



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ADANA ALPARSLAN TÜRKER BİLİM VE TEKNOLOJİ
ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KURU İNCİRLERDE OKRATOKSİN A VE AFLATOKSİN
VARLIĞININ İNCELENMESİ

MERVE USLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ADANA ALPARSLAN TÜRKEŞ BİLİM VE TEKNOLOJİ
ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KURU İNCİRLERDE OKRATOKSİN A VE AFLATOKSİN
VARLIĞININ İNCELENMESİ

MERVE USLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Haşim KELEBEK

ADANA, 2023

ÖZET

KURU İNCİRLERDE OKRATOKSİN A VE AFLATOKSİN VARLIĞININ İNCELENMESİ

Merve USLU

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Haşim KELEBEK

Ağustos 2023, 60 sayfa

Bu çalışmada Adana ilindeki toptan/perakende satış noktalarından alınan kuru incirlerin kalite parametreleri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında 21 farklı kuru incir örneğinde mikotoksin (HPLC-FLD yöntemi), antioksidan kapasite (DPPH ve ABTS yöntemi), toplam fenolik madde, şeker ve genel bileşim analizleri yapılarak fiziksel, kimyasal ve biyoaktif özellikleri değerlendirilmiştir. Piyasadan toplanan kuru incir numunelerinin, aflatoksin değerlendirmelerinde ürünlerin %9.5'nin Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde yer alan doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan kurutulmuş meyvelerde aflatoksin B₁ ve toplam aflatoksin (B₁+B₂+G₁+G₂) limitlerini (8-10 µg/kg) aştığı ve ilgili yönetmeliğe uygun olmadığı belirlenmiştir. P kodlu numunenin aflatoksin B₁ değeri 15.6 µg/kg, T numunesinin aflatoksin B₁ değeri 836.9 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Kuru incir numunelerinde, ayrıca okratoksin A analizleri yapılmış olup 5 Ağustos 2022 tarihli Komisyon Yönetmeliği (AB) 2022/1370 kuru incir meyvelerine belirlenmiş limit olan 8 µg/kg değeri kriter olarak kabul edilerek sonuçların %14'ünün bu belirtilen limiti aştığı tespit edilmiştir. Kuru incirlerin antioksidan kapasitesi ABTS ve DPPH olmak üzere iki farklı yöntemle belirlenmiştir. ABTS yönteminde antioksidan kapasite potansiyeli en yüksek T örneğinde 13670 µmol trolox /kg ve en düşük C örneğinde 6757 µmol trolox /kg olarak tespit edilmiştir. DPPH yönteminde antioksidan kapasite yine aynı şekilde en yüksek T örneğinde 5467 µmol trolox /kg ve en düşük 2962 µmol trolox /kg olarak tespit edilmiştir. Fenolik bileşik ile antioksidan kapasite (DPPH ve ABTS yöntemleri) arasında yüksek korelasyon değerleri saptanmıştır. Kuru incirlerde yapılan şeker analizlerinde sakkaroz, glikoz ve fruktoz bileşikleri belirlenmiştir. Glikoz (G) ve fruktoz (F) baskın şekerler olarak saptanmış ve G/F oranı yaklaşık 1,5 olarak belirlenmiştir. 21 adet kuru incir örneğinin glikoz miktarı ve sakkaroz miktarı en düşük N örneğinde saptanmıştır. Kuru incirlerin toplam fenolik madde içerikleri en yüksek T örneğinde 2696 mg GAE/ kg ve en düşük C örneğinde 1316 mg GAE/ kg olduğu tespit edilmiş olup, T örneğinin diğer örneklerden daha zengin olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kuru incir (*Ficus carica*), mikotoksin, antioksidan kapasite, toplam fenolik madde, HPLC

ABSTRACT

EXAMINATION OF THE PRESENCE OF OCRATOXIN A AND AFLATOXIN IN DRIED FIGS

Merve USLU

MSc, Department of Food Engineering

Advisor: Prof. Dr. Haşim KELEBEK

August 2023, 60 pages

In this study; The quality parameters of dried figs purchased from wholesale/retail outlets in Adana were investigated. Scope of work; Mycotoxin (HPLC-FLD method), antioxidant capacity (DPPH and ABTS method), total phenolic substance (UV spectrophotometer method) and sugar analysis (LC-2030C-RID method) analyzes of dried figs taken from 21 different places and their physical, chemical and bioactive properties examined. Aflatoxin analyzes were made of dried fig samples collected from the market, and 9.5% of the results obtained were aflatoxin B₁ and total aflatoxin (B₁ +B₂+G₁+G₂) in dried fruits that are offered for direct human consumption or used as food ingredient, which are included in the Turkish Food Codex Contaminants Regulation. It was determined that the limits exceeded the 8-10 µg/kg limit and were not in compliance with the relevant regulation. The aflatoxin B₁ value of the P sample was 15.6 µg/kg, and the aflatoxin B₁ value of the T sample was 836.9 µg/kg. Dried fig samples; The amount of ochratoxin A was analyzed and it was determined that 14% of the results exceeded this limit by accepting the 8 µg/kg value, which is the limit determined for dried fig fruits in the Commission Regulation (EU) 2022/1370 dated 5 August 2022. The antioxidant capacity of dried figs was determined by two different methods, ABTS and DPPH. In the ABTS method, the antioxidant capacity potential was determined as 13670 µmol trolox /kg in the T sample with the highest and 6757 µmol trolox /kg in the lowest sample C. In the DPPH method, the antioxidant capacity was determined as 5467 µmol trolox /kg and the lowest as 2962 µmol trolox /kg in the T sample. A high correlation between the scientifically expected DPPH and ABTS methods was also observed in the analyzes of the samples used. Sucrose, glucose and fructose compounds were determined in sugar analyzes made in dried figs. In the data obtained in the study, it was observed that glucose was the primary sugar in all samples. Glucose and fructose sugars are dominant and the G/F ratio is around 1.5. Glucose content and sucrose content of 21 dried fig samples were determined in the lowest N sample. The total phenolic content of dried figs was found to be 2696 mg GAE/kg in the highest T sample and 1316 mg GAE/kg in the lowest C sample, and the T sample was found to be richer than the other samples.

Keywords: Dried fig (*Ficus carica*), mycotoxin, antioxidant capacity, total phenolic substance, HPLC

İTHAF



Kıymetli Aileme...

TEŞEKKÜR

Eğitim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen, güvenen ve daima yanımda olan canım aileme sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında büyük bir titizlik, sabır ve özveriyle desteğini esirgemeyerek şahsıma iyi bir çalışma ortamı sağlayan değerli danışmanım Prof. Dr. Haşim KELEBEK'e ve değerli jüri hocalarım Prof.Dr. Serkan SELLİ ve Doç.Dr. Kemal ŞEN'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, tez çalışmalarım boyunca her zaman yanımda olan ve bana yardımlarını esirgemeyen değerli şefim Koray ŞAHİN'e, canım arkadaşlarım Kübra ERKUT ve Esra ERELİ'ye ayrıca çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen ve hayatımın her evresinde bana destek olan annem Berrin USLU'ya, babam İbrahim USLU'ya ve abilerim Kadir USLU ve Halil USLU'ya ayrıca yüksek lisans sürecinde daima bana örnek ve yardımlarıyla hep yol gösterici olan sevgili ablacım Hayriye KAHRAMAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez 21303018 projesi numarası ile Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Yüksek lisans projemizi destekleyerek uygun şekilde yürütülmesini sağlayan Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi BAP birimine ve çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	
Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	
Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İTHAF.....	
iii	
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	
vii	
TABLO LİSTESİ.....	
viii	
KISALTMALAR.....	ix
SEMBOLLER.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. İncirin Besin Değeri İçerikleri.....	2
1.2. İncirin Fitokimyasal Özellikleri.....	3
1.3. İncirin Üretim ve Ekonomik Açıdan Değeri.....	4
1.4. İncirde Küf ve Mikotoksin Oluşumu.....	6
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	12
2.1. Kuru İncirin Genel Bileşimi.....	12
2.2. Kuru İncirlerin Mikotoksin İçeriği.....	13
3. MATERYAL VE METOT.....	20
3.1. Materyal.....	20
3.1.1 Kimyasallar.....	20
3.1.2. Cihaz.....	21
3.1.3. Yöntem.....	21
3.1.3.1. Aflatoksin B ₁ ve Toplam Aflatoksin (G ₁ +G ₂ +B ₁ +B ₂) Tayini.....	21
3.1.3.2. Okratoksin A Tayini Analizi.....	25

