to be $36.87 \pm 7.60\%$ at 1250 Hz 4 min. ($p < 0.05$). In this thesis, the moisture content, water activity, pH, titration acidity, water soluble dry matter (SSCM), color (L^* , a^* , b^* , chroma, hue angle and total color difference),

total phenolic, total flavonoid and total antioxidant activity were investigated. After the DBD application, there was no significant differences in the water activity values of the Sultanas samples with the control group at 2000 Hz 2 min., 1250 Hz 2 and 4 min. ($p>0.05$), while the 2000 Hz 4 min value was found to be statistically different ($p<0.05$). When the moisture content of Sultanas was examined, the highest moisture content was determined to be $15.63\% \pm 0.57$ in the control group, while the lowest moisture content was $10.46\% \pm 0.22$ in the group subjected to DBD plasma to 2000 Hz for 2 minutes. While the difference between the two groups was significant ($p<0.05$), °Brix values of the same frequency at different times were statistically insignificant ($p>0.05$). The pH values of all DBD applied groups were statistically significant ($p<0.05$). The pH values of the same frequency at different times were statistically insignificant ($p>0.05$). Otherwise the difference between the 1250 Hz 2 and 4 min., 2000 Hz 2 and 4 min. groups of the Control group was statistically significant ($p<0.05$). The difference between in the titration acidity values of all groups is not found statistically significant ($p>0.05$). When the total color difference values were examined, it was determined that the highest difference between all groups was 2.61 ± 0.21 at 2000 Hz 2 min. DBD application. It was found that there was a change in the total amount of phenolic and flavonoid and antioxidant activity in Sultanas compared to untreated Sultanas ($p<0.05$). The highest total phenolic content was 259.41 ± 10.68 mg GAE/100 g DW at 1250 Hz 2 min., the highest total flavonoid content (70.61 ± 2.37 mg QE/100 g DW) and the highest total antioxidant activity (241.91 ± 6.74 mg Troloks/100 g DW) was found in the control group. As a result DBD can be used to provide to degradation of OTA which is the biggest problem in Sultanas.

Keywords: Sultanas, Ochratoxin A, Dielectric Barrier Discharge Plasma

ÖNSÖZ

“Sultaniye Cinsi Kuru Üzümde Bulunan Okratoksin (OTA) Detoksifikasyonunda Soğuk Plazma Teknolojisinin Kullanımı ve Kalite Özelliklerinin İncelenmesi” isimli tez çalışması, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda gerçekleştirilmiştir. Tez kapsamında, Sultaniye çeşidi bandırmazsız kuru üzümlerde büyük bir sorun teşkil eden okratoksin A (OTA) kontaminasyonunun azaltılması için dielektrik bariyer deşarj soğuk plazma (DBD) teknolojisi kullanılmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda DBD uygulamasında kullanılacak frekans ve süre değerleri ön denemeler sonucunda belirlenmiştir. Sultaniye çeşidi bandırmazsız kuru üzümlere konsantrasyonu bilinen stok OTA çözeltisi inoküle edilmiştir. Ardından ön denemelerde belirlemiş olan iki farklı frekans ve işlem süresince DBD uygulanmıştır. OTA degradasyon etkisini belirleyebilmek için kuru üzüm örneklerinde OTA analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen verilerin tespiti için OTA inoküle edilmiş kuru üzüm örneklerine DBD uygulaması yapılırken diğer kuru üzüm örneklerine (kontrol grubu) yapılmamıştır. Her iki gruptan elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak kıyaslanarak OTA degradasyon oranı belirlenmiştir. DBD uygulamasının kuru üzümlerin kalite değişimi üzerine etkisini inceleyebilmek için kalite analizleri gerçekleştirilmiş, elde edilen sonuçlar işlem görmemiş (kontrol grubu) kuru üzüm örnekleri ve uygulama gören gruplar arasında istatistiksel değerlendirme yapılmış ve DBD uygulamasının kuru üzümdeki OTA varlığı üzerindeki etkisi belirlenmiştir.

İZMİR

İrem AKBULUT

22/09/2023



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
İÇ KAPAK.....	II
KABUL ONAY SAYFASI.....	IV
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI	VI
ÖZET	VIII
ABSTRACT.....	XII
ÖNSÖZ	XIV
İÇİNDEKİLER	XVII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XXIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XXIV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XXVI
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Kuru Üzüm Hakkında Genel Bilgiler	3
2.1.1 Asma bitkisi ve üzüm meyvesi	3
2.1.2 Kuru üzüm üretimi	5

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

2.1.3 Kuru üzümün besinsel değeri ve sağlık üzerine etkisi.....	9
2.1.4 Üzüm ve kuru üzümün Dünya’da ve ülkemizdeki üretimi.....	12
2.2 Mikotoksin.....	15
2.2.1 Okratoksin A.....	18
2.2.1.1 Okratoksin A biyosentezi	20
2.2.1.2 Okratoksin A sentezleyen küfler	23
2.2.1.3 OTA’nın insan sağlığı üzerine etkisi	25
2.2.1.4 Kuru üzümün OTA limitleri ve RASSF raporları	28
2.2.2 Mikotoksin detoksifikasyonunda uygulanan yöntemler	31
2.2.2.1 Fiziksel yöntemler	32
2.2.2.2 Kimyasal yöntemler	33
2.2.2.3 Biyolojik yöntemler	34
2.3. Plazma Teknolojisi	36
2.3.1 Soğuk plazma teknolojisi.....	37
2.3.1.1 Dielektrik bariyer deşarj (DBD)	39
2.3.1.2 Korona deşarj	40

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.3.1.3 Plazma jeti	40
2.3.1.4 Radyofrekans soğuk plazma	41
2.3.1.5 Mikrodalga destekli soğuk plazma	41
2.3.2. Soğuk plazma teknolojisinin avantajları ve dezavantajları	41
3. GEREÇ VE YÖNTEM	43
3.1. Gereç	43
3.1.1 Hammadde	43
3.1.2 Okratoksin A stok çözeltisinin hazırlanması	43
3.1.3. Dielektrik bariyer deşarj soğuk plazma	43
3.2. Yöntem	44
3.2.1 OTA stok çözeltisinin kuru üzüm örneklerine inokülasyonu	45
3.2.2 DBD plazma uygulaması çalışma koşullarının belirlenmesi	46
3.2.2.1 Frekans ve sürenin belirlenmesi	46
3.2.2.2 Belirlenen parametreler için plazma uygulama yönteminin belirlenmesi ..	46
3.2.3 DBD plazma uygulaması ile kuru üzümde OTA degradasyonu	48
3.3. Analiz Yöntemleri	50

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.3.1 Okratoksin A analizi	50
3.3.2 Nem tayini	52
3.3.3 Su aktivitesi	52
3.3.4 Suda çözünen kuru madde miktarı tayini	53
3.3.5 pH ve titrasyon asitliği tayini (%).....	53
3.3.6 Toplam fenolik madde analizi	54
3.3.7 Toplam flavonoid madde analizi	55
3.3.8 Toplam antioksidan madde miktarı analizi.....	56
3.3.9 Renk tayini.....	57
3.3.10 İstatiksel analizler	58
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	59
4.1. DBD Plazma Çalışma Koşullarının Belirlenmesi.....	59
4.1.1 DBD plazma için frekans ve sürenin belirlenmesi	59
4.1.2 DBD plazma uygulama yönteminin belirlenmesi.	60
4.2. DBD plazma uygulamasının kuru üzümlere fizikokimyasal etkisi	63
4.2.1 DBD plazmanın OTA inoküle edilmiş kuru üzümler üzerine etkisi	64

İÇİNDEKİLER (devam)Sayfa

4.2.2 Kuru üzümün su aktivitesi, nem değeri (%) ve SÇKM (%).....	69
4.2.3 Kuru üzümün pH ve titrasyon asitliği (%) değeri	72
4.2.4 Kuru üzümün toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam antioksidan aktivitesi.....	74
4.2.5 Kuru üzümün renk değeri	81
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	86
KAYNAKLAR DİZİNİ	89
TEŞEKKÜR.....	114
ÖZGEÇMİŞ	115
EKLER	



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Asma görseli.....	3
Şekil 2.2 Üzüm meyvesi.....	4
Şekil 2.3 Türkiye üzüm üretim dağılımı (2011-2022) (TürkStat, 2022).	13
Şekil 2.4 Türkiye üzüm üretim dağılımı (2011-2022) (TürkStat, 2022).	14
Şekil 2.5 Okratoksinin kimyasal yapısı ve türevleri (Şen, 2014).....	19
Şekil 2.6 Okratoksin A biyosentezi (Huff and Hamilton, 1979).	22
Şekil 2.7 Aktif plazma türleri (Şen, 2015).	36
Şekil 2.8 Atmosferik basınçta DBD plazma (Laroque et al., 2022).	40
Şekil 3.1 Dielektrik bariyer deşarj plazma ve elektrotu.....	44
Şekil 3.2 OTA stok çözeltisinin kuru üzüm örneklerine inokülasyonu.	45
Şekil 3.3 DBD plazma uygulaması.	47
Şekil 3.4 Topraklama plakası üzerine dizilen kuru üzümler.....	47

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)ŞekilSayfa

Şekil 3.5 2000 Hz frekansta kuru üzümlere DBD plazma uygulaması..	48
Şekil 3.6 Sultaniye cinsi kuru üzüm örneklerine inoküle edilen OTA'nın DBD plazma işlemi ile detoksifikasyonuna ait işlem akış şeması.	49
Şekil 4.1 2000 Hz frekansta DBD plazma işleminin hareketsiz yapılması sonucu kuru üzümde oluşan bölgesel yanıklar.	62
Şekil 4.2 DBD plazma uygulaması sonrası renk değişimi.	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Üzüm meyvesi ve çekirdeksiz kuru üzüm bileşimi (100 g için) (USDA, 2019).	11
Çizelge 2.2 Bazı önemli mikotoksinler, üretici küfleri ve karsinogenik özellikleri, memeli hayvanlara etkileri ve bulundukları gıdalar (Heperkan, 2014; Ünal, 2009; Çelik, 2008).....	17
Çizelge 2.3 Okratoksin A sentezleyen küfler (Özkale, 2000).....	23
Çizelge 2.4 Okratoksin A sentezleyen küfler ve bulunabileceği gıdalar (Bui-Klimke and Wu, 2015).....	24
Çizelge 2.5 TKG tarafından gıda maddeleri için belirlenen limit OTA değerleri (Anon, 2008).	29
Çizelge 2.6 RASFF 2018-2023 arasında yapılan bildiriler (Anon, 2023).	30
Çizelge 3.1 DBD plazma uygulaması işlem parametreleri	49
Çizelge 3.2 Tez çalışması kapsamında yapılan fizikokimyasal analizler.	50
Çizelge 3.3 HPLC analiz koşulları.....	51
Çizelge 4.1 DBD plazma ön deneme parametreleri.....	59

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)ÇizelgeSayfa

Çizelge 4.2 Farklı DBD plazma uygulamaları sonucu OTA azalması (%).....	60
Çizelge 4.3 Kuru üzüm gruplarında bulunan OTA miktarı (ppb), azalma (%).	64
Çizelge 4.4 Kuru üzümlerin su aktivitesi, nem içeriği, SÇKM değerleri.....	69
Çizelge 4.5 Kuru üzümlerin pH ve titrasyon asitliği (%) değerleri.	72
Çizelge 4.6 Kuru üzümlerin toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri.	75
Çizelge 4.7 Kuru üzümlerin renk değerleri	81

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
ΔE	Toplam Renk Farkı
$^{\circ}Bx$	Briks Derecesi
μg	Mikrogram
μl	Mikrolitre
a^*	Yeşillik/Kırmızılık
a_w	Su Aktivitesi Değeri
b^*	Mavilik/Sarılık
$^{\circ}C$	Santigrat derece
C^*	Kroma Değeri
g	Gram
h°	Hue Açısı
ha	Hektar
Hz	Hertz

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
kcal	Kilokalori
kg	Kilogram
kHz	Kilohertz
kV	Kilovolt
L	Litre
L*	Parlaklık
M	Molar
m ²	Metrekare
mg	Miligram
MHz	Megahertz
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
N	Normal
ng	Nanogram
nm	Nanometre
rpm	Dakikadaki Devir Sayısı
s	Saniye
tan	Tanjant
V	Volt
v/v	Hacimce Yüzde
W	Watt (Güç)
w/w	Ağırlıkça Yüzde
α	Alfa
β	Beta
ABD	Amerika Birleşik Devletleri

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
AFB ₁	Aflatoksin B ₁
CCP	Kritik Kontrol Noktaları
COT	Birleşik Krallık Gıda Tüketim Ürünleri ve Çevresindeki Kimyasalların Toksisitesi Komitesi
CPA	Karboksipeptidaz A
DAPACP	Çift Atmosferik Basıncılı Argon Soğuk Plazma
DBD	Dielektrik Bariyer Deşarj
DCSBD	Difüz Eş Düzlemli Yüzey Bariyer Deşarj
dk.	Dakika
DNA	Deoksiribo nükleik asit
DON	Deoksinivalenol
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
FLD	Floresans Dedektör

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
GAP	İyi Tarım Uygulamaları
GMP	İyi Üretim Uygulamaları
GSP	İyi Depolama Uygulamaları
HHP	Yüksek Hidrostatik Basınç
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
IARC	Amerika Uluslararası Kanser Araştırma Örgütü
IU	Uluslararası Birim
KM	Kuru Madde
KOB	Koloni Oluşturan Birim
M.Ö.	Milattan Önce
OTA	Okratoksin A
OTB	Okratoksin B

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
OTC	Okratoksin C
PBS	Fosfat tamponlu salin
POD	Peroksidaz
ppb	Derişim ($\mu\text{g/L}$ veya $\mu\text{g/kg}$)
ppm	Derişim (mg/L veya mg/kg)
QE	Kateşin eşdeğeri
RASFF	Avrupa Birliğı Gıda ve Yem için Hızlı Alarm Sistemi
RNS	Reaktif Azot Türleri
ROS	Reaktif Oksijen Türleri
SÇKM	Suda Çözünen Kuru Madde
SP	Soğuk Plazma
SPSS	Statistical Package For the Social Sciences
TGK	Türk Gıda Kodeksi

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
TS	Türk Standardı
TWI	Tolere Edilebilir Haftalık Alım
UV	Ultraviyole ışık
UV-B	Ultraviyole B
v.a.	Vücut Ağırlığı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
ZEA	Zearalenon

1. GİRİŞ

Tarih öncesi çağlardan beri dünya üzerinde geniş bir alana yayılmış meyve türlerinden biri olan asma, ılıman kuşak bitkisidir (Ünal ve Soltekin, 2018). Üzüm meyvesi, *Vitis vinifera* L., odunsu, sarmal tırmanan geniş yapraklı ve yaprak döken bir bitkinin meyvesi olarak tanımlanmaktadır (Ateş, 2015).

Ülkemiz, kurutmalık, sofralık, şaraplık ve şıralık üzüm çeşitlerinin yetiştirilmesi için elverişli çevresel şartlara sahiptir (Yüceilli, 2020). Ege Bölgesi, Türkiye’de en fazla üzüm üretiminin gerçekleştirildiği bölgedir (USDA, 2022). Ege Bölgesi’nde üretilen Sultaniye çeşidi kuru üzüm çekirdeksiz yapısı ve iri taneleri sebebiyle ülkemizde kurutularak tüketimi gerçekleştirilmektedir (Uzunorman, 2022). Genellikle yüksek sıcaklık ve nem içeriğine sahip alanlarda depolanan kuru üzümlerde küflenme ve mikotoksin kontaminasyonu oluşmaktadır (Türkeşsiz, 2020).

Mikotoksinler genel olarak, bazı küfler tarafından sekonder metabolit olarak sentezlenen toksik bileşenlerdir (Girgin vd., 2001). Mikotoksin kontaminasyonu bitkilerde büyüme, hasat sonrası depolama, gıda ürünlerine işleme ve ambalajlama uygulamaları sırasında oluşabilmektedir (Pereira et al., 2014). Bu ürünlerde sıklıkla rastlanan mikotoksinlerden biri de okratoksin A (OTA)’dır (Heperkan, 2014). Okratoksinler, *Aspergillus* ve *Penicillium* türlerinin belirli suşları tarafından sentezlenerek, çeşitli gıdalarda ve hayvan yemlerinde tespit edilmiştir (Aslanoğlu, 2015). Okratoksin A, tropikal iklimlerde *Aspergillus ochraceus* tarafından, ılıman bölgelerde *Penicillium verrucosum* tarafından sentezlenirken, en çok Oktatonsin A sentezleyen küfler; *Aspergillus ochraceus* ve *Aspergillus niger*’dir (Hayat vd., 2012). Okratoksin A (OTA), yüksek sıcaklığa karşı dirençli oda koşullarında renksiz ve kristal yapıdadır (Gürhayta ve Çağındı, 2015; Özgören, 2012).

Uluslararası Kansere Araştırma Örgütü (IARC) tarafından “muhtemel kanserojen” olarak sınıflandırılmaktadır (Kaya, 2012).

İhraç edilen ürünlerin geri dönüşünü azaltmak, ticarete yaşanabilecek sorunları engellemek ve en önemlisi gıda güvenliğini sağlayıp, insan sağlığını korumak, gıda ve yemlerde mikotoksin varlığını tespit etmek için günümüzde OTA degradasyonunu azaltan uygulamalar önem kazanmıştır. Gıdalarda bulunan OTA miktarını azaltmak veya daha zararsız forma dönüştürmek için günümüzde fiziksel, kimyasal ve biyolojik detoksifikasyon yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemlerin bazıları gıda maddesinin besin değerini azaltmakta, yapısını bozmakta, kimyasal kalıntı bırakma riski taşımakta ve ekonomik açıdan avantajlı olmadığı için günümüzde yenilikçi uygulamalar olan talep giderek artmaktadır (Wang et al., 2022). Yenilikçi ısı olmayan uygulamalardan biri olan soğuk plazma teknolojisi gıda endüstrisindeki potansiyel uygulamaları olan yeni, düşük maliyetli, çevre dostu bir teknolojidir. Kullanım sırasında düşük enerji sağlaması, işlem süresinin kısa olması, atmosferik basınçta gerçekleşebilmesi ve toksik olmaması ile öne çıkmaktadır (Albayrak ve Başyigit Kılıç, 2020). Ayrıca soğuk plazma teknolojisi, sürdürülebilir bir teknolojidir (Mısra et al., 2019). Literatürde soğuk plazma teknolojisinin OTA degradasyonu üzerine etkisini inceleyen çalışmalar mevcuttur (Guo et al., 2023; Casas-Junco et al., 2019; Durek et al., 2018; Ouf et al., 2015).

Bu tez çalışması kapsamında dielektrik bariyer deşarj soğuk plazma (DBD) uygulamasının kuru üzümde okratoksin A degradasyonu üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kuru Üzüm Hakkında Genel Bilgiler

2.1.1. Asma bitkisi ve üzüm meyvesi

Asma bitkisi, Dünya üzerinde yayılış alanlarına bakıldığında çok geniş bir tür zenginliği oluşturmaktadır (Ünal ve Soltekin, 2018). Asmanın ana yurdu olarak kabul edilen küçük Asya, Anadolu'yu da kapsamakta ve tarihçesi M.Ö. 5000 yıllarına dayanmaktadır (Şen, 2014). Üzüm yetiştiriciliği için uygun iklim şartlarına sahip olan ülkemizde, bölgesel olarak 1400 üzüm çeşidinin olduğu bilinmektedir (Terzi vd., 2023).

Tarih öncesi çağlardan beri dünya üzerinde geniş bir alana yayılmış meyve türlerinden biri olan asma, ılıman kuşak bitkisi olup, 30°-40° kuzey ve güney enlemleri arasında yetişmektedir (Ünal ve Soltekin, 2018; Deliorman vd., 2011). İklim ve toprak istekleri yönünden çok seçici olmaması, çoğaltma yöntemlerinin kolay olması ve farklı formlarda tüketilmesi sebebiyle asırlardan beri önem arz etmektedir (TEPGE, 2021). Şekil 2.1'de asma görseline yer verilmiştir.



Şekil 2.1 Asma görseli.

Geçmişten günümüze en yaygın kültür bitkilerinden biri olan asma (*Vitis vinifera*), *Vitaceae* familyasında *Vitis* cinsinin bir türüdür ve asma bitkisinin tatlı, sulu ve salkım şeklindeki meyvesi üzüm olarak adlandırılmaktadır (Aslanoğlu, 2014). Üzüm meyvesi üç kısımdan oluşmaktadır. Bu kısımlar içten dışa doğru çekirdek, pulp ve kabuk olarak isimlendirilmektedir (Zemzemoğlu-Arpa, 2019).

Üzüm meyvesi (*Vitis vinifera* L.), odunsu, sarmal tırmanan geniş yapraklı ve yaprak döken bir bitkinin meyvesi olarak tanımlanmaktadır. Yaz mevsiminde küçük taneli ve salkımlı olan üzüm meyvesinin rengi yeşilden mor ve siyaha kadar değişim gösterebilmektedir (Ateş, 2015). Şekil 2.2’de üzüm meyvesi görülmektedir.



Şekil 2.2 Üzüm meyvesi.

Dünyada üzüm çeşitleri yetiştirilmeye uygunluk, renk (sarı, yeşil, pembe, koyu kırmızı, siyah ve koyu mor), tat, doku gibi tekstürel ve duyuşal özelliklere göre sınıflandırılmakla birlikte, kullanım amacına göre sofralık, şaraplık ve kurutmalık olarak da sınıflandırılabilir (Uzunorman, 2022). Ayrıca üzümler çekirdekli ve çekirdeksiz olarak da sınıflandırılmaktadır (Uysal-Seçkin, 2019).

Çekirdekli üzümde bulunabilecek çekirdek sayısı ortalama 0 ile 4 arasında değişebilmektedir (Ribéreau-Gayon et al., 2006). Üzüm çekirdeği, ülkemizde şarap

üretimi ve meyve suyu endüstrisinde ikincil ürün olarak ortaya çıkmakta ve üzüm meyvesinin takribi %20'lik kısmını oluşturmaktadır (Aktan ve Kalkan, 2000). Üzüm çekirdeğinin yapısında, %11 protein, %16 yağ, %40 lif bulunmakta, kalanını tannin, şekerler, mineral maddeler ve fenolik bileşikler oluşturmaktadır (Demirkol, 2016). Çekirdekler aynı zamanda E vitamini ve linoleik asit içermekte, fenolik maddelerin %60-70 kadarı çekirdekte, %30'u kabuk kısmında geri kalanı ise üzüm pulpunda bulunmaktadır (Li et al., 2011). Üzüm çekirdekleri içerdikleri yüksek fenolik bileşenler sayesinde gıda sanayinde koruyucu ve takviye gıda olarak kullanılmaktadır. Ayrıca insan sağlığı üzerinde diyabet, yüksek kolesterol, hipertansiyon ve Alzheimer gibi hastalıklarda olumlu sonuçlar elde edilirken, yaşlanma karşıtı olarak da kullanılabileceği tespit edilmiştir (Bekar, 2017).

Üzüm tanesinin etli kısmını oluşturan pulp, toplam tane ağırlığının %75-85'ni oluşturmakta ve pulpun temel bileşenlerini fruktoz ve glikoz oluşturmaktadır (Ribéreau-Gayon et al., 2006). Üzüm meyvesinin en dış katmanı olan kabuk kısmı toplam kuru ağırlığın %5-10'unu oluşturmakta ve meyveyi fiziksel tehlikelerden, olumsuz hava koşullarından, dehidrasyondan, mikrobiyal kontaminasyon ve UV ışığından koruyarak hidrofobik bariyer görevi görmektedir (Pinelo et. al., 2006).

2.1.2. Kuru üzüm üretimi

İnsanlık tarihinin en eski muhafaza tekniklerinden biri gıdaların kurutularak dayandırılmasıdır (Cemeroğlu, 2018a). Kurutma işlemi bir gıda maddesinden nemin uzaklaştırılması olarak tanımlanabilmekle birlikte, gıdanın kütle ve hacminin önemli ölçüde azalmasıyla, gıdanın depolama ve taşıma etkinliği de artmaktadır (Singh and Heldman, 2015). Ayrıca kurutma ile serbest su uzaklaştığı için gıdalarda meydana gelebilecek biyokimyasal ve mikrobiyolojik reaksiyonlar da önlenmektedir. Gıda işletmelerinde güneşte kurutma ve yapay kurutma

yöntemleri birçok meyve ve sebzenin kurutulmasında kullanılmaktadır (Cemeroğlu, 2018a).

Yapay yolla kurutma işlemi günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sıcak havanın kullanılmasıyla tepsili kurutucu, tünel kurutucu ve akışkan yatak kurutucu gibi güneşte kurutmaya alternatif yöntemler geliştirilmiştir (Köprüalan vd., 2019). Güneşte kurutma, iklimsel olaylardan olumsuz etkilenmesi, sergi alanlarında hijyenik koşulların tam olarak sağlanamaması, kurutma süresinin uzun olması ve düşük ürün kalitesine rağmen, ekonomik anlamda günümüzde kullanılan kurutma yöntemlerinden biridir (İnan, 2012). Başta üzüm ve kayısı olmak üzere bazı meyveler güneşte kurutulurken olgunlaşmaya devam etmekte ve bu durum renkte istenen özelliklerin gelişmesine yardımcı olmaktadır (Cemeroğlu, 2018a).

Meyveler olgunlaşmaya başladıktan kısa bir süre sonra tüketilmezse biyokimyasal ve mikrobiyolojik bozulmalar sonucunda çürümeye başlar. Olgunlaştıktan sonra tüketim miktarı fazla olan meyvelerde oluşabilecek kayıpların önleyebilmek için kurutularak tüketilmesi gerekmektedir. Türkiye’de iç tüketimi ve dış pazara ihracatı gerçekleştirilen kuru meyve ve sebzelere kayısı, üzüm, incir, biber, patlıcan ve domates örnek olarak verilmektedir (Uysal-Seçkin, 2019).

Üzüm meyvesinin, kurutma işlemi sayesinde raf ömrü artmaktadır. Aynı zamanda üzümün su aktivitesinin azalmasıyla birlikte mikrobiyal, enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonlara karşı üzümün korunması amaçlanmaktadır (Uzunorman, 2022). Günümüzde, güneşte kurutma, sıcak havayla kurutma, mikrodalga kurutma, vakumlu kurutma ve kızılötesi kurutma üzümün kurutulmasında en sık kullanılan kurutma yöntemleri arasında yer almaktadır (Khiari et al., 2019).

Sultaniye çeşidi kuru üzüm çekirdeksiz yapısı ve iri taneleri sebebiyle ülkemizde kurutularak tüketimi gerçekleştirilmektedir. Sultaniye çeşidinin tane şekli elipsoidal, kabuğu ince, küçük taneli, çekirdeksiz, sulu ve yeşil sarı renkli olarak tanımlanmaktadır (Uzunorman, 2022). Dünya’da Sultaniye çekirdeksiz kuru üzümün hasadı, Güney Yarıküre’de ise Mart ve Nisan aylarında gerçekleştirilirken, Kuzey Yarıküre’de Ağustos ve Eylül aylarında gerçekleştirilmektedir (Akdeniz, 2011). Ülkemizde kurutmak için üretilen çekirdeksiz kuru üzüm, Ağustos ve Eylül ayları arasında hasadı gerçekleştirilmektedir (İçier, 1997).

Hasat zamanının doğru seçilmesi kuru üzümün kalitesini ve kuruma randımanını doğrudan etkilemektedir. Üzüm taneleri, büyüme döneminden olgunlaşma dönemine geçtikten (ben düşme dönemi) sonra toplam asitlik değeri düşerken, şeker birikmeye başlamaktadır. Sultaniye çekirdeksiz üzümün en iyi kurutma randımanı verdiği refraktometrik derece 22-23 °Bx olarak belirlenmiştir. Hasada yaklaşık dönemde günde her tane içinde yaklaşık 0.5 °Bx şeker birikmektedir (Akdeniz, 2011; Karagözlü, 1993).

Olgunlaşma aşamasına ulaşmış üzümler hasat edilmekte ve meyve kurutulmadan önce çeşitli ön işlemlerden geçirilmektedir. Bu ön işlemler amaca uygun olacak şekilde fiziksel ve kimyasal yöntemler olmak üzere iki şekilde sınıflandırılmaktadır. Fiziksel ön işlemlere örnek olarak ön ısıtma, mikrodalga ve ohmik ısıtma gibi ısısal ve ısısal olmayan işlemler örnek verilebilirken, bu kısımda amaç üzüm kabuğunda mikro çatlaklar oluşturabilmektir. Kurutmanın hızlandırılması amacıyla gerçekleştirilen kimyasal ön işlemler eski çağlardan beri uygulamaktadır. Bu amaçla kullanılan odun külü ve zeytinyağı ile hazırlanan bandırma çözeltisinin yerini günümüzde K_2CO_3 ve $NaOH$ gibi alkali bileşiklere bırakmıştır. Alkali çözeltiler, üzümün yüzeyindeki mumsu tabakayı çözerek

uzaklaştırır bu sayede kurutma süresi kısalmaktadır (Uzunorman, 2022; Patidar et al., 2021; Wang et al., 2020; Cemeroğlu, 2018a; Adiletta et al., 2016).

Dünya genelinde bandırılmış kuru üzüm ve bandırılmamış (naturel) kuru üzüm olmak üzere iki farklı kuru üzüm çeşidi bulunmaktadır. Yaş üzüme kimyasal bir işlem uygulanmadan kurutularak elde edilen yüzeyi yağsız, kabuğu sert ve koyu gri-siyah ve/veya kahverengi-gri kabuğa sahip olan üzüm bandırılmamış (naturel) kuru üzüm olarak adlandırılmaktadır. Bandırmalı kuru üzüm ise potasa çözeltisi veya bandırma eriği olarak isimlendirilen çözeltiliye batırılarak kurutulan, açık renkli, yağlı yüzeyli ve yumuşak yapıda kuru üzüme verilen isimdir (Zemzemoğlu-Arpa, 2019). Türkiye’de kurutulan çekirdeksiz Sultaniye cinsi kuru üzümler soğuk bandırma yapılarak güneşte kurutulmaktadır (İnan, 2012).

Ülkeler arasında birbirinden farklı bandırma yöntemleri bulunmaktadır. TS 3411’e göre ülkemizde bandırma eriğinin genellikle 100 kg suya 5-8 kg potasa (K_2CO_3) ve 0.6-0.8 kg zeytinyağı katılarak usulüne göre hazırlanan eriyik olduğu bildirilmektedir. Bandırma çözeltisi içerisinde %70 K_2CO_3 ve %30 potasyum tuzları ve diğer tuzları bulundurmaktadır (Güleç, 2004).