3.1.3.3. Şeker Tayini.....	28
3.1.3.4. Antioksidan Kapasite Analizleri.....	28
3.1.3.5. Kuru Madde Analizi.....	30
3.1.3.6. Toplam Fenolik Madde Analizi.....	30
3.1.3.7. Sonuçların Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler.....	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	32
4.1. Aflatoksin B ₁ ve Toplam Aflatoksin Miktarları.....	32
4.2. Okratoksin A Tayini.....	36
4.3. Genel Bileşim Analizleri.....	42
4.4. Şeker Miktarları.....	50
5. SONUÇLAR.....	52
KAYNAKÇA.....	54
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1.	İncir (<i>Ficus carica</i>)	1
Şekil 1.2.	Çeşitli mikotoksinler.....	7
Şekil 1.3.	Aflatoksin B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ 'nin kimyasal yapısı.....	9
Şekil 1.4.	Aflatoksin B ₁ ve aflatoksin M ₁ oluşum mekanizması	10
Şekil 1.5.	Okratoksin A kimyasal yapısı.....	11
Şekil.3.1.	Analizde kullanılan öğütülmüş kuru incir örnekleri	20
Şekil.3.2.	Toksin analizlerindeki ayırma işlemi.....	21
Şekil.3.3.	Şeker analizleri karıştırma aşaması.....	28
Şekil.3.4.	DPPH ve ABTS yöntemlerinde ölçüm yapılan örnekler	29
Şekil.3.5.	DPPH yönteminde Trolox ile elde edilen kalibrasyon eğrisi	29
Şekil.3.6.	ABTS yönteminde trolox standardı ile elde edilen kalibrasyon eğrisi	30
Şekil.3.7.	Kuru madde analizinde kullanılan kaplar	30
Şekil.3.8.	Toplam fenolik madde analizinde ölçüm yapılan örnekler	31
Şekil.3.9.	Toplam fenolik madde yönteminde galik asit ile elde edilen kalibrasyon eğrisi	31
Şekil 4.1.	Aflatoksin B ₁ analizi kromatogramlarının karşılaştırılması	33
Şekil 4.2.	P örneğine ait aflatoksin kromatogramı.....	34
Şekil 4.3.	P örneğinin kromatogram hesap raporu.....	35
Şekil 4.4.	T örneğine ait aflatoksin kromatogramı	35
Şekil 4.5.	T örneğinin kromatogram hesap raporu	36
Şekil 4.6.	Okratoksin A analizi kromatogramlarının karşılaştırılması	37
Şekil 4.7.	B örneğine ait okratoksin kromatogramı	38
Şekil 4.8.	L örneğine ait okratoksin kromatogramı	38
Şekil 4.9.	M örneğine ait okratoksin kromatogramı	38
Şekil 4.10.	T örneğine ait okratoksin kromatogramı	39
Şekil 4.11.	V örneğine ait okratoksin kromatogramı	39
Şekil 4.12.	Kuru incirlerin antioksidan aktivite, şeker ve toksin içeriğinin korelasyon matrisi $p \leq 0,05$	40
Şekil 4.13.	Kuru incirlerin antioksidan aktivite, şeker ve toksin analizlerinin PCA biplotu	41
Şekil 4.14.	Kuru incirlerin antioksidan kapasitelerinin DPPH ve ABTS yöntemleriyle karşılaştırılması	42

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1. 100 gram kuru incir için besin değeri.....	3
Tablo 1.2. 2021 yılı dünya geneli en çok incir üretim alanı (hektar) – toplam üretim (ton).....	4
Tablo 1.3. 2021-2022 yılı Avrupa Birliği'nin RASFF sistemine yapılmış olan mikotoksinli ürün bildirimleri ve içerikleri	6
Tablo 1.4. Başlıca mikotoksinler ve toksik etkileri	8
Tablo 2.1. Aflatoksin B ₁ ve toplam aflatoksin miktarları.....	17
Tablo 2.2. Yapılan çalışmalarda okratoksin oluşum aralığı	19
Tablo 3.1. Aflatoksin tayin ve ölçüm limitleri	24
Tablo 3.2. Geri kazanım çalışmalarında aflatoksin B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ oranları	25
Tablo 3.3. Okratoksin A tayin limiti ve ölçüm limiti çalışması	27
Tablo 4.1. Kuru incir örneklerinde HPLC yöntemi ile aflatoksin bulguları.....	34
Tablo 4.2. Kuru incir örneklerinde HPLC yöntemi ile okratoksin A bulguları.....	37
Tablo 4.3. Örneklerin toplam fenolik madde, ABTS ve DPPH analizleri sonuçları.....	44
Tablo 4.4. Örneklerin toplam fenolik madde, DPPH ve ABTS analizleri sonuçları sıralaması.....	50
Tablo 4.5. Örneklerin sakkaroz, glikoz, fruktoz ve toplam şeker içerikleri	51

KISALTMALAR

FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
USD	: Birleşik Devletler Doları
AB	: Avrupa Birliği
RASFF	: Gıda ve Yem İçin Hızlı Uyarı Sistemi
IARC	: Uluslararası Kansere Araştırmaları Ajansı
OTA	: Ochratoxin A
CONTAM	: Gıda Zincirindeki Kirlenmeler Paneli
EFSA	: Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TGK	: Türk Gıda Kodeksi
FLD	: Floresan Dedektör
AOAC	: Resmi Analitik Kimyacılar Derneği
MRL	: Maksimum Kalıntı Limiti

SEMBOLLER

ACN	: Asetonitril
MeOH	: Metenol
HNO₃	: Nitrik Asit
CH₃COOH	: Asetikasit
KBR	: Potasyum Bromür
LOD	: Tespit Limiti
LOQ	: Ölçüm Limiti
s	: Standart Sapma
UV-Vis	: Ultraviyole-Görünür Dalga Boyu
ppb	: Milyarda Bir
ppm	: Milyonda Bir
mM	: Milimolar
IU	: Uluslararası Ünite
µg/kg	: Mikrogram/Kilogram
µL	: Mikrolitre
µmol/L	: Mikromol/Litre
ml	: Mililitre
g/kg KA	: Gram/Kilogram Kuru Madde
mg/kg GAE	: MiliGram/Kilogram Gallikasit Eşdeğeri
µmol trolox /kg	: Mikromol Trolox/Kilogram
DPPH	: 1,1-difenil-2-pikril hidrazil
ABTS	: 2,2'-azinobis- 3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi

1. GİRİŞ

İncir (*Ficus carica*) Akdeniz kıyılarında yetişen subtropik bir meyvedir (Şen ve Nas, 2010). Anadolu, birçok kaynakta incirin anavatanı kabul edilmektedir (Condit, 1947). Zamanla incir çeşitlerinin Anadolu'dan Akdeniz, Ortadoğu ve Güney Kafkasya'ya yayıldığı düşünülmektedir (Polat ve Özkaya, 2005).



Şekil 1.1. İncir (*Ficus carica*)

İncir, her iklimde yetiştiriciliği yapılamayan, bu nedenle Batı ve Kuzey Avrupa ülkelerinde egzotik meyve olarak büyük ilgi gören bir meyvedir. Bu ilgi, besin içeriğinin diğer birçok meyve türüne göre daha yüksek olması (özellikle ham ve indirgen lif, mineral ve polifenol içeriğince zengin olması, sodyum, yağ ve kolesterol içermemesi), farklı değerlendirme şekillerine sahip ticari bir meyve olması gibi faktörlerinden de kaynaklanmaktadır (Özcan, 2020).

Taze incirin hasat sonrası dayanımının kısa olması, özellikle taşımaya çok uygun olmaması sebebiyle dünya genelinde tanınırlığı sınırlı kalmıştır. Ancak kuru incir, bu olumsuzlukları taşımadığından sadece üretim alanıyla sınırlı kalmayıp, üretim alanından uzaklara gönderilebilmiş ve incirin tanınmasında önemli katkı sağlamıştır. Meyvelerin kurutularak muhafaza edilmesi eski çağlardan beri kullanılan önemli gıda saklama yöntemlerinden biridir. Kuru incir hasadı olgunlaşan incirlerin elle toplanması ile yapılmaktadır. Olgun incirler 10-15 cm yükseklikte kerevet adı verilen plastik veya galvanizli telden yapılmış ızgaralara serilerek %20-22 neme ulaşana kadar yaklaşık 5 gün süreyle kurutulmaktadır (Aksoy, 2001). İklim ve

ekolojik koşulların nedeniyle özellikle Aydın ve  zmir’de üretilen incirin büyük bir kısmı kurutulurken, diğ r illerimizde hem kuru hem de taze olarak t k tilebilmektedir ( obanoğlu ve diğ rleri, 2005).

1.1.  ncirin Besin Değ ri  cerikleri

Diğ r birçok meyvede olduğu gibi, incirde de yağ oranı düşüktür (taze için 0,30 g/100 g ve kurutulmuş için 0.9 g/100 g), sodyum içermemektedir, düşük kolesterol ve yüksek lif (taze için 2.9 g/100 g ve kurutulmuş için 9.8 g/100 g) içermektedir (Vinson, 1999). Tavsiye edilen günlük tüketim yüzdesi bakımından 100 gr incirde demir %6, kalsiyum %6, potasyum %7, tiamin (B1) %7.1 ve riboflavin %6.2 dolayındadır ( alışkan ve Polat, 2011, 473–478).

 ncir meyvesi karbonhidrat, protein, demir, sodyum, fosfor, kalsiyum, magnezyum, potasyum içerdiği gibi A, B1 , B2, B3, B6, C vitamini ve folik asit açısından da zengindir. Hücrelerin yenilenmesine katkısı olduğu ve vücudun sindirim metabolizmasını kolaylaştırdığı belirtilmektedir.  ceriğindeki benzaldehit maddesi ile kanserli hücrelerin büyüyüp gelişmesini önlediği belirtilmektedir. Ayrıca kuru incirin içerdiği protein miktarı düşüktür, ancak protein sentezinde kullanılan aminoasit çeşidi açısından zengin bir meyvedir. Bu nedenle, hücre gelişimini desteklemekte ve vücudun direncini arttırıp bağışıklık sistemini güçlendirdiğinden birçok hastalığa karşı direnç kazandırmaktadır (Hasdemir, 2022).