Üzümler salkımlar halinde delikli kulplu kaplara yerleştirilir ve kurumayı kolaylaştıran bandırma çözeltisi içerisine daldırılıp çıkartılır. Ülkemizde bandırma çözeltisi olarak kullanılan alkali sıvısı genellikle %5-7 K_2CO_3 ve %0.5 zeytinyağı veya yüzey aktif madde olarak %2.5 K_2CO_3 ve %2 etil oleat olacak şekilde hazırlanmaktadır. Bandırma işlemi uygulamak amacıyla delikli sepetler içerisinde yerleştirilen üzüm meyveleri, hazırlanan potasa çözeltisine daldırılmaktadır. Çözelti içerisinden çıkarılan meyveler tel, beton veya topraktan hazırlanmış olan sergi üzerine yayılmaktadır. 1 m²’lik alana yaklaşık olarak 10-12 kg arasında üzüm meyvesinin serildiği ifade edilmektedir. Ülkemizde yer sergisi haricinde 5 katlı raflı

sergi sistemleri de bulunmaktadır. Üzümlerin kurutulması hava koşullarına bağlı olarak 7-10 günde tamamlanmakta renkleri altın sarısı ile sarımsı kahverengi arasında değişim göstermektedir (Zemzemoğlu-Arpa, 2019; Cemeroğlu, 2018a; İçier, 1997).

Ülkemizde, Ege Bölgesi'nde mevsimsel yapısı gereği, Eylül ayından itibaren bağıl nem yüksek değerlerde seyretmekte bu yüzden kuruma hızı düşmekte, üzümlerin sergide kalma süresi uzamaktadır (Akdeniz, 2011). Çekirdeksiz kuru üzümün son nem içeriği %12-18 arasında olup, 3.5-4 kg üzüm meyvesinden yaklaşık 1 kg kuru üzüm elde edilmektedir (Cemeroğlu, 2018a).

TS 3411 sayılı Çekirdeksiz Kuru Üzüm Standardı kapsamında kuru üzümler “hazırlanma şekillerine göre; ağartılmış, ağartılmamış bandırmaz ve ağartılmamış bandırmalı olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır. Renklerine göre kuru üzümler; Tip 7, Tip 8, Tip 9, Tip 10, ve Tip 11 olmak üzere 5 sınıfa, kalite özelliklerine göre; ekstra, Sınıf I, Sınıf II ve endüstriyel olmak üzere dört sınıfa, boylarına göre; çok iri, iri (standart), orta, küçük ve çok küçük olarak 5 sınıfa ayrılmıştır” (Anon, 2005).

Kurutulmuş Sultaniye çekirdeksiz üzümler ülkemizde belirlenen TS 3411 Çekirdeksiz Kuru Üzüm Standardında belirlenen kapsam dahilinde işlenmekte ve kalite özelliklerine uygun olacak şekilde depolanıp, iç pazara satılmaktadır. Ayrıca her ülkenin kendine ait standart ve spesifikasyonları bulunmaktadır. İhraç edilecek kuru üzümler bu kapsam dahilinde işlenmelidir (İçier, 1997).

2.1.3. Kuru üzümün besinsel değeri ve sağlık üzerine etkisi

Günlük beslenmede önemli bir yere sahip olan üzüm meyvesi, fenolik bileşenlerce zengin olmasının yanında, biyoaktif fitokimyasallar, hidroksisinnamik

asitler, antosiyaninler, proantosiyadinler ve stilbenler gibi insan sağığına yararlı birçok biyoaktif bileşen içermektedir (Sabra et al., 2021).

Ayrıca üzümler, yüksek şeker içeriğı nedeniyle enerji bakımından zengin bir kaynaktır. Kalsiyum, potasyum, demir ve sodyum gibi mineraller; A vitamini, Tiamin, Riboflavin, Niasin, B₆ ve C vitamini bakımından da zengin olduğı bildirilmektedir (Uzunorman, 2022).

Yüksek besin içeriğı sayesinde sevilerek tüketilen kuru meyvelerden biri olan kuru üzüm, içerdığı kolayca sindirilebilir fenolik bileşikler sayesinde iyi bir besin kaynağıdır. Bu bileşiklerin dışında aroma maddeleri, pektik maddeler, azotlu bileşikler, organik asitler ve enzimlerce zengindir (Ateş, 2015; Kelebek et al., 2013).

Üzümün kimyasal bileşimindeki değışim başta üzümün çeşidine, toprak ve iklim koşullarına, olgunluk derecesine bağılı olarak değışim göstermektedir (İçier, 1997). Üzümde en çok bulunan bileşen sudur. Üzüm çeşidine göre su miktarı %70-90 arasında değışim göstermektedir. Olgunlaşmaya bağılı olarak kuru üzümdeki su miktarı %50'ye kadar düşebilmektedir (Zemzemoğlu-Arpa, 2019). Yaş üzüm ve çekirdeksiz kuru üzümün besin bileşimi Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Bitkilerde bulunan fenolik bileşikler; fenolik asitler, flavonoidler, tanenler, kumarinler, lignanlar, kinonlar, stilbenler, kurkumimoidler olarak sınıflandırılmaktadır (Gan et al., 2019). Üzümde bulunan fenolik asitleri ise; fenolik asitler, flavonoidler, antosiyaninler ve tanenler olarak dört gruba ayrılmaktadır (Bell, 2011). Kuru üzümün antioksidan aktivitesi fenolik bileşenlerden gelmektedir. Kuru üzümün yapısında bulunan kateşin, prosiyanidin gibi spesifik

polifenoller, kuru üzüme antioksidan ve antimikrobiyal aktivite kazandırmaktadır (Olmo-Cunillera et al., 2019).

Çizelge 2.1 Üzüm meyvesi ve çekirdeksiz kuru üzüm bileşimi (100 g için) (USDA, 2019).

Bileşen 100g	Yaş üzüm	Çekirdeksiz kuru üzüm
Su (g)	80.5	14.9
Enerji (kcal)	69.0	301.0
Protein (g)	0.72	3.28
Toplam yağ (g)	0.16	0.2
Karbonhidrat (g)	18.1	80.02
Diyet lifi (g)	0.9	3.3
Kalsiyum (mg)	10.0	64.0
Demir (mg)	0.36	0.98
Magnezyum (mg)	7.0	35.0
Fosfor (mg)	20.0	101.0
Potasyum (mg)	191.0	746.0
Sodyum (mg)	2.0	24.0
Çinko (mg)	0.07	0.37
Bakır (mg)	0	0.228
Mangenez (mg)	0	0.226
Selenyum (µg)	0	0.7
A vitamini (IU)	66.0	0
Tiamin (mg)	0.07	0.008
Riboflavin (mg)	0.07	0.191
Niasin (mg)	0.19	1.142
B ₆ vitamin (mg)	0.09	0.323
C vitamini (mg)	3.2	3.2
E vitamini (mg)	0.19	0
Folik asit (µg)	2.0	0

Kurutma işlemi sonucunda, kuru üzümlerde ağırlık başına düşen antioksidan kapasite, taze üzümlere göre daha yüksektir. Fenolik bileşikler harici, organik

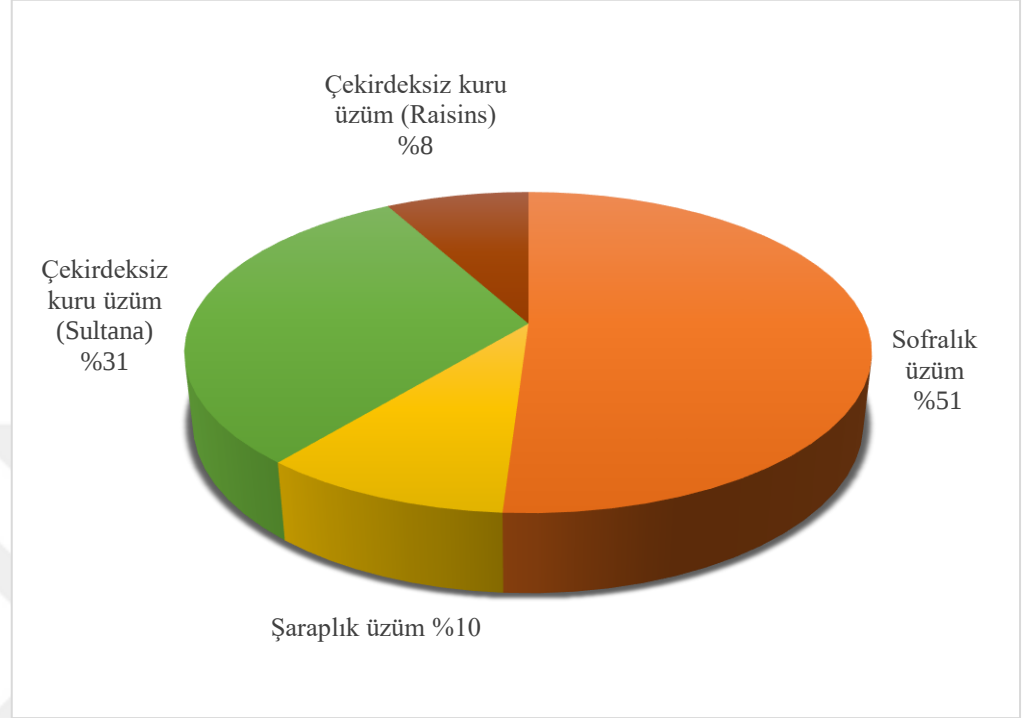
asitler ve Maillard reaksiyonu ürünleri kuru üzümde bulunan antioksidan kapasiteye katkıda bulunmaktadır (Williamson and Carughi, 2010).

Sebze ve bazı meyvelerin aksine kuru üzüm içerdiği şeker oranı sayesinde sevilerek tüketilmektedir. Kuru üzümün toplam karbonhidrat miktarının %99'unu glikoz ve fruktoz oluşturmaktadır. Ayrıca kuru üzümün, 100 gramı yaklaşık 3.3 g lif içermektedir (Bell, 2011).

Aroma maddeleri kuru üzüm için önemli bileşenlerinden birdir. Kuru üzümdeki aroma maddeleri de taze üzümde bulunan aroma maddeleri ile benzerlik göstermekte, serbest ve bağlı formda bulunmaktadır. Kuru üzümde bulunan aroma maddeleri, kurutma sırasında oluşan pirazinler ve furanlar; Maillard reaksiyonu sonucu oluşan asitler ve aldehitler oluşturmaktadır (Wang et al., 2017).

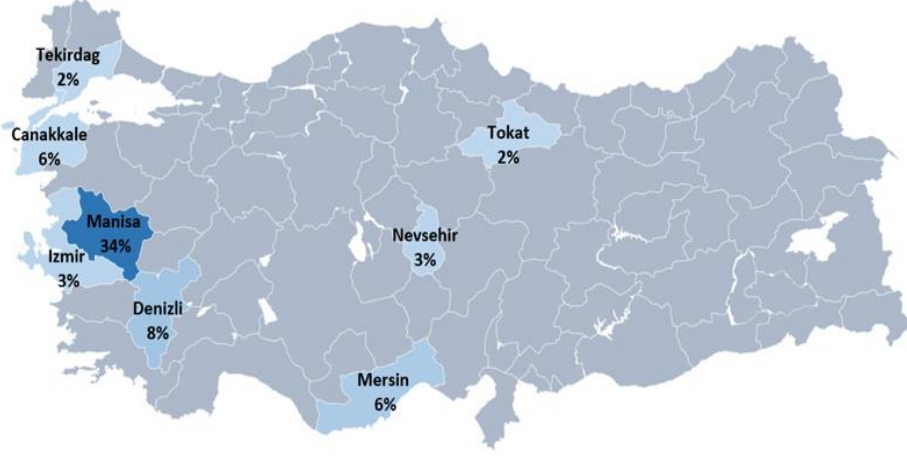
2.1.4. Üzüm ve kuru üzümün Dünya'da ve ülkemizdeki üretimi

Dünya üzerinde 2021 yılında 6.7 milyon ha alanda 73 milyon ton üzüm üretimi gerçekleşmiştir. Dünya yaş üzüm üretiminde İspanya, Çin ve İtalya ilk sıralarda yer almaktadır. Ülkemizde, 2022 yılında 4.2 milyon dekar alanda 3.6 milyon ton üzüm üretimi gerçekleşmiştir. Üretimde bağ alanlarında Manisa, Mardin ve Denizli ilk sıralarda yer alırken; Manisa, Mersin ve Denizli önemli üzüm üreticisi şehirleri arasında yer almaktadır (TEPGE, 2023). Türkiye coğrafi özellikleri sayesinde; kurutmalık, sofralık, şaraplık ve şıralık üzüm çeşitlerinin yetiştirilmesi için elverişli çevresel şartlara sahiptir (Yüceilli, 2020). Ege Bölgesi, üzüm yetiştiriciliğinin en geniş alanda yapıldığı bölgedir. Ege Bölgesi'ni takiben Güneydoğu Anadolu ve Karadeniz Bölgesi izlemektedir (Bekar, 2017). Şekil 2.3'te ülkemize ait 2011-2022 yılları arasındaki üzüm üretimi dağılımı yer almaktadır.



Şekil 2.3 Türkiye üzüm üretim dağılımı (2021-2022) (TürkStat, 2022).

Ege bölgesi, Türkiye’de en fazla üzüm üretiminin gerçekleştirildiği bölgedir. Ege bölgesinde üretilen üzümün yaklaşık %51’ini sofralık üzüm oluşturmakla birlikte, kurutularak tüketimi gerçekleştirilen çekirdeksiz kuru üzümler toplam üretimin %39’unu oluşturmaktadır. Üretilen kuru üzümler kendi arasında bandırmalı çekirdeksiz kuru üzüm (Sultana) ve bandırmalı çekirdeksiz kuru üzüm (Raisins) olarak ikiye ayrılmaktadır. Türkiye’de kurutulan üzümlerin %31’ini bandırmalı çekirdeksiz kuru üzümler oluştururken, %8’ini bandırmalı çekirdeksiz kuru üzümler oluşturmaktadır. Ayrıca hasat edilen üzümlerin %10’u şarap üretiminde kullanılmaktadır (Şekil 2.3). Marmara Bölgesi ile Orta Anadolu ve Güneydoğu Anadolu’da daha az miktarda şaraplık ve sofralık üzüm üretmektedir (Şekil 2.4) (USDA, 2022).



Şekil 2.4 Türkiye üzüm üretim dağılımı (2011-2022) (TürkStat, 2022).

Türkiye’de üzüm üretimi ve işlemenin lokomotifi kabul edilen Ege Bölgesi’nde bağların %34’ü Manisa ilinde bulunmaktadır. Manisa’yı, sırasıyla Denizli (%8) ve İzmir (%3) illerinde yetiştirilen bağlık alanlar izlemektedir. Diğer bölgelerde bulunan illerimizde ise; Mersin’de ve Çanakkale’de %6, Nevşehir’de %3 ve son olarak Tokat ve Tekirdağ’da %2 olarak en fazla bağlık üretimin yapıldığı tespit edilmiştir. Kullanım amaçlarına göre sırasıyla sofralık, kurutmalık çekirdeksiz ve şaraplık üzüm için en geniş bağlık alanlar kullanılmaktadır. Genellikle çekirdekli üzüm üretimi Akdeniz ve Ege Bölgesinde üretilirken, şaraplık üzüm üretimi sırasıyla Güneydoğu Anadolu, Ege ve İç Anadolu bölgelerinde en çok üretilmektedir (USDA, 2022).

Türkiye gerek coğrafi özellikler gerek jeolojik konumu gereği, çekirdeksiz kuru üzüm üreticisi ve ihracatçısı olarak dünya sıralamasında önemli bir konumdadır. Türkiye’de üzüm üretiminin %38.4’ünü çekirdekli sofralık üzüm oluştururken, %28.2’sini çekirdeksiz kurutmalık üzüm oluşturmaktadır. Türkiye’nin ülkelere göre en çok kuru üzüm ihracatı yaptığı ülkeler sırasıyla;

Birleşik Krallık, Almanya, Hollanda, İtalya ve Fransa'dır. 2022 yılı Dünya kuru üzüm ihracatının %31.3'ünü Türkiye karşılamaktadır. İç pazarda çekirdeksiz kuru üzüm tüketim miktarının ise ortalama 35-50 bin ton seviyesinde olduğu tespit edilmiştir (TEPGE, 2023).

2.2. Mikotoksin

Mikotoksin kelimesinin kökeni, Yunanca mantar anlamına gelen “Myces” ve Latince zehir anlamına gelen “Toxicum” kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır (Özgören, 2012). Küfler tarafından sentezlenen sekonder bileşikler mikotoksin olarak isimlendirilmektedir. Günümüzde kimyasal yapısı tanımlanmış 400 civarında mikotoksin çeşidi bulunmaktadır (Heperkan, 2014). Mikotoksinler hayvansal ve bitkisel kaynaklı gıda ürünlerinde sıklıkla oluşabilmekte, bitkisel ürünlerde ise hasat öncesi ve hasat sonrasında ürünlerde bulunabilmektedir. İnsan ve hayvanlarda patolojik ve istenmeyen etkilere neden olmaktadır (Karagözlü, 1998).

Başlıca mikotoksin sentezleyen tarla küfleri *Fusarium* ve *Alternaria*; depo küfleri ise *Aspergillus* ve *Penicillium* olarak sınıflandırılmaktadır. Hasat öncesi ve sonrası hava koşullarının sıcaklığı gıda üzerinde küf oluşmasını desteklemektedir. Havanın sıcak, nemli ve yağışlı olması küf gelişimine ve mikotoksin oluşumuna ortam sağlamaktadır. Meyve ve sebzeler taze tüketildiğinde mikotoksin varlığı açısından nadir olarak risk taşıırken, hasattan itibaren uygun olmayan koşullarda kurutulması, işlenmesi ve depolanması sonucu üründe bulunabilecek küfün toksin oluşturmaya neden olabilmektedir. Ayrıca meyve ve sebzelerin çeşidine, ürünün olgunluk durumuna, ortamda bulunan diğer mikroorganizmaların varlığına ve böceklerin meyve ve sebzelerde bulunan koruyucu yapıyı bozmaları da küf

gelişimine ve mikotoksin üremesine sebep olabilmektedir (Heperkan, 2014; Ünal, 2009; Çelik, 2008).

Mikotoksinlerin gıdalarda kontaminasyonu, direkt ve indirekt olarak iki şekilde ifade edilmektedir (Özgören, 2012). Mikotoksikozis ise mikotoksinlerle kontamine olan hayvan yemleri veya gıdaların tüketilmesiyle oluşan hastalıklara verilen isimdir (Heperkan, 2014). Mikotoksin içeren gıdaların doğrudan tüketimi sonucu oluşan hastalıklara “birincil mikotoksikozis” olarak isimlendirilirken, hayvanlar tarafından kontamine yemlerin tüketimi sonucunda, hayvansal ürünlere geçen mikotoksinlerin insanlar tarafından tüketilmesiyle oluşan hastalıklar ise “ikincil mikotoksikozis” olarak ifade edilmiştir (Kaya, 2012).

Mikotoksinlerin kimyasal yapısı incelendiğinde çoğunun aromatik yapıda olduğu, bir kısmının da alifatik bileşiklerden oluştuğu tespit edilmiştir. Mikotoksinler genellikle yüksek sıcaklıklara karşı direnç göstermektedir. Ek olarak haşlama, pişirme ve sterilizasyon gibi sıcaklık uygulamaları ile giderilememektedir (Çelik, 2008; Erzurum, 2001).

Mikotoksinlerin ilk kez 1960’lı yıllarda İngiltere’de yüz bin hindi palazının, Amerika’da bir milyon genç alabalığın, ani ölümü sonucu “Turkey-X hastalığı” olarak adlandırılmış ve araştırılmaya başlanmıştır. Bu araştırma sonucunda, hindi palazının yemlerinde kullanılan yer fıstığı küspesinin Brezilya kökenli ve küflü olduğu tespit edilmiştir. Yer fıstığı küspesinden *Aspergillus flavus* izole edilmiş ve onun metaboliti olan difurankumarin yapının söz konusu ölümlere sebep olduğu tespit edilmiştir. Sonrasında bu metabolite “Aflatoksin” adı verilmiştir (Şen, 2014).

Türkiye’de 1967 yılında Kanada’ya ihraç edilen fındıklarda aflatoksinin tespit edilmesi ve fındıkların geri gönderilmesi mikotoksinli ürünlerin ülkemizde

ilk defa kaydedilmiştir. Sonrasında 1971 yılında Amerika'ya ihraç edilen Antep fıstıkları ve 1972 yılında Danimarka'ya gönderilen kuru incirler de aflatoksin bulunması sebebiyle geri gönderilmiştir. Daha sonra Antep fıstıklarında, meyve sularında, kuru meyvelerde, buğday, un ve ekmekte, hububat ve baklagillerde, süt ve mamullerinde aflatoksin başta olmak üzere diğer mikotoksinlerin tespiti hakkında araştırmalar yapılmaya başlanmıştır (Ünal, 2009). Çizelge 2.2'de bazı önemli mikotoksinler, üretici küfleri ve karsinojenik özellikleri, memeli hayvanlar etkileri ve bulundukları gıdalar verilmiştir.

Çizelge 2.2 Bazı önemli mikotoksinler, üretici küfleri ve karsinojenik özellikleri, memeli hayvanlara etkileri ve bulundukları gıdalar (Heperkan, 2014; Ünal, 2009; Çelik, 2008).

Mikotoksin	Mikotoksin üreten küf	Kanserojenik potansiyelleri	Memeli hayvanlara etkileri	Bulunduğu gıdalar
Aflatoksin	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i>	Grup I	Hepatotoksik, kanserojen, teratojen (AFB ₁)	Yer fıstığı, Antep fıstığı, fındık, mısır, buğday, kırmızı biber, çeşitli kuru meyve ve baharatlar, süt ve süt ürünleri
Okratoksin A	<i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>A. carbonarius</i> , <i>A. niger</i> , <i>Penicillium verucosum</i> , <i>P. citrinum</i>	Grup II	Nefrotoksik, hepatotoksik, teratojen, immunosupresif	Mısır, darı, tahıl ve tahıl ürünleri, kuru meyveler kakao, kahve, baharat ve yer fıstığı, bira, kırmızı şarap
Patulin	<i>P. expansum</i> , <i>Byssoschlamys nivea</i>	Grup III	Nörotoksik	Küflü meyve, sebze, tahıllar
Sitrinin	<i>P. citrinum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. verrucosum</i>	Grup III	Nefrotoksik, nörotoksik	Buğday, çavdar, pirinç, mısır ve meyve suları
Trikotesenler (T-2 Toksin)	<i>Fusarium sporotrichioides</i> , <i>F. poae</i> <i>P. expansum</i>	Grup III	Lökopeni, deri nekrozları	Buğday, mısır, fasulye, saman
Zearalenone	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. equiseti</i>	Grup III	Österojen benzeri etki	Mısır, buğday, arpa
Fumonisin	<i>Fusarium verticillioides</i> , <i>F. proliferatum</i>	Grup IIB	Epidemiyolojik hastalıklar	Üzüm, kahve çekirdeği, kuru üzüm, kırmızı şarap

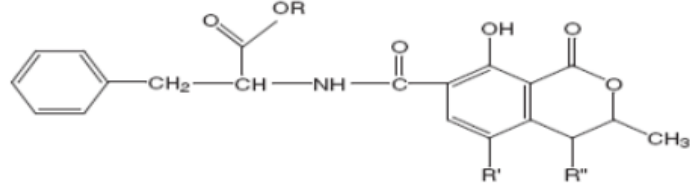
Mikotoksinlerin insan ve hayvanlar üzerinde olumsuz etkisi; toksinin türüne, etki mekanizmasına, alınan doza, toksine maruz kalma süresine, yaşa, metabolizma ve savunma mekanizmasına bağlı olarak değişmektedir (Yalçındağ, 2006). Mikotoksinler vücuda alındıktan sonra çeşitli organlarda birikim göstermektedir. Dünya Sağlık Örgütü-Uluslararası Kanseri Araştırma Enstitüsü (WHO-IARC) tarafından mikotoksinler karsinojenik özelliklerine göre sınıflandırılmıştır.

Dünya Sağlık Örgütü- Uluslararası Kanseri Araştırma Enstitüsü (WHO-IARC) tarafından hazırlanan sınıflandırmaya göre aflatoksin B₁ (AFB₁) Grup I “yeteri kanıt elde edilmiş insan karsinojenleri” grubunda yer alırken; aflatoksin M₁ ve okratoksin A Grup II “muhtemel karsinojenik mikotoksin” grubunda yer almaktadır. Diğer Grup III mikotoksinlerin ise, insanlara karşı karsinojenik etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir (Çelik, 2008).

2.2.1. Okratoksin A

Gıdalarda bulunabilecek mikotoksinler insan ve hayvan sağlığını olumsuz etkilemekte, gıda kalitesi ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Okratoksinler 1960’lı yıllarının ortalarında Güney Afrika’da yapılan laboratuvar çalışmaları sonucu tanımlanmıştır (Kaya, 2012).

Okratoksin klor, hidroksil ve metil gruplarını içeren izokumarin pentaketid (amid, L-fenilalanin amino asidine bağlı) yapıdadır. Kristal yapıda ve renksiz bir bileşik olan okratoksin, polar organik çözügenlerde yüksek oranda çözünürken, suda çözünme oranı çok düşüktür. Okratoksin, sulu sodyum bikarbonatla eriyebilmektedir. Okratoksinin kimyasal yapısı ve türevleri Şekil 2.5’te gösterilmektedir (Heperkan, 2014; Şen, 2014; Karagözlü, 1998).



R	R ^I	R ^{II}	
H	Cl	H	Okratoksin A (OTA)
H	H	H	Okratoksin B (OTB)
Et	Cl	H	Okratoksin C (OTC) (OTA etil esteri)
Me	Cl	H	OTA metil esteri
Et	H	H	OTB etil esteri
Me	H	H	OTB metil esteri
H	Cl	OH	4-OH OTA

Şekil 2.5 Okratoksinin kimyasal yapısı ve türevleri (Şen, 2014).

Bu okratoksin türevleri (Şekil 2.5) içerisinde en bilinenleri; okratoksin A (OTA), okratoksin B (OTB) ve okratoksin C (OTC) olmak üzere sıralanmaktadır. Okratoksin A'nın kimyasal formülü $C_{20}H_{18}ClNO_6$ olarak belirlenirken, kimyasal ismi: L-phenylalanine-N- [(5-chloro-3,4-dihydro-8-hydroxy-3-methyl-1-oxo-1H-2-benzopyrane-7-yl) carbonyl]-(R)-isocoumarin'dir. Okratoksin A üreten küfler, benzer yapıda metil OTA (MeOTA) ve okratoksin B (OTB) ve OTB'nin metil ve etil esterleri (MeOTB ve EtOTB), okratoksin C (OTC) gibi farklı metabolitler de üretmektedir. B grubu okratoksinlerin yapısında klor bulunmadığı için klorsuz okratoksin olarak da adlandırılmaktadır (El Khoury and Atoui, 2010; Ünal 2009; Çelik 2008).

OTA ve OTB'nin metil ve etil esterleri *A. ochraceus* kültürünün minör metabolitleri olarak sentezlenir. OTA'nın daha toksik olmasının sebebi dihidro-metil-izokoumarin halka yapısındaki C5 üzerinde bulunan klor atomuna fenolik OH eklenmesidir. OTB'de klor atomunun bulunmaması OTA'ya kıyasla daha az toksik

olmasını sağlamaktadır. OTA etil esterinin toksisitesi OTA'ya yakınken, OTB'nin esterleri toksik yapıda değildir (Heperkan, 2014; Çelik, 2008; Karagözlü, 1998).

Okratoksinlerin kimyasal yapılarını oluşturan fenilalanin ve dihidroizokumarin bileşikleri arasında bulunan amid bağı, okratoksinleri ısıya ve hidrolize karşı dirençli bir yapıya sahip olmalarına neden olmaktadır (Çelik, 2008).

Okratoksin A (OTA), beyaz kristal toz yapısında ve sıcaklığa karşı oldukça dayanıklı bir mikotoksindir (Gürhayta ve Çağındı, 2015). Okratoksin A' nın moleküler ağırlığı 403.8 g, yoğunluğu 1.366 g/ml, kristal formda erime noktası 169 °C ve suda çözünürlüğü (25 °C'de) 1.31 mg/L olarak belirlenmiştir (Ringot et al., 2006).

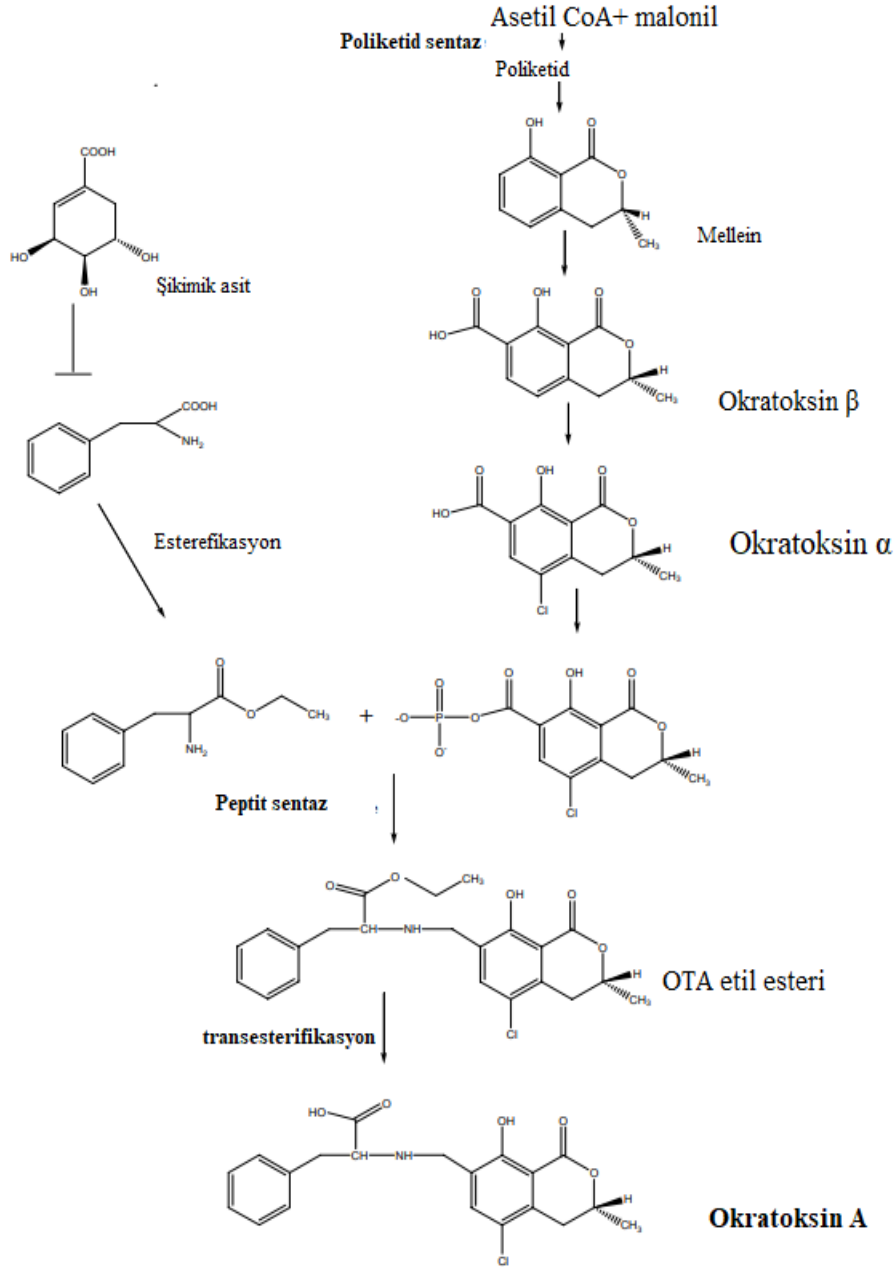
2.2.1.1. Okratoksin A biyosentezi

Okratoksin A'nın biyosentezi; izokumarin grubunun, poliketit sentez yoluyla asetat ve malonattan oluşan pentaketit olduğu düşünülmektedir (El Khoury and Atoui, 2010).

Okratoksinler, L-β fenilalanine amid bağı ile bağlı izokumarin türevleri ve biyosentetik orijinine göre poliketidler grubu içinde pentaketitler olarak sınıflandırılmaktadır. Pentaketitler, asetil CoA'dan ve malonil oluşmakta ve pentaketit sirkülasyon ve aromatisasyonla izokumarine dönüşmektedir. Karboksi türevinin metilasyon, oksidasyon, klorinasyon ve asit aktivasyonları ile şikimik asit yolu sonrası oluşan fenil alanin ve fosfookratoksin A, OTA'yı oluşturduğu düşünülmektedir (Ünal, 2009).

Yapılan bir diğer çalışmada, OTA biyosentezinin üç ayrı aşamada gerçekleştiği tespit edilmiştir. İlk aşama mellein üzerinden poliketid sentezi yoluyla

otokratoksin α 'nın sentezidir. İkinci aşamada; mellein metile edilir ve oksitlenerek 7-Karboksi-Mellein (=Ot β) oluşur. Klorperoksidaz tarafından klorinasyon, Ot α 'yı oluşturur. Bu bileşik daha sonra anhidrit formuna dönüşür, ATP yardımıyla bir aktivasyon reaksiyonu gerçekleşir. İkinci öncü fenilalanin şikimik asit yoluyla sentezlenir, ardından etil ester aktivasyonu ile sonraki adıma hazır hale gelir. Son aşamada ise, aktive edilmiş bu yapılar peptid sentazı aracılığıyla bağlanır ve OTA'nın etil esteri oluşur (OTC). Sonrasında transesterifikasyon ile biyosentetik yolun son adımı olan OTA oluşumu gerçekleşmektedir (Khoury and Atoui, 2010; Huff and Hamilton 1979). Şekil 2.6'da okratoksin A'nın biyosentetik yolunun şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.6 Okratoksin A biyosentezi (Huff and Hamilton, 1979).

2.2.1.2. Okratoksin A sentezleyen küfler

OTA, 1965 yılında laboratuvar ortamında sorgum tanelerinden izole edilen *Aspergillus ochraceus* K-804 suşundan izole edilmiştir (Özgören, 2012; El Khoury and Atoui, 2010). Sıcaklık, su aktivitesi substratın cinsi, küf cinsi gibi etmenler gıda maddeleri üzerinde küf gelişimine ve OTA sentezine ortam hazırlamaktadır (Barkai-Golan and Paster, 2008).

Sekonder metabolit olarak OTA sentezleyebilen *Aspergillus* türleri genellikle dünyanın tropikal ve subtropikal bölgelerinde gelişim gösterirken; *Penicillium* türleri soğuk bölgelerde gelişim gösteren baskın küflerdir (Karagözlü, 1998). Bu küf türleri çoğu zaman OTA, OTB ve OTC'yi eş zamanlı olarak üretmekte ve bu durumun sinerjistik etkiye neden olabileceği düşünülmektedir (Gürhayta ve Çağındı, 2015). Çizelge 2.3'te OTA sentezleyen küfler yer almaktadır.

Çizelge 2.3 Okratoksin A sentezleyen küfler (Özkale, 2000).

<i>Penicillium</i> cinsine ait türler	<i>Aspergillus</i> cinsine ait türler
<i>P. verrucosum</i>	<i>A. ochraceus</i>
<i>P. viridicatum</i>	<i>A. ostianus</i>
<i>P. palitnas</i>	<i>A. steynii</i>
<i>P. cyclopium</i>	<i>A. westerdijkiae</i>
<i>P. purpurogenum</i>	<i>A. carbonarius</i>
<i>P. variable</i>	<i>A. niger</i>
<i>P. purpurescens</i>	<i>A. petrakii</i>
<i>P. glabrum</i>	<i>A. alliaceus</i>
<i>P. nordicum</i>	

Aspergillus türleri (*A. alliaceus*, *A. carbonarius*, *A. westerdijkiae*, *A. ochraceus*, *A. steynii*) gıda ve hayvan yemlerinde OTA gelişimine sebep olan küfler arasında yer almaktadır. Bu türler mahsulleri hem hasat öncesi hem de hasat sonrası koşulda kontamine edebilmektedir (Kumar et al., 2020).

A. ochraceus ve diğer mezofilik küfler (*A. steynii* ve *A. westerdijkiae*), tarım ürünlerinde en yaygın olarak OTA sentezleyen küfler arasındadır. Meyveleri, tahılları, kahve çekirdeği, kakao ve kuruyemişleri hem hasat öncesi hem de hasat sonrası kontamine ederek risk oluşturmaktadır. *A. ochraceus* 8-40 °C sıcaklık aralığında (optimal gelişme sıcaklığı 24-31 °C), 0.95-0.99 su aktivitesi değerlerinde ve pH 3 ile 10 arasında gelişim göstermektedir. *A. ochraceus* OTA harici, penisillik asit, viomellein, vioxantin gibi toksik metabolitler de üretebilmektedir (Wang et al., 2022; Duarte et al., 2010). Çizelge 2.4'te okratoksin A sentezleyen küfler ve bulunabileceği gıdalar yer almaktadır.

Çizelge 2.4 Okratoksin A sentezleyen küfler ve bulunabileceği gıdalar (Bui-Klimke and Wu, 2015).

OTA üreten küfler	Optimum sıcaklık aralığı (°C)	Optimum su aktivitesi değeri	Etkilediği gıdalar
<i>A. ochraceus</i>	24-31	0.95-0.99	Tütsülenmiş ve tuzlanmış kuru balık, kuru meyveler, fındık, tahıllar, pirinç, arpa, mısır, buğday, susam, kahve çekirdeği
<i>A. carbonarius</i>	25-32	0.82	Üzüm, şarap, kuru üzüm, üzüm pekmezi
<i>A. niger</i>	35-37	0.77	Fındık, elma, armut, şeftali, narenciye, üzüm, incir
<i>P. verrucosum</i>	0-30	0.80	Tahıllar, et ürünleri, peynir

A. carbonarius ise genellikle subtropikal ve tropikal iklimlerde gelişim göstermekte ve taze meyveler, bazı sebzeler ve kuru üzümelerde OTA riskine neden olmaktadır. Ayrıca sıcaklığa karşı dirençli olan *A. carbonarius*'un optimum gelişim gösterdiği sıcaklık 32-35 °C'dir. Diğer türlere göre daha düşük bir su aktivitesinde (a_w 0.83) gelişim göstermektedir. Kuru üzüm ve üzüm ürünlerinde (şarap, üzüm suyu) OTA üretiminden sorumlu olduğu tespit edilmiştir (Heperkan, 2014; Amézqueta et al., 2012; Fernández-Cruz et al., 2010).

A. niger'in optimum gelişim gösterdiği sıcaklık aralığı 24-37 °C arasında değişmekte, optimum pH aralığı 4-6.5 arasında değişmekte ve 0.95'in üzerinde su aktivitesinde gelişim göstermektedir (Passamani et al., 2014).

OTA, soğuk ve ılıman bölgelerde *Penicillium verrucosum* veya *P. nordicum* tarafından sentezlenmektedir (Çelik, 2008). *Penicillium verrucosum*' un gelişim gösterdiği pH aralığı 6.0-7.0 olarak belirlenirken optimum gelişim gösterdiği su aktivitesi değeri 0.80 ve optimum gelişim gösterdiği sıcaklık 0 °C olarak belirlenmiştir. Ayrıca *P. verrucosum*, 0-30 °C arasındaki bütün sıcaklıklarda gelişim gösterebilmektedir (Gürhayta ve Çağındı, 2015; Dündar, 2008). Daha düşük sıcaklıklarda gelişim gösterebilen bu küfler serin iklim özelliklerine sahip Kuzey Avrupa ve Kuzey Amerika ülkelerinde gelişim gösterirken daha çok hububat ve hububat ürünlerinde OTA oluşumundan sorumludur (Heperkan, 2014).

Kuru üzüm besin içeriğince zengin olması ve müsli, bisküvi, kek vb. gıdalarda kullanılmasıyla severek tüketilen bir üründür. Kuru üzümde bulunan toksin miktarı yaş üzüme kıyasla daha fazladır. Üzümün yetiştirildiği bölgenin iklim koşullarının bu toksinin oluşumu ve miktarı üzerine doğrudan etkisi olduğu tespit edilmiştir (Başegmez ve Namlı, 2020). Üzüm ve kuru üzümde izole edilmiş, *A. ochraceus*, *A. westerdijkiae*, *A. carbonarius* ve *A. niger* gibi küflerin OTA sentezledikleri tespit edilmiştir (Heperkan, 2014).

2.2.1.3. OTA'nın insan sağlığı üzerine etkisi

Üzüm meyvesinin, uygun olmayan şartlarda hasat edilmesi, kurutulması ve depolanması sırasında küflerin gelişebilmesi için elverişli bir ortam oluşmaktadır. Bu durum sonucu kuru üzümlerin OTA kontaminasyonuna maruz kalma

potansiyeli oldukça yükselmektedir. OTA bulaşan kuru üzümün tüketilmesi sonucunda tüketicilerde ciddi sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır.

Okratoksinler, karaciğer ve böbrek hücrelerinde bulunan mitokondri membranlarında bulunan taşıyıcı proteinlerin aktivasyonunu inhibe etmekte ve mitokondriyal solunumu, anorganik fosfor transportunu ve enerji dengesini bozarak mitokondride hasara neden olmaktadır (Tünel ve Çalapoglu, 2017).

OTA'nın memelilerde hedef aldığı organın böbrek (nefrotoksik) olduğu tespit edilmiştir (Kumar et al., 2020). Günümüzde OTA'nın karsinogenik (kansere neden olan), hepatoksik (karaciğer zararlanması), genotoksik (DNA hasarı), teratojenik (embriyonal zararlanma), immunotoksik (bağışıklık sistemi bozuklukları) etkilerinin yanında, protein sentezi inhibisyonu, lipid peroksidasyonu, mitokondrideki oksitadif fosforilasyon bozulması, glikoneogenezis, kanın pıhtılaşmasını engelleme ve apoptozise (hücre parçalanması) neden olduğu tespit edilmiştir (Şen, 2014). Ayrıca OTA'nın fizyolojik oksidatif stresi tetikleyerek hücrelere zarar verdiği ve DNA'ya zarar veren ve bazı mutasyonlar oluşturabilen Nrf2 inhibitörü olduğu da tespit edilmiştir (Linciel and Jennings, 2014).

Okratoksin A, gıdalarda sıklıkla bulunan zararlı bir mikotoksindir. OTA ilk olarak karaciğerde metabolize edilmekte, sonrasında safrayla atılarak sistemik dolaşıma girmektedir (Tünel ve Çalapoglu, 2017). İnsan vücuduna, OTA'nın sindirim sistemi yoluyla girmesiyle birlikte, kan yoluyla, başlıca böbreklerde, düşük konsantrasyonlarda karaciğerde, kas ve yağlarda dağılım gösterdiği raporlanmıştır (Külahi, 2019; Çelik, 2008).

Uluslararası Kanseri Araştırma Örgütü (IARC) tarafından "muhtemel kanserojen" olarak sınıflandırılan OTA, insanlarda Balkan Endemik Nefropatisi'

ne sebep olurken, domuzlarda Danimarka böbrek nefropatisi hastalığıyla ilişkilendirilmektedir (Kaya, 2012).

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA), OTA için Tolere Edilebilir Haftalık Alım (TWI) miktarını 120 ng/kg v.a. olarak belirlenirken, OTA'ya maruz kalma seviyeleri haftada vücut ağırlığının kilogramı başına 15-60 ng arasında değiştiği belirlenmiş ve Tolere Edilebilir Haftalık Alım (TWI) miktarının oldukça altında olduğu tespit edilmiştir (EFSA, 2006). 2020 yılında EFSA OTA hakkında belirlenen TWI değerinin güncellenmesi gerektiğini tespit etmiş ve mevcut TWI değerinin geçerliliğinin olmadığını raporlamıştır. Ayrıca hesaplanan maruz kalma değerlerinin belirli tüketici grupları için olası sağlık sorunlarına işaret edebileceği sonucuna varılmıştır (EFSA, 2022).

Birleşik Krallık Gıda Tüketim Ürünleri ve Çevresindeki Kimyasalların Toksisitesi Komitesi (COT), 2017 yılında 0-12 aylık bebeklerin beslenmesinde potansiyel OTA kaynaklı riskleri araştırmıştır. Bu araştırma sonucunda günde tahmini ortalama maruz kalma miktarı 0.68-55 ng/kg v.a. olarak değişirken, maruziyeti yüksek tüketiciler için günde 1.02-82 ng/kg v.a. arasında değiştiği tespit edilmiştir. Anne sütü kaynaklı düşük veya ortalama OTA maruziyetleri konsantrasyonları da günlük tolere edilebilir limitlerin altında olduğu tespit edilmiştir (CONTAM, 2020).

Ülkemizde gerçekleştirilen bir araştırmada tüketicilerin OTA maruziyet seviyeleri belirlenmiştir. Tüketimi gerçekleştirilen bazı gıdaların (pirinç, ekmek, makarna, kırmızı biber, kahve ve kakao ve kuru üzüm) OTA miktarları hesaplanmıştır. Analizi gerçekleştirilen gıdalarla tüketicilerin, OTA'ya ortalama maruz kalma değerleri sırasıyla ekmek (%73.4), makarna (%11) ve kuru üzüm (%10.5) olarak tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda yetişkin bireylerin, kuru

üzüm tüketimi kaynaklı OTA' ya maruz kalma miktarı $0.037-0.047 \text{ ng kg}^{-1} \text{ v.a. hafta}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Külahi, 2019).

Türkiye'de yapılan bir diğer çalışmada 2006-2020 yılları arasında farklı çeşitlerde kuru üzüm (Sultana, Besni, Maraş, Dımışkı ve Umuru) örneklerinde bulunabilecek OTA miktarı tespit edilmiştir. Toplam 345 kuru üzüm örneğinden 114'ünde bulunan OTA miktarının $0.15-32.91 \mu\text{g kg}^{-1}$ aralığında tespit edilirken, kuru üzüm örneklerinin 233'ünde ise OTA tespit edilememiştir. Bu çalışma sonucunda, yetişkin bireylerin, kuru üzüm tüketimi kaynaklı OTA maruziyet aralığı $0.037-0.041 \text{ ng/kg v.a/gün}$ arasında değişmektedir (Başegemez ve Namlı, 2020).

Türkiye'de marketlerden toplanan 500 farklı gıda örneği (pirinç, buğday ekmeği, makarna, kuru üzüm, kuru incir, Antep fıstığı, fındık, badem, kırmızıbiber, kahve ve kakao) üzerinde OTA analizi yapılmış ve tüketicilerin ortalama kronik maruziyetleri hesaplanmıştır. Çalışmada en yüksek OTA kontaminasyonun $0.137-3.870 \mu\text{g kg}^{-1}$ aralığında kuru üzümde olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucu hem ortalama hem de yüksek tüketici için kronik maruziyetin tüm gıda ürünleri için tolere edilebilir haftalık değer olan 120 ng/kg v.a. 'nın altında olduğu ve OTA maruziyetinin tüketiciler için sağlık riski taşımadığı tespit edilmiştir (Külahi and Kabak, 2020).

2.2.1.4. Kuru üzümün OTA limitleri ve RASSF raporları

İhraç edilen ürünlerin geri dönüşünü azaltmak, ticarete yaşanabilecek sorunları engellemek ve en önemlisi gıda güvenliğini sağlayıp, insan sağlığını korumak için gıda ve yemlerde mikotoksin varlığı tespit edilerek yasal limitler oluşturulmuştur. Bu sebeple gıda ve yemlerde OTA varlığı ve miktarlarını belirlemede ulusal ve uluslararası resmi düzenlemeler kullanılmaktadır. Türk Gıda

Kodeksi (TGK) Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkındaki Tebliğ (Tebliğ No: 2008/26) ile gıdalarda bulunabilecek OTA limitleri belirlenmiş ve Çizelge 2.5'te verilmiştir. Kuru üzüm ve çekirdeksiz kuru üzümde maksimum OTA limiti 10 µg/kg olarak belirtilmiştir (Anon, 2008).

Çizelge 2.5 TGK tarafından gıda maddeleri için belirlenen limit OTA değerleri (Anon, 2008).

Gıda maddesi	Maksimum limit (µg/kg)
İşlenmiş tahıllar	5.0
Tahıldan elde edilen tüm ürünler (doğrudan tüketime sunulan tahıllar ve işlenmiş tahıl ürünleri dahil)	3.0
Kurutulmuş asma meyveleri (kuş üzümü, kuru üzüm ve çekirdeksiz kuru üzüm dahil)	10.0
Kavrulmuş kahve çekirdeği ve öğütülmüş kahve	5.0
Kahve ekstraktı, çözünebilir kahve ekstraktı veya çözünebilir kahve	10.0
Şarap (köpüklü şarap/şampanya dahil, likör şarapları ve hacmen alkol miktarı en az %15 olan şaraplar hariç) ve meyve şarapları	2.0
Aromatize şarap, aromatize şarap bazlı içki ve aromatize şarap kokteyli	2.0
Üzüm suyu, üzüm suyu konsantresi, üzüm nektarı ile doğrudan tüketime sunulan üzüm sırası ve üzüm sırası konsantresi	2.0
Bebek ve küçük çocuk ek gıdaları	0.5
Bebekler için özel tıbbi amaçlı diyet gıdalar	0.5
Diğer gıda maddeleri (bulunması muhtemel riskli gıdalar)	10.0

Ülkemiz bulunduğu coğrafya ve iklim sebebiyle, mikotoksin sentezleyebilen küflerin gelişebilmesi için elverişli koşullara sahiptir. Bu durum tarımsal ürünlerde mikotoksin kaynaklı önemli gıda güvenliği sorunlarına neden olabilmektedir. Özellikle Avrupa Birliği ülkeleri ile yapılan tarımsal ihracat ürünleri ülkemiz için ticari öneme sahiptir.

EFSA tarafından 5 Ağustos 2022 tarihinde yayımlanan Belirli Gıda Maddelerinde Maksimum Ochratoxin A Seviyelerine İlişkin Yönetmeliği'ne (2022/1370) göre kurutulmuş meyve; kuru asma meyvesinde (kuş üzümü, kuru üzüm ve çekirdeksiz kuru üzümde) bulunabilecek maksimum OTA limiti 8.0 µg/kg olarak güncellenmiştir (EFSA, 2022).

Avrupa Birliği Gıda ve Yem için Hızlı Alarm Sistemi (RASFF), üye ülkelerden herhangi birinde gıda veya yem kaynaklı insan sağlığı açısından tehdit oluşturabilecek durumları Komisyon’a bildirir ve irtibat noktasında riskin doğrulanması yapılmaktadır. RASFF bildirimlerinde alınan risk kararları ciddi, ciddi değil ve kararsız olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Daha sonra bu bildirimleri ağda bulunan üyelere iletmektedir.

Sisteme, üye ülkelerden herhangi biri, insan sağlığı açısından gıda veya yem kaynaklı olarak tehdit oluşturabilecek bir bilgiyi RASFF aracılığı ile Komisyon’a bildirir. Komisyon irtibat noktası tarafından riskin doğrulanmasından sonra bu bildirimler belirlenen riskin ciddiyeti ve marketteki dağılımına göre, komisyon irtibat noktası bildirimini ağ üyelerine iletmenden önce “alarm”, “bilgi” ya da “sınır reddi” bildirimini olarak sınıflandırılır ve RASFF bildirimleri ağda bulunan tüm üyelere iletilir (Sağlam ve Masatçıoğlu, 2020). Çizelge 2.6’da bu bildirimler yer almaktadır. Türkiye kaynaklı kuru üzümün 2018-2023 arasında RASFF sisteminde yiyecek olarak meyve sebze kategorisinde (kuru üzümde Sultana), OTA tespiti ve ciddi risk taşıyan altı adet geri bildirim raporlanmıştır (Anon, 2023).

Çizelge 2.6 RASFF 2018-2023 arasında yapılan bildirimler (Anon, 2023).

Bildiri tarihi ve Referans kodu	Bildiren ülke	Bildiri sınıflandırılması	OTA miktarı ($\mu\text{g/kg}$)	Risk kararı
19.08.2023 (2023.4864)	Hollanda	Uyarı	16.3 (maksimum 8 $\mu\text{g/kg}$)	Ciddi
22.05.2023 (2023.3400)	Polonya	Dikkat bildirimi	15.76 $\pm$ 4.73 (maksimum 8 $\mu\text{g/kg}$)	Ciddi
26.04.2023 (2023.278)	İtalya	Sınır reddi	15.00 $\pm$ 6.6 (maksimum 8 $\mu\text{g/kg}$)	Ciddi
03.02.2023 (2023.0846)	Hollanda	Dikkat bildirimi	20.6 (maksimum 10 $\mu\text{g/kg}$)	Ciddi
29.08.2022 (2022.4980)	Polonya	Dikkat bildirimi	29.31 $\pm$ 8.79 (maksimum 10 $\mu\text{g/kg}$)	Ciddi
17.04.2021 (2021.1907)	Bulgaristan	Sınır reddi	23.50 $\pm$ 7.1 (maksimum 10 $\mu\text{g/kg}$)	Ciddi

Yapılan bir çalışmada, 2009-2018 yılları arasında Türkiye kaynaklı RASFF bildirimleri incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda ürün kategorisinde en fazla bildirim meyve ve sebzelerde (%62) tespit edilirken, tehlike kategorisinde ilk sırayı mikotoksinler almaktadır. Yapılan mikotoksin bildirimlerine bakıldığında en fazla bildirimin aflatoksin (%89) ve OTA (%9) için yapıldığı belirlenmiştir (Sağlam ve Masatçıoğlu, 2020).

2.2.2. Mikotoksin detoksifikasyonunda uygulanan yöntemler

Okratoksin A, sıcaklık, su aktivitesi gibi çevresel koşullar ve mahsullerin hasadı, kurutulması ve depolanması sırasında gelişim gösteren küfler tarafından sentezlenmektedir. OTA'nın kontrol altına alınabilmesi için günümüzde hasat öncesi ve sonrasında bazı yöntemler kullanılmaktadır.

OTA'nın kontrol edilebilmesi için hasat öncesinde İyi Tarım Uygulamaları (GAP), İyi Üretim Uygulamaları (GMP) ve ürün rotasyonu, toprak işleme, uygun kurutma koşulları, ekim ve hasat zamanının doğru planlanması, sulama, sanitasyon ve İyi Depolama Uygulamalarının (GSP) uygulanması gerekmektedir (Kumar et al., 2020). Ek olarak küf gelişimini azaltıp toksin birikimini önleyebilen bitki gelişimi için biyoteknolojik yaklaşımlar, yeni ve umut verici hasat öncesi teknikler arasındadır (Rose et al., 2018).

Ayrıca hasat zamanı, tarım ekipmanlarının performansı ve temizliği, hasadın optimum nem içeriği, fermante olmuş, bozulmuş ve zarar görmüş bitkilerin hasattan ayıklanması ve kritik kontrol noktalarının tespit edilmesi önemlidir (Lopez-Garcia et al., 2008). Hasadın homojen, hızlı ve kontrol altında yapılması, taze meyve ve sebzelerin kurutulduğu çevre OTA kontaminasyonu riskini azaltmak için önemli kontrol noktalarıdır (Magan et al., 2003).

Son olarak hasat sonrası depolama ve ambalajlama koşullarının iyileştirilmesi için bazı düzenlemeler yapılmalıdır. Uygun depolama ve ambalaj koşulları sağlanmalı, depo temizliği, nem ve sıcaklık değerlerine dikkat edilmelidir (Kumar et al., 2020). Bu uygulamaların dışında, OTA'nın etkili detoksifikasyonu için fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik detoksifikasyon yöntemleri bulunmaktadır.

2.2.2.1. Fiziksel yöntemler

Mikotoksin detoksifikasyonunda fiziksel yöntemler; hızlı kurutma, ayıklama, ayırma, yüzdürme yıkama, adsorpsiyon, UV ve gama ışınları ve yenilikçi uygulamalardır (Filazi ve Avcı, 2018).

Adsorpsiyon, ekonomik, çevre dostu ve günümüzde kolayca uygulanabilen fiziksel yöntemlerdendir. Tarım ürünlerinden OTA'yı uzaklaştırabilmek için çoğunlukla, kitosan ve bentonit, β -siklodekstrin-poliüretan polimer gibi çeşitli doğal ve sentetik sorbentler kullanılmaktadır (Abbasi-Pirouz et al., 2020; Vila Donat et al., 2019; Appell et al., 2012). Kiraz çekirdekleri kullanılarak hazırlanan aktif karbon adsorbanın kırmızı şarapta bulunan OTA miktarını %50 oranında azalttığı belirlenmiştir (Olivares-Marin et al., 2009).

OTA, yüksek sıcaklıklara karşı direnç göstermektedir. Yulaf tanelerinin yapılan bir çalışmada 180 °C'de 1 saat boyunca kavrulan yulaf tanelerinde OTA miktarında %2-18'lik azalma meydana gelmiştir (Lee, 2020).

Aspergillus ochraceus ve *A. niger* için yapılan bir çalışmada küflerin gelişimini ve OTA sentezini azaltabilmek için farklı dalga boylarında UV ışınları kullanılmıştır. Her iki küf gelişiminin UV-B ışınları tarafından durdurulduğu tespit edilmiştir. UV-B ışınları ayrıca 10 µg/L OTA standart çözeltisine 15 gün boyunca

uygulandığında %96.50 oranında azalma gözlemlenmiştir. Kısa dalga boyunun (mavi-menekşe), OTA'yı doğrudan parçaladığı düşünülmektedir (Zhang et al., 2012).

Günümüzde yenilikçi uygulamalar arasında yer alan, yüksek hidrostatik basınç, mısır tanelerinde ZEA ve DON miktarını azaltmak için kullanılmıştır. Yüksek hidrostatik basınç kaynaklı oluşan elektrostatik ve hidrofobik etkilerin OTA azaltılmasında etkili olduğu düşünülmektedir (Woldemariam and Emire, 2019; Kalagatur et al., 2018). Elma suyuna, yüksek yoğunluklu vurgulu ışığın uygulandığı bir çalışmada patulin miktarında azalma tespit edilmiştir (Bencomo et al., 2020).

2.2.2.2. Kimyasal yöntemler

Alkaliler, organik asitler, aldehitler ve bisülfid gibi kimyasal maddelerin, mikotoksin detoksifikasyonu ve kontrolünde olumlu bir etkiye sebep olduğu tespit edilmiştir (Filazi ve Avcı, 2018). Taneli ürünlerin amonyakla muamelesi sonucu küf gelişimi, aflatoksin, fumonisin ve OTA degradasyonunu sağlamaktadır. Bu tip alkaliler ülkemizde ve Avrupa Birliği ülkelerinde insan gıdaları için kullanımına izin verilmemektedir (Peraica et al., 2012).

Kakao çekirdeklerinde yapılan bir çalışmada %2 potasyum karbonat çözeltisi içinde 90 °C'de 10 dakika boyunca işlenmiştir. İşlem sonucu %95 OTA degradasyonu sağlanmıştır. Daha sonra kakao çekirdekleri suyla durulanmış ve kısmen elimine edilen potasyum karbonatın insan sağlığı açısından risk oluşturmadığı tespit edilmiştir (Amézqueta et al., 2008).

Kontamine kuru üzümelerde OTA miktarını azaltmak için, alkali bir tuz olan potasyum karbonatın kullanıldığı çalışmada, OTA miktarında %50'ye kadar azalma sağlanmıştır. Bu çalışma sonucunda OTA'nın amid bağının, güçlü alkali koşullar altında daha az toksik olan Ota ve fenilalanine hidrolize olduğu tespit edilmiştir (Özcan and Gökmen, 2016).

Sultana kuru üzümelerde yapılan bir çalışmada, laboratuvar koşullarında 120 ve 240 dakika boyunca 12.8 mg/L akış hızında ozon gazına maruz bırakılan örneklerde OTA azalması sırasıyla %60.2 ve %82.5 olarak tespit edilmiştir. Yüzeysel detoksifikasyonda ve küf gelişimini azaltmada ozon gazının etkili bir uygulama olduğu belirlenmiştir (Torlak, 2019).

Üzüm posalarında yapılan bir çalışmada 24 saat boyunca sabit sıcaklık ve pH değerlerinde asetik asit, sitrik asit, laktik asit gibi organik asitlerle hidroklorik asidin OTA azaltılması üzerine etkileri araştırılmıştır. En yüksek OTA azalmasının %61.42 asetik asitte olduğu belirlenmiştir. Organik asitlerin OTA detoksifikasyonunda hidroklorik asitten (%24.95) daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Yu et al., 2020).

2.2.2.3. Biyolojik yöntemler

Gıdalarda OTA miktarını azaltmak için belirli mikroorganizmaların ve enzimlerin kullanılması biyolojik yöntemler olarak tanımlanmaktadır (Wang et al., 2022). Okratoksin A detoksifikasyonunda uygulanan biyolojik yöntemler: mikroorganizmalar ve enzimler olmak üzere iki farklı şekilde incelenmiştir.

Üzüm şirasından izole edilen bir laktik asit bakterisi olan *Pediococcus parvulus* OTA'nın biyolojik detoksifikasyonunda kullanılmıştır. OTA'nın

biyolojik olarak parçalandığı tespit edilmiştir. İşlem sonucunda OTA'da bulunan amid bağlarının peptidaz enzimi tarafından hidrolize edildiği ve Ota'ya dönüşümü gözlemlenmiştir. Optimum koşullar altında OTA 6 saatte %50, 19 saat sonunda %90 azalmıştır (Abrunhosa et al., 2014).

Antagonistik maya suşlarının (*Kloeckera lindneri* (GAL5), *Metschnikowia pulcherrima* (MACH1), *M. pulcherrima* (M320), *Pichia guilliermondii* (M8), *P. guilliermondii* (M29) ve *Rhodococcus erythropolis* (AR14)) 15 günlük inkübasyon sonunda *in vitro* koşullarda altında OTA miktarının %80 azalttığı tespit edilmiştir (Patharajan et al., 2011).

OTA detoksifikasyonu için bazı ticari enzimler günümüzde kullanılmaktadır. Buğday ununda OTA miktarının azaltılması için yapılan bir çalışmada karboksipeptidaz A (CPA) enzimi kullanılmıştır. Bunun sonucunda buğday ununda bulunan OTA miktarı %16.8 ile %78.5 arasında azaltılmıştır (Kupski et al., 2018).