Tablo 1.1. 100 gram kuru incir için besin değeri

Kuru İncir Besin Değeri	100 gramda
Karbonhidrat (g)	52.9
Protein (g)	3.6
Yağ (g)	1.6
Lif (g)	12.4
Kalsiyum (mg)	250
Magnezyum (mg)	80
Fosfor (mg)	89
Demir (mg)	4.2
Sodyum (mg)	10
Potasyum (mg)	970
A vitamini (IU)	10
C vitamini (mg)	1
B1 vitamini (mg)	0.08
B6 vitamini (mg)	0.26
K vitamini (µg)	15.6
Kalori (kcal)	300

1.2. İncirin Fitokimyasal Özellikleri

İncir meyvesinin olgunlaşmasıyla oluşan yeşil, sarı, kahverengi, mor ve siyah renkler, incirde yer alan antosiyanin, ve karotenoid bileşiklerinden kaynaklanmaktadır (Çalışkan ve Polat 2011). İncir meyvesinde 50'den fazla metabolit tanımlanmıştır. İncir tüketimiyle vücuda alınan sağlığı destekleyici bileşikler, insanları hastalıklara karşı korumada önemli rol oynamaktadır (Oliveira ve diğ., 2010) İncir meyvesinde 15 farklı antosiyanin bileşiği tanımlanmıştır. Yapılan çalışmalarda siyanidin 3-ramnoglukozit, siyanidin 3-glukozit ve siyanidin bileşiklerinin tanımlanmasının yanısıra temel antosiyanin bileşiğinin siyanidin 3-rutinosid olduğu bildirilmiştir (Vinson ve diğ., 2013).

İncir meyvesinin renk değerleri, toplam polifenoller, flavonoidler, antosiyaninler ve antioksidan kapasite arasında yüksek bir korelasyona sahiptir. Renk bakımından daha koyu çeşitlerin (özellikle antosiyanin bakımından zengin olan siyah çeşitlerin) ekstraktları, açık renkli çeşitlerle karşılaştırıldığında daha yüksek fitokimyasal içerikleri gösterdiği

belirlenmektedir. İncir meyvesinin antioksidan kapasitesi, polifenoller ve antosiyaninler ile yüksek bir korelasyona sahip olduğu belirtilmiştir (Çalışkan, 2012). İncir içeriğindeki fenolikler, organik asitler, E vitamini ve karotenoidler gibi antioksidan bileşikler, serbest radikalleri temizleyerek, dejeneratif hastalıklara yol açabilecek oksidatif mekanizmaları inhibe etmektedir (Oliveira ve diğ., 2010).

1.3. İncirin Üretim ve Ekonomik Açıdan Değeri

Ülkemiz için incirin hem kültürel hem de ekonomik açıdan önemli bir yeri bulunmaktadır. Ülkemizde üretilen incirin % 30'u taze olarak iç pazarda, % 70'i kuru incir olarak dış ve iç pazarda tüketilmektedir. Tablo 1.2. de FAO incir üretim verileri incelendiğinde, üretim alanları sıralamasında ilk üç ülkeye bakıldığında Fas 64.431 hektar ile ilk sırada yer alırken, Türkiye 54.698 hektar ile ikinci sırada yer almaktadır, Türkiye'yi 39.402 hektar ile Mısır takip etmektedir. Üretim miktarlarına bakıldığında 320.000 ton ile Türkiye ilk sırada yer almaktadır. Türkiye'yi 298.497 ton ile Mısır ve 144.153 ton ile Fas takip etmektedir. Ülkemiz; dünya incir üretiminde ilk, üretim alanında ise ikinci sırada yer almaktadır (FAO, 2021).

Tablo 1.2. 2021 yılı dünya geneli en çok incir üretim alanı (hektar) – toplam üretim (ton)

Ülke	Üretim Alanı (hektar)	Toplam Üretim (ton)
Fas	64.431	144.153
Türkiye	54.698	320.000
Mısır	39.402	298.497

2021 yılı Dünya toplam yaş ve kuru incir ihracat miktarı 192.597 ton (772.832 USD) gerçekleşmiş olup, % 47,37 lik pay ile ülkemiz ihracatta ilk sırada yer almıştır. Türkiye de geçtiğimiz yıl 91.224 ton (330.514 USD) incir ihracatı yapılmıştır, en fazla ihracat yapılan üç ülke sırasıyla 17.049 ton (67.981 USD) ile Almanya, 9.964 ton (40.773 USD) ile Fransa ve 11.974 ton (34.960 USD) ile Amerika Birleşik Devletleridir (TradeMap, 2022).

Ülkemizin önemli ihraç ürünleri arasında yer alan ve halkımız açısından büyük ekonomik değere sahip olan incirin bu değerini koruyabilmesi için ihracatın ve üretiminin sürdürülebilir olması gerekmektedir. Türk incirinin kalitesini dünya pazarında güvenilir ve talep edilen

seviyede tutabilmek için incirde kalite parametrelerinin belirli standartlarda olması son derece önem taşımaktadır. Kuru incirin bu standartları sağlayabilmesi için bahçeden, tüketime kadar olan sürecin kontrollü ve sürdürülebilir bir şekilde tamamlaması gerekmektedir. Kuru incirin tüketime hazır oluncaya kadar geçirdiği işlem basamakları sırasıyla; ilekleme, olgunlaşma, hasat, kurutma, sınıflandırma, fumigasyon, aflatoksinli incir ayıklama, yıkama, şekil verme, ambalajlama ve depolama olarak özetlenebilmektedir (Avşar ve Yalçın, 2007).

İncir yüksek oranda şeker içermesi, uygun nem içeriği ve uygunsuz hasat ve hasat sonrası koşulları nedeniyle küf ve mikotoksin oluşumunun sıklıkla görüldüğü bir gıdadır. İncirin aflatoksinle kontaminasyonu ağaç üzerinde başlamakta kurutma, paketlenme ve satışa kadar olan süreçinde devam etmektedir. Ayrıca okratoksin A ve fumonisinler de fazlaca bulunabilmektedir. Geçmişte yapılan çalışmalar göstermiştir ki meyvelerin kurutulması sırasında başta hammadde seçimine ve sonrasında kurutma işlemine gereken önemin verilmesi gerektiğidir (Oruç, 2006). Gereken önem verilmezse kuru incirde hasat öncesi ve sonrasında sıkça gözlenen bu mikotoksinler gerek insan sağlığına kötü etkilemesiyle gerek ihracatta önemli pazar kayıplarına sebep olmasıyla her açıdan insanlara zarar vermektedir (Meçik, 2007).

Avrupa Birliği, insan sağlığını önemseyen ve bunun için gıdaların tüketiciler için güvenli olmasını sağlayan katı bir AB mevzuatı düzenlemelerine sahiptir. Bu sayede Avrupa Birliği dünyadaki en yüksek gıda güvenliği standartlarından birine sahiptir. RASFF sistemi, AB tarafından kullanılan, gıda zincirinde halk sağlığına yönelik riskler tespit edildiğinde hızlı tepki verilmesine yönelik bilgi akışını sağlayan kilit bir araçtır (Yılmaz Çebi ve Olhan, 2017).

Tablo 1.3. 2021-2022 yılı Avrupa Birliği'nin RASFF sistemine yapılmış olan mikotoksinli ürün bildirimleri ve içerikleri

Bildirim Yılı	Toplam Mikotoksinli Ürün Bildirimi	Türkiye Orijinli Mikotoksin Bildirimi	Kuru İncir Mikotoksin Bildirimi	Mikotoksin Bildirim İçeriği
2021	449	98	57	9 adet okratoksin A 48 adet aflatoksin B ₁
2022	487	104	69	23 adet okratoksin A 46 adet aflatoksin B ₁

2021 yılında mikotoksin başlığı altında ihracatçı ülkelerden toplam 449 bildirim yayınlanmış, bunların 98 adedi ülkemiz tarafından ihraç edilen ürünlerde tespit edilmiştir. Ülkemizden kuru meyve ihracatı kapsamında, 2021 yılında RASFF sistemine gelen mikotoksin başlıklı 64 tane geri bildirimin 57 tanesi kuru incirde mikotoksin bildirimi olarak kayıtlara geçmiştir. Bu bildirimlerin 9 tanesi okratoksin A, 48 adedi aflatoksin olarak kaydedilmiştir. Aflatoksin içerikli bildirimlerin içerisinde en yüksek değer olarak 328 ppb, okratoksin A içerikli bildirimlerin içerisinde en yüksek değerin ise 157,18 ppb olduğu görülmüştür (RASFF, 2022).

2022 yılında ise RASFF sistemine toplamda 487 mikotoksin bildirimi yapılmış, bunların 104 ü ülkemiz tarafından yapılan ürün ihracatında tespit edilmiştir. Kuru meyvelerin ihracatında 81 adet mikotoksin geri bildirimi yapılmış olup bunların 46 adedi kuru incirde aflatoksin B₁, 23 adedi kuru incirde okratoksin A olarak bildirilmiştir. Aflatoksin içerikli bildirimlerin içerisinde en yüksek değer olarak 540 ppb, okratoksin A içerikli bildirimlerin içerisinde en yüksek değerin ise 472 ppb olduğu görülmüştür. Bu bildirimler Türk Gıda Kodeksinin Bulaşanlar Limitlerinde Kuru Meyveler için geçerli mikotoksin limitlerini aştığı görülmekte olup ayrıca ülkemizin yurtdışı pazarlarındaki ticaret itibarına zarar vermektedir (RASFF, 2022).