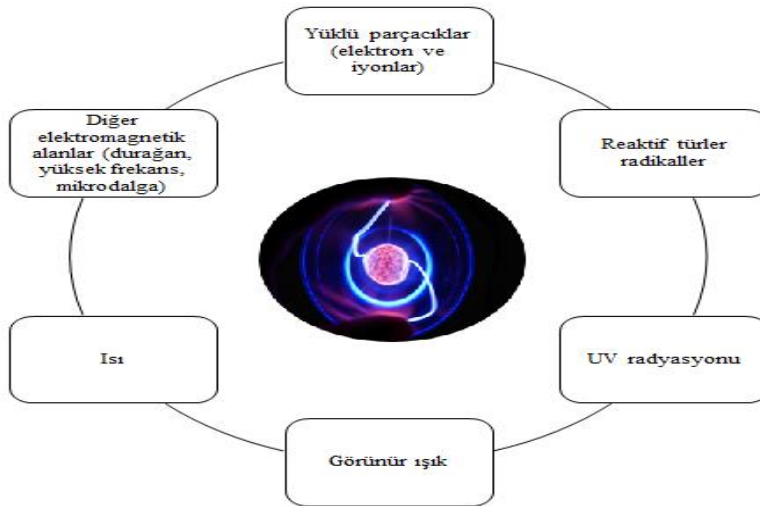
Birada yapılan bir çalışmada ticari peroksidaz (POD) enziminin OTA ve zearalenon (ZEA) üzerine eş zamanlı etkisi araştırılmıştır. 360 dakika boyunca sabit pH' da (pH 7.00) ve 30 °C sıcaklıkta gerçekleştirilen işlem sonucunda OTA'da, enzimatik etkiyle %27, ZEA'da %64.9 oranında bozunma tespit edilmiştir (Garcia et al., 2020).

OTA'nın enzimler yoluyla biyolojik olarak parçalanmasında iki tür enzim katalizli reaksiyon tarafından gerçekleşmektedir. Enzimlerin katalizlediği mekanizma sonucunda izokumarin ve fenilalanin arasındaki bağın hidrolizi veya lakton halkasının hidrolizinin gerçekleştiği tespit edilmiştir (Wang et al., 2022).

Düşük maliyet, yüksek verimlilik, gıdanın besinsel değerlerine minimum etkisi ve her gıda formuna uyum sağlayabilmesi sayesinde biyolojik yöntemler mikotoksin azaltma yöntemleri içerisinde gelecek vadetmektedir (Chen et al., 2018).

2.3. Plazma Teknolojisi

Günümüzde tüketici talepleri doğrultusunda, gıda maddelerinin besleyici, fonksiyonel ve duyuşal özelliklerine zarar vermeden korunması ve tüketime sunulması önem kazanmıştır. Bu durum gıda sanayiinde yenilikçi teknolojilere olan ihtiyacın artmasına yol açmıştır. Plazma, elektronlar, pozitif iyonlar, negatif iyonlar, serbest radikaller, uyarılmış veya uyarılmamış gaz molekülleri ve fotonlar gibi reaktif türler içeren kısmen veya tamamen iyonize gaz halindeki bir karışım olarak tanımlanmaktadır (Mandal et al., 2018). Şekil 2.7’de aktif plazma türleri yer almaktadır.



Şekil 2.7 Aktif plazma türleri (Şen, 2015).

Plazma, gaz fazının iki elektrot arasındaki elektriksel alanda ya da sabit doğru akımlı veya yüksek akımlı alanlarda üretilmesiyle oluşmaktadır. Elektriksel alan veya elektriksel boşaltım etkisiyle oluşan ya da oluşturulan plazma nötraldir. Bu sebeple maddenin dördüncü hali olarak da isimlendirilebilmektedir. Elektriksel alan veya elektriksel boşaltım etkisiyle oluşan bu nötral maddenin uyarılmasıyla elektronlar pozitif ve negatif yüklere ayrılmaktadır. Elektronlar ve pozitif yüklü iyonlar plazma içinde bölgelere dağılımı, pozitif bölgeden negatif bölgeye yönelen bir elektrik alanı oluşmaktadır. Bu olay sonucunda plazma iyonlaşmış gaz olarak tanımlanabilmektedir (Albayrak ve Başyigit Kılıç, 2020).

Plazma sistemleri termodinamik özellikleri ve çalışma basınçlarına göre sınıflandırılmaktadır. Termodinamik özelliklerine göre; yüksek sıcaklık veya füzyon plazması, düşük sıcaklık veya gaz boşalımları olarak ikiye ayrılmaktadır (Şen, 2015). Basınçlarına göre plazma sistemleri, düşük basınçta elde edilen plazma ve atmosferik basınçta elde edilen plazma sistemi olarak ikiye ayrılmaktadır (Bozkurt, 2014). Tez kapsamında atmosferik basınçta düşük sıcaklık DBD plazma sistemi kullanılmıştır.

Plazma sistemleri günümüzde gıda sanayisi dışında, elektronik sektöründe, polimerlerin baskı ve yapışma özelliklerini iyileştirmede, tekstil, cam ve kâğıt işleme sanayinde ve sağlık alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (Ekezie et al., 2017).

2.3.1. Soğuk plazma teknolojisi

Soğuk plazma (SP), uygulama sıcaklığı 315.5 K (40 °C)'den daha düşük ortam sıcaklığında elektronlar, negatif iyonlar, pozitif iyonlar, serbest radikaller, uyarılmış veya uyarılmamış atomlar ve fotonlar gibi sınırsız yüksek oranda reaktif

tür taşıyan kısmen veya tamamen iyonize gaz olarak tanımlanmıştır (Mandalı et al., 2018). SP, üretimi sırasında uygulanan enerjinin çoğu, tüm gaz akışını ısıtmak yerine elektronlara odaklanmakta, gaz molekülleri ortam sıcaklığı civarında kalmaktadır (Mishra et al., 2016).

Soğuk plazmada hava, oksijen, nitrojen veya helyum gibi taşıyıcı gazlar kullanılmaktadır. Kullanılan gaza bağlı olarak serbest radikaller oluşmaktadır. Atmosferik basınçta ve atmosferik basınç altında çalışabilen, gazlara elektrik alan ya da elektromanyetik radyasyon uygulanması ile elde edilen plazma soğuk plazma olarak tanımlanmaktadır (Fernández and Thompson, 2012).

Plazma sisteminin temelinde plazma üretim sistemi, taşıyıcı gaz, uygun güç kaynağı ve özel elektrotlardan oluşmaktadır. İki elektrot arasından geçen taşıyıcı gaza elektrik enerjisi uygulanarak, taşıyıcı gazın iyonlaşması sonucunda plazma oluşmaktadır (Mishra et al., 2016).

Verimli bir plazma akışı için kullanılan parametrelerin ve plazma çeşidinin gıda ürününe uygun olması gerekmektedir. Plazma akışına etki eden faktörlere; plazma frekansı, taşıyıcı gazın kimyasal yapısı, gaz akış hızı, basınç, plazma gücü, geometrik faktörler, substrat sıcaklığı, gıdanın yapısı ve yüzey alanı örnek verilmektedir (Bozkurt, 2014).

Soğuk plazmanın inaktivasyon ajanları ise UV ışınları, reaktif türlerin etkisi, yüklü parçacıklardır. Soğuk plazma sırasında farklı dalga boylarında UV ışıması gerçekleşebilmektedir. SP kaynaklı UV ışınları, hücrenin replikasyon yeteneğini engellemektedir (Morent et al, 2011). Reaktif türlerinin çoğu; reaktif oksijen türleri (atomik [O], O₂, süperoksit anyon [O₂⁻] ve ozon [O₃]) ve reaktif azot türleri (atomik azot [N], uyarılmış nitrojen [N₂(A)], nitrik oksit [NO]), eğer ortamda yeterli nem

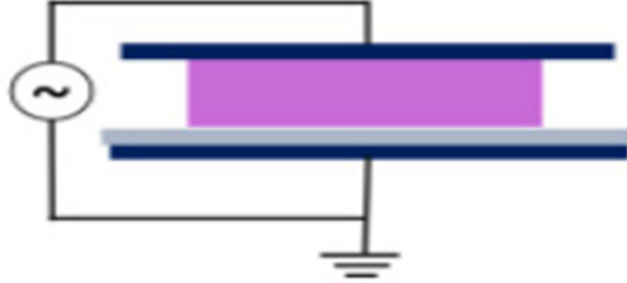
mevcutsa H_2O^+ , HO^+ , OH radikali veya H_2O_2 gibi uyarılmış oksijen ve azot türevleri oluşmaktadır (Han et al., 2019; Bourke et al., 2017).

Taşıyıcı gazın cinsi reaktif türlerin aralığını ve türünü etkilemektedir. Atmosferik hava kullanımında yüklü parçacıklar, pozitif yüklü iyonlar, reaktif oksijen türleri (ROS) ve reaktif azot türleri (RNS) gibi reaktiflerin yanında UV ışınları da oluşabilmektedir (Kandemir vd., 2021). Soğuk plazma uygulamasında taşıyıcı gazlara; oksijen, azot, hidrojen, karbondioksit ve soy gazlar örnek verilmektedir (Pankaj et al., 2018). Uygulanan elektrik enerjisi sayesinde, elektronları düşük kütleleri sebebiyle seçici olarak ısıtmakta ve ısınan elektron sıcaklığı ROS ve RNS ile UV ışınları gibi çeşitli soğuk plazma kaynaklı türleri aktifleştirir (Misra et al., 2014).

Atmosferik basınçta çalışabilen ve gıdalarda en sık kullanılan plazma sistemlerine; dielektrik bariyer deşarj (DBD), korona deşarj, plazma jet, radyo frekans deşarj ve mikrodalga soğuk plazma örnek olarak verilmektedir (Ekezie et al., 2017; Laroque et al., 2022).

2.3.1.1. Dielektrik bariyer deşarj (DBD)

DBD plazma, güçlendirilmiş bir elektrot ve bir toprak elektrotu arasına uygulanan yüksek voltajla üretilmektedir (Şekil 2.8). Bir veya her iki elektrot; 0.1mm-1cm arasında değişen polimer, cam, kuvars veya seramik gibi dielektrik malzemeye kaplanır (Laroque et al., 2022). DBD plazmanın çalışma parametreleri, 10^4 - 10^6 Pa arasındaki gaz basıncı, 10-50 MHz arasında değişen frekans aralığı, alternatif akım veya doğru akımda çalışabilme olanağı ve 1-100 kV arasında salınan voltaj genliğidir (Feizollahi et al, 2021).



Şekil 2.8 Atmosferik basınçta DBD plazma (Laroque et al., 2022).

DBD plazma işlemi sonucu oluşan, Ozon (O_3), oksijenin (O_2) triatomik formu ve atmosferde doğal olarak bulunan bir gazdır. O_2 gazının yüksek voltajlı bir elektrik deşarjdan geçmesiyle veya UV ışıması ile DBD plazma işlemi sırasında ortaya çıkmaktadır (Mayookha et al., 2022).

2.3.1.2. Korona deşarj

Yakın yerleştirilmiş iki elektrot arasına yüksek elektrik akımı uygulamasıdır (Ekezie et al., 2017). Yayıncı ve toplayıcı olarak farklı eğriliklerde ince tel plaka veya keskin pim plaka elektrottan oluşmaktadır. Güçlü elektrik alanda korona deşarj elektrodunda başlayan ve zeminde biten ışık vermeyen, ipliksi bir deşarj olarak tanımlanmaktadır (Misra et al., 2019).

2.3.1.3. Plazma jeti

Plazma jeti, başka bir plazma kaynağı tarafından oluşturulduğu plazma sistemidir. Gazın elektrot çiftleri arasında aktığı iki uzun kılcal boru tipi elektrot veya koaksiyel elektrotlardan akmasıyla oluşmaktadır. Dış elektrot topraklanmış, merkezi elektrot çeşitli reaktif türler oluşturan yüksek debide akan taşıyıcı gaz

geçirilerek (soygazlar), elektrot bölgesinin dışına iterek jet şeklinde plazma oluşmaktadır (Nishime et al., 2017).

2.3.1.4. Radyofrekans soğuk plazma

İki elektrot arasına alternatif voltaj uygulanır elektrotlar katot ve anot görevi görür (1 kHz-103 MHz) taşıyıcı gaz olarak hava veya soy gazlar kullanılmaktadır (Ekezie et al., 2017). Endüktif olarak eşleşmiş plazma, kapasif eşleşmiş ve helikon dalga kaynakları olmak üzere radyofrekans soğuk plazmanın üç farklı türü vardır. Endüstride en sık kullanılan türler endüktif olarak eşleşmiş plazma, kapasif eşleşmiş olarak eşleşmiş plazma kaynaklarıdır (Laroque et al., 2022).

2.3.1.5. Mikrodalga destekli soğuk plazma

Mikrodalga elektrik alan, gaz moleküllerinin elektronlarını hızlandırır ve soğuk plazma oluşur. Bu sistemde düşük basınçta veya atmosferik basınçta plazma üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Tipik 2.45 GHz'deki elektromanyetik dalgalar, gaz elektronlarına ulaşacakları bir dalga kılavuzu yardımıyla plazma üreticisine gönderilir, elektronlar mikrodalgaları emer ve elastik olmayan çarpışmalarla, iyonlaşma gerçekleşir ve UV, görünür ışık olarak enerji açığa çıkar (Muhammed et al., 2018).

2.3.2. Soğuk plazma teknolojisinin avantajları ve dezavantajları

SP, gıdanın besinsel değerlerini korurken, mikrobiyal inaktivasyon, pestisit degradasyonu, mikotoksin detoksifikasyonu, enzim inaktivasyonu ve alerjenler üzerine etkisinin incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak konu başlıklarıyla ilgili yapılan çalışmalar laboratuvar ölçekli devam etmektedir (Ganesan et al., 2021).

SP, uygulamasının avantajları ise şu şekildedir: düşük sıcaklıklarda uygulanabilmesi, polimer yüzeyde bulunabilen mikroorganizmaların kısa sürede inaktivasyonu, atmosferik basınçta ve sürekli açık olarak çalışabilmesi, kimyasal ve su içermemesi, daha az enerji tüketebilmesi ve düşük maliyetli olması, lokal uygulama olanağı, ambalaj yüzeyi ve ambalaj dışında uygulanabilirliğidir (Yüksel ve Karagözlü, 2017).

SP uygulamasının dezavantajları; uygulamanın etki mekanizmasının tam olarak anlaşılmamış olması, cihazın ilk kurulumunda yüksek maliyet, özel ekipman ve eğitimli personele ihtiyaç duyulması, oluşturduğu reaktif oksijen türleri yüksek yağ içeren gıdalar için oksidasyona sebep olabilmektedir (Albayrak ve Başıyigit Kılıç, 2020).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1.Gereç

3.1.1. Hammadde

Tez çalışması kapsamında kullanılan Sultaniye cinsi bandırmasız kuru üzümler Işık Tarım Ürünleri Sanayi ve Ticaret AŞ'den (Kemalpaşa, İzmir) temin edilmiştir. İşlem süresince hammaddede oluşabilecek kalite kayıplarını önleyebilmek için kuru üzüm örnekleri Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Pilot Tesisi'nde buzdolabı koşullarında (+4°C) depolanmıştır.

3.1.2. Okratoksin A stok çözeltisinin hazırlanması

Tez çalışması kapsamında kuru üzümlere inoküle edilecek olan okratoksin A standardı (Trilogy, TSL-504-5) temin edilmiştir. Ara stok OTA çözeltisi, 10000 ng/ml ana stok OTA (Trilogy, >%98 saflık) çözeltisinin metanol (1:200, ota: metanol) ile kademeli olarak seyreltilmesiyle son çözelti konsantrasyonu 50 ng/ml olacak şekilde hazırlanmıştır. 50 ng/ml ara stok çözeltisinden 50 µl alınarak metanol ile 10 ml'ye tamamlanmıştır. Son çözelti konsantrasyonu (OTA stok) 250 ppb olarak hesaplanmıştır (0.05:9.95, v/v).

3.1.3. Dielektrik bariyer deşarj soğuk plazma

Dielektrik Bariyer Deşarj Soğuk Plazma (DBD) cihazı (PTP 22-01), Pacem Technology (İzmir, Türkiye) tarafından laboratuvar ölçeğinde tasarlanmış ve DBD plazma uygulamaları, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği

Bölümü Meyve-Sebze İşleme Teknolojisi Pilot Tesisi'nde yer alan Meyve-Sebze Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

DBD sistemi, 360 W güç kaynağına sahip, sıcaklık aralığı 25-40 °C olan, taşıyıcı gaz olarak atmosferik havayı kullanan, giriş voltajı ve frekansı 240 V / 50-60 Hz, çalışma frekans aralığı 0-3000 Hz ve görev döngüsü %0-100 olacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 3.1).

Plazma elektrotu, 3 mm çapında bakır levhadan ve bakır levha yüzeyini kaplayan özel cam-epoksi katmandan oluşmaktadır. Sisteme ek olarak metal iletken plaka ve topraklama hattı bulunmaktadır (Şekil 3.1).



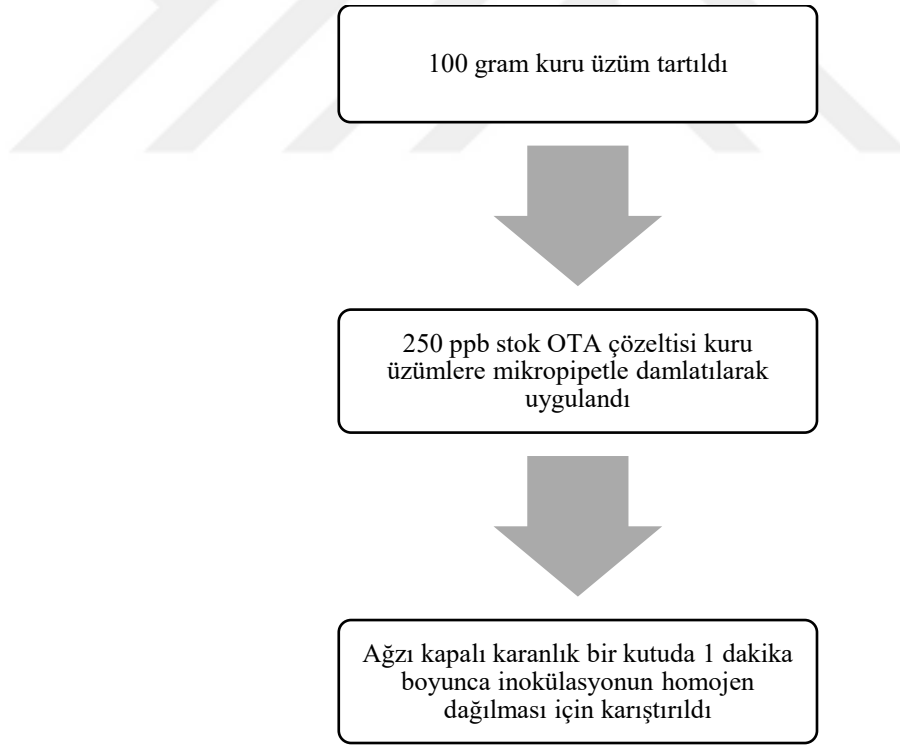
Şekil 3.1 Dielektrik bariyer deşarj plazma ve elektrotu.

3.2. Yöntem

Kuru üzüm örneklerine, OTA stok çözeltisinin inokülasyonu, DBD plazma uygulaması ve kalite analizleri Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Meyve-Sebze İşleme Teknolojisi Pilot Tesisi'nde yer alan Meyve-Sebze Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. OTA stok çözeltisinin kuru üzüm örneklerine inokülasyonu

OTA stok çözeltisinin kuru üzümlere inokülasyonunda Yarım (2023)'ün kullandığı yöntem modifiye edilerek uygulanmıştır. Kuru üzümler 100 gram tartılmış ve ışık göremeyecek şekilde kapalı bir kutu içerisine alınmıştır. Kuru üzüm örnekleri üzerine 2 ml OTA (250 ppb) stok çözeltisi mikropipet yardımıyla damlatılmıştır. Stok çözelti tüm yüzeye bir uçtan diğer uca olacak şekilde uygulanmıştır. Son aşamada kutunun kapağı kapatılarak 1 dakika boyunca karıştırılmıştır. Kapağı kapalı ve ışık görmeyecek şekilde oda koşullarında DBD plazma sisteminde farklı frekans ve sürelerde işlenmiştir. Şekil 3.2'de bahsedilen işlem akış şemasına göre kuru üzümlerin inokülasyonu gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2 OTA stok çözeltisinin kuru üzüm örneklerine inokülasyonu.

3.2.2. DBD plazma uygulaması çalışma koşullarının belirlenmesi

3.2.2.1. Frekans ve sürenin belirlenmesi

Tez çalışmasında, DBD plazma uygulamasının OTA degradasyonu üzerine etkisi araştırılmıştır. Öncelikle kuru üzümlere uygulanacak DBD plazma için etkin süre ve frekans değerleri, yapılan ön denemelerle tespit edilmiştir. Plazma denemeleri boyunca görev döngüsü sabit tutulmuş (%30), değişken parametre olarak frekans (Hz) ve süre (dk.) belirlenmiştir.

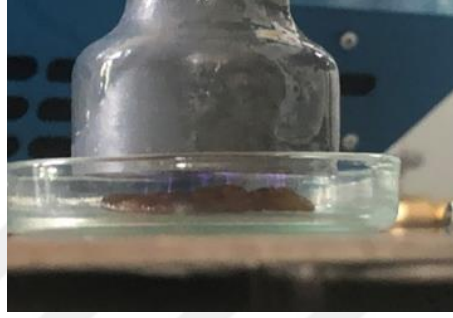
Tüm tez kapsamında yapılan uygulamalarda görev döngüsü değiştirilmemiştir. DBD plazma işlemi için denenecek frekans değerleri 300, 700, 1250, 2000 ve 2500 Hz olarak belirlenmiştir. Her frekans değeri için 1 ve 2 dk. boyunca kuru üzümlere DBD plazma uygulanmıştır. Bakır elektrottan kuru üzüm yüzeylerine uygulanana plazma akışının yoğunluğu tespit edilmiş, etkin plazma akışı gözlemlenen değerler seçilmiştir. Ayrıca kuru üzüm yüzeyinde plazma akışından kaynaklı ani ısınmanın olup olmadığının gözlemlenebilmesi için termal kamerayla (Testo 865, Almanya) yüzey sıcaklık değerleri ölçülmüştür.

3.2.2.2. Belirlenen parametreler için plazma uygulama yönteminin belirlenmesi

OTA stok çözeltisi inoküle edilen kuru üzümler için DBD plazma parametreleri belirlendikten sonra üç farklı plazma uygulaması denenmiş ve OTA analizi gerçekleştirilmiştir.

İlk denemede 1250 Hz sabit frekansta ve %30 görev döngüsünde 2 dakika boyunca cam petri üzerine belirli sayıda OTA inoküle edilmiş kuru üzüm (8-9 adet olacak şekilde) örnekleri yerleştirilmiştir. İletken bir metal yüzey ve topraklama

plakası üzerine cam petri konulmuş ve DBD plazma uygulanmıştır. Şekil 3.3'te işlem uygulaması gösterilmektedir. Bu uygulama 24 saatte bir olacak şekilde 3 gün üst üste tekrar edilmiş ve işlem sonucunda OTA analizi gerçekleştirilmiştir.



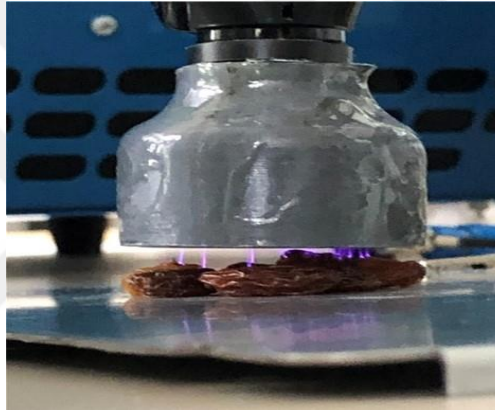
Şekil 3.3 DBD plazma uygulaması.

İkinci denemede, OTA inoküle edilmiş üzümler (100g) 1250 ve 2000 Hz frekansta DBD işlemine tabi tutulmuş, işlem üç paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için izlenmiş olan yol şu şekildedir: kuru üzümler topraklama plakası düzlemine (yaklaşık 25 gram olacak şekilde) dizilmiştir. Şekil 3.4'te ilgili işleme yöntemine ait görsel yer almaktadır. Topraklama plakası 2 dakikalık işlem süresi boyunca sekiz çizerek baştan uca hareket ettirilmiştir. Deney sonucu DBD plazma işlemi görmüş kuru üzümlerin OTA analizi yapılmıştır.



Şekil 3.4 Topraklama plakası üzerine dizilen kuru üzümler.

Üçüncü denemede, kuru üzüm örnekleri 3 paralel olacak şekilde 100'er gram tartılmış ve belirlenen inokülasyon prosedürü uygulanmıştır. Sonrasında kuru üzümler topraklama plakasına direkt temas edecek şekilde (yaklaşık 8-9 adet) probun çapını geçmeyecek şekilde dizilmiş ve örneklerle 2 dakika boyunca sabit bir şekilde 1250 ve 2000 Hz frekansta DBD plazma işlemi uygulanmıştır. Bu işlem sonunda örneklerle OTA analizi yapılmıştır. Şekil 3.5'te 2000 Hz frekans değerinde gerçekleştirilen DBD plazma işlemi yer almaktadır.



Şekil 3.5 2000 Hz frekansta kuru üzümlere DBD plazma uygulaması.

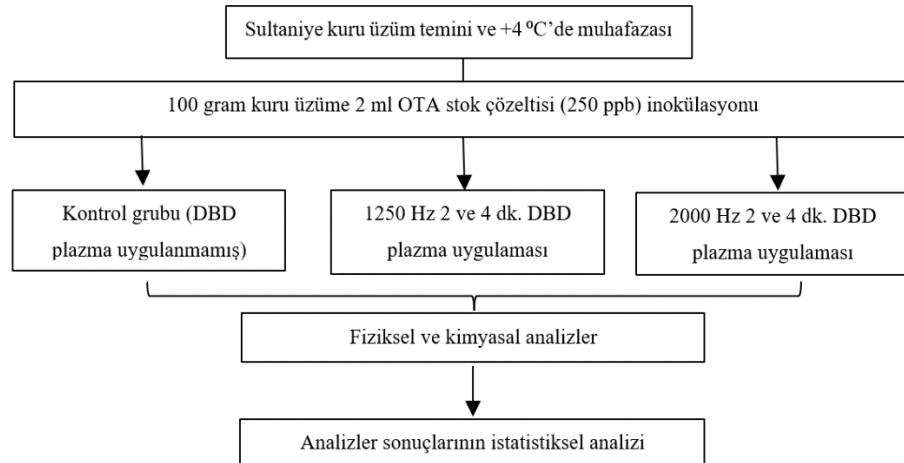
3.2.3. DBD plazma uygulaması ile kuru üzümde OTA degradasyonu

DBD plazma uygulamasının OTA üzerine etkisinin araştırıldığı bu tez çalışması kapsamında önce Sultaniye kuru üzüm örnekleri OTA stok çözeltisiyle (250 ppb) inoküle edilmiştir. Sonrasında ön denemelerce belirlenmiş parametrelerden (bkz. 3.2.2.1.) ilki olan 1250 Hz'de 2 ve 4 dakika boyunca toprak plaka üzerine dizilen (yaklaşık 25 gram) OTA inoküle edilmiş kuru üzüm örnekleri sekiz çizerek baştan uca hareket ettirilmiştir. Tez çalışması kapsamında kullanılan dielektrik bariyer deşarj plazma sistemi, belirlenen parametreler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 DBD plazma uygulaması işlem parametreleri

İşlem frekans değerleri	İşlem süresi (dk.)
Kontrol grubu	-
1250 Hz	2
	4
2000 Hz	2
	4

Prop mesafesi kuru üzümünün yüksekliğine göre her deneme için örneğe özel ayarlanmıştır. Aynı işlem 2000 Hz’de 2 ve 4 dakika boyunca oda koşullarında uygulanmıştır. DBD plazma işlemi görmemiş OTA stok çözeltisi inoküle edilmiş kuru üzüm (kontrol) örnekleriyle birlikte DBD işlemi uygulanan tüm kuru üzüm örneklerinde OTA analizi gerçekleştirilmiştir. Zaman ve frekansın OTA detoksifikasyonu üzerine etkisini incelemek amaçlanmıştır. Şekil 3.6’da işlem akış şeması verilmiştir. Tez kapsamında her bir koşuldaki üretim 3 tekrerrür ve her bir kalite analizi 3 paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.6 Sultaniye cinsi kuru üzüm örneklerine inoküle edilen OTA’nın DBD plazma işlemi ile detoksifikasyonuna ait işlem akış şeması.

3.3. Analiz Yöntemleri

DBD plazma uygulanmış ve plazma uygulanmamış kuru üzüm örneklerine fizikokimyasal analizler yapılmıştır. Analiz sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan analizler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Tez çalışması kapsamında yapılan fizikokimyasal analizler.

Analizler	Kuru Üzüm	Plazma Uygulanmış Kuru Üzüm Örnekleri
Nem Tayini (%)	+	+
Su Aktivitesi	+	+
Suda Çözünen Kuru Madde Miktarı Tayini	+	+
Renk Tayini	+	+
Okratoksin A Analizi	-	+
pH ve Titrasyon Asitliği (%)	+	+
Toplam Fenolik Madde Miktarı Analizi	+	+
Toplam Flavonoid Madde Miktarı Analizi	+	+
Toplam Antioksidan Aktivite Analizi	+	+

3.3.1. Okratoksin A analizi

Okratoksin A analizi, Işık Tarım Ürünleri Sanayi ve Ticaret AŞ’de yer alan HPLC (Agilent, 1260 Infinity II, ABD) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 100 gram kuru üzüm örneği parçalanarak hamur haline getirilmiştir. Hamur haline gelen homojenattan 25 g alınmış ve 100 ml metanol (%100) ile bir karıştırıcıda (Waring 8010ES, ABD) 1 dakika karıştırılmış ve ardından 100 ml %2 sodyum bikarbonat eklenerek 2 dakika boyunca homojenizasyon işlemi devam etmiştir. Elde edilen karışım Whatman No:4 filtre kağıdından süzülüp, 4000 rpm’de 10 dakika boyunca santrifüj (Hettich Universal 380R, Almanya) edilmiştir. Santifüj edilen örneklerin üst fazından 16 ml alınarak 16 ml fosfat tamponlu salin (PBS) ile seyreltilmiştir. Seyreltiğin pH’sı 2M HCl ile cam elektrot uçlu dijital pH metre (Mettler Toledo,

Seven Compact Duo, ABD) kullanılarak 7.4'e ayarlanmıştır. Elde edilen karışım tekrar cam mikrofiber filtre kağıdından süzülmüştür. 16 ml seyreltilmiş süzüntü (1 gram numuneye eşdeğer olacak şekilde) kolondan sabit akış hızı 2 ml/dk. olacak şekilde Immunoaffinite kolonundan geçirilmiştir. İşlemi takiben 20 ml PBS 5 ml/dk. akış hızında geçirilerek kolon yıkanmıştır. Kolonda kalan sıvının uzaklaştırılması için yıkama işleminden sonra kolonlardan hava geçirilmiştir. Kolonda kalan OTA'nın toplanması amacıyla 1.5 ml asitleştirilmiş metanol (asetik asit: metanol (2:98 v/v) 1 damla/s akış hızında kolondan geçirilmiş ve elde edilen elute kehribar rengi cam şişede toplanmıştır. Elüsyon (ayırıştırma) işleminden sonra kolondan 1.5 ml deiyonize su geçirilerek toplanan çözeltinin tamamı 2 dakika boyunca orta devirde karıştırılarak homojenize edilmiştir. Elde edilen karışım HPLC sistemine 100 µl olacak şekilde enjekte edilmiştir. HPLC analiz koşulları Çizelge 3.3'te, yer almaktadır. OTA % indirgeme yüzdesi Eşitlik (1) ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Okratoksin A degradasyonu} = \left(\frac{\text{Kontrol grubu} - \text{DBD grubu}}{\text{Kontrol grubu}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Çizelge 3.3 HPLC analiz koşulları.

Floresans Dedektör (FLD)	Ex (Excitation): 333 nm Em (Emission): 443 nm
Kolon	Intersil ODS-3V 5µm, 4.6 mmx150mm (Hicrom) veya eşdeğeri
Enjektör	Otomatik örnekleyici/ Rheodyne valfi
Enjeksiyon Hacmi (µl)	100
Mobil faz	Asetonitril:deiyonize su: asetik asit (51:47:2 v/v/v)
Mobil faz akış hızı (ml/dk.)	1.0

Standart eğrinin hazırlanması: örneklerin toplam OTA içeriğinin hesaplanabilmesi için OTA standart eğrisi oluşturulmuştur (EK 21). Farklı OTA konsantrasyonlarına karşılık gelen pik alanı değerleri ile grafik oluşturulup standart

eğri ($R^2>0.99$) elde edilmiştir. Standart eğri kullanılarak örneklere ait OTA miktarı hesaplanmıştır.

3.3.2. Nem tayini

Örneklerin nem içeriği Cemeroğlu (2018b)'unda yer alan yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemle göre, kurutma kabına 3 gram örnek tartılmış ve tartılan örnek sabit tartıma gelinceye kadar (0.002 g) 65 °C sıcaklıktaki vakumlu etüvde (Nuve EV 018, Türkiye) kurutulmasına dayanmaktadır. Sonuçlar Eşitlik (2)'de belirtildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$\%Nem = \frac{M_2 - M_3}{M_2 - M_1} \times 100 \quad (2)$$

M₁: Kurutulmuş boş kurutma kabı ve kapağının ağırlığı (g)

M₂: Analiz örneği + kurutma kabı ve kapağının ağırlığı (g)

M₃: Analiz örneği bulunan kurutma kabının işleminden sonraki ağırlığı (g)

3.3.3. Su aktivitesi

Plazma işlemi görmemiş (Kontrol grubu) ve plazma işlemi görmüş kuru üzüm örneklerinin su aktivitesi, su aktivitesi ölçüm cihazı (Testo 645, Almanya) ile oda koşullarında ölçümü gerçekleştirilmiştir.

3.3.4. Suda çözünen kuru madde miktarı tayini

Kuru üzüm örneklerinde suda çözünen kuru madde miktarı Cemeroğlu. (2018b)'de belirtilen metot uygulanarak belirlenmiştir. 10 g örnek alınmış ve üzerine 90 ml deiyonize su ilave edilip, homojenizatörde (Ultra-Turrax IKA T25, Almanya) 4 dakika boyunca 15000 rpm'de homojenize edilmiştir. Daha sonra karışım kaba filtre kağıdından geçirilip dijital refraktometre (Hanna, Romanya) kullanılarak oda koşullarında okunmuştur. Elde edilen değerler seyreltme faktörü ile çarpılmış ve sıcaklık düzeltmesi yapılarak SÇKM değeri (%) olarak ifade edilmiştir.

3.3.5. pH ve titrasyon asitliği tayini (%)

İki analiz için de homojenat hazırlamak için Zemzemoğlu-Arpa'nın (2019) yöntemi modifiye edilmiştir. Homojen haldeki kuru üzümünden 10 g alınmış ve 90 ml deiyonize su içerisinde +4 °C'de bir gün boyunca rehidrasyona bırakılmıştır. Daha sonra bu karışım Ultra-Turrax (IKA T25, Almanya) yardımıyla homojenize edilmiş ve kaba süzme kâğıdı ile süzülerek pH ve titrasyon tayini için kullanılmıştır.

Elde edilen berrak süpernatantın pH değeri cam elektrot uçlu dijital pH metre (Thermo Scientific, Orion 3 Star, ABD) ile belirlenmiştir (AOAC, 1990).

Titrasyon asitliği tayini için hazırlanan çözeltiden 10 ml alınmış, 1 N NaOH (Merck, Almanya) ile fenolftaleyn (Merck, Almanya) indikatöründe pH 8.1'e kadar titre edilmiştir (AOAC, 1990). Sonuçlar tartarik asit cinsinden (%), Eşitlik (3) yardımıyla hesaplanmıştır (w/w).

$$\text{Titrasyon asitliği, \%} = \frac{V * F * E}{M} * 100 \quad (3)$$

V: Analiz için harcanan 0.1 N NaOH miktarı ml

F: 1 N NaOH'ın faktörü

E: 1 ml 0.1 NaOH'ın eşdeğer tartarik asit miktarı (0.07505)

M: Titrasyon için alınan örnek miktarı, ml

3.3.6. Toplam fenolik madde analizi

Ekstraksiyon yöntemi;

Kuru üzümün ekstraksiyonu için Yılmaz (2022) modifiye edilerek uygulanmıştır. Ekstraksiyon yöntemi olarak, kuru üzüm kitlesinden 5 g tartılmış, üzerine 25 ml (%80) metanol (Tekkim, Türkiye) ilave edilmiştir. Sonrasında örnekler belirli bir süre oda koşullarında bırakılmıştır. Ardından karışım 12000 rpm'de 2 dk. boyunca homojenize (Ultra-Turrax IKA T25, Almanya) edilmiştir. Daha sonra 2 ml'lik santrifüj tüplerine (Eppendorf, Almanya) elde edilen karışım doldurulmuş ve 12000 g, 4 °C'de 15 dakika boyunca santrifüj (Hettich, Universal Mikro 200R, Almanya) işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlem sonunda üst faz toplanarak deney tüpüne aktarılmıştır. Analizler gerçekleşene kadar örnekler -18 °C'de muhafaza edilmiştir. Hazırlanan kuru üzüm ekstraktları toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam antioksidan aktivitesi analizlerinde kullanılmıştır.

Toplam fenolik madde analizi için, referans standardı olarak gallik asit kullanılmıştır. Folin-Ciocalteu yönteminin bir modifikasyonu yardımıyla kuru üzümlerde toplam fenolik madde analizi gerçekleştirilmiştir (Uzunorman, 2022).

Ekstraksiyon sonucu elde edilen üst fazdan gerekli seyreltmeler yapılarak (1:2, ekstrakt: metanol) 0.1 ml alınmış, üzerine 0.5 ml 0.2 N Folin-Ciocalteu reaktifi (Sigma-Aldrich, Almanya) ilave edilip karıştırılmıştır (WiseMix, VM-10), 5 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra 0.4 ml %7.5 sodyum karbonat (Supelco, Almanya) ve 4 ml saf su eklenerek karıştırılmıştır. Hazırlanan örnekler 2 saat karanlık ortamda bekletilip 765 nm’de metanole karşı UV-spektrofotometrede (Hettich Universal 320, Almanya) absorbans değerleri okunmuştur. Sonuçlar kuru madde cinsinden (mg GAE/100mg KM) olacak şekilde hesaplanmıştır.

Gallik asit kalibrasyon grafiği için farklı konsantrasyonlarda, 50, 100, 150, 200 ve 250 mg/L gallik asit (Sigma-Aldrich, Almanya) standart çözeltileri hazırlanmıştır. Örnekler için modifiye edilen analiz yöntemi her bir standart çözelti için uygulanmış elde edilen absorbans değerleri sonucunda gallik asit standart eğrisi oluşturulmuştur (EK 1). Bu grafik sonucu $y=ax+b$ şeklinde elde edilen formülden yararlanılarak örnek içerisindeki toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/ 100g KM) saptanmıştır.

3.3.7. Toplam flavonoid madde analizi

Kuru üzüm için elde edilen ekstraktlar, toplam flavonoid madde miktarı analizinde kullanılmıştır. Uysal-Seçkin (2019)’un çalışmasında uygulanan analiz yöntemi modifiye edilerek kuru üzüm örneklerinde toplam flavonoid madde miktarı tespit edilmiştir. Referans olarak kateşin standardı hazırlanarak sonuçlar kateşin (mg/L) cinsinden verilmiştir. Hazırlanan ekstraktlardan 1 ml alınmış, üzerine 4 ml deiyonize su ve 0.3 ml %5’lik NaNO_2 (Merck, Almanya) ilave edilerek karıştırılmıştır (WiseMix, VM-10). Karanlıkta 5 dakika bekletilen örneklerle sonrasında 0.6 ml %10’luk $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Merck, Almanya) ilave edilmiş ve üzerine 2 ml 1 mol/L’lik NaOH (Merck, Almanya) çözeltisi eklenerek toplam hacim

deiyonize suyla 10 ml'ye tamamlanmıştır. Tamamlanan çözelti karıştırılarak UV-spektrofotometrede (Hettich Universal 320, Almanya) 510 nm dalga boyunda okunmuştur. Elde edilen absorbans değerleri (+)- kateşin ile hazırlanan standart eğrisinden yararlanılarak (EK 2) toplam flavonoid madde miktarı hesaplanmıştır.

Kalibrasyon eğrisi EK 2'de gösterildiği gibi 0,05 g (+)-kateşin 100 ml (%80) metanolde çözündürülmüş ve 0.5 g/L konsantrasyonunda stok çözeltisi hazırlanmıştır. Elde edilen stok çözeltiden analiz yöntemine uygun şekilde 50, 100, 150, 200 ve 250 mg/L'lik farklı konsantrasyonlarsa hazırlanıp absorbans değerleri belirlenmiştir. Bu grafik sonucu $y=ax+b$ şeklinde elde edilen formülden yararlanılarak örnek içerisindeki toplam flavonoid madde miktarı (mg QE/100 mg KM) saptanmıştır.

3.3.8. Toplam antioksidan aktivite analizi

Toplam antioksidan madde miktarı analizi için Okuroğlu (2020) tarafından verilen DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) yönteminin modifikasyonu kullanılmıştır. 0.1 mM DPPH çözeltisi için 0.0039 g tartılarak (%80) metanolle 100 ml'lik balon jojede tamamlanmıştır. Çözelti karanlık bir ortamda çalkalamalı karıştırıcı çözündürülmüştür ve +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Kuru üzüm ekstraktından 0.1 ml alınmış üzerine 2.9 ml 0.1 mM DPPH çözeltisi ilave edilmiş, karanlıkta 30 dakika bekletilmiştir. Örneğin absorbansı 517 nm'de metanole karşı okunmuştur. % inhibisyon değeri Eşitlik (4) kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar Troloks (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik) standardı ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi kullanılarak % inhibisyon değerlerine karşılık gelen mmol Troloks eşdeğeri belirlenmiş, daha sonra kuru üzüm örneklerine ait mg Troloks eşdeğeri (mg Troloks/100 g KM) cinsinden hesaplanmıştır.

$$\%inhibisyon = 1 - \left[\frac{A_{\text{şahit}}}{A_{DPPH}} \right] * 100 \quad (4)$$

Benzer işlemler troloks kalibrasyon eğrisi için de uygulanmıştır. Farklı konsantrasyonlarda absorbans değerlerine karşılık gelen % inhibisyon değerleri ile kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur (EK 3).

3.3.9. Renk tayini

İşlem görmüş ve işlem görmemiş kuru üzüm örneklerinin renk değerlerini tespit etmek için HunterLab renk ölçüm cihazı kullanılmıştır (Hunter Associates Laboratory Inc., Reston, VA, ABD). Çağlar (2021)'in metoduna göre renk ölçümü için öncelikle, siyah daha sonra beyaz ($L^*=93.44$, $a^*=-1.12$, $b^*=1.02$) plaka kullanılarak cihazın kalibrasyonu yapılmıştır. Ardından renk ölçümü gerçekleştirilecek kuru üzümler için L^* (parlaklık), a^* (yeşillik/kırmızılık) ve b^* (mavilik/sarıklık) değerleri tespit edilmiştir. Ölçülen L^* , a^* ve b^* değerlerinden toplam renk farkı (ΔE) için Eşitlik (5) hue açısı (h°) için Eşitlik (6) ve kroma (C^*) için Eşitlik (7) kullanılarak kuru üzüm örnekleri için renk değerleri hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_{ref}^*)^2 + (a^* - a_{ref}^*)^2 + (b^* - b_{ref}^*)^2} \quad (5)$$

$$h^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (6)$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (7)$$

Ref alt simgesi, DBD plazma işlemi görmemiş kuru üzümleri (kontrol grubu) temsil etmektedir.

3.3.10. İstatiksel analizler

Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde SPSS (IBM SPSS Statistic 25, New York, ABD) paket programı kullanılmıştır. Analiz sonuçları için Tek Yönlü ANOVA ve Duncan Çoklu Karşılaştırma metotları kullanılmıştır. Analiz sonuçları $p<0.05$ önem seviyesinde değerlendirilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez çalışması kapsamında, yenilikçi teknolojilerden biri olan dielektrik bariyer deşarj soğuk plazma teknolojisinin (DBD), kuru üzümde OTA degradasyonu üzerine etkinliği incelenmiştir. Ek olarak, DBD plazmanın kuru üzümün fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

4.1.DBD Plazma Çalışma Koşullarının Belirlenmesi

4.1.1. DBD Plazma için frekans ve sürenin belirlenmesi

Tez çalışması kapsamında kuru üzüm örneklerine uygulanacak olan DBD plazma teknolojisi için etkin frekans ve süre parametrelerinin belirlenmesi ön denemelerle gerçekleştirilmiştir. Kullanılan işlem parametreleri Çizelge 4.1’de yer almaktadır.

Çizelge 4.1 DBD plazma ön deneme parametreleri.

Frekans (Hz)	Süre (dk.)	Plazma akışı
300	1	Etkisiz
	2	Etkisiz
700	1	Düşük
	2	Düşük
1250	1	Etkili
	2	Çok Etkili
2000	1	Etkili
	2	Çok Etkili
2500	1	Etkisiz
	2	Etkisiz

Bu amaçla kuru üzüm örnekleri öncelikle sabit görev döngüsünde (%30) farklı frekans (Hz) ve süre (dk.) değerleri ile işlenmiş ve örnekler üzerinde etkin plazma akışının sağlanması amaçlanmıştır. Yapılan denemeler sonucunda DBD plazma için etkin işlem parametreleri sabit görev döngüsünde, 1250 ve 2000 Hz frekans, 1 ve 2 dakika işlem süresi olarak belirlenmiştir.

4.1.2. DBD plazma uygulama yönteminin belirlenmesi

Çalışmanın ikinci aşamasında, ön denemelerde tespit edilen 1250 Hz ve 2000 Hz frekans değerleri ve 2 dakika işlem süresinde farklı DBD plazma uygulama teknikleri kullanılarak, DBD plazmanın kuru üzümlerdeki OTA degradasyonu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın bu aşamasında denemelerde OTA inoküle edilmiş üzümler kullanılmış olup işlem etkinliği % OTA azalma oranı hesaplanarak incelenmiştir. Üç farklı DBD plazma uygulama tekniği ile işlem görmüş kuru üzümlerde % OTA azalma verileri Çizelge 4.2.'de verilmiştir

Çizelge 4.2 Farklı DBD plazma uygulamaları sonucu OTA azalması (%).

DBD plazma uygulaması	OTA Azalması (%)
1250 Hz-2 dk+2dk+2dk	14.50±1.53 ^b
1250 Hz-2 dk.	
Topraklama plakası hareketli	34.45±2.93 ^a
Topraklama plakası sabit	37.92±8.07 ^a
2000 Hz-2 dk.	
Topraklama plakası hareketli	35.57±1.54 ^a
Topraklama plakası sabit	34.23±2.37 ^a

^{a,b} Aynı sütundaki farklı harflendirme, DBD plazmanın farklı uygulama yöntemlerinin OTA azalması (%) üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir; $p < 0.05$

İlk deneme için, sabit frekansta (1250 Hz) ve sabit görev döngüsünde (%30) uygulanan DBD plazma işleminde, OTA ile inoküle edilmiş kuru üzüm örnekleri

bir (yaklaşık olarak 8-9 adet) cam petri yüzeyine (bkz Şekil 3.3.) dizilmiştir. İşlem, üç gün boyunca günde ikişer dakika olarak 1250 Hz frekansta gerçekleştirilmiştir. İlk deneme sonucunda, işlem görmüş örneklerde 1.85 ± 0.17 ppb seviyesinde OTA tespit edilmiş ve işlem görmemiş örneklere (2.76 ± 0.42 ppb) kıyasla OTA 'da $\%14.50 \pm 1.53$ azalma tespit edilmiştir.

İkinci denemede ise OTA inoküle edilmiş kuru üzümler 1250 ve 2000 Hz frekans değerlerinde, sabit görev döngüsünde DBD plazma uygulaması ile işlenmiştir. Denemede 100 gram kuru üzüm tartılmış ve topraklama plakası üzerine kuru üzümler (yaklaşık 25 gram olacak şekilde) dizilmiştir. Sonrasında, plazma akışı boyunca topraklama plakası sekiz çizerek baştan uca hareket ettirilmiştir. Uygulama sonrasında 1250 Hz frekansta işlem görmüş örneklerde bulunan OTA miktarı 1.95 ± 0.07 ppb olarak tespit edilmiş, işlem görmemiş örneklere (2.98 ± 0.18 ppb) kıyasla OTA miktarında $\%34.45 \pm 2.93$ azalma saptanmıştır. 2000 Hz frekans değerinde sabit süre ve görev döngüsünde işlem gören inoküle kuru üzümlerde OTA miktarı 1.92 ± 0.03 ppb olarak tespit edilmiştir. İşlem sonucunda OTA miktarında işlem görmemiş gruba kıyasla $\%35.57 \pm 1.54$ azalma saptanmıştır.

Üçüncü denemede benzer şekilde OTA inokülasyonu gerçekleştirilen kuru üzümler için 1250 ve 2000 Hz frekansta sabit süre ve görev döngüsünde, DBD plazma uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu işlem esnasında topraklama plakası sabit tutulmuş, üzerine prop çapını (3cm) geçmeyecek şekilde inoküle kuru üzümler (yaklaşık olarak 8-9 adet) yerleştirilmiştir. Uygulama sonucu 1250 Hz frekansta işlem gören kuru üzümlerde bulunan OTA miktarı 1.85 ± 0.17 ppb olarak tespit edilmiş, işlem görmemiş örneklere (2.98 ± 0.18 ppb) kıyasla OTA miktarında $\%37.92 \pm 8.07$ azalma belirlenmiştir. 2000 Hz frekansta işlem gören inoküle üzümlerde OTA miktarı 1.76 ± 0.28 ppb olarak belirlenirken, işlem görmemiş örneklere kıyasla $\%34.23 \pm 2.37$ OTA azalma oranı tespit edilmiştir.

Üçüncü deneme yönteminde plazma, sabit akışta ve sürede inoküle kuru üzüm tanelerine uygulandığı için işlem sonunda prop ve inoküle kuru üzüm yüzeylerinde ani sıcaklık artışları meydana gelmiştir. Bazı inoküle kuru üzüm tanelerinin yüzeyinde yanıklar oluşmuştur. Şekil 4.1’de DBD plazma uygulaması sonucu yanan inoküle kuru üzümler görseli verilmiştir.



Şekil 4.1 2000 Hz frekansta DBD plazma işleminin hareketsiz yapılması sonucu kuru üzümde oluşan bölgesel yanıklar.

İkinci ve üçüncü denemelerde işlem parametreleri sabit tutulmuş, DBD plazma işlemi sırasında topraklama plakasının sabit durması ve hareket ettirilmesiyle % OTA azalması üzerine etkisi karşılaştırılmıştır. DBD plazma işlemi sırasında topraklama plakası hareketinin % OTA azalması üzerindeki etkisinin anlamsız olduğu tespit edilmiştir ($p>0.05$). Üç gün boyunca sabit frekans ve sürede DBD plazma işlemi gören inoküle kuru üzümlerdeki % OTA azalmasının diğer uygulamalara kıyasla daha düşük olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Sonuçlar göz önüne alındığında, 1250 ve 2000 Hz frekans değerlerinde %30 görev döngüsünde 2 dakika boyunca topraklama plakasının hareket ettirildiği DBD

plazma işleme yöntem olarak seçilmiştir. Sonuçlar göz önüne alındığında, seçilen yöntemin, DBD plazma işleme kolaylığı sağladığı ve inoküle kuru üzümde bölgesel yanmalara neden olmadığı (Şekil 4.1) tespit edilmiştir.

Çalışmanın bir sonraki aşamasında işlem süresinin kuru üzüm örneklerinin kalite özellikleri ve OTA degradasyonu üzerine etkisi incelemek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda kuru üzüm örnekleri belirlenen frekanslarda, 1 dakika boyunca işlemek yerine, işlem etkinliğinin süreye bağlı değişimini gözlemleyebilmek için 4 dakika boyunca DBD plazma ile işlenmiştir. Topraklama plakası ve prop arasındaki mesafe her uygulama öncesinde inoküle kuru üzüm yüksekliğine göre özel olarak ayarlanmıştır.

4.2. DBD Plazma Uygulamasının Kuru Üzüm Örneklerine Fizikokimyasal Etkisi

Tez çalışması kapsamında, konsantrasyonu bilinen OTA stok çözeltisi kuru üzümlere inoküle edilmiş, ardından DBD plazma uygulanmıştır. DBD plazmanın OTA degradasyonu üzerine etkisini belirleyebilmek için kuru üzümlere OTA analizi yapılmıştır. DBD uygulamasının kuru üzümün kalite özellikleri üzerine etkisini incelemek için OTA inoküle edilmemiş kuru üzümler kullanılmıştır. Kuru üzüm örneklerine fiziksel; su aktivitesi, nem içeriği (%), suda çözünen kuru madde (%), pH tayini, renk analizi ve kimyasal; titrasyon asitliği tayini, toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/100g kuru madde), toplam flavonoid madde miktarı (mg QE/100g kuru madde), toplam antioksidan aktivite (mg Troloks/100g kuru madde) analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar DBD uygulamamış (kontrol) kuru üzümlerle karşılaştırılmıştır.

4.2.1. DBD plazmanın OTA inoküle edilmiş kuru üzüm üzerine etkisi

OTA, kısmen kararlı bir moleküldür. Tarım ürünlerinde OTA üreten küf gelişimi hasat öncesi, hasat sonrası ve depolama sırasında kontrol altına alınmazsa ürünler, OTA bakımından risk teşkil etmektedir. Ayrıca OTA, birçok gıda işleme yöntemine karşı direnç göstermesi sebebiyle tüketici sağlığı açısından tehlikeli bir toksindir (Çelik, 2008). Çizelge 4.3'te Kuru üzüm gruplarında bulunan OTA miktarını (ppb) ve DBD plazma işlemi sonucu % azalması verilmiştir.

Çizelge 4.3 Kuru üzüm gruplarında bulunan OTA miktarı (ppb), azalma (%).

	Okratoksin A (ppb)	Azalma (%)
Kontrol Grubu	5.98±0.55 ^a	-
1250-2 dk.	2.62±0.26 ^c	56.08±4.48 ^b
2000-2 dk.	1.85±0.17 ^d	69.10±2.95 ^a
1250-4 dk.	3.78±0.45 ^b	36.87±7.60 ^c
2000-4 dk.	3.45±0.15 ^b	42.31±2.63 ^c

^{a,b,c,d} Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, DBD plazma uygulamasının farklı frekans ve sürelerde kendi arasında karşılaştırılmasıdır (ANOVA). Farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları farkı istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlıdır ($p<0.05$). Grup ortalaması en büyükten en küçüğe doğru alfabetik olarak yapılmıştır.

Okratoksin A miktarının en yüksek olduğu değer 5.98±0.55 ppb ile kontrol grubuyken; en düşük olduğu değer 1.85±0.17 ppb ile 2000 Hz, 2 dakika DBD plazma işlemi görmüş kuru üzüm grubudur ($p<0.05$). 1250 Hz frekansta, 2 ve 4 dakika işlem görmüş kuru üzümlerdeki OTA miktarı sırasıyla 2.62±0.26 ppb ve 3.78±0.45 ppb olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunda göre, sabit 1250 Hz frekans değerinde 2 ve 4 dakika işlem parametrelerinde işlenen kuru üzümlerdeki OTA miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$). 2000 Hz frekansta işlem sürelerinin OTA degradasyonu üzerine etkinliği incelendiğinde, artan işlem süresine bağlı olarak % OTA azalma oranında artış

belirlenmemiştir. Çalışılan her iki frekans değerleri için uygulanan 2 dakikalık işlem süresinde kuru üzümlerdeki OTA degradasyonu, 4 dakikalık işlem süresine göre göre istatistiksel olarak daha etkilidir ($p<0.05$). 2 dakika sabit sürede 1250 ve 2000 Hz frekansta DBD plazma işlemi uygulanan kuru üzümlerdeki OTA azalma miktarları istatistiksel olarak anlamlıyken ($p<0.05$), 4 dakika boyunca 1250 ve 2000 Hz frekansta işlem gören kuru üzüm örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p>0.05$). 2000 Hz frekansta farklı sürelerde işlem gören kuru üzümün OTA miktarındaki azalma kontrol grubuyla kıyaslandığında aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$). Çizelge 4.3'te yer alan veriler incelendiğinde 4 dakika işlem süresi için OTA azalmasındaki değişimin frekansa bağlı olduğu, işlem süresinin azalma üzerine önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. DBD plazma sırasında oluşan ozon ve UV ışınlarının etkisinin süreden bağımsız olduğu saptanmıştır. Ayrıca kuru üzümlere 1250 ve 2000 Hz frekanslarda ve farklı sürelerde (2 ve 4 dk.) DBD plazma uygulaması sonucunda saptanan OTA miktarları, EFSA tarafından yayınlanan, Belirli Gıda Maddelerinde Maksimum OTA Seviyeleri Yönetmeliği'nde kuru üzüm için belirlenen OTA limitinin (8 ppb) altında bulunmuştur (EFSA, 2023).

OTA'daki % azalma sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.3.), 1250 Hz 2 dk. ve 2000 Hz 2 dk. DBD plazma işlemi görmüş kuru üzüm grupları arasında fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$). 2000 Hz frekansta 2 dakika boyunca DBD plazma işlemi gören kuru üzüm gruplarında kontrol grubuna kıyasla (5.98 ± 0.55 ppb) 69.10 ± 2.95 oranında azalma sağlanmıştır ($p<0.05$). OTA inoküle edilmiş kuru üzüm örneklerinin 4 dakika boyunca 1250 ve 2000 Hz frekansta işlenmesi sonucu elde edilen azalma değerleri sırasıyla; 36.87 ± 7.60 ve 42.31 ± 2.63 olarak tespit edilirken, sabit sürede (4 dakika) farklı frekanslarda (1250 ve 2000 Hz) DBD plazma işlemi gören gruplar arasındaki OTA azalımı istatistiksel olarak anlamsızdır ($p>0.05$). 1250 ve 2000 Hz frekansta 2 dakika boyunca DBD plazma işlemi gören

inoküle kuru üzümün % OTA azalma sonuçları sırasıyla; 69.10 ± 2.95 ve 56.08 ± 4.48 olarak bulunmuştur. 2 dakika boyunca 1250 ve 2000 Hz’de DBD plazma ile işlenen kuru üzüm grupları arasındaki % azalmanın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$).

Literatürde farklı gıda grupları için DBD plazma uygulamasının OTA degradasyonu üzerine etkinliğinin araştırıldığı çalışmalar yer almaktadır. Örneğin bir çalışmada pirinçte OTA ve DON degradasyonunda DBD plazmanın etkisi araştırılmıştır. İşlem parametresi olarak 25 kV’da farklı işlem süreleri boyunca (2, 4, 6 ve 8 dk.) DBD uygulaması gerçekleştirilmiştir. 8 dakikalık işlem sonucunda, DON ve OTA’da sırasıyla 61.25 ve 55.64 azalma tespit edilmiştir (Guo et al., 2023).

Kavrulmuş kahvede yapılan bir çalışmada, OTA degradasyonu için 30 W giriş gücünde, 850 V çıkış voltajında, taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılarak 1.5 L/dk. akış hızında farklı sürelerde soğuk plazma (SP) işlemi uygulanmıştır. Kavrulmuş kahveye inoküle edilen bazı küflerin ürettiği OTA miktarı: *A. westerdijkiae* 96.45 µg/kg, *A. steynii* 67.76 µg/kg, *A. niger* 91.03 µg/kg ve *A. versicolor* 76.74 µg/kg olarak tespit edilmiştir. 30 dakikalık SP işlemi sonunda tüm küf türlerinin ürettiği OTA miktarında %50 oranında azalma tespit edilmiştir. SP’nin OTA detoksifikasyonu üzerine etkisi şu şekilde açıklanmıştır: uygulama sırasında oluşan, iyonların (H_3O , O , O^{++} , N_2^+), moleküler türlerin (O_3 ve H_2O_2) ve serbest radikallerin (OH^- , O_2^- , NO^-) üretimi ve UV ışınlarının L-β-fenilalanin molekülüne amid bağıyla bağlanan dihidrokumarin halkasının açılması veya aşınmasıyla OTA’nın daha az toksik bileşenlere dönüşmesi şeklinde açıklanmıştır (Casas-Junco et al., 2019).