1.4. İncirde Küf ve Mikotoksin Oluşumu

Hasat öncesi ve sonrası uygulamalar kontrollü olarak sürdürülemezse, kuru incirde kaliteyi etkileyen en önemli risklerden olan mikrobiyel kirlilik ve mikotoksin oluşumu ile karşılaşılabilir. Mikotoksin oluşumunda yetersiz kurutma, uygun olmayan depolama koşulları gibi dış faktörlerin yanında gıdanın kimyasal ve fiziksel kompozisyonu da önemli rol

oynamaktadır (Meçik, 2007). İncir yüksek oranda şeker içermesi, uygun nem içeriği ve uygunsuz hasat ve hasat sonrası koşulları nedeniyle küf ve mikotoksin oluşumunun sıklıkla görüldüğü bir gıdadır. Gerek yetiştirme koşulları, gerekse uygun kimyasal ve fiziksel koşulları sebebiyle incir meyvesi küfle temas halinde olabilmekte, bu küf ve mikotoksin oluşumu daha sonraki aşamalarda da devam etmektedir (Buchanan ve diğ., 1975). Mikotoksinler, küfler tarafından sentezlenen sekonder metabolitlerdir. Mikotoksinler uygun sıcaklıkta ve yüksek bağıl nemde hem hasat öncesi hem de sonrasında da oluşabilmektedir (Helferich ve Winter, 2000). *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* *Claviceps* cinsie ait küfler ve *Alternaria* türleri gıdalarda mikotoksin oluşturan başlıca türlerdir. Meyvelerin olgunlaşma aşamasında pH artar, dokular yumuşar ve çözünür karbonhidratlar meyvede birikmeye başlar böylece meyve küf gelişimi için oldukça uygun hale gelir (Splittstoesser, 1987). Yapılan çalışmalarda mikotoksin oluşumunun genel olarak %13-16 nemde başladığı ve %20-25 nemde ise bu oluşumun maksimum seviyeye ulaştığı belirtilmiştir (Güley ve diğ., 2012).

Mikotoksinler esas olarak farklı tipteki ipliksi mantarların sekonder metabolizması ile üretilen bileşiklerdir. Aflatoksinler, özellikle sıcak ve nemli iklime sahip bölgelerde bir küf mantarı olan *Aspergillus*'un *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus paraciticus* türleri tarafından üretilen mikotoksinlerdir.



Şekil 1.2. Çeşitli mikotoksinler (Giuseppe, 2022).

Mikotoksinler orta/düşük moleküler ağırlığa ve çok çeşitli kimyasal yapılar sahiptirler. Mikotoksinlerin oluşumunda mantarın cinsi, substrat ve çevresel koşullar olmak üzere 3 temel faktör etkilidir. İnsan ve hayvan sağlığına olan toksik etkisi sebebiyle küresel açıdan yüksek ekonomik öneme sahiptir (Giuseppe, 2022).

Tablo 1.4. Başlıca mikotoksinler ve toksik etkileri

Mikotoksinler	Toksik Etkileri
Aflatoksin	Kanserojenik, hepatotoksik, genotoksik ve bağışıklık baskılayıcı
Okratoksin A	Nefrotoksik, teratojenik ve bağışıklık baskılayıcı
Fumonisinler	Nefrotoksik ve sitotoksik
Zearalenon	Hormon bozulması
Trikotesenler	Bağışıklık baskılayıcı ve dermatotoksik
Patulin	Hepatotoksik, sitotoksik ve bağışıklık baskılayıcı

Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) kanserojen bileşikler listesini 4 ana grupta oluşturmuştur. Bu grubun en riskli kanserojen madde sıralaması Grup 1 olup, Aflatoksin B1 bu grupta yer almaktadır. Grup 2 potansiyel kanserojen maddeler olarak tanımlanmış olup, bu grubun bir alt grubu olan Grup 2B sınırlı sayıda kanıtlı muhtemel kanserojen madde grubunda ise okratoksin A yer almaktadır.

IARC Grup 1: Bilimsel kanıtlanmış kanserojen madde,

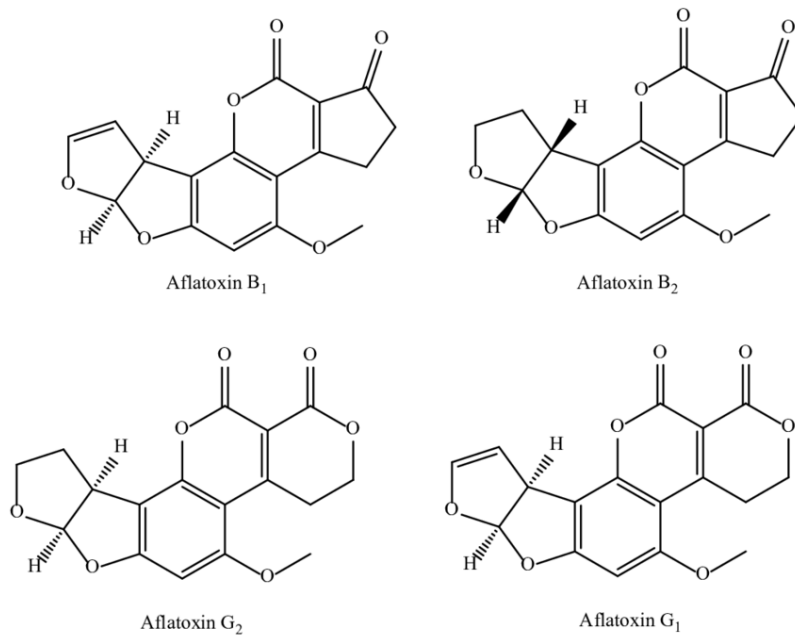
IARC Grup 2: Potansiyel kanserojen madde,

Grup 2B: İnsanlarda ve hayvanlarda sınırlı sayıda kanıtlı muhtemel kanserojen madde (IARC, 2021) olarak tanımlanmıştır.

EFSA (Avrupa Birliği Gıda Güvenliği Otoritesi) gıdalardaki toksinlerin varlığıyla ilgili insan sağlığı risklerini değerlendiren otoritedir. EFSA tarafından 2007 yılında gerçekleştirilen gıda zincirindeki bulaşanlara ilişkin bilimsel panelde (CONTAM Paneli) badem, fındık ve antepfıstığı ürünlerindeki maksimum aflatoksin seviyelerinin olası bir artışıyla tüketici sağlığı riskindeki potansiyel artışına ilişkin bilimsel bir görüş bildirmiştir (EFSA, 2007). 2009 da gerçekleştirilen CONTAM panelinde badem, fındık, antepfıstığı dışındaki ağaç yemişlerinin (kuru incir, kuru kayısı vb.) toplam aflatoksin düzeylerindeki artışın halk sağlığı üzerindeki etkilerine ilişkin başka bir görüş paylaşmıştır. Her iki değerlendirmede de kuru meyvelerde aflatoksin B₁ ve toplam aflatoksin maksimum limitlerinin sırasıyla 2 µg/kg den 8 µg/kg ve 4 µg/kg den 10 µg/kg çıkarılmasının halk sağlığını olumsuz etkilemeyeceği bildirilmiştir. Ayrıca CONTAM paneli aflatoksinler genotoksik ve kanserojenik olduğundan tüm kaynaklardan aflatoksinlere maruz kalmanın mümkün olan en düşük düzeyde olmasını da tavsiye etmiştir. Böylelikle 2012 yılında EFSA tarafından sunulan teknik raporda kuru incir için aflatoksin B₁ ve toplam aflatoksin düzeyinin sırasıyla 2 µg/kg den 8 µg/kg ve 4 µg/kg den

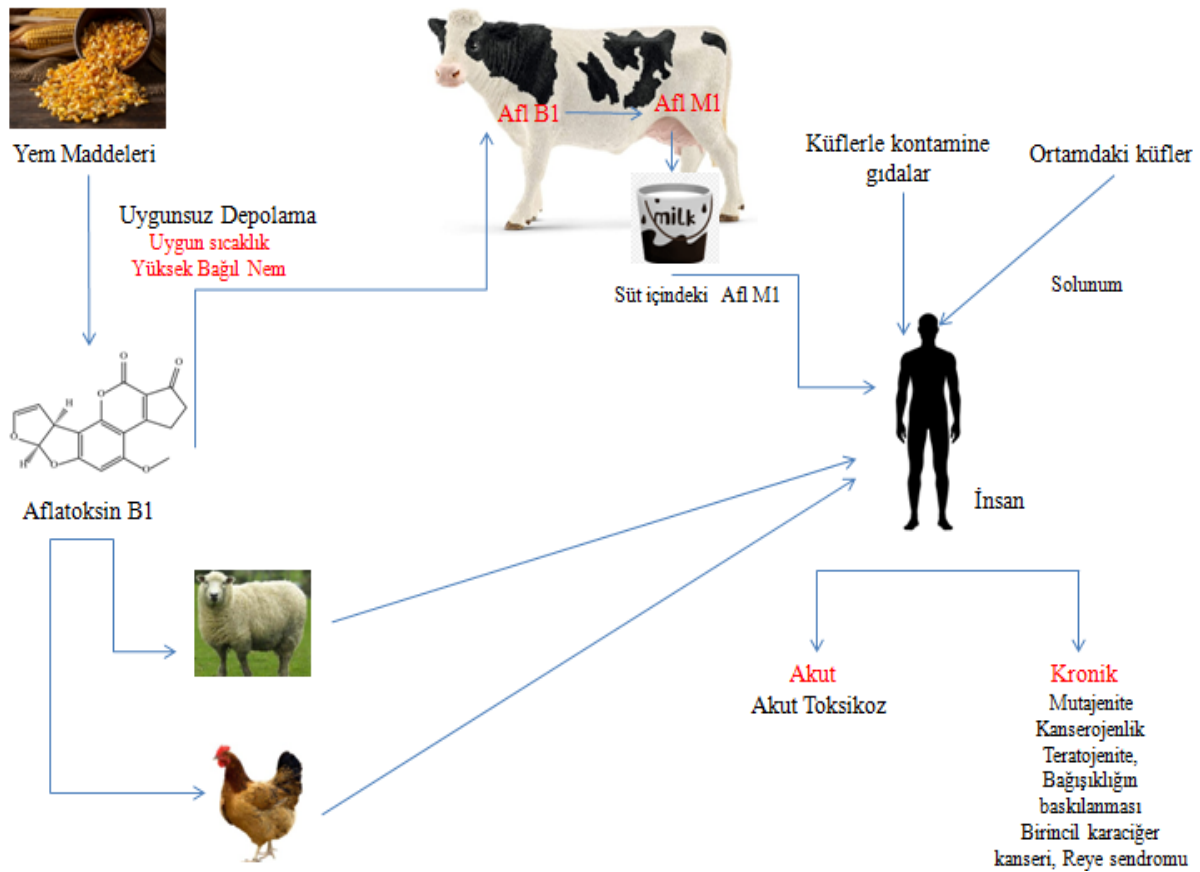
10 µg/kg çıkarılmasının halk sağlığı açısından uygun olduğu görüşü bildirilmiştir (EFSA Teknik Rapor 2012).

Aflatoksinler karmaşık biyosentetik yolla üretilen bir ikincil metabolit olup ekonomik açıdan en kritik mikotoksinlerdendir. Aflatoksin B₁ karsinojenik ve genotoksik başta olmak üzere insan ve hayvan sağlığına zararlı pekçok özellik sergilmektedir (Kocsube ve diğ., 2013). Aflatoksin B₁ doğal olarak oluşan, en etkili kanserojen maddeler içerisinde yer alarak olarak dünyada adından sıkça söz ettirmektedir. Aflatoksinler, grup olarak “difurokumarosiklopentenon” ve “difurokumarolakton” olarak sınıflandırılmıştır (Betina, 1989). Bugüne kadar 20 aflatoksin türü tanımlanmıştır ve bunlardan 4 tanesi gıda ve yemlerde saptanmıştır (Luttfullah ve Hussain, 2011). Aflatoksinler başlıca B₁, B₂, G₁ ve G₂ olmak üzere dört ana fraksiyona ayrılmıştır. Aflatoksin B₁ ve G₁ ana metabolitleri, B₂ ve G₂ de alt metabolitleri ifade etmektedir. Bu isimlendirmenin kaynağı ince tabaka kromatografisinde, uzun dalga boyu ve UV ışığı altında aflatoksin B₁ ve B₂ 'nin mavi (blue), aflatoksin G₁ ve G₂'nin yeşil (green) floresan ışımaya vermesiyle ilişkilidir (Bullerman, 1989)(Groopman ve Kensler, 1988). B toksinleri kumarin yapıdaki lakton halkasına eklenmiş siklopentenon halkası, G toksinleri ise ekstra bir lakton halkası içermektedir (Özkaya ve Temiz, 2003). En çok araştırılan aflatoksinler; B₁, B₂, G₁, G₂ ve M₁ dir (Giuseppe, 2022). Şekil 1.3. aflatoksin B₁, B₂, G₁, G₂ ye ait kimyasal yapı verilmiştir.



Şekil 1.3. Aflatoksin B₁, B₂, G₁, G₂'nin kimyasal yapısı (Luo ve diğ., 2013).

Aflatoksinlerden hayvanların çoğu etkilenmektedir, etkilenmeye bağlı olarak duyarlılık miktarları türden türe değişmektedir. Aynı tür hayvanların genç olanları yaşlı olanlarından daha fazla duyarlılık göstermektedir. Ayrıca toksik etkiler, ürünün tüketilme miktarı ve sıklığına, hayvanın cinsine, cinsiyetine, yaşına, beslenmesine ve sağlık durumuna bağlı olarak değişmektedir (Bullerman, 1986)(Hsieh, 1977). Aflatoksinler hayvan yemlerinden hayvanlara oradanda süte geçerek toksin birikimine sebep olmaktadır. Yemlerde hayvan vücuduna geçen aflatoksin B₁, bir dizi aşamadan geçerek sütte bir alt metabolit olan aflatoksin M₁ olarak ortaya çıkmaktadır. Şekil 1.4. de aflatoksin B₁ ve aflatoksin M₁ bu oluşum mekanizması yer almaktadır.

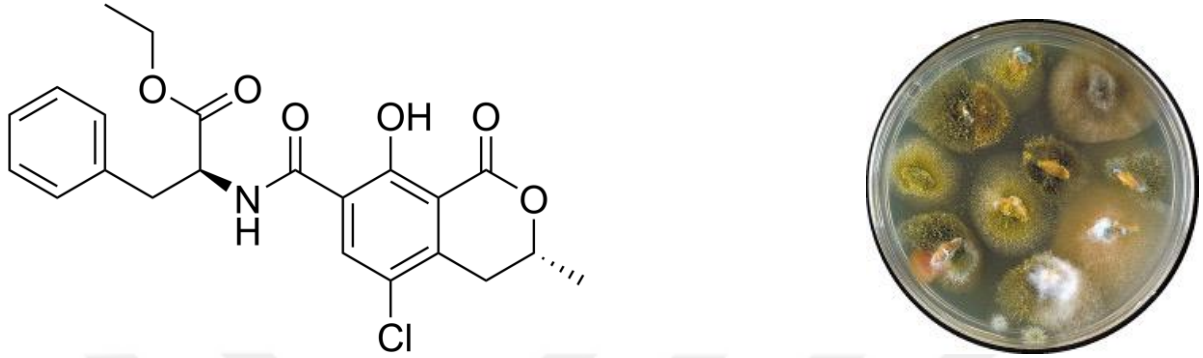


Şekil 1.4. Aflatoksin B₁ ve aflatoksin M₁ oluşum mekanizması (Giuseppe, 2022).

Okratoksin A (OTA), başlıca *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium verrucosum* ve *Aspergillus section nigri* üyelerinin çoğu tarafından üretilen toksik özellikte ikincil bir küf metabolitidir.

Okratoksin A çevreden en yaygın olarak izole edilebilen küf türüdür. Düzenli olarak, tahıllarda, kuruyemişlerde, kahvede, baharatlarda, birada ve şarapta ve diğer gıda

maddelerinde de bulunmaktadır. Okratoksinlerin kimyasal yapısı incelendiğinde, organik çözüngenler içinde çözünen ve ışııkta karasız yapıda olduğu ve özellikle su varlığında kısa süreli ışığa maruz kaldığında bile parçalandığı belirlenmiştir (Heperkan, 2005).



Şekil 1.5. Okratoksin A kimyasal yapısı (Reljic ve diğ., 2014)

OTA üreticisi küfler, farklı koşullarda çok sayıda substratta gelişme özelliğine sahiptir (Karbancıoğlu Güler ve Heperkan, 2008). Bu nedenle OTA kontaminasyonu dünyada çok çeşitli gıdalarda (çeşitli tahıllar, kahve, kakao çekirdeği ve ürünleri, çeşitli meyveler, baharat, şarap, sirke, üzüm suyu, yağ, süt ve süt ürünleri, bira, çay, bebek maması) yaygın olarak bulunan bir mikotoksindir (Şenyuva ve diğ., 2005).

Yapılan çeşitli çalışmalar aflatoksin ve okratoksin A'nın karsinojenik, genotoksik, teratojenik, bağışıklık sistemini baskılayıcı ve nefrotoksik özellikte olduğunu göstermektedir (Gürhayta ve Çağındı, 2015).

Ülkemizde gerek sağlığa yararı gerekse ihracatı ile ekonomiye katkısı bakımıyla önemli yere sahip olan kuru incirin, aflatoksin, okrotoksin ve kalite parametrelerini yakından incelemek amacıyla, Adana ilinin farklı satış noktalarından alınmış 21 adet kuru incir örneğinin, aflatoksin B₁, toplam aflatoksin (B₁ +B₂+G₁+G₂) ve okratoksin A gibi mikotoksin analizleri yapılarak toksik özelliklerinin belirlenmesinin yanısıra genel bileşimlerinin ve biyoaktif özellikleri saptanması amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Kuru İncirin Genel Bileşimi

Kuru incirlerin yumuşak bir dokuya sahip olması için nem içeriklerinin belirli bir seviyede olması gerekmektedir. Aşırı kurumaya maruz kalan kuru incirler tüketiciler tarafından daha çok tercih edilebilmektedir. Bununla birlikte, kuru incirlerin kurutulması aşamasında kalite parametrelerinin korunarak istenen nem içeriğinin korunması bir başka ifadeyle istenen doku yumuşaklığının sağlanması büyük önem taşımaktadır (Göçmez ve Seferoglu, 2014). Kurutma işlemlerinde oluşabilecek küflenmeler ve buna bağlı toksin oluşumu da dikkate alındığında kurutma işleminin kritik rolü dikkati çekmektedir. Aralık 2006 da yayınlanan TSE 541 kuru incir standardına göre kuru incir için maksimum nem değeri %26 olmalıdır (TSE, 2022).

Hasdemir, 2014 de yaptığı bir çalışmada yaklaşık %18.4'lük bir nem içeriğinin, doku profili analiz testlerinde, kritik değer olduğunu, bunun üzerinde bir nem içeriğinin dokusal parametreler üzerinde önemli bir etkisinin bulunmadığını belirtmiştir. Kamiloğlu, (2012) güneşte kurutmanın Sarılop ve Bursa Siyahı incirlerin (*Ficus carica* L.) polifenoller ve *in vitro* biyoyararlılığına etkisini araştırdığı bir çalışmada kuru incire işlenmesinin Bursa siyahı ve Sarılop incir çeşitlerinde sırasıyla %30 ve %56'lık nem kayıplarının olduğunu bildirmiştir.

Tan ve diğ., (2018) İncirlerde kurutma solüsyon çözeltilerinin değişimi ve kurutma sürelerinin değişimiyle incirlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması üzerine yaptığı çalışmada bütün kurutulmuş meyvelerin nem içeriklerinin %20-25 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Antioksidanlar, serbest radikaller ve substratın oksidasyonunu geciktiren veya azaltan maddeler olarak tanımlanmaktadır (Szabo ve diğ., 2007) (Tirzitis ve Bartosz, 2010). Antioksidanlar gıdalara eklendiğinde ransiteyi ve toksik oksidasyon ürünü oluşumunu geciktirmektedirler. Ayrıca, antioksidanlar gıdaların besin değerlerini korumakta ve raf ömrünü uzatmaktadır (Yashin ve diğ., 2017). Yapılan araştırmalarda yüksek antioksidan ve biyoaktif bileşik alımının kanser, kardiyovasküler, nörodejeneratif gibi çeşitli hastalıkların önlenmesinde önemli rol oynadığı bildirilmiştir (Giampieri ve diğ., 2014). Antioksidanlar bitkilerde, hayvanlarda ve mikroorganizmalarda doğal olarak ortaya çıkabilmekte veya kimyasal yollarla sentezlenebilmektedir (Shahidi ve Zhang, 2015).