Arpada yapılan bir çalışmada *Penicillium verrucosum* tarafından sentezlenen OTA'nın dekontaminasyonu için Difüz Eş Düzlemli Yüzey Bariyer Deşarj (DCSBD) plazma kullanılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak atmosferik hava kullanılmış 350 W güç girişinde, 10 sL/dk. gaz akışında 1 ve 3 dakika plazma işlemi uygulanmıştır. İşlem görmemiş arpa örneklerinde bulunan OTA miktarı 61 ± 44.7 ng/g olarak belirlenirken, 1 ve 3 dakika DCSBD işlemi gören arpalardaki OTA miktarı sırasıyla 30.4 ± 15.9 ve 19.2 ± 25.7 ng/g olarak tespit edilmiştir. İki haftalık depolama işlemi boyunca örneklerde bulunan OTA değerlerinde bir değişim olmadığı belirlenmiştir. Atmosferik hava kaynaklı plazma uygulaması sonucunda ozon ve ROS oluşmaktadır. Oluşan ozonun *P. verrucosum* kaynaklı OTA dekontaminasyonu üzerine olumlu bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir (Durek et al., 2018). Hurmada yapılan bir çalışmada, Çift Atmosferik Basıncılı Argon Soğuk Plazma (DAPACP) kullanılmıştır. DAPACP uygulamasının hurmada önemli küf sorunu olan *Aspergillus niger* ve sporları üzerine etkisi ve OTA üzerine etkisi araştırılmıştır. Plazma işleminde 25 kHz frekansta, işlem süresi 30 saniye ile 1-9 dakikada çalışılmış ve 1.5, 2.5, 3.5 ve 4.5 L/dk. akış hızı belirlenmiştir. Hurmalardan inoküle edilen *A. niger*'den spor geliştirmesi ve OTA sentezlenmesi sağlanmıştır. Daha sonra DAPACP'nin antimikrobiyal, spor inaktivasyonu ve OTA degradasyonu üzerine etkisi araştırılmıştır. Plazmanın antimikrobiyal etkinliği oluşturduğu serbest radikallerden ve UV ışımaya kaynaklı oluşan yüklü parçacıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu etkiler, hücrenin yapısının bozulmasına ve hücre zarı veya duvarının tahribatını sağlamaktadır. İşlem sonunda en yüksek spor inaktivasyonu 9 dakika ve 3.5 L/dk. işlem akışında belirlenmiştir. OTA dekontaminasyonunda sabit frekansta işlem süresinin artmasıyla OTA miktarında anlamlı bir azalma meydana gelmiştir. 6 dakika sonunda örneklerde OTA bulunamamıştır (Ouf et al., 2015).

Günümüzde tarımsal ürünlerde mikotoksin içermeyen gıda üretiminin bazı zorlukları bulunmaktadır. Soğuk plazma, yenilikçi ısı olmayan teknolojilerden biridir. Tez kapsamında kuru üzümde OTA kaynaklı bozulmanın önlenmesi için DBD plazma işleminin etkinliği araştırılmıştır. Literatürde farklı tahıl ürünleri ve kuru meyveler için benzer çalışmalar yer almaktadır. Mikotoksin degradasyonu çalışmalarına bakıldığında iki farklı degradasyon yolu izlenmiştir. İlki, mikotoksin sentezleyen küflerin gelişimini ve sporların oluşumunu engellemektir. Bunun için plazma oluşumu sırasında oluşan UV ışınları yanında iyonlar, ROS ve RNS, hücre yapısını bozarak DNA sarmalına hasar oluşturmaktadır (Şen, 2015). Gelişimi engellenen küfler, mikotoksin sentezleyememekte ve dolaylı yoldan detoksifikasyon işlemi sağlanmaktadır. Diğer yol ise mikotoksinleri daha az toksik formlarına dönüştürmektir. Günümüzde OTA'nın degradasyonunun sağlanabilmesi için; soğuk plazma sonucu oluşan iyonların, ozonun, serbest radikallerin ve UV ışınlarının kombine etkisiyle OTA'nın L- β - fenilalanin molekülüne bağlı amid bağıyla bağlanan dihidrokumarin halkasının açılması ve aşınması sonucunda OTA'nın daha az toksik bileşenlere parçalanabildiği bildirilmiştir (Ouf et al., 2015; Casas-Junco et al., 2019).

Tez çalışmasında elde edilen OTA azalma sonuçlarına benzer sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarda bildirilmiştir. Kuru üzümlere inoküle edilen OTA'nın degradasyonu için atmosferik basınçta DBD plazma, taşıyıcı gaz olarak atmosferik hava kullanılmış ve belirlenen frekanslarda belirli sürelerde işlenmiştir. DBD uygulaması sırasında oluşan ozon, UV ışınları ve ROS'un OTA'nın dihidrokumarin halkasını aşındırarak OTA'nın daha az toksik bileşenlerine parçalanabilmesiyle açıklanmaktadır.

4.2.2. Kuru üzümün su aktivitesi, nem değeri (%) ve SÇKM (%)

Tez çalışması kapsamında hiçbir işlem uygulanmamış kuru üzüm örneklerinin (Kontrol grubu) ve DBD plazma işlemi uygulanmış kuru üzüm örneklerinin su aktivitesi, nem içeriği (%) ve SÇKM (%) değeri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4 Kuru üzümün su aktivitesi, nem içeriği ve SÇKM değeri.

	Su aktivitesi	Nem içeriği (%)	SÇKM değeri (%)
Kontrol Grubu	0.540±0.01 ^a	15.63±0.57 ^a	79.67±0.48 ^c
1250 Hz-2 dk.	0.541±0.01 ^a	15.47±0.31 ^a	80.00±0.01 ^b
2000 Hz-2 dk.	0.535±0.01 ^{ab}	10.46±0.22 ^c	80.00±0.01 ^b
1250 Hz-4 dk.	0.546±0.01 ^a	14.49±0.01 ^b	81.00±0.01 ^a
2000 Hz-4 dk.	0.525±0.01 ^b	14.67±0.46 ^b	81.00±0.01 ^a

^{a,b,c,d} Aynı sütundaki farklı harflendirmeler: DBD plazma uygulamasının farklı frekans ve sürelerde kendi arasında karşılaştırılmasıdır (ANOVA). Farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları farkı istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlıdır ($p<0.05$). Grup ortalaması en büyükten en küçüğe doğru alfabetik olarak yapılmıştır.

Kuru üzümün su aktivitesi değeri 0.60'ın altındır (Çizelge 4.4). Kuru üzümün su aktivitesi değeri incelendiğinde, 1250 Hz'te 2 ve 4 dk. DBD plazma uygulanmış kuru üzüm örnekleri ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Pirinç tanesinde OTA ve Deoksinivalenol (DON) dekontaminasyonu üzerine yapılan bir çalışmada DBD plazma işlemi uygulanmıştır. 25 kV'da 2, 4, 6 ve 8 dakika boyunca DBD işlemi uygulanan örneklerin nem değerlerinde, süre arttıkça oluşan azalmada önemli bir fark saptanmamıştır (Guo et al., 2023).

Sultaniye taze üzümün vakum mikrodalga, güneşte kurutma ve kombine kurutulması üzerine yapılan bir çalışmada, bandırmaz kuru üzüm su aktivitesi

değerleri 0.476-0.567 arasında ve suda çözünen kuru madde değerleri %78.1-81.3 değişmektedir (Uzunorman, 2022). Kuru üzümlerin DBD plazma işlemi görmemiş gruplarında su aktivitesi ve suda çözünen kuru madde miktarı değerleri literatürle uyumlu bulunmuştur.

Kurutulmuş yenibahar tohumları ile yapılan bir çalışmada, Difüz Eş Düzlemli Yüzey Bariyer Deşarj (DCSBD) kullanılmıştır. Bu plazma kaynağının DBD plazmadan farkı gıda maddesi boyutunun elektrot aralığı ile sınırlı kalmaması ve daha fazla yüksek deşarj alanına sahip olmasıdır. Bu uygulama kapsamında yenibaharlara, farklı sürelerde (60, 120, 180, 240 ve 300 s) ve 20 kV değerinde voltaj uygulanmıştır. DCSBD uygulama süresi arttıkça yenibaharların su aktivitesi değerleri azalmıştır (Medvecká et al., 2020).

Kuru üzümlerin nem değerleri incelendiğinde en yüksek nem değerinin kontrol grubunda (15.63 ± 0.57), en düşük nem değerinin ise 2000 Hz 2 dk. işlem görmüş grupta (10.46 ± 0.22) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Elde edilen veriler doğrultusunda DBD işlemi görmüş örneklerdeki nem değerinin uygulanan işlem sürelerinden bağımsız olarak, frekans ile değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

Kahverengi pirinçte yapılan bir çalışmada iki farklı süre (5 ve 10 dk.) iki farklı voltaj (40 ve 50 W) değerinde taşıyıcı gaz olarak atmosferik hava kullanılmıştır. Uygulama sonucunda işlem süresi arttıkça, kontrol grubuna göre plazma uygulanan grupların nem değerlerinde düşüş tespit edilmiştir (Thirumdas et al., 2016).

Ölçülen nem değerleri arasındaki farklılığın DBD plazma uygulaması boyunca, ürünün yüzeyindeki oluşabilecek ısınma sonucu nem değerlerinde azalma meydana geldiği saptanmıştır. Yapılan birçok çalışmada da farklı uygulamalar

sonrasında nem kaybı olduğu, dolayısı ile elde edilen sonucun literatür verileriyle uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Kontrol grubu, 1250 ve 2000 Hz arasındaki suda çözünen kuru madde değerindeki değişim istatistiksel olarak anlamsızdır ($p < 0.05$) (Çizelge 4.4). En düşük SÇKM 79.67 ± 0.048 olarak kontrol grubunda, en yüksek SÇKM değeri 4 dakikada 1250 ve 2000 Hz frekansta işlem gören kuru üzümlerde 81.00 ± 0.01 olarak belirlenmiştir.

Taze kivi dilimlerine DBD plazma uygulaması yapılmıştır. Oda koşullarında sabit voltajda 19 V, farklı işlem sürelerinde (10+10 ve 20+20 dakika) plazma uygulanmıştır. İşlem süresinin artmasıyla kivi dilimlerinde SÇKM değerlerinde artış meydana gelmiştir. Ayrıca SÇKM değerlerinde belirlenen bu artışın, işlem süresi ile depolama süresi arasında önemli olduğu tespit edilmiştir. Depolama boyunca SÇKM değerlerinde gerçekleşen artışın nişastanın şekere dönüşmesiyle ilgili olduğu şeklinde açıklanmıştır (Ramazzina, 2015). DBD plazmanın domates suyuna uygulandığı bir çalışmada 10 kHz frekansta ve farklı süre değerlerinde (1, 2, 3, 4 ve 5 dk.) çalışılmıştır. İşlem görmemiş domates suyunda SÇKM 5.83 ± 0.05 °Bx, 5 dakikalık işlem sonunda 6.70 ± 0.04 °Bx olduğu tespit edilmiştir. Suda çözünen kuru maddedeki bu artışa, plazma uygulaması sırasında üründe meydana gelen nem kaybı sonucu oluşabilecek bazı metabolik değişikliklerden kaynaklanabileceği göstermektedir. Tez kapsamında elde edilen nem içeriği sonuçlarının değişimi göz önüne alındığında kuru üzümde nem değerinin frekans değeri ve işlem süresi arttıkça azalması sonucunda, SÇKM değerinde oransal artışa sebep olabileceği düşünülmektedir. Benzer durum literatür çalışmalarından elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir.

4.2.3. Kuru üzümün pH ve titrasyon asitliği (%) değerleri

İki farklı frekans ve sürede DBD plazma işlemi uygulanan ve uygulanmayan kuru üzüm gruplarının pH ve titrasyon asitliği değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5 Kuru üzümün pH ve titrasyon asitliği (%) değerleri.

	pH	Titrasyon asitliği (%)
Kontrol Grubu	3.90±0.02 ^a	2.58±0.53 ^a
1250 Hz-2 dk.	3.84±0.01 ^c	2.58±0.46 ^a
2000 Hz-2 dk.	3.84±0.01 ^c	2.66±0.46 ^a
1250 Hz-4 dk.	3.86±0.01 ^b	2.66±0.38 ^a
2000 Hz-4 dk.	3.86±0.02 ^b	2.66±0.38 ^a

^{a,b,c} Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, DBD plazma uygulamasının farklı frekans ve sürelerde kendi arasında karşılaştırılmasıdır (ANOVA). Farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları farkı istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlıdır ($p<0.05$). Grup ortalaması en büyükten en küçüğe doğru alfabetik olarak yapılmıştır.

Kuru üzüm örneklerinin pH değerleri 3.90-3.84 arasında değişmektedir. Kontrol grubu ve DBD plazma işlemi gören kuru üzüm grupları arasındaki farkın anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ayrıca DBD plazma işlemi sonucunda pH değerlerinde genel bir azalma saptanmıştır. 2 dakika boyunca sürede 1250 ve 2000 Hz DBD plazma uygulaması gören gruplar arasındaki farkın anlamsız olduğu tespit edilmiştir ($p>0.05$). Buna ek olarak 4 dakika boyunca farklı frekans değerlerinde DBD plazma uygulanmış kuru üzüm grupları arasındaki farkın da anlamsız olduğu tespit edilmiştir ($p>0.05$). Sabit frekans değerinde süre arttıkça, kuru üzümlerdeki pH değişimi kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir farka yol açtığı belirlenmiştir ($p<0.05$).

Domates suyunda DBD plazma işlemi uygulanan bir diğer çalışmada, 10kHz frekansta 1, 2, 3, 4 ve 5 dakika boyunca domates sularına DBD plazma

uygulanmıştır. Kontrol grubunun pH değeri 4.18 ± 0.02 olarak bulunurken, 5 dakika işlem süresi sonrasında pH değeri 4.28 ± 0.01 olarak tespit edilmiştir (Ali et al., 2021).

Prebiyotik portakal suyunda yapılan bir çalışmada, DBD plazma işlemi uygulanmıştır. pH değişimi plazma uygulaması boyunca azalmıştır. İşlem görmemiş gruba göre DBD işlemi gören gruplardaki pH değişimindeki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$) (Almeida et al., 2015).

Tez kapsamında uygulanan DBD plazma işlemi sonucu oluşan reaktif gazların kuru üzüm örneklerinin nem değeri ile etkileşim göstermesiyle pH değerlerinde değişim tespit edilmiştir. Ayrıca taşıyıcı gaz olarak hava kullanılması sonucunda oluşan ROS gibi türlerin pH değerlerini düşürdüğü belirlenmiştir.

Gıdalardaki asidin toplam miktarına titrasyon asitliği denmektedir. Gıdada en çok bulunan asit cinsinden ifade edilmektedir. Üzümde baskın asit tartarik asittir. Tez kapsamında kuru üzüm için tartarik asit cinsinden titrasyon asitliği hesaplanmıştır (Çizelge 4.5). Titrasyon asitliği değerleri arasındaki farkın tüm gruplarda anlamsız olduğu tespit edilmiştir ($p > 0.05$).

Yapılan bir diğer çalışmada, beyaz üzüm suyu yüksek voltajlı atmosferik soğuk plazma ile işlenmiş ve işlemin üzüm suyunun kalite özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. 80 kV sabit frekansta 1, 2, 3 ve 4 dk. örneklerle plazma işlemi uygulanmıştır. Kontrol grubunun pH değeri, 3.38 ± 0.01 olarak belirlenirken işlem süresi arttıkça pH'da tespit edilen azalmada önemli fark tespit edilememiştir. ($p > 0.05$). Titrasyon asitliğindeki (%) düşüşün anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$) (Pankaj et al., 2017).

DBD plazma uygulaması sırasında oluşan ve ortamın asitliğinin azalmasını sağlayan (OH^-) radikalinin çözünmesi, kuru üzüm örneklerinde asitliğin azalmasına neden olabileceği tespit edilmiştir.

DBD plazma uygulaması sonucunda oluşabilen ROS ve RNS, gıdada bulunan mevcut nem ile etkileşime girebilmekte ve bu etkileşim sonucu kuru üzümlerde pH ve titrasyon asitliği değerlerinde değişime neden olmaktadır. Kuru üzümlerde meydana gelen pH azalması yanında toplam asitlik değerlerindeki değişimin anlamsız olduğu tespit edilmiştir. Bu durum DBD plazma uygulamasının kuru üzümde baskın asit olan tartarik asidi etkilemediği şeklinde yorumlanmaktadır.

4.2.4. Kuru üzümlerin toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam antioksidan madde miktarı değerleri

Tez çalışması kapsamında farklı frekans ve süre değerlerinde DBD plazma işlemi uygulanmış kuru üzümlerde, kontrol grubuna göre toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri kıyaslanmış ve DBD plazma uygulamasının kuru üzümlerde bulunan fenolik, flavonoid ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Sonuçlar kuru madde üzerinden hesaplanmıştır. Çizelge 4.6'da kuru üzümlerin toplam fenolik madde (mg GAE/100 g KM), toplam flavonoid madde (mg QE/100 g KM) miktarı ve toplam antioksidan aktivite (mg Troloks/100g KM) değerleri verilmiştir. Bitkilerde oksidatif stres sonucu metabolik bozukluklara karşı koyma özelliğine sahip fenolik bileşikler, bitkilerde sekonder biyoaktif metabolit olarak sentezlenmektedir. Bir veya daha fazla hidroksil grubu olan ve en az bir aromatik halka ile karakterize edilen çoğunlukla mono ve polisakkaritlerde konjuge formda bulunan yapılarıdır (Saremnezhad et al., 2021).

Çizelge 4.6 Kuru üzümün toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri.

	Toplam fenolik madde miktarı (mg GAE /100 g KM)	Toplam flavonoid madde miktarı (mg QE/100 g KM)	Toplam antioksidan aktivite (mg Troloks/100 g KM)
Kontrol	234.30±7.49 ^b	70.61±2.37 ^a	241.91±6.74 ^a
1250 Hz-2 dk.	259.41±10.68 ^a	69.67±2.79 ^a	230.76±15.21 ^{b,c}
2000 Hz-2 dk.	255.35±7.44 ^a	66.50±1.84 ^c	226.52±10.58 ^c
1250 Hz-4 dk.	252.45±17.14 ^a	67.29±0.97 ^{b,c}	235.66±8.16 ^b
2000 Hz-4 dk.	254.30±5.91 ^a	68.05±3.30 ^b	226.57±6.05 ^c

^{a,b,c,d} Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, DBD plazma uygulamasının farklı frekans ve sürelerde kendi arasında karşılaştırılmasıdır (ANOVA). Farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları farkı istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlıdır ($p<0.05$). Grup ortalaması en büyükten en küçüğe doğru alfabetik olarak yapılmıştır.

DBD plazma uygulamasının kuru üzümün toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi incelendiğinde, en düşük değerin kontrol grubunda (234.30±7.49 mg GAE/100g KM), en yüksek değerin ise 2000 Hz frekansta 2 dakika boyunca DBD işlemi gören grupta (255.35±7.44) olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ayrıca tüm DBD işlemi görmüş kuru üzüm gruplarındaki toplam fenolik madde miktarındaki artış kontrol grubuna kıyasla anlamlıdır ($p<0.05$). Farklı frekans ve sürelerdeki toplam fenolik madde miktarındaki değişim gruplar arasında anlamsızdır ($p>0.05$).

Tez çalışmasında elde edilen veriler doğrultusunda frekans ve süre değerlerindeki değişim sonucu, toplam fenolik madde miktarının işlem görmemiş kuru üzüm gruplarına göre artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durumun, DBD plazma sonucu oluşan reaktif oksijen türlerinin meyve çeperi veya meyvenin kabuk kısmına nüfus edebilmesinin yanında DBD kaynaklı oluşan ozon ve UV ışınlarının kuru üzümün etli (mezokarp) kısımlarından birkaç milimetre derinliğine kadar nüfuz edip, savunma mekanizmalarını etkinleştirerek, toplam fenolik madde miktarını arttırabileceği saptanmıştır (Fernández and Rodrigues 2021).

Taze çileklere ambalaj içinde atmosferik basınçta DBD soğuk plazma uygulaması yapılmıştır. İşlem sonucunda 10 ve 15 dakika boyunca toplam fenolik madde miktarındaki artış sırasıyla; %5.4 ve %11.5 olarak bulunmuştur. İşlem süresi 30 dakikaya çıkartıldığında toplam fenolik madde miktarı (işlem görmemiş çileklere göre) %5.8 düşmüştür (Rana, et al., 2020).

Yeşil çay yapraklarında yapılan bir çalışmada, taşıyıcı gaz olarak nitrojen kullanılarak DBD plazmanın toplam fenolik madde üzerine etkisi araştırılmıştır. Optimum koşullar olarak belirlenen, 15 dakika ve 15 W işlem sonucunda yeşil çay yapraklarında toplam fenolik madde miktarında %41.14 artış gözlemlenmiştir (Keshavarzi et al., 2020).

Elma küpü dilimlerinde yapılan bir çalışmada DBD plazma 50 ve 400 Hz arasında uygulanmış ve en yüksek toplam fenolik madde değeri 50 Hz işlem görmüş grupta 647.00 ± 0.4 (mg GAE/g) olarak tespit edilirken, kontrol grubuna göre toplam fenolik maddede artış meydana gelmiştir. İşlem süresi sabit tutulup, frekans değeri arttırıldığında toplam fenolik madde miktarında düşüş saptanmıştır. Bu durumun DBD plazma kaynaklı oluşan iyonik türlerle ilişkilendirilmiş ve polimerlerin depolimerizasyonundan kaynaklandığı tespit edilmiştir (Farias et. al, 2020).

Pitaya dilimleri üzerine yapılan bir çalışmada, DBD plazma, 60 kV frekansta 5 dakika boyunca pitaya dilimlerine uygulanmış ve toplam fenolik madde miktarındaki artışın önemli olduğu tespit edilmiştir. İşlem görmemiş pitaya dilimlerine göre oluşan bu artışın soğuk plazmanın UV ışınlaması ve ROS iyonlarını oluşturabilmesi, meyvenin biyolojik dokularını etkiler ve meyvenin savunma mekanizmasında fenolik maddelerin birikmesine sebep olmaktadır (Li et al., 2020).

Yaban mersini suyunda plazma jetin toplam fenolik madde değişimi üzerine etkisini belirleyen bir çalışmada, taşıyıcı gaz olarak argon ve oksijen (%0, %0.5 ve %1 oksijen) kullanılmış ve 1000 Hz de 2, 4 ve 6 dakika plazma jet yaban mersini suyuna uygulanmıştır. En yüksek toplam fenolik madde miktarı 6 dakika ve %1 oksijen plazma uygulamasında $121.64 \pm 0.45 \mu\text{g/mL}$ olarak bulunmuştur. Bu değer kontrol grubuna göre kıyaslandığında toplam fenolik madde miktarında %33.03 artış tespit edilmiştir. Yaban mersini gibi meyvelerde fenolik bileşiklerin bir kısmı hücre zarına bağlıdır. Bu fenoliklerin serbest hale gelebilmesi için belirli düzeyde enerji gereksinimine ihtiyaç vardır. Plazma jet uygulaması sırasında oluşan reaktif türler, yüklü parçacıklar ve UV ışınları hücre zarında bulunan fenolik bileşenleri serbest forma dönüştürmektedir (Hou, 2019).

Kuru üzümlerin yüzeyinde bulunan fenolik maddelerin plazma uygulaması sonucu oluşan reaktif oksijen türleri, yüklü parçacıklar ve UV ışınları sonucu serbest hale geçtiği ve toplam fenolik madde miktarını arttırdığı düşünülmektedir. DBD plazma uygulaması sonucu oluşan ROS, polifenol bileşiklerinde çift bağ bölünmesine neden olup, kuru üzümde bulunan fenolik bileşiklerin ekstraksiyonuna yardımcı olabileceği literatürde yapılan çalışmalarda yer almaktadır. Elde edilen sonuçlar literatürle paralellik göstermektedir.

Toplam flavonoid madde miktarındaki değişim incelendiğinde (izelge 4.6), kontrol grubuna kıyasla 2000 Hz gibi yüksek frekansta DBD plazma uygulamalarının kuru üzümde bulunan toplam flavonoid miktarını azalttığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Toplam flavonoid madde miktarındaki değişimin kontrol grubuna kıyasla en düşük olduğu değerler, 1250 Hz frekansta 4 dakika boyunca işlem gören kuru üzüm örneklerinde ($68.05 \pm 3.30 \text{ mg QE/100 g KM}$) ve 2000 Hz frekansta 2 dakika boyunca işlem gören kuru üzüm örneklerinde ($66.50 \pm 1.84 \text{ mg QE/100 g KM}$) belirlenmiştir. 1250 Hz frekansta 2 dakika boyunca işlem gören

kuru üzümlerdeki toplam flavonoid madde miktarı değişimi, kontrol grubuna göre anlamsızken ($p>0.05$), 1250 Hz 4 dakika boyunca işlem gören kuru üzüm grubunda bulunan toplam flavonoid madde miktarının kontrol grubuna göre değişiminin anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). 4 dakika boyunca 1250 ve 2000 Hz frekansta DBD plazma işlemi gören kuru üzüm grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsızken ($p>0.05$), 1250 Hz frekansta süre arttıkça toplam flavonoid madde miktarındaki azalmanın anlamlı olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Soğuk plazma uygulaması sırasında, taşıyıcı gaz akış hızının ve işlem süresinin, flavonoidlerin azalması üzerinde etkisi olduğu düşünülmektedir. Bazı gıda matrislerinde flavonoidlerin bir kısmı hücre zarlarına bağlıdır. Hücre zarlarına bağlı olan bu yapılar plazma işlemi sırasında oluşan serbest ve reaktif türler tarafından hasara sebep olmakta ve gıdalarda bulunan flavonoid madde miktarının azalmasına yol açmaktadır (Sruthi et al., 2022). Tez çalışması kapsamında uygulanan farklı frekans ve süre değerlerinin kuru üzümlerde bulunan flavonoid madde miktarı üzerine azaltıcı etkisi olduğu belirlenmiştir.

Yeşil çay tozunun kalite özelliklerinin incelendiği bir çalışmada farklı voltaj değerlerinde (20, 22 ve 25 kV) ve farklı sürelerde (2, 4, 6 ve 8 dakika) atmosferik soğuk plazma uygulaması gerçekleştirilmiştir. Süre artışıyla tüm uygulamalarda toplam flavonoid madde miktarını azalmasının anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). DBD plazmanın oluşturduğu serbest radikaller ve ozon polifenolik bir bileşik olan flavonoidlerin aromatik halkalarını parçalandığı düşünülmektedir. Ayrıca reaktif oksijen türlerinin fenilalaninin denatürasyonuna neden olduğu, fenolik ve flavonoid sentezinin anahtar enzimi olan amonialyaz enziminin DBD uygulama sırasında inhibe edildiği düşünülmektedir (Hemmati et al., 2021).

Yapılan bir diğer çalışmada, soğuk plazmanın fenolik ve flavonoidler üzerine etkisi araştırılmıştır. Soğuk plazma işlemi sırasında flavonoidlerin fenolik asitlerden daha hızlı bozunduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun polifenollerin radikal temizleme kapasitesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Muhammed et al., 2018). Düşük molekül ağırlıklı flavonoidlerden biri olan kuersetinin, DBD plazma işlemi sonucu oluşan ozonun (O_3) doğrudan hidroksi serbest radikal oksidasyonunu sağlaması ve ROS ile dolaylı yoldan reaksiyonu sonucu azaldığı düşünülmektedir. literatür çalışmaları değerlendirildiğinde plazma parametreleri, gıdada bulunan flavonoid grupları ve çevresel koşulların toplam flavonoid madde miktarı üzerine olumlu ve olumsuz etkileri olabileceği düşünülmektedir. Tez kapsamında elde edilen sonuçların ilgili literatür çalışmayla uyum sağladığı saptanmıştır.

Toplam antioksidan aktivitedeki değişim (Çizelge 4.6) incelenmiştir. Toplam antioksidan aktivitenin DBD plazma işlemi görmüş tüm kuru üzüm gruplarındaki azalma, kontrol grubuna kıyasla anlamlıdır ($p<0.05$). DBD plazma uygulamasının 2 dakika olduğu gruplarda, işlem süresi boyunca frekans değeri arttıkça toplam antioksidan aktivite miktarındaki değişimin önemsiz olduğu saptanmıştır ($p>0.05$). DBD plazma işleminin 4 dakika boyunca uygulandığı kuru üzüm gruplarında frekans arttıkça toplam antioksidan aktivite miktarındaki artışın gruplar arasında anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Atmosferik soğuk plazma (SP) uygulaması farklı voltaj değerlerinde (20, 22 ve 25 kV) ve farklı sürelerde (2, 4, 6 ve 8 dakika) yeşil çay tozuna uygulanmış ve kalite özellikleri incelenmiştir. SP işlem süresi ve voltajın antioksidan aktivite üzerindeki azaltıcı etkileri 20 ve 22 kV 'da 2 dakikada önemli ölçüde fark gözlemlenmemiştir ($p<0.05$). 6 ve 8 dakika işlem süresi sonunda tüm

uygulamalarda yeşil çay tozunun antioksidan aktivitesinde azalmasının anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Hemmati et al., 2021).

DBD plazmanın elma küpü dilimlerinde toplam antioksidan aktivitesi üzerine ilişkisinin incelendiği bir çalışmada, 50-400 Hz frekansta çalışırken antioksidan kapasitesinde değişim gözlemlenmezken, 600 Hz gibi yüksek frekanslarda, sabit işlem süresinde %33 oranında azalma belirlenmiştir (Farias et al., 2020).

Beyaz üzüm suyunda yapılan bir çalışmada yüksek voltajlı atmosferik plazma kullanılmış ve 80 kV sabit frekansta farklı sürelerde (1-4 dk.) örnekler plazma uygulanmıştır. İşlem süresi arttıkça, üzüm sularında toplam antioksidan kapasite değerlerinde azalma belirlenmiştir (Pankaj et al., 2017).

Üzümlerin kurutulması sonucu ağırlık başına düşen antioksidan aktivite, fenolik ve flavonoid bileşik miktarı artmaktadır (Williamson and Carughi, 2010). DBD uygulaması sırasında oluşabilen ROS, RNS, UV ışını ve yüklü parçacıklar üzümde bulunan fenolik ekstraksiyonunda olumlu bir etki gösterdiği tespit edilirken, nispeten daha düşük molekül ağırlığına sahip antioksidan aktivite ve toplam flavonoid madde miktarında azalma meydana gelmiştir. Bu durum literatürde yer alan bazı çalışmalardan elde edilen verilerle paralellik gösterirken bazılarıyla göstermemektedir. Bunun temelinde farklı plazma kaynakları, frekans, süre değerleri ve taşıyıcı gazın cinsinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve antioksidan aktivite değerlerindeki değişiminin, işlem süresi ve frekansa bağlı değişim gösterdiği belirlenmiştir. Topraklama plakasına dizilen kuru üzümün heterojen dağılımı sonucunda işlem sırasında kuru üzümün bazı bölgelerine homojen plazma akışının sağlanamaması

sonucu toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve antioksidan aktivite değerlerinde gruplar arasında farklılıklara sebep olduğu tespit edilmiştir.

4.2.5. Kuru üzümün renk değişimi değerleri

Tüketiciler için belirleyici bir kalite kriteri olan renk değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. DBD plazma işlemi uygulanmış kuru üzüm grupları ve işlem görmemiş kuru kuru üzüm grupları için elde edilen L*(aydınlık), a*(+, kırmızılık; -, yeşillik), b* (+, sarılık; -, mavilik), toplam renk farkı (ΔE), Kroma (C*) ve Hue açısı ($^{\circ}$) değerleri incelenmiştir.

Çizelge 4.7. Kuru üzümün renk değerleri.