Fenolikler ve flavonoidler antioksidan aktiviteye sahip, antikanser, antiviral, antibakteriyel özellikleri olan bileşiklerdir (Benabderrahim ve diğ., 2019).

Hoxha ve diğ., (2015) de Arnavutlukta güneşte kurutulmuş yerli beş incir çeşidinin fitokimyasal karakterini ve toplam antioksidan kapasitesini değerlendirmek amacıyla yapmış olduğu bir çalışmada, kurutulmuş incirlerin metanol ekstraktları ile toplam polifenol içerikleri, antosiyanin ve flavonoid içerikleri ve antioksidan potansiyelleri (DPPH ve ABTS yöntemleri kullanılarak) analiz edilmiştir. Toplam antioksidan içeriğinin DPPH yöntemiyle 387-825 mol TE/100 g DW ve ABTS yönteminde ise 309-886 mol AAE/100 g DW arasında değiştiği bildirilmiştir. Bu sonuçlar kuru incir çeşitlerinin iyi bir polifenol ve antioksidan kaynağı olduğunu göstermektedir.

Çalışkan ve Polat (2011) yaptığı bir araştırmada incirlerin fitokimyasal ve antioksidan içeriklerini belirlemek amacıyla Hatay ilinde farklı renkli incir örneklerinde çalışmalar yapmıştır. Bu araştırmada mor ve siyah renkli olan incirlerin yeşil ve sarı renklile incirlere göre toplam antioksidan kapasitesinin 2 kat, toplam antosiyaninlerin 15 kat ve toplam fenollerin 2.5 kat daha yüksek olduğunu belirtilmişlerdir.

Vinson ve diğ., (2005) de yaptığı bir araştırmada taze ve kurutulmuş meyveleri fenolik bileşikler ve antioksidan potansiyel bakımından kıyaslamış; kurutulmuş meyvelerin kuru ağırlık bazında fenolik bileşik ve antioksidan kapasitesinde azalmaların olduğunu belirtmişlerdir.

2.2. Kuru İncirlerin Mikotoksin İçeriği

Ülkemizde kuru incirlerimizin aflatoksin problemi ilk kez 1972 yılında Avrupa'ya ihraç edilen kuru incirlerin Danimarka da yapılan analizlerinde aflatoksin B₁'in 938 ppb saptanmasıyla ortaya çıkmıştır. Ardından 1973-1974 yıllarında Amerika Birleşik Devletleri'ne ihraç edilen 38 parti kuru incirin üç partisinde aflatoksin belirlenmiş ve bu parti ürünler ülkemize iade edilmiştir. 1986 ve 1987 yıllarında İsviçre ve Almanya'ya ihraç edilen kuru incirlerde bu ülkelerin ilgili kuruluşları tarafından yapılan analizlerinde toleranslar üzerinde aflatoksin saptanmış ve Türkiye'nin kuru incir ihracatında mikotoksin sorunu ciddi bir problem olarak karşımıza çıkmıştır (Demir ve diğ., 1990).

İnsan sağlığı için gıda kontrolünden sorumlu olan Tarım ve Orman Bakanlığı kuru incirde mikotoksin sorunu incelemek için 1993-1994 ve 1996-1997 yıllarında iki farklı çalışma yapmıştır. İlk çalışmada piyasadan 92 adet, ikinci çalışma ise 162 adet kuru incir örneği

toplamaştır. Ülkemizde kuru meyveler için geçerli olan aflatoksin B1 için 8 ppb ve toplam aflatoksin için yasal limit olan 10 ppb'lik sınır değerin üzerinde toplam aflatoksin içeren incirlerin oranı ilk çalışmada; sırasıyla % 17.4 ve % 9.8 bulunmuş, ikinci çalışmada sırasıyla % 13 ve % 9.2 olarak saptanmıştır. Her iki çalışmada da kuru incirlerde aflatoksin içeriğinin 200 ppb gibi yüksek kontaminasyon seviyelerine rastlanması üzerine Tarım ve Orman Bakanlığı aflatoksin sorununun sürekli izlenmesi ve kontrol edilmesi gerekliliğini bildirmiştir (Çoksöyler ve diğ., 2002).

1989-1990 yılları arasında Fransa'da yapılan araştırmada; kuru üzüm, incir ve hurma örneklerinin ince tabaka kromatografik analizleri sonucunda, altı kuru üzüm örneğinin, kuru incir ve hurma örneklerinin her birinden ikişer örneğin doğal olarak aflatoksin B₁ ile kontamine olduğunu göstermiştir. Aflatoksin konsantrasyonlarının kuru üzümde 130-350 µg/kg, kuru incirde 120-250 µg/kg ve hurmada 110-180 µg/kg arasında değiştiği bildirilmiştir (Herry ve diğ., 1990).

Bakırcı, 2014-2018 yılları arasında Türkiye'nin batısında satılan ticari kuru incirlerde aflatoksin düzeylerinin araştırılması amacıyla, perakende ve yerel kuru incir satış noktalarından toplanan 1973 adet örnekte yüksek performanslı sıvı kromatografisinde (HPLC-FLD) ve Immuno Affinite Kolon (IAK) ile analizler gerçekleştirmiştir. AB Komisyonu Yönetmeliğine (No 1058/2012) göre aflatoksin B₁ (6 µg/kg) yasal limitini aşan numune sayısı 40, toplam aflatoksin içeriği için yasal sınırı (10 µg/kg) aşan 42 örnek saptamışlardır. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği Kuru Meyvelerde aflatoksin B₁ (8 µg/kg) yasal limitini aşan numune sayısı 34, toplam aflatoksin içeriği için yasal sınırı (10 µg/kg) aşan 42 örnek bildirmişlerdir. Bu kontamine olmuş örnekler toplam örnek miktarının % 2'sini oluşturmaktadır.

Iamanaka ve diğ., (2007), Brezilya'da satılan kuru üzüm ve kuru incirlerde aflatoksijenik mantarları ve aflatoksin oluşumu incelemek ve bu toksinlere sebep olan küflerin başında gelen *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* varlığını araştırmak amacıyla, Arjantin, Şili, İran ve Türkiye menşeli, 24 adet siyah kuru üzüm, 19 adet beyaz kuru üzüm ve 19 adet kuru incir olmak üzere toplam 62 adet kuru meyve örneğinin nem içerikleri, küf florası ve aflatoksin içeriklerini analiz etmiştir. 19 adet kuru incir örneğinin 11'i (%58) aflatoksinlerle kontamine olduğu, bir adet örneğin aflatoksin B₁ düzeyinin 1500µg/kg olduğu ve diğer örneklerin aflatoksin B₁ düzeylerinin 2.0µg/kg'dan düşük olduğu saptanmıştır.

Dündar, (2007-2008), İstanbul ilindeki toptan/perakende satış noktaları ile üretim/paketleme tesislerinden aldığı kuru incirlerde aflatoksin ve okratoksin A varlığını HPLC ile incelemiştir. Aflatoksin analizleri için 2006 yılında 15 adet 2007 yılında 12 örnek analiz etmiştir. 2006 yılında alınan 15 adet kuru incir örneğinin sadece ikisinde 46.92 µg/kg ve 47.46 µg/kg düzeylerinde aflatoksin tespit etmiştir. 2007 yılına ait örneklerin dördünde aflatoksin tespit etmiş toplam aflatoksin değerlerini 10.25 µg/kg, 1.84 µg/kg, 155.26 µg/kg ve 6.28 µg/kg olarak bildirmiştir. İncelenen 27 örnekte tespit edilen toplam aflatoksin değerlerinin yalnızca iki tanesi ilgili Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Tebliği'nde belirlenmiş olan yasal limit dahilinde iken, toksin tespit edilen diğer dört örnek yasal sınırların üzerindedir (Dündar, 2008).

Kabak (2016), 16 adet kuru incir numunesinde yapmış olduğu çalışmada, numunelerin 6'sında 0.1- 28.2 µg/kg aralığında aflatoksin tespit etmiştir. Ortalama aflatoksin değerinin 3.8 µg/kg olduğunu bildirmiştir.

Steiner ve diğ., (1993) kuru incirde aflatoksin varlığını incelemek amacıyla 386 kuru incir örneğini analiz etmiş ve 0,2-30 ppb aralığında değişen konsantrasyonlarda 94 numunede aflatoksin B₁ ve 49 numunede aflatoksin G₁ tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Sharman ve diğ., (1991) yapmış olduğu araştırmalarda analiz ettikleri kuru incirlerin %8.6'sının aflatoksinlerle kontamine olduğunu bildirmiştir.

Cano-Sancho ve diğ., (2013) Katalonya, İspanya'da 49 adet kuru incir numunesinde yapılan çalışmada aflatoksin B₁ miktarının 0.62 µg/kg olduğunu bildirmişlerdir.

Azaiez ve diğ., (2015) yaptığı çalışmada İspanya ve Tunus pazarlarında satılmakta olan Türkiye ve İran menşeli 28 kuru incirin, 4'ünde aflatoksin tespit etmişler ve aflatoksin G₁ kontaminasyonun 3.96 -6.38 µg/kg aralığında olduğunu bildirmişlerdir.

Karaca ve diğ., (2007) Türkiye'deki kuru incirlerin aflatoksin, patulin ve ergosterol içeriklerini araştırdıkları çalışmada Türkiye'de Ege Bölgesi'ndeki önemli bir incir üretim bölgesinde bulunan dört incir işleme tesisinden alınan örneklerde yüksek düzeylerde aflatoksin B₁ (117.9–471.9 ppb) varlığını tespit etmişlerdir.

Bircan, (2012) kuru incirlerin aflatoksin miktarını belirlemek amacıyla çeşitli ihracatçı firmalardan ve yerel mağazalardan toplanan 219 adet kuru incirde analizler yapmıştır. Yerli numunelerdeki aflatoksin görülme oranlarını (%47,5) ihracat için alınan numunelere göre

(%23,6) daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Numunelerin %12.3'ünde aflatoksin kontaminasyonu 0.1 ile 28.2 µg/kg arasında saptanmış, aflatoksin B₁ kontaminasyonu %12.3'ünde 0.1 - 12.5 µg/kg aralığında tespit edilmiştir.

Abdulkadar ve diğ., (2004) Katar'da bulunan gıda ürünlerindeki mikotoksinlerin araştırılması amacıyla çeşitli gıda ürünlerinden 106 adet ürün toplamışlar ve bu ürünleri immuno affinite kolon ile temizleyerek ve HPLC kullanarak aflatoksin, okratoksin, zearalenon ve deoksinivalenon içeriklerini analiz etmişlerdir. Numuneler çoğunlukla tahıl ve tahıl ürünleri, kuruyemiş ve kabuklu yemiş ürünleri, baharatlar, kuru meyvelerden alınmıştır. 28 adet kuru incir örneğinde aflatoksin kontaminasyonu tespit etmişler ve bu kontaminasyonun 0.14-81.64 µg/kg aralığında olduğunu bildirmişlerdir.

Juan ve diğ., (2006) Fasın Rabat-Salé bölgesinden yerel pazarlardan ve perakende satış mağazalarından alınan 100 adet kuru meyve ve sert kabuklu kuruyemiş örneğinin HPLC - FLD ile aflatoksin içeriklerini değerlendirmişlerdir. Analiz edilen yer fıstığı, kuru üzüm, kuru incir, ceviz ve antep fıstığında, toplam aflatoksin ve aflatoksin B₁ insidansının sırasıyla yer fıstığında %5 ve %20, kuru üzümde %30, kuru incirde %45 ve %5, cevizde %20 ve %5, ve antep fıstığı %30 ve %45 olduğunu bildirmişlerdir. En yüksek aflatoksin B₁ kontaminasyon seviyesinin ceviz numunesinde (2500 µg/kg) ve yer fıstığında (1430 µg/kg) saptandığını bildirmişlerdir. Antep fıstığı, ceviz ve kuru üzüm örneklerinin %5, %20 ve %20'si Avrupa Birliği yönetmelikleri tarafından aflatoksin B₁ için belirlenen maksimum tolere edilebilir sınır değeri olan 2µg/kg düzeyini aştığı tespit edilmiştir. Kuru incir örneklerinin %15'i ise AB yönetmeliklerinde aflatoksin B₁ için belirlenen maksimum sınırın (4µg/kg) üzerinde bulunmuştur. Bu araştırmanın, Fas'ın Rabat-Salé bölgesinde bulunan kuru meyve ve kuru yemişlerde toksinlerin doğal oluşumuna ve analizine ilişkin ilk rapor olduğu bildirilmiştir.

Şenyuva ve diğ., (2008) Türkiye pazarındaki kuru incirlerinin okratoksin A ve mikotoksin içeriklerini araştırdığı çalışmada, 50 adet kuru incir numunesinin 49unda (%98) aflatoksin varlığını tespit etmişler ve 0,7-222 ppb aralığında varlığını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada okratoksin A miktarları da incelenmiş ve aflatoksin B₁ ile okratoksin A seviyeleri arasında belirgin bir ilişki tespit edilemediğini bildirmişlerdir.

Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde yer alan doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan kurutulmuş meyvelerde aflatoksin B₁ ve toplam aflatoksin (B₁ +B₂+G₁+G₂) limitleri 8-10 µg/kg olarak belirlenmiştir.

Tablo 2.1. Aflatoksin B₁ ve toplam aflatoksin miktarları

Örnek Sayısı	Mikotoksin Tipi	Pozitif Örnek Sayısı ve %	Oluşum Aralığı (ppb)	Kaynak
1973	Aflatoksin B ₁ ve Toplam Aflatoksin	34 (% 2) 42 (%2)	8 10	Bakırcı, 2020.
20	Aflatoksin B ₁ ve Toplam Aflatoksin	1 (% 5)	> 4	Juan ve diğ., 2006
50	Aflatoksin B ₁ ve Toplam Aflatoksin	49 (%98)	0.7 – 222	Şenyuva ve diğ., 2008
98	Aflatoksin B ₁ ve Toplam Aflatoksin	7 (%7.14)	0.23-4.28	Bircan, 2009.
20	Aflatoksin B ₁ ve Toplam Aflatoksin	2 (%10)	120- 250	Alghalibi,2004
4917	Aflatoksin B ₁ ve Toplam Aflatoksin	1575 (%32)	0.2-259.6	Bircan,2008
44	Aflatoksin B ₁ ve Toplam Aflatoksin	11 (%25)	0.06-763.24	Şenyuva ve diğ., 2005 Meçik, 2007
27	Aflatoksin B ₁ ve Toplam Aflatoksin	6 (%22)	1.84-255.26	Dündar 2008

Kabancıoğlu ve diğ., 2003-2004 yıllarında Ege bölgesinden 7 farklı ilçeden sağlanan kuru incirlerde okratoksin A (OTA) kontaminasyonu incelemek amacıyla 115 farklı örneği değerlendirmişlerdir. Örnekler immuno affinite kolon ile HPLC kullanılarak analizler yapılmıştır. Okratoksin A için tayin limiti (LOD) 0,12 µg/kg hesaplanmıştır. 115 adet örneğin 55'inde (%47,2) 0,12 - 15,31 µg/kg arasında saptanabilir seviyelerde okratoksin A tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada en yüksek kontaminasyon oranı; Erbeyli kuru incirinde (%60), Selçuk (%56) ve Ortaklar (%50) ilçelerinde olacak şekilde sıralanmıştır.

Dündar, (2008) yılında İstanbul ilindeki toptan/perakende satış noktaları ile üretim/paketleme tesislerinden alınan kuru incirlerde okratoksin A varlığını HPLC ile incelemiştir. Okratoksin analizi için 2007 yılında 15 adet kuru incir numunesi analiz edilmiştir. Kuru incirde okratoksin A varlığını incelemek amacıyla 2007 yılında alınan 15 adet örnekten sekizinde toksin tespit edilmiştir. Tespit edilen değerler 1,63 µg/kg, 4,13 µg/kg, 2,56 µg/kg, 2,57 µg/kg, 3,02 µg/kg, 4,33 µg/kg, 1,01 µg/kg ve 1,01 µg/kg olup, tamamı ilgili Tebliğ ile belirlenen yasal limitler dahilindedir

Bircan ve diğ., (2008) kuru incirde yürüttükleri çalışmada 98 adet incir örneğini değerlendirmişler, 18 adet örnekte 0.87-24.37 ppb aralığında OTA varlığını saptamışlardır. Aynı çalışmada aflatoksin kontaminasyonu açısından da değerlendirmeler yapılmış 7 adet örneğin 0.23-4.28 ppb aralığında aflatoksin B₁ pozitif olduğunu ve sadece 2 adet örnekte hem aflatoksin B₁ hemde okratoksin A saptandığını bildirmişlerdir.

Şanlı ve diğ., 1990 yılında kuru incirlerde yapmış olduğu mikotoksin varlığı araştırmasında 54 adet örneğin 11'inde okratoksin A varlığına rastlamıştır. TLC metoduyla analiz edilen kuru incir örneklerinin değerleri 19-390 ppb aralığında bulunmuştur.

Şenyuva ve diğ., (2008) Türkiye kuru incirlerinin okratoksin A ve mikotoksin içeriklerini araştırdıkları çalışmada, 50 adet kuru incir numunesinin 32'sinde (%64) okratoksin A varlığını tespit etmişler ve 0.4 ile 1710 ppb aralığında toksin varlığını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada aflatoksin B₁ miktarları da incelenmiş ve aflatoksin B₁ ile okratoksin A seviyeleri arasında belirgin bir ilişki tespit edilemediği belirtilmiştir.

Abdulkadar ve diğ., (2004) Katar pazarlarındaki çeşitli gıda ürünlerinden (tahıl ve tahıl ürünleri, kuruyemiş ve kabuklu yemiş ürünleri, baharatlar, kuru meyveler) 106 adet ürün toplamış ve bu ürünleri immuno affinite kolon ile hazırlayarak HPLC yöntemiyle aflatoksin, okratoksin, zearalenon ve deoksinivalenon içeriklerini belirlemişlerdir. 11 adet örnekte okratoksin A kontaminasyonunun tespit edildiği çalışmada kontaminasyonun 0.20-4.91 µg/kg aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Juan ve diğ., (2006) Fasın Rabat-Salé bölgesinden yerel pazarlardan ve parakende satış mağazalarından alınan 100 adet kuru meyve ve sert kabuklu kuruyemiş örneğini HPLC – FLD ile incelemişlerdir. 20 adet örneğin 13 adet örneğinde (%65) 0.03-1.42 ppb aralığında okratoksin A oluşumunu saptamışlardır.

Alghalibi ve diğ., (2004) yılında 20 adet kuru incir örneğinde kloroform ekstraktlarının ince tabaka kromatografi yöntemiyle yaptığı mikotoksin analizinde iki adet kuru incir örneğinin doğal olarak 70 ila 160 µg/kg incir seviyelerinde okratoksin A ile kontamine olduğu belirtmişlerdir.