	L*	a*	b*	Hue açısı ($^{\circ}$)	Kroma (C*)	Toplam renk farkı (ΔE)
Kontrol	21.94 $\pm$ 0.71 ^d	6.07 $\pm$ 0.67 ^d	5.85 $\pm$ 0.47 ^d	42.70 $\pm$ 1.45 ^d	8.25 $\pm$ 0.80 ^d	-
1250-2 dk.	22.73 $\pm$ 0.87 ^a	7.00 $\pm$ 0.15 ^b	7.20 $\pm$ 0.38 ^b	45.80 $\pm$ 0.98 ^a	10.03 $\pm$ 0.37 ^b	2.10 $\pm$ 0.27 ^b
2000-2 dk.	22.21 $\pm$ 1.22 ^{c,d}	7.55 $\pm$ 0.33 ^a	7.55 $\pm$ 0.73 ^a	44.88 $\pm$ 1.80 ^b	10.68 $\pm$ 0.73 ^a	2.61 $\pm$ 0.21 ^a
1250-4 dk.	22.32 $\pm$ 0.43 ^{b,c}	6.57 $\pm$ 0.53 ^c	6.40 $\pm$ 0.54 ^c	44.20 $\pm$ 0.55 ^c	9.17 $\pm$ 0.76 ^c	1.11 $\pm$ 0.19 ^c
2000-4 dk.	22.58 $\pm$ 0.89 ^{a,b}	6.91 $\pm$ 0.19 ^b	7.20 $\pm$ 0.30 ^b	46.16 $\pm$ 0.60 ^a	9.99 $\pm$ 0.33 ^b	2.03 $\pm$ 0.29 ^b

^{a,b,c,d} Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, DBD plazma uygulamasının farklı frekans ve sürelerde kendi arasında karşılaştırılmasıdır (ANOVA). Farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları farkı istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlıdır ($p<0.05$). Grup ortalaması en büyükten en küçüğe doğru alfabetik olarak yapılmıştır.

L* değeri bir gıda maddesinin aydınlık derecesinin ölçüsüdür. 0 değerine yakın olan gıdalar siyahtan, 100 değerine yakın olan gıdalar beyaza kadar yayılma göstermektedir (Şen, 2014). L* değerinin işlem süresinden bağımsız, her iki frekans değerinde de kuru üzümde artış sağladığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Kontrol grubuna kıyasla a*, değerleri arasındaki fark tüm gruplar arasında anlamlıdır

($p<0.05$) (Çizelge 4.7). En yüksek a^* değeri 2000 Hz frekansta 2 dakika boyunca DBD plazma işlemi görmüş kuru üzümelerde 7.55 ± 0.33 olarak bulunurken, en düşük a^* değerine (6.07 ± 0.67) sahip olan grubun kontrol grubuna ait olduğu tespit edilmiştir. DBD plazma işleminin kuru üzümelerde kırmızılık (a^*) değerini arttırdığı belirlenmiştir. Kontrol grubunun b^* , değerindeki değişimi, diğer gruplara kıyasla istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$). En yüksek b^* değeri 2000 Hz frekansta 2 dakika boyunca işlem gören grupta, en düşük b^* değerinin ise kontrol grubunda 5.85 ± 0.47 ait olduğu saptanmıştır.

Kabak püresi gibi yarı katı gıda ürünlerinde kullanılmak üzere tasarlanan korona deşarjlı gaz-sıvı tipi plazma, atmosferik basınçta çalışmakta ve taşıyıcı gaz olarak Argon gazı kullanılmaktadır. 20 dakika işlem süresinde, kontrol grubuna göre b^* değerinde artış, L^* ve a^* değerlerinde azalma meydana gelmiştir (Santos Jr et al., 2018).

Yüksek voltajlı atmosferik soğuk plazmanın beyaz üzüm suyunun kalite özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, 80 kV sabit frekansta 1, 2, 3 ve 4 dk. boyunca örneklerle plazma uygulanmış ve renk değişimi gözlemlenmiştir. L^* değerinde değişim gözlemlenmezken, a^* ve b^* değerlerinde artış meydana gelmiştir (Pankaj et al., 2017).

Kahverengi pirinçte yapılan bir çalışmada, taşıyıcı gaz olarak atmosferik hava kullanılmış, 40 ve 50 W voltajda, 5 ve 10 dakika boyunca düşük basınçlı soğuk plazma uygulaması yapılmıştır. Süre ve voltaj arttıkça L^* ve a^* değerindeki artış anlamlıyken ($p<0.05$), b^* değerindeki artışın gruplar içinde anlamsız olduğu belirlenmiştir ($p>0.05$). Düşük basınçlı soğuk plazma uygulamasının kahverengi pirincin yüzeyinin aşındırması sonucunda, L^* değerindeki artışa neden olabileceği düşünülmektedir (Thirumdas et al., 2016).

Tane karabiber ve kırmızı toz biberde 5, 15, 30, 60 ve 90 dakika atmosferik basınçta, mikrodalga destekli soğuk plazma uygulanmıştır. Tane karabiberde 5 ve 15 dakika işlem sürelerinde L^* değerinde artış gözlemlenirken, süre arttıkça L^* değeri sabit kalmıştır. Kırmızı toz biberde işlem süresi arttıkça L^* ve b^* değerlerinde artış gözlemlenirken a^* değeri işlem süresince azalmıştır (Hertwig et al., 2015).

DBD plazma uygulamasının L^* , a^* ve b^* değerlerinde artış sağladığı tespit edilmiştir. L^* değerindeki artış, DBD plazma işlemi görmüş ürünlerin daha aydınlık, a^* değerindeki artış kuru üzümün daha kırmızı ve b^* değerindeki artış kuru üzümün daha sarı algılanmasına ve bu sayede kuru üzümde renk özelliklerinin iyileşmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. a^* değerindeki artış kuru üzümde kararlık olarak algılanmakta, b^* değerindeki artış kuru üzümde renk açılmasına (gözün daha sarı algılanmasına) sebep olmaktadır. DBD plazma uygulaması sırasında kuru üzüm yüzeylerinde gözle görülmeyecek kadar küçük noktasal yanmalar meydana gelebilmekte bu da a^* değerinde bölgesel artışa sebep olmaktadır (Şekil 4.2). Sonuçlar literatüre göre değerlendirildiğinde DBD uygulamasının renk üzerine olumlu bir etkisi olduğu ve tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlarla benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.2 DBD plazma uygulaması sonrası renk değişimi.

Kroma (C^*) değeri, a^* ve b^* değerine bağlı olarak değişmektedir. C^* değeri arttıkça renk daha parlak, azaldıkça renk daha mat görülmektedir. En düşük Kroma değeri kontrol grubundayken, en yüksek Kroma değeri 2000 Hz frekansta 2 dakika boyunca işlem gören kuru üzüm grubunda tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Frekans değerinin artmasıyla, kuru üzümlerdeki Kroma değerinin artması istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$) (Çizelge 4.7). Çekirdeksiz üzümlerin kurutulmasında ön işlem olarak kayan ark plazma kullanılan bir çalışmada, taze üzümlere uygulanan plazma işlem süresi (10, 20, 30, 40, 50 ve 60 saniye) arttığında Kroma değerinde de artış gözlemlenmiştir (Ashtiani et al., 2020). DBD plazma işlemi sonucunda kuru üzümler, daha parlak görünmektedir. Bu duruma a^* ve b^* değerinin artmasının sebep olabileceği düşünülmektedir. Literatürde yer alan kroma değeri ile tez kapsamında elde edilen değer uyumludur.

Hue açısı rengin yoğunluk derecesini gösterir. Kontrol grubuna kıyasla diğer gruplara arasındaki Hue açısı değerleri istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$) (Çizelge 4.7). Hue açısı, $0^\circ + a^*$ eksenine (kırmızı), $90^\circ + b^*$ eksenine (sarı), $180^\circ - a^*$ eksenine (yeşil) ve $270^\circ - b^*$ eksenine (mavi) karşılık gelmektedir (Kaya, 2017).

Tüm değerlerin +a* ekseninde olduğu ve kontrol grubuna göre Hue açısındaki artışı istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Toplam renk farkı (ΔE), işlem görmemiş grup (kontrol) ve DBD işlemi görmüş gruplar arasında oluşabilecek renk farkının matematiksel ifadesidir. ΔE değeri ne kadar büyükse karşılaştırılan gruplar arasındaki renk farkı o kadar büyüktür. Toplam renk farkının en fazla ($\Delta E = 2.61 \pm 0.21$) olduğu grup 2000 Hz, 2 dakika boyunca DBD plazma işlemi gören grupta, en düşük renk farkının 1250 Hz, 4 dakika boyunca DBD plzma işlemi gören ($\Delta E = 1.11 \pm 0.19$) grupta oluştuğu belirlenmiştir. Kuru üzümlerin 4 dakika boyunca, 1250 Hz frekansta DBD plazma işlemi görmesinin renk değerini daha iyi koruduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında, DBD plazma uygulamasının Sultaniye cinsi kuru üzümlerde OTA degradasyonu üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla kuru üzümlere uygulanacak olan DBD plazma işlemi için kuru üzüm yüzeyine etkin plazma akışının sağlandığı frekans ve süre değerleri, yapılan ön denemeler yardımıyla bulunmuştur. Seçilen etkin frekans ve süre değerlerinde kuru üzümlerin yüzeyine işlem boyunca homojen akışın sağlanabilmesi için üç farklı plazma uygulama yöntemi denenmiştir.

DBD plazma uygulamasının kuru üzümler üzerine etkinliği, OTA degradasyon oranları incelenerek belirlenmiştir. Bu amaçla denemelerde, 250 ppb OTA inoküle edilmiş 100 gram kuru üzüm (kuru üzümde başlangıç OTA konsantrasyonu: 5.98 ± 0.55 ppb) kullanılmıştır. İnoküle edilmiş kuru üzüm örneklerine 1250 Hz ve 2000 Hz frekans değerlerinde topraklama plakası 2 ve 4 dakika boyunca hareket ettirilerek DBD plazma uygulaması yapılmıştır. Ayrıca, ön denemeler sonucunda belirlenen bu işlem parametrelerinin kuru üzüm örneklerinin kalite özellikleri üzerine etkisinin değerlendirilmesi amacıyla OTA inoküle edilmeyen kuru üzüm örneklerinde fizikokimyasal analizler gerçekleştirilmiştir.

Tez kapsamında elde edilen veriler doğrultusunda; üzümde OTA degradasyon oranının en yüksek (69.10 ± 2.95) olduğu işlem parametresi 2000 Hz ve 2 dakika olarak belirlenmiştir. Kuru üzüm örneklerinin yüzeyinde, DBD plazma uygulaması sonucu oluşabilecek ısınma sebebiyle nem değerinde azalma meydana gelmiştir. Suda çözünen kuru madde miktarında ise artan frekans değerleri ile SÇKM artmış olup uygulama süresinin SÇKM üzerinde istatistiksel olarak önemli bir değişime neden olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0.05$). DBD plazma uygulamasının su aktivitesi ve titrasyon asitliğinde istatistiksel olarak değişime neden olmadığı

belirlenmiştir. Kontrol grubuna kıyasla, 2 dakika boyunca DBD plazma işlemi uygulanan kuru üzüm gruplarında frekansın artması pH değerinde azalmayla sonuçlanmıştır. DBD uygulaması sonucu kuru üzümlerde, toplam fenolik madde miktarında artış tespit edilirken, toplam flavonoid madde miktarı ve antioksidan aktivite değerlerinde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. DBD plazma uygulamasının kuru üzümlerin daha aydınlık ve canlı görünmesinde etkili olacağı saptanmıştır.

Bu çalışma sonucu elde edilen verilere göre, kuru üzümlerde kalite kayıplarına, ekonomik kayıplara, gıda israfına neden olan insan beslenmesi ve hayvan yemlerinde büyük sorun teşkil eden okratoksin A'nın degradasyonunda DBD plazma uygulamasının kullanılabileceği düşünülmektedir.

DBD plazma uygulaması, olumlu sonuçlar vermesinin yanında bazı dezavantajlara sahiptir. DBD işlemi sırasında kuru üzümün homojen dağılım gösterememesi, her üzümün aynı yükseklikte olmaması ve kuru üzüm yüzeyinin pürüzlülüğü nedeniyle bazı uygulama gruplarında DBD plazma akışı homojen bir dağılım gösterememiştir. Bu durumda bazı kuru üzümlerde daha fazla plazma akışını sağlanırken, bazılarında da DBD plazma akışı tam olarak sağlanamamıştır. Heterojen plazma akışı, OTA degradasyonu ve kalite özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple kuru üzüm gibi küçük yüzey alanına sahip kuru meyve ve gıdalar için farklı plazma türlerinin tasarlanması veya plazmayı doğrudan uygulamak yerine plazmayla aktive edilmiş su, plazmayla aktive edilmiş hava gibi yöntemlerle mikotoksin detoksifikasyonu ve mikrobiyal inaktivasyon gibi birçok alanda soğuk plazmanın kuru meyvelerde kullanımının sağlanabileceği düşünülmektedir.

Tez çalışması kapsamında yapılan DBD plazma uygulaması laboratuvar ölçekte gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamanın kuru meyvelerde mikotoksin degradasyonunu iyileştirilebilmek ve ilerleyen çalışmalarda endüstriyel sistem kurulumu sağlayabilmek için detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abbasi-Pirouz, A., Selamat, J., Zafar-Iqbal, S. and Iskandar- Putra. S.N., 2020,** Efficient and simultaneous chitosan-mediated removal of 11 mycotoxins from palm kernel cake, *Toxins*, 12(2):115p.
- Abrunhosa, L., Inês, A., Rodrigues, A.I., Guimarães, A., Pereira, V.L. and Parpot, P., Venâncio, A., 2014,** Biodegradation of ochratoxin A by *Pediococcus parvulus* isolated from Douro wines, *International Journal of Food Microbiology*, 188:45-52p.
- Adiletta, G., Russo, P., Senadeera, W. and Di Matteo, M., 2016,** Drying characteristics and quality of grape under physical pretreatment, *Journal of Food Engineering*, 172:9-18p.
- Akdeniz, B., 2011,** Geleneksel usüllerde sultani çekirdeksiz üzüm çeşidinin kurutulması, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(1):13-22s.
- Aktan, N. ve Kalkan H., 2000,** Şarap Teknolojisi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Kavaklıdere Eğitim Yayınları, No:4, Ankara, 614s.
- Albayrak, A. and Başığit Kılıç, G., 2020,** Application of plasma technology in food processing, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(11):2300-2306p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ali, M., Cheng, J.H. and Sun, D.W.**, 2021, Effects of dielectric barrier discharge cold plasma treatments on degradation of anilazine fungicide and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) juice, *International Journal of Food Science & Technology*, 56(1):69-75p.
- Almeida, F.D.L., Cavalcante, R.S., Cullen, P.J., Frias, J.M., Bourke, P., Fernandes, F.A. and Rodrigues, S.**, 2015, Effects of atmospheric cold plasma and ozone on prebiotic orange juice, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 32:127-135p.
- Amézqueta, S., Gonzalez-Penas, E., Lizarraga, T., Murillo-Arbizu, M. and De Cerain, A.L.**, 2008b, A simple chemical method reduces ochratoxin A in contaminated cocoa shells, *Journal of Food Protection*, 71(7):1422-1426p.
- Amézqueta, S., Schorr-Galindo, S., Murillo-Arbizu, M., Gonzalez-Peñas, E., De Cerain, A.L. and Guiraud, J.P.**, 2012, OTA-producing fungi in foodstuffs: A review. *Food Control*, 26(2), 259-268p.
- Anonymous**, 2005, “Çekirdeksiz Kuru Üzüm Standardı TS 3411” <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/06/20050603-10-1.doc> (Erişim Tarihi: 23 Temmuz 2023)
- Anonymous**, 2008. “Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliği. Tebliğ no: 2008/2” <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/05/20080517-7.htm> (Erişim Tarihi: 08.08.2023)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Anonymous, 2023. "Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) 2018-2023 arasında yapılan bildiriler" <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/search> (Erişim Tarihi: 23 Temmuz 2023)

AOAC, 1990. Official methods of analysis, association of official analytical chemists, 15th Edition, Arlington, USA.

Appell, M., and Jackson, M.A., 2012, Sorption of ochratoxin A from aqueous solutions using β -cyclodextrin-polyurethane polymer, *Toxins*, 4(2):98-109p.

Ashtiani, S.H.M., Rafiee, M., Morad, M.M., Khojastehpour, M., Khani, M.R., Rohani, A. and Martynenko, A., 2020, Impact of gliding arc plasma pretreatment on drying efficiency and physicochemical properties of grape, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 63, 102381.

Aslanoğlu, Z., 2014, Kuru Üzümde Okratoksin A ve Fumonisin B₂ Varlığının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 117s (yayımlanmamış).

Ateş, S., 2015, Farklı Üzüm Çeşitlerinin Olgunlaşma Sürecinde Polifenol İçerikleri ile Antioksidan Kapasitelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Ana Bilim Dalı, 114s (yayımlanmamış).

Barkai-Golan and R., Paster, N., 2008, Mouldy fruits and vegetables as a source of mycotoxins: Part 1, *World Mycotoxin Journal*, 1(2):147-159p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Başığmez, H. İ. O. ve Namlı, S.,** 2020, Türkiye'de kuru üzümde okratoksin A mevcudiyeti ve risk değerlendirmesi, *Artıbilim: Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2):1-10s.
- Bekar, E.,** 2017, Üzüm Çekirdeği İlavesinin Keklerin Kalite Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 73s (yayımlanmamış).
- Bell, S.J.,** 2011, A review of dietary fiber and health: Focus on raisins, *Journal of Medicinal Food*, 14(9):877-883p.
- Bozkurt, D.,** 2014, Soğuk Plazma Uygulamasının Vitaminler ve Polifenol Oksidaz (PFO) Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 99s. (yayımlanmamış).
- Bui-Klimke, T.R. and Wu, F.,** 2015, Ochratoxin A and human health risk: A review of the evidence, *Critical reviews in food science and nutrition*, 55(13):1860-1869p.
- Caridi, A., Galvano, F., Tafuri, A. and Ritieni, A.,** 2006, Ochratoxin A removal during winemaking, *Enzyme and Microbial Technology*, 40(1):122-126p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Casas-Junco, P.P., Solís-Pacheco, J.R., Ragazzo-Sánchez, J.A., Aguilar-Uscanga, B.R., Bautista-Rosales, P.U. and Calderón-Santoyo, M., 2019,** Cold plasma treatment as an alternative for ochratoxin a detoxification and inhibition of mycotoxigenic fungi in roasted coffee, *Toxins*, 11(6):337p.
- Cemeroğlu, B., 2018a,** Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi (2. Cilt), Bizim Grup Basımevi, Ankara, 636s.
- Cemeroğlu, B., 2018b,** Gıda Analizleri Bizim Grup Basımevi, Ankara, 480s.
- Chen, W., Li, C., Zhang, B., Zhou, Z., Shen, Y., Liao, X. and Shen, X. L., 2018,** Advances in biodetoxification of ochratoxin AA review of the past five decades, *Frontiers in Microbiology*, 9:1386p.
- Çağlar, D., 2021,** Mikrodalga Pastörizatör Sistemi ile Organik Orta Nemli Meyvelerin Isıl İşlem Koşullarının ve Kalitesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 121s (yayımlanmamış).
- Çelik, C., 2008,** Adana’da Bazı Marketlerde Satışa Sunulan Çekirdeksiz Kuru Üzümlerde Ochratoxin A Varlığının HPLC Yöntemi ile Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 66s (yayımlanmamış).
- Deliorman, O.D., Ergün, F. ve Orhan, N., 2011,** Anadolu Medeniyetlerinde Asma (*Vitis vinifera* L.). *Tarih Araştırma Dergisi*, 30(50):69-80s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Demirkol, M.**, 2016, Kokulu Kara Üzüm (*Vitis labrusca* L.) Posası Katkılı Yoğurtların Depolama Süresince Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 88s (yayımlanmamış).
- Duarte, S.C., Lino, C. M., and Pena, A.**, 2010, Mycotoxin food and feed regulation and the specific case of ochratoxin A: A review of the worldwide status, *Food Additives and Contaminants*, 27(10):1440-1450p.
- Durek, J., Schlüter, O., Roscher, A., Durek, P. And Fröhling, A.**, 2018, Inhibition or stimulation of ochratoxin a synthesis on inoculated barley triggered by diffuse coplanar surface barrier discharge plasma, *Frontiers in Microbiology*, 2782p.
- Dündar, D.**, 2008, İstanbul İlinde Satışa Sunulan Kuru İncir ve Kuru Üzümlerde Aflatoksin ve Ochratoxin A Varlığı, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 64s (yayımlanmamış).
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), Schrenk, D., Bodin, L., Chipman, J. K., del Mazo, J., Grasl-Kraupp, B. And Bignami, M.**, 2020, Risk assessment of ochratoxin A in food, *EFSA Journal*, 18(5):e06113.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- EFSA**, 2022. COMMISSION REGULATION (EU) 2022/1370 Amending Regulation as Regards Maximum Levels of Ochratoxin A in Certain Foodstuffs. (EC) No 1881/2006
- Ekezie, F.G.C., Sun, D.W. and Cheng, J.H.**, 2017, A review on recent advances in cold plasma technology for the food industry: Current applications and future trends, *Trends in Food Science & Technology*, 69:46-58p.
- El Khoury, A. and Atoui, A.**, 2010, Ochratoxin A: General overview and actual molecular status, *Toxins*, 2(4):461-493p.
- Erzurum, K.**, 2001, Gıdalarda mikotoksin oluşumunu etkileyen faktörler, *Gıda*, 26(4).
- European Food Safety Authority (EFSA)**, 2006, Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the commission related to ochratoxin A in food, Question N EFSA-Q-2005-154, *The EFSA Journal*, 365:1-56p.
- Feizollahi, E., Misra, N.N. and Roopesh, M.S.**, 2021, Factors influencing the antimicrobial efficacy of dielectric barrier discharge (DBD) atmospheric cold plasma (ACP) in food processing applications, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(4):666-689p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Fernández, A., Shearer, N., Wilson, D.R. and Thompson, A.,** 2012, Effect of microbial loading on the efficiency of cold atmospheric gas plasma inactivation of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium, *International Journal of Food Microbiology*, 152(3):175-180p.
- Fernández-Cruz, M.L., Mansilla, M.L., and Tadeo, J.L.,** 2010, Mycotoxins in fruits and their processed products: Analysis, occurrence and health implications, *Journal of Advanced Research*, 1(2):113-122p.
- Filazi, A. and Avci, B.,** 2018, Applications for the prevention and detoxification of mycotoxins in the food and feed industry, *International Journal of Scientific and Technological Research*, 4(10):26-37p.
- Gan, R.Y., Chan, C.L., Yang, Q.Q., Li, H.B., Zhang, D., Ge, Y.Y. and Corke, H.,** 2019, Bioactive compounds and beneficial functions of sprouted grains, *In Sprouted Grains*, 191-246p.
- Ganesan, A.R., Tiwari, U., Ezhilarasi, P.N. and Rajauria, G.,** 2021, Application of cold plasma on food matrices: A review on current and future prospects, *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1): e15070.
- Garcia, S., Sibaja, K.V.M., Nogueira, W.V., Feltrin, A.C.P., Pinheiro, D.F.A., Cerqueira, M.B.R. and Garda-Buffon, J.,** 2020, Peroxidase as a simultaneous degradation agent of ochratoxin A and zearalenone applied to model solution and beer, *Food Research International*, 131:109039.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Girgin, G., Başaran, N. ve Şahin, G.,** 2001, Dünyada ve Türkiye’de insan sağlığını tehdit eden mikotoksinler, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 58(3):97-118s.
- Guo, J., He, Z., Ma, C., Li, W., Wang, J. and Lin, F., Li, L.,** 2023, Evaluation of cold plasma for decontamination of molds and mycotoxins in rice grain, *Food Chemistry*, 402:134159.
- Güleç, H.,** 2004, Orta Nemli Çekirdeksiz Üzüm Üretimi ve Depolamadaki Kalite Değişimleri, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 101s (yayımlanmamış).
- Gürhayta, O. ve Çağındı, Ö.,** 2015, Kurutulmuş meyvelerde aflatoksin ve okratoksin A varlığının ve sağlık üzerine etkilerinin değerlendirilmesi, *Celal Bayar University Journal of Science*, 12(2):27-338s.
- Han, Y., Cheng, J.H. and Sun, D.W.,** 2019, Activities and conformation changes of food enzymes induced by cold plasma: A review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(5):794-811p.
- Hemmati, V., Garavand, F., Khorshidian, N., Cacciotti, I., Goudarzi, M., Chaichi, M. and Tiwari, B.K.,** 2021, Impact of cold atmospheric plasma on microbial safety, total phenolic and flavonoid contents, antioxidant activity, volatile compounds, surface morphology, and sensory quality of green tea powder, *Food Bioscience*, 44, 101348.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Heperkan, D.**, 2014, Gıdalarda Mikotoksinler, Sidaş Medya Ltd Şti, İzmir, 168s.
- Hertwig, C., Reineke, K., Ehlbeck, J., Erdoğan, B., Rauh, C. And Schlüter, O.**, 2015, Impact of remote plasma treatment on natural microbial load and quality parameters of selected herbs and spices, *Journal of Food Engineering*, 167:12-17p.
- Hou, Y., Wang, R., Gan, Z., Shao, T., Zhang, X., He, M. and Sun, A.**, 2019, Effect of cold plasma on blueberry juice quality, *Food Chemistry*, 290:79-86p.
- Huff, W.E. and Hamilton, P.B.**, 1979, Mycotoxins-their biosynthesis in fungi: Ochratoxins-metabolites of combined pathways, *Journal of Food Protection*, 42(10), 815-820p.
- İçier, F.**, 1997, Kuru Üzümün Temizlenmesi İşleminde Etkili Olan Değişkenlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 177s (yayımlanmamış).
- İnan, M.**, 2012, Sultani Çekirdeksiz Üzüm Çeşidinin Kurutulmasında K_2CO_3 Çözeltisinin Püskürtme Yöntemi ile Uygulanmasının Kurutma Üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 31s (yayımlanmamış).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kalagatur, N.K., Kamasani, J.R., Mudili, V., Krishna, K., Chauhan, O.P. and Sreepathi, M.H.,** 2018, Effect of high pressure processing on growth and mycotoxin production of *Fusarium graminearum* in maize, *Food Bioscience*, 21:53-59p.
- Kandemir, H., Aydın, F., Güler B. ve Güler A.,** 2021, Soğuk plazma teknolojisi ve tarımdaki çeşitli uygulama alanları, *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1): 217-245s.
- Karagözlü, N.,** 1998, Okratoksijenik Küflerin Üremesine ve Okratoksin Sentezine Etki Eden Faktörler ve Bazı Gıdalarda Okratoksin-A Dağılımı Üzerine Bir Araştırma, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 144s (yayımlanmamış).
- Karagözoğlu, E.,** 1993, Çekirdeksiz üzüm kurutma tekniğinde son araştırmalardan elde edilen sonuçlar ve değerlendirilmesi, TYUAP Bahçe Bitkileri Grubu ABAV Toplantısı, Bağcılık Konusundaki Bildiriler, 19-23s.
- Kaya, B.,** 2012, Bazı Organik Tarım Ürünlerinde Aflatoksin Okratoksin A ve Fumonisin Varlığının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 99s (yayımlanmamış).
- Kelebek, H., Jourdes, M., Selli, S. and Teissedre, P.L.,** 2013, Comparative evaluation of the phenolic content and antioxidant capacity of sun-dried raisins, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(12):2963-2972p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Keshavarzi, M., Najafi, G., Ahmadi Gavlighi, H., Seyfi, P. and Ghomi, H., 2020,** Enhancement of polyphenolic content extraction rate with maximal antioxidant activity from green tea leaves by cold plasma, *Journal of Food Science*, 85(10):3415-3422p.
- Khiari, R., Zemni, H. and Mihoubi, D. 2019,** Raisin processing: Physicochemical, nutritional and microbiological quality characteristics as affected by drying process, *Food Reviews International*, 35(3):246-298p.
- Köprüalan, Ö., Bodruk, A. ve Ertekin F., 2019,** Meyve ve sebzelerin patlatmalı puf kurutma yöntemi ile kurutulması, *Akademik Gıda*, 17(1):81-88s.
- Kulahi, A. and Kabak, B., 2020,** A preliminary assessment of dietary exposure of ochratoxin A in Central Anatolia Region, Turkey, *Mycotoxin Research*, 36:327-337p.
- Kumar, P., Mahato, D. K., Sharma, B., Borah, R., Haque, S., Mahmud, M. C. and Bui, S., 2020,** Ochratoxins in food and feed: Occurrence and its impact on human health and management strategies, *Toxicon*, 187:151-162p.
- Kumar, S., Pipliya, S. and Srivastav, P.P., 2023,** Effect of cold plasma on different polyphenol compounds: A review, *Journal of Food Process Engineering*, 46(1): e14203.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kupski, L., Queiroz, M.I. and Badiale-Furlong, E.,** 2018, Application of carboxypeptidase A to a baking process to mitigate contamination of wheat flour by ochratoxin A, *Process Biochemistry*, 64:248-254p.
- Külahi, A.,** 2019, Türkiye’de Yaşayan İnsanların Okratoksin A’ya Maruziyetlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisan Tezi, Hitit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 86s (yayımlanmamış).
- Laroque, D.A., Seó, S.T., Valencia, G.A., Laurindo, J.B. and Carciofi, B.A.M.,** 2022, Cold plasma in food processing: Design, mechanisms, and application, *Journal of Food Engineering*, 312:110748p.
- Lee, H. J.,** 2020, Stability of ochratoxin A in oats during roasting with reducing sugars, *Food Control*, 118:107382p.
- Li, X., Li, M., Ji, N., Jin, P., Zhang, J., Zheng, Y. and Li, F.,** 2019, Cold plasma treatment induces phenolic accumulation and enhances antioxidant activity in fresh-cut pitaya (*Hylocereus undatus*) fruit, *LWT-Food Science and Technology*, 115:108447p.
- Li, Y., Skouroumounis, G.K., Elsey, G.M. and Taylor, D.K.** 2011, Microwave-assistance provides very rapid and efficient extraction of grape seed polyphenols, *Food Chemistry*, 129(2):570-576p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Limonciel, A. and Jennings, P., 2014, A review of the evidence that ochratoxin A is an Nrf2 inhibitor: Implications for nephrotoxicity and renal carcinogenicity, *Toxins*, 6(1):371-379p.

Lopez-Garcia, R., Mallmann, C. A. and Pineiro, M., 2008, Design and implementation of an integrated management system for ochratoxin A in the coffee production chain, *Food Additives and Contaminants*, 25(2):231-240p.

Magan, N., Hope, R., Cairns, V. and Aldred, D., 2003, Post-harvest fungal ecology: impact of fungal growth and mycotoxin accumulation in stored grain, *Epidemiology of Mycotoxin Producing Fungi: Under the aegis of COST Action 835 ‘Agriculturally Important Toxigenic Fungi 1998–2003’*, EU project (QLK 1-CT-1998–01380), 723-730.

Mandal, R., Singh, A., and Pratap Singh, A., 2018, Recent developments in cold plasma decontamination technology in the food industry, *Trends in Food Science and Technology*, 80:93–103p.

Mayookha, V.P., Pandiselvam, R., Kothakota, A., Ishwarya, S.P., Khanashyam, A.C., Kutlu, N. and Abd El-Maksoud, A.A., 2022, Ozone and cold plasma: Emerging oxidation technologies for inactivation of enzymes in fruits, vegetables, and fruit juices, *Food Control*, 109399.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Medvecká, V., Mošovská, S., Mikulajová, A., Valík, Ľ. and Zahoranová, A.,** 2020, Cold atmospheric pressure plasma decontamination of allspice berries and effect on qualitative characteristics, *European Food Research and Technology*, 246:2215-2223p.
- Mishra, R., Bhatia, S., Pal, R., Visen, A. and Trivedi, H.,** 2016, Cold plasma: Emerging as the new standard in food safety, *Res. Inv. Int. J. Eng. Sci*, 6(2):15-20p.
- Misra, N.N., Yadav, B., Roopesh and M.S., Jo, C.,** 2019, Cold plasma for effective fungal and mycotoxin control in foods: mechanisms, inactivation effects, and applications, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(1):106-120p.
- Misra, N.N., Yadav, B., Roopesh, M.S. and Jo, C.,** 2019, Cold plasma for effective fungal and mycotoxin control in foods: Mechanisms, inactivation effects, and applications, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(1):106-120p.
- Morent, R. and De Geyter, N.,** 2011, Inactivation of bacteria by non-thermal plasmas, *Biomedical Engineering-Frontiers and Challenges*, 25-50p. (E kitap)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Muhammad, A.I., Liao, X., Cullen, P.J., Liu, D., Xiang, Q., Wang, J. and Ding, T.,** 2018, Effects of nonthermal plasma technology on functional food components, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(5):1379-1394p.
- Nishime, T.M.C., Borges, A.C., Koga-Ito, C.Y., Machida, M., Hein, L.R. O. and Kostov, K.G.,** 2017, Non-thermal atmospheric pressure plasma jet applied to inactivation of different microorganisms, *Surface and Coatings Technology*, 312:19-24p.
- Okuroğlu, F.,** 2020, Ultrases Teknolojisi ve Sanitasyon Ajanları ile Yıkama İşlemlerinin Kuru İncirin Kalite Özelliklerine Etkileri, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 109s (yayımlanmamış).
- Olivares-Marín, M., Del Prete, V., Garcia-Moruno, E., Fernández-González, C., Macías-García, A. and Gómez-Serrano, V.,** 2009, The development of an activated carbon from cherry stones and its use in the removal of ochratoxin A from red wine, *Food Control*, 20(3):298-303p.
- Olmo-Cunillera, A., Escobar-Avello, D., Pérez, A.J., Marhuenda-Muñoz, M., Lamuela-Raventós, R.M. and Vallverdú-Queralt, A.,** 2019, Is eating raisins healthy? *Nutrients*, 12(1):54p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ouf, S.A., Basher, A.H., and Mohamed, A.A.H.,** 2015, Inhibitory effect of double atmospheric pressure argon cold plasma on spores and mycotoxin production of *Aspergillus niger* contaminating date palm fruits, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(15):3204-3210p.
- Özcan, S. and Gökmen, V.,** 2016, Alkali-based pre-treatment may prevent ochratoxin A in grapes, *World Mycotoxin Journal*, 9(4):517-523p.
- Özgören, E.,** 2012, Türkiye’de Ticari Ölçekte Üretilen Bazı Küflü Peynirlerin Toplam Aflatoksin, Aflatoksin M₁ ve Okratoksin A Düzeylerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 104s (yayımlanmamış).
- Pankaj, S.K., Wan, Z., Colonna, W. and Keener, K.M.,** 2017, Effect of high voltage atmospheric cold plasma on white grape juice quality, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(12):4016-4021p.
- Passamani, F.R.F., Hernandez, T., Lopes, N.A., Bastos, S.C., Santiago, W.D., Cardoso, M.D.G. and Batist, L.R.,** 2014, Effect of temperature, water activity, and pH on growth and production of ochratoxin A by *Aspergillus niger* and *Aspergillus carbonarius* from Brazilian grapes, *Journal of Food Protection*, 77(11):1947-1952p.
- Patharajan, S., Reddy, K.R.N., Karthikeyan, V., Spadaro, D., Lore, A., Gullino, M.L. and Garibaldi, A.,** 2011, Potential of yeast antagonists on invitro biodegradation of ochratoxin A, *Food Control*, 22(2):290-296p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Patidar, A., Vishwakarma, S. and Meena, D.,** 2021, Traditional and recent development of pretreatment and drying process of grapes during raisin production: A review of novel pretreatment and drying methods of grapes, *Food Frontiers*, 2(1):46-61p.
- Peraica, M., Domijan, A.M., Jurjevic, Z. and Cvjetkovic, B.,** 2002, Prevention of exposure to mycotoxins from food and feed, *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 53:229-237p.
- Pereira, V.L., Fernandes, J.O. and Cunha, S.C.,** 2014, Mycotoxins in cereals and related foodstuffs: A review on occurrence and recent methods of analysis, *Trends in Food Science & Technology*, 36(2):96-136p.
- Pinelo, M., Arnous, A. and Meyer, A.S.,** 2006, Upgrading of grape skins: Significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release, *Trends in Food Science and Technology*, 17(11):579-590p.
- Ramazzina, I., Berardinelli, A., Rizzi, F., Tappi, S., Ragni, L., Sacchetti, G. And Rocculi, P.,** 2015, Effect of cold plasma treatment on physico-chemical parameters and antioxidant activity of minimally processed kiwifruit, *Postharvest Biology and Technology*, 107:55-65p.
- Rana, S., Mehta, D., Bansal, V., Shivhare, U.S. and Yadav, S.K.,** 2020, Atmospheric cold plasma (ACP) treatment improved in-package shelf-life of strawberry fruit, *Journal of food science and technology*, 57:102-112p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donéche, B. And Lonvaud, A., 2006,** Handbook of Enology: Volume 1, The Microbiology of Wine and Vinifications, Handbook of Enology (Vol.1), John Wiley & Son, Ltd, England, 497p.
- Ringot, D., Chango, A., Schneider, Y.J. and Larondelle, Y., 2006,** Toxicokinetics and toxicodynamics of ochratoxin A, an update, *Chemico-biological Interactions*, 159(1):18,46p.
- Rodríguez-Bencomo, J.J., Sanchis, V., Viñas, I., Martín-Belloso, O. and Soliva-Fortuny, R., 2020,** Formation of patulin-glutathione conjugates induced by pulsed light: A tentative strategy for patulin degradation in apple juices, *Food chemistry*, 315:126283p.
- Rose, L.J., Okoth, S., Flett, B.C., van Rensburg, B.J. and Viljoen, A., 2018,** Preharvest management strategies and their impact on mycotoxigenic fungi and associated mycotoxins, *Mycotoxins-Impact and Management Strategies*, 41-57p.
- Sabra, A., Netticadan, T. and W.jekoon, C., 2021,** Grape bioactive molecules, and the potential health benefits in reducing the risk of heart diseases, *Food Chemistry: X*, 12:100149p.
- Sağlam, A., ve Masatcioğlu, M.T., 2020,** Avrupa Birliği ve Türkiye kaynaklı gıdalarda 2009–2018 yılları arasında RASFF bildirimleri, *Gıda*, 45(4):623-634p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Santos Jr, L.C.O., Cubas, A.L.V., Moecke, E.H.S., Ribeiro, D.H.B. and Amante, E.R., 2018, Use of cold plasma to inactivate *Escherichia coli* and physicochemical evaluation in pumpkin puree, *Journal of Food Protection*, 81(11):1897-1905p.

Saremnezhad, S., Soltani, M., Faraji, A. and Hayaloglu, A.A., 2021, Chemical changes of food constituents during cold plasma processing: A review, *Food Research International*, 147:110552p.

Singh, P.R. and Heldman, R.D., 2015, Gıda Mühendisliğine Giriş (5. Basım), (Çev. T. Baysal ve F. İçier), Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık TİC LTD ŞTİ, Ankara, 858s.

Sruthi, N.U., Josna, K., Pandiselvam, R., Kothakota, A., Gavahian, M. and Khaneghah, A.M., 2022, Impacts of cold plasma treatment on physicochemical, functional, bioactive, textural, and sensory attributes of food: a comprehensive review, *Food Chemistry*, 368:130809p.

Şen, Y., 2014, Kuru Üzümlerde Okratoksin A Oluşumu ve Depolama Koşullarının Okratoksin A Düzeyine Etkisi, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 165s (yayımlanmamış).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Şen, Y., 2015, Atmosferik Basınç Plazma Uygulamasının Gıdaların Dekontaminasyonu ve Detoksifikasyonu Amacıyla Kullanımı, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 223s (yayımlanmamış).

Tarım Ürünleri Piyasaları, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE), 2021, Tarım Ürünleri Piyasaları Üzüm, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 4s (yayımlanmamış).

Tarım Ürünleri Piyasaları, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE), 2023, Tarım Ürünleri Piyasaları Üzüm, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2s (yayımlanmamış).

Terzi, İ., Özgüven, M.M., ve Yağcı, A., 2023, Derin Öğrenme Teknikleri ile Bazı Üzüm Çeşitlerinin Tespiti, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 11(1):125-130s.

Thirumdas, R., Saragapani, C., Ajinkya, M.T., Deshmukh, R.R. and Annapure, U.S., 2016, Influence of low pressure cold plasma on cooking and textural properties of brown rice, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 37:53-60p.

Torlak, E., 2019, Use of gaseous ozone for reduction of ochratoxin A and fungal populations on sultanas, *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 25(1):25-29p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Türel, G.Y. ve Calapoğlu, N.Ş., 2017, Mikotoksinler ve moleküler düzeydeki etkileri, *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 24(1):13-28s.

Türkeşsiz, K., 2020, Bazı Tahıl Unlarında Mikotoksinlerin ve Mikotoksijenik Küflerin Varlığı Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 78s (yayımlanmamış).

United States Department of Agriculture (USDA)., 2019. “FoodData Central Search Results”, <https://fdc.nal.usda.gov/> (Erişim Tarihi: 17 Haziran 2023).

United States Department of Agriculture (USDA)., 2022. “Raisin Annual”, [Raisin Annual_Ankara_Turkey_TU2022-0038.pdf\(usda.gov\)](#) (Erişim Tarihi: 17 Haziran 2023).

Uysal-Seçkin, G., 2019, Bazı Üzüm Çeşitlerinin Kuruma Özelliklerinin Araştırılması ve Orta Nemli Kuru Üzüm Elde Edilmesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 189s (yayımlanmamış).

Uzunorman, A., 2022. Vakum Mikrodalga Kurutucu ile Kurutulan Sultaniye Çeşidi Üzümlerin Depolama Boyunca Kalite Değişimlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 107s (yayımlanmamış).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ünal, A., ve Soltekin O.**, 2018, Dünya kurutmalık üzüm üretimi ve ticareti, *Bahçe*, 47(1):9s.
- Ünal, A.S.**, 2009, Kuru Üzüm ve Ürünlerinde Okratoksin A Varlığının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmasötik Toksikoloji Ana Bilim Dalı, 83s (yayınlanmamış).
- Vila-Donat, P., Marín, S., Sanchis, V. and Ramos, A.J.**, 2019, New mycotoxin adsorbents based on tri-octahedral bentonites for animal feed, *Animal Feed Science and Technology*, 255:114228p.
- Wang, D., Duan, C.Q., Shi, Y., Zhu, B.Q., Javed, H.U. and Wang, J.**, 2017, Free and glycosidically bound volatile compounds in sun-dried raisins made from different fragrance intensities grape varieties using a validated HS-SPME with GC-MS method, *Food Chemistry*, 228:125-135p.
- Wang, J., Xiao, H.W., Fang, X.M., Mujumdar, A.S., Vidyarthi, S.K. and Xie, L.**, 2020, Effect of high-humidity hot air impingement blanching and pulsed vacuum drying on phytochemicals content, antioxidant capacity, rehydration kinetics and ultrastructure of thompson seedless grape, *Drying Technology*, 1-14p.
- Wang, L., Hua, X., Shi, J., Jing, N., Ji, T., Lv, B. and Chen, Y.**, 2022, Ochratoxin A: Occurrence and recent advances in detoxification, *Toxicon*, 210:11-18p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Williamson, G. and Carughi, A.,** 2010, Polyphenol content and health benefits of raisins. *Nutrition Research*, 30(8):511-519p.
- Woldemariam, H.W. and Emire, S. A.,** 2019, High pressure processing of foods for microbial and mycotoxins control: Current trends and future prospects, *Cogent Food & Agriculture*, 5(1):1622184p.
- Yalçındağ, D.,** 2006, Piyasada Bulunan Yaş ve Kuru Üzümlerden Küf İzolasyonu ve Okratoksin A'nın Elisa Yöntemi ile Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 62s (yayımlanmamış).
- Yarım, H.,** 2023, Yüksek Yoğunluklu Vurgulu Işık Teknolojisinin Kuru İncirde Aflatoksin Degradasyonu ve Kalite Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 80s (yayımlanmamış).
- Yılmaz, Ş.,** 2022, Değişik Bandırma Solüsyonlarının Bazı Çekirdekli Yerel Üzüm Çeşitlerinin Kuruna Performansları ve Kuru Üzüm Kaliteleri Üzerine Etkileri, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, 90s (yayımlanmamış).
- Yu, J., Smith, I.N. and Mikiashvili, N.,** 2020, Reducing ochratoxin A content in grape pomace by different methods, *Toxins*, 12(7):424p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yüceilli, M.**, 2020, Türkiye'nin Organik Ürün Dış Satımının İncelenmesi ve Manisa İli Organik Çekirdeksiz Kuru Üzüm Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 104 s. (yayımlanmamış).
- Yüksel, Ç.Y. ve Karagözlü, N.**, 2017, Soğuk atmosferik plazma teknolojisi ve gıdalarda kullanımı, *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2):81-86s.
- Zemzemoğlu-Arpa, T.E.**, 2019, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Bazı Önemli Siyah Kuru Üzümlerin Besin Değerleri ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi ve Sultani Çekirdeksiz Kuru Üzüm ile Karşılaştırılması, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 264s (yayımlanmamış).
- Zhang, H., Wang, G., Yang, Q., Yang, X., Zheng, Y., Liu, Y. and Xing, F.**, 2021, Effects of light on the ochratoxigenic fungi *Aspergillus ochraceus* and *A. carbonarius*, *Toxins*, 13(4):251p.

TEŞEKKÜR

Eğitim hayatım boyunca desteğini hissettiğim, bilgi ve tecrübeleriyle hayatıma ışık tutan, farklı fikirlerin değerli olduğunu ve sorunlara bir mühendis olarak yaklaşıp, çözüm bulmamı öğreten danışman hocam sayın Prof. Dr. Taner BAYSAL'a,

İlk günden beri yanımda olan ve desteğini hiç esirgemeyen, her zaman değerli görüş ve deneyimlerini benimle paylaşan sayın Doç. Dr. Ahsen RAYMAN ERGÜN'e,

Hammadde temininde ve Okratoksin A analizlerinde yardımcı olan Işık Tarım Ürünleri Sanayi ve Ticaret AŞ'ye, sayın Dr. Buket YALÇIN ŞAHYAR ve tüm AR-GE ekibine,

Tez çalışmam kapsamında her türlü ekipman yardımı ve desteğini sağlayan Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Akademik ve Teknik personellerine,

Tezin yazım aşamasında bilgi ve destekleriyle yanımda olan, Bengü Nur KUTLU ve Gülce ERTEK'e, tez çalışmam boyunca son ana kadar her koşulda bana destek olan ve yardımlarıyla hayatımı kolaylaştıran canım Sevgi Şule ÖZTÜRK'e, ekip arkadaşlarım, Elif GÜRBÜZ ve Hasan YARIM'a,

Maddi manevi tüm imkanlarını sunan ve beni daima destekleyen, motivasyon kaynaklarım; canım annem Dilek AKBULUT ve canım babam Hasan AKBULUT'a, her zaman destek olan sevgili arkadaşlarım Yasemin GÜRKAN, Beste ÇALIŞKAN ve Eren Deniz KONAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

İrem Akbulut, lise eğitimini Şehit Erkan Özcan Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. 2020 yılında Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünden mezun olmuş, aynı yıl Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans programına başlamıştır. Lisans döneminde zorunlu stajını Işık Tarım Ürünleri Sanayi ve Ticaret AŞ' de tamamlamıştır. 2020 yılında hazırlamış olduğu “*Ginkgo biloba* Ekstraktı ile Muamele Edilmiş Kayısların Yapay Yolla Kurutulması ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi” konulu lisans bitirme tezi, TÜBİTAK 2242 Üniversite Öğrencileri Araştırma Proje Yarışması Konya Bölge'sinde, Gıda ve Tarım alanında bölge 2.si olmaya hak kazanmıştır. Bugüne kadar uluslararası kongrelerde 3 adet sözlü sunumu ve 1 adet bilimsel yayını bulunmaktadır.

EKLER

EK-1. Gallik asit standart eğrisi grafiği

EK-2. Kuersetin standart eğrisi grafiği

EK-3. Troloks standart eğrisi grafiği

EK-4. Farklı DBD plazma uygulamaları sonucu OTA azalması (%)

EK-5. DBD plazma uygulaması ile işlenen inoküle kuru üzüm örneklerinin OTA (ppb) sonuçlarının istatistiksel değeriendirmesi

EK-6. DBD plazma uygulaması ile işlenen inoküle kuru üzüm örneklerinin OTA azalma (%) sonuçlarının istatistiksel değeriendirmesi

EK-7. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin su aktivitesi sonuçlarının istatistiksel değeriendirmesi

EK-8. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin nem değerieleri sonuçlarının istatistiksel değeriendirmesi

EK-9. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin SÇKM sonuçlarının istatistiksel değeriendirmesi

EK-10. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin pH sonuçlarının istatistiksel değeriendirmesi

EK-11. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin titrasyon asitliği sonuçlarının istatistiksel değeriendirmesi

EKLER (devam)

EK-12. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin toplam fenolik madde miktarı sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-13. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin toplam flavonoid madde miktarı sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-14. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin antioksidan aktivite sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-15. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin L^* değeri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-16. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin a^* değeri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-17. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin b^* değeri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

EK-18. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin Kroma (C^*) sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

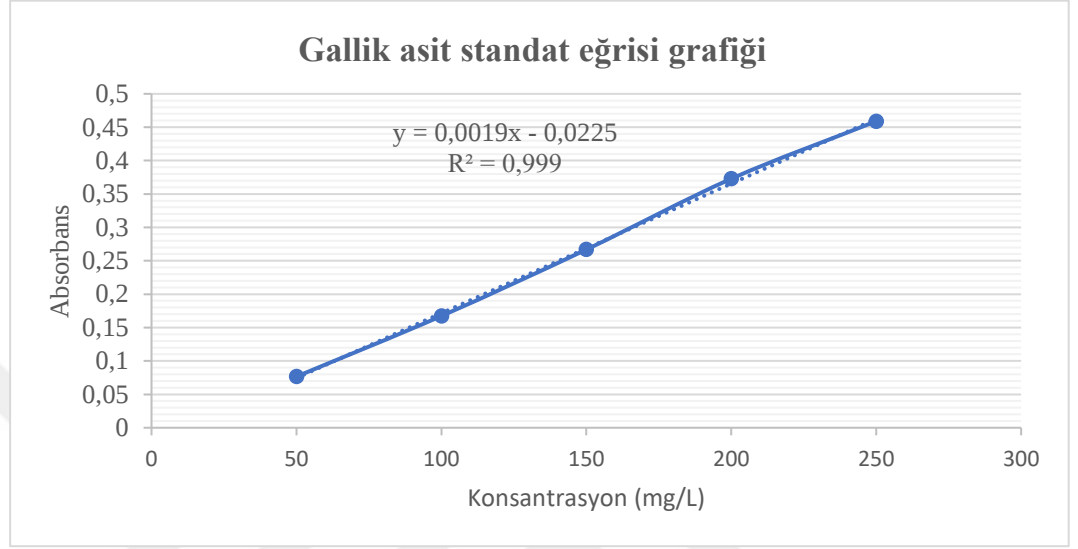
EK-19. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin toplam renk farkı değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi

EK-20. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin Hue^o değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi

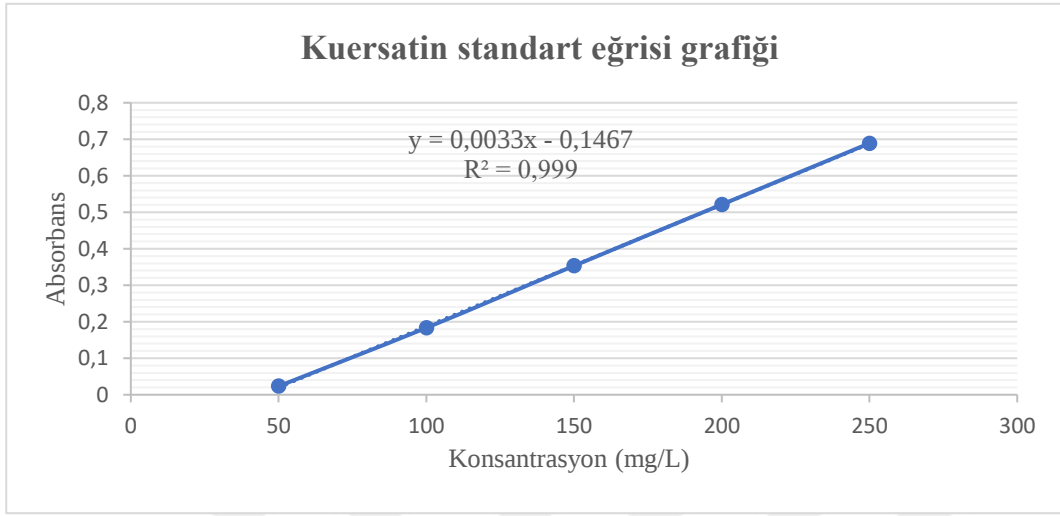
EK-21. OTA standart eğrisi

EKLER

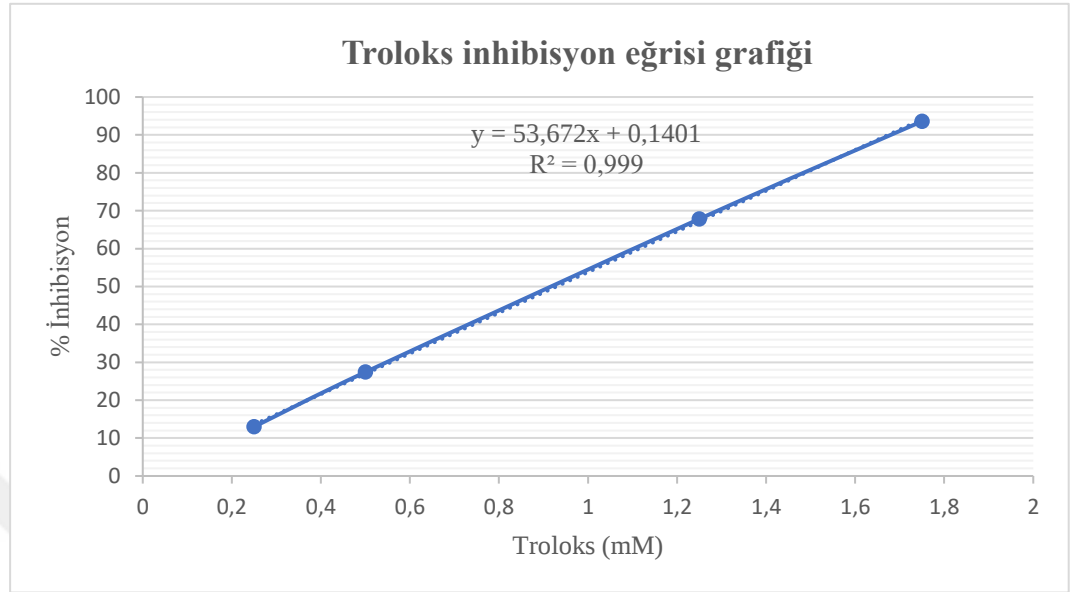
EK-1. Gallik asit standart eğrisi grafiği



EK-2. Kuersetin standart eğrisi grafiği



EK-3. Troloks inhibisyon eğrisi grafiği



EK-4. Farklı DBD plazma uygulamaları sonucu OTA azalması (%)

Duncan^{a,b}

Farklı DBD plazma uygulamaları sonucu OTA azalması (%)			
Duncan ^{a,b}			
Grup	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Kontrol Grubu	2	14,4949	
2000 Hz-4 dk.	2		34,2282
1250 Hz-2 dk.	3		34,4519
2000 Hz-2 dk.	3		35,5705
1250 Hz-4 dk.	2		37,9195
Sig.		1,000	,341

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,308.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

EK-5. DBD plazma uygulaması ile işlenen inoküle kuru üzüm örneklerinin OTA (ppb) sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Duncan^a

OTA (ppb)					
Duncan ^a					
Grup	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
2000 Hz-2 dk.	6	1,8483			
1250 Hz-2 dk.	6		2,6267		
2000 Hz-4 dk.	6			3,4500	
1250 Hz-4 dk.	6			3,7750	
Kontrol Grubu	6				5,9883
Sig.		1,000	1,000	,130	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

EK-6. DBD plazma uygulaması ile işlenen inoküle kuru üzüm örneklerinin OTA azalma (%) sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Duncan^a

OTA azalma (%)				
Duncan ^a				
Grup	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1250 Hz-4 dk.	6	36,8700		
2000 Hz-4 dk.	6	42,3083		
1250 Hz-2 dk.	6		56,0767	
2000 Hz-2 dk.	6			69,0917
Sig.		,066	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

EK-7. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin su aktivitesi sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Duncan^{a,b}

Su aktivitesi			
Duncan ^{a,b}			
Grup	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
2000 Hz-4 dk.	6	,525	
2000 Hz-2 dk.	8	,535	,535
Kontrol Grubu	10		,540
1250 Hz-2 dk.	10		,541
1250 Hz-4 dk.	9		,546
Sig.		,131	,100

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8,295.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

EK-8. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin nem değerleri sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Duncan^a

Nem (%)				
Duncan ^a				
Grup	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2000 Hz-2 dk.	3	10,4578		
1250 Hz-4 dk.	3		14,4855	
2000 Hz-4 dk.	3		14,6668	
1250 Hz-2 dk	3			15,4749
Kontrol Grubu	3			15,6269
Sig.		1,000	,560	,625

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

EK-9. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin SÇKM sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Duncan^{a,b}

SÇKM				
Duncan ^{a,b}				
Grup	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Kontrol Grubu	18	79,6667		
1250 Hz-2 dk.	18		80,0000	
2000 Hz-2 dk.	12		80,0000	
1250 Hz-4 dk.	12			81,0000
2000 Hz-4 dk.	12			81,0000
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 13,846.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

EK-10. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin pH sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Duncan^a

pH				
Duncan ^a				
Grup	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2000 Hz-2 dk.	18	3,8422		
1250 Hz-2 dk.	18	3,8461		
2000 Hz-4 dk.	18		3,8644	
1250 Hz-4 dk.	18		3,8667	
Kontrol Grubu	18			3,9000
Sig.		,543	,728	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,000.

EK-11. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin titrasyon asitliği sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Duncan^{a,b}

Titrasyon asitliği		
Duncan ^{a,b}		
Grup	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Kontrol Grubu	18	2,5851
1250 Hz-2 dk.	18	2,5851
2000 Hz-2 dk.	18	2,6684
1250 Hz-4 dk.	18	2,6684
2000 Hz-4 dk.	14	2,6804
Sig.		,591

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 17,027.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

EK-12. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin toplam fenolik madde miktarı sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Duncan^a

Toplam fenolik madde (mg GAE/100g KM)			
Duncan ^a			
Grup	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Kontrol Grubu	10	234,2977	
1250 Hz-4 dk.	10		252,4458
2000 Hz-4 dk.	10		254,3034
2000 Hz-2 dk.	10		255,3509
1250 Hz-2 dk.	10		259,4118
Sig.		1,000	,185

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 11,000.

EK-13. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin toplam flavonoid madde miktarı sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Duncan^a

Toplam flavonoid madde (mg QE/100g KM)				
Duncan ^a				
Grup	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2000 Hz-2 dk.	32	66,4993		
1250 Hz-4 dk.	32	67,2855	67,2855	
2000 Hz-4 dk.	32		68,0492	
1250 Hz-2 dk.	32			69,6702
Kontrol Grubu	32			70,6067
Sig.		,190	,203	,119

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 32,000.

EK-14. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin antioksidan aktivite sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Duncan^a

Antioksidan aktivite (mg Troloks/100 g KM)				
Duncan ^a				
Grup	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2000 Hz-2 dk.	20	226,52		
2000 Hz-4 dk.	20	226,57		
1250 Hz-2 dk.	20	230,76	230,76	
1250 Hz-4 dk.	20		235,66	
Kontrol Grubu	20			241,91
Sig.		0,207	0,121	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,000.

EK-15. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin L* değeri sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Duncan^a

L*					
Duncan ^a					
Grup	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Kontrol	50	21,9436			
2000 Hz-2dk.	50	22,2162	22,2162		
1250 Hz-4dk.	50		22,3180	22,3180	
2000 Hz-4dk.	50			22,5838	22,5838
1250 Hz-2dk.	50				22,7232
Sig.		,117	,558	,127	,422

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50,000.

EK-16. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin a* değeri sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Duncan^a

a*					
Duncan ^a					
Grup	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Kontrol Grubu	50	6,0710			
1250 Hz-2 dk.	50		6,5756		
2000 Hz-4 dk.	50			6,9156	
2000 Hz-2 dk.	50			6,9920	
1250 Hz-4 dk.	50				7,5560
Sig.		1,000	1,000	,372	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50,000.

EK-17. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin b* değeri sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Duncan^a

b*					
Duncan ^a					
Grup	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Kontrol Grubu	50	5,5878			
1250 Hz-4 dk.	50		6,3948		
1250 Hz-2 dk.	50			7,1966	
2000 Hz-4 dk.	50			7,2048	
2000 Hz-2 dk.	50				7,5520
Sig.		1,000	1,000	,936	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50,000.

EK-18. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin Kroma (C*) sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Duncan^a

Kroma (C*)					
Duncan ^a					
Grup	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Kontrol Grubu	50	8,2537			
1250 Hz-4 dk.	50		9,1728		
2000 Hz-4 dk.	50			9,9872	
1250 Hz-2 dk.	50			10,0354	
2000 Hz-2 dk.	50				10,6883
Sig.		1,000	1,000	,704	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50,000.

EK-19. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin toplam renk farkı değerlerinin istatistiksel değerlendirilmesi

Duncan^{a,b}

Toplam renk farkı				
Duncan ^{a,b}				
Grup	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1250Hz-4dk.	50	1,1144		
2000 Hz-4 dk.	50		2,0295	
1250 Hz-2 dk.	49		2,1025	
2000 Hz-2 dk.	50			2,6110
Sig.		1,000	,139	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 49,746.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

EK-20. DBD plazma uygulaması ile işlenen kuru üzüm örneklerinin Hue⁰ değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi

Duncan^a

Hue ⁰					
Duncan ^a					
Grup	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1	50	42,7090			
4	50		44,1951		
3	50			44,8811	
2	50				45,7909
5	50				46,1600
Sig.		1,000	1,000	1,000	,121

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 50,000.

EK-21. OTA kalibrasyon eğrisi