Zohri ve diğ., (1993) Mısırda yapmış olduğu araştırmalarda kurutulmuş meyvelerden test edilen tüm numunelerin okratoksin A ile kontamine olduğunu ve konsantrasyonların kuru kayısıda 50-110 µg/kg, kuru incirde 60-120 µg/kg ve kuru erikte 210- 280 µg/kg aralığında olduğunu tespit etmişlerdir.

Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde okratoksin A'nın kuru incir için belirlenmiş herhangi bir limiti bulunmamaktadır. Bu sebeple kuru incirin okratoksin A analiz sonuçlarının yorumlanabilmesi için 5 Ağustos 2022 tarihli Komisyon Yönetmeliği (AB) 2022/1370 kuru incir meyvelerine belirlenmiş limit olan 8 µg/kg değeri kriter olarak kabul edilmiştir.

Tablo 2.2. Yapılan çalışmalarda okratoksin oluşum aralığı

Çalışma Sahibi	Çalışılan Kuru İncir Sayısı	Okratoksin A Varlığı	Maksimum Okratoksin A Düzeyi (µg/kg)
Cankaya, 2018	50 Adet	7 Adet Numune (%14)	0,66 – 250
Dündar, 2008	15 Adet	8 Adet Numune (%53,3)	1,01 – 4,33
Şenyuva ve diğ., 2005	58 Adet	4 Adet Numune (%6,9)	0,75 – 13
Şenyuva ve diğ., 2005	41 Adet	6 Adet Numune (% 14,6)	0,75 – 26,3
Demir ve diğ., 1990	4 Adet	4 Adet Numune (%100)	60-120
Zohri ve Abdel-Gawad, 1993	92 Adet	1 Adet Numune (%1)	10
Çoksöyler ve diğ., 1996	15 Adet	6 Adet Numune (%40)	0-9600

3. MATERİYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmamızın materyalini, Adana ilindeki toptan/perakende satış noktalarından alınan kuru incirler oluşturmaktadır.



Şekil.3.1. Analizde kullanılan öğütülmüş kuru incir örnekleri

Kuru incirde okratoksin A ve aflatoksin varlığını araştırmaya yönelik olarak toplam 21 adet kuru incir örneği toptan ve perakende satış noktalarından, “Gıda Maddelerinde Mikotoksinlerin Seviyesinin Resmi Kontrolü İçin Numune Alma, Numune Hazırlama ve Analiz Metodu Kriterleri Tebliği (Tebliğ No:2007/21)” esas alınarak tesadüfî örnekleme yöntemine göre alınmıştır (Anonim 2008). Temmuz-Ağustos aylarında 2021 yılı mahsulü kuru incirler orijinal ürün ambalajlı ve dökme olarak en az 300 g olacak şekilde yerel marketlerden ve perakende satış noktalarından satın alınmıştır. Bekleme süresince soğuk ve ışıksız ortamda muhafaza edilmiştir

3.1.1. Kimyasallar

Aflatoksin analizleri için; Trilogy marka 5 ppm aflatoksin standardı, mobil fazı için ultra saf su, ACN, MeOH, (600/200/300)(v/v/v), Kobracell türevlendirme için KBr, 4 mol HNO₃ Okratoksin analizleri için, Trilogy marka 10 ppm okratoksin standardı, mobil fazı için saf su /ACN / CH₃COOH (510 /480 /10)(v/v/v), fosfat tamponlu tuz hazır olarak temin edilebilen Sigma-Aldrich marka PBS, metanol (HPLC grade), sodyum hidroksit, etanol (HPLC grade), asetonitril (HPLC), Folin-Ciocalteu reaktifi, Merck'ten, formik asit Merck'ten (Darmstat, Almanya), şeker standartları (glukoz, fruktoz, laktoz, sakaroz) Sigma-Aldrich Chemical Co.

(St. Louis, ABD). DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil), ABTS [2,2-azinobis-(3-etil-benzotiazolin-6-sülfonik asit)] ve Trolox ((+/-)-6-hidroksi-2,5, 7,8-tetrametil-kroman-2-karboksilik asit), Sigma-Aldrich Chemical Co. (St. Louis, ABD) ve etanol Riedel de Haen Co. (Seelze, Almanya) firmalarından temin edilmiştir. HPLC'de mobil fazların hazırlanmasında ultra saf su kullanılmıştır. Standart çözeltiler ve diğer hassas çözeltiler günlük olarak hazırlanmıştır.

3.1.2. Cihaz

Aflatoksin analizleri için, Agilent marka 1100 HPLC cihazı ve buna bağlı R-Biopharm marka Kobracell aparatı, okratoksin analizleri için, Shimadzu marka Prominence RF-20 A HPLC cihazı, şeker analizleri için Shimadzu marka Prominence-İ LC-2030C HPLC cihazı kullanılmıştır. Antioksidan analizleri Agilent Cary 60 UV-Vis model Spektrofotometre ile yürütülmüştür.

3.1.3. Yöntem

3.1.3.1. Aflatoksin B₁ ve Toplam Aflatoksin (G₁+G₂+B₁ +B₂) Tayini



Şekil.3.2. Toksin analizlerindeki ayırma işlemi

Kuru incirde aflatoksin B₁ ve toplam aflatoksin (B₁ +B₂+G₁+G₂) tayini çalışmaları, Agilent marka 1100 HPLC cihazında, AOAC 999.07.2000 metodu kullanılarak yürütülmüştür. Çalışmalar üç paralel olacak şekilde yapılmıştır. Cihaz kalibrasyonu için aflatoksin B₁ ve toplam aflatoksin (B₁ +B₂+G₁+G₂) standardı Trilogy, 10 ml'lik Toplam AFL 5 mg/ml'lik sertifikalı standarttır. Metotda kullanılan Fosfat Tamponlu Tuz (PBS) hazır olarak temin

edilebilen Sigma-Aldrich marka tabletleri kullanılmıştır. (1 tablet 100 ml distile suda çözündürülür) Tabletler 25° C nin altında saklanmıştır.

Bu çalışma yöntemine göre 50 gram numune blender kabına aktarılır, üzerine 300 ml metanol:su (240:60) ve 5 gr NaCl ilave edilir. Blender 3dk boyunca yüksek hızda karıştırılır. Ekstrakt katlı filtre kağıdından geçirilip filtrat temiz mezürde toplanır. Süzüntüden 10 ml alınır üzerine 60 ml PBS ilave edilir ve iyice karıştırılır. Numune ekstraktının tamamı immunoaffinite kolondan geçtikten sonra kolondan 20 ml ultra saf su 1-2 damla/saniye hızla geçirilir. Kolondan 1-2 damla/saniye hızla 0.5 ml metanol(HPLC Grade) geçirilir ve 1 dakika beklendikten sonra 0.75 ml metanol eklenir. Son olarak kolona 1.75 ultra saf su eklenerek tamamının kolondan geçmesi sağlanır. Tüp karıştırıcıda karıştırılır (3ml= 1.66 gr numuneyi temsil eder). Süzüntü küçük vialle alınır ve HPLC cihazına analiz yapmak üzere verilir. Çarpım faktörü 1.81 dir (AOAC 999.07.2000).

Aflatoksinin HPLC analizlerinde saf su /ACN / MeOH (600 /200 /300 v/v/v) karışımı mobil faz olarak kullanılmıştır. Bu karışım kullanmadan önce 0.45 mikron gözenekli filtre kağıdından süzölmüş, çözeltinin 1 litresine elektrokimyasal türevlendirme için 120 mg KBr ve 350 µl 4 mol HNO₃ ilave edilmiştir.

HPLC koşulları

Dalga Boyu : Ex : 360 nm; Em: 430nm

- Sıcaklık : 25°C
- Pompa Akış Hızı : 1 ml/dk
- Enjeksiyon Hacmi : 100 µl
- HPLC kolonu : 250 x 4,6 mm 5 mikron C18 / ODS3 veya eşdeğer kolon
- Kobracell takılması ve kullanılması

Numunelerin cihaza enjeksiyonundan önce kalibrasyon eğrisi hazırlamış olduğumuz standart solüsyonu kullanarak kontrol edilmiş ve her bir numuneden 100 µl enjeksiyon yapılarak analizler yürütölmüştür.

- **Aflatoksin B₁ ve Toplam Aflatoksin (B₁ +B₂+G₁+G₂) Tayin Limiti ve Ölçüm Limiti Hesabı**

Tayin limiti (LOD) ve ölçüm limiti (LOQ) çalışması için kontrol örneğine 0,5 ppb düzeyinde aflatoksin B₁, G₁ ve 0,125 ppb B₂, G₂ standardı eklenerek 10 adet geri alma çalışması yapılmıştır.

Tayin limiti ve ölçüm limiti aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{Tayin limiti} = 3 \times s$$

$$\text{Ölçüm limiti} = 10 \times s$$

s: Standart sapma

Tayin limiti (LOD) ve ölçüm limiti (LOQ) çalışması için kontrol örneğine 0,5 ppb düzeyinde aflatoksin B₁, G₁ ve 0,125 ppb B₂, G₂ standardı eklenerek 10 adet geri alma çalışması yapılmıştır. Tayin limitleri (LOD) sırasıyla, aflatoksin B₁ 0,15 ppb, aflatoksin B₂ 0,03 ppb, aflatoksin G₁ 0,11 ppb ve aflatoksin G₂ 0,04 ppb olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde ölçüm limitleri (LOQ) aflatoksin B₁ için 0.5 ppb, aflatoksin B₂ için 0.11 ppb, aflatoksin G₁ için 0,35 ppb ve aflatoksin G₂ için 0.13 ppb olarak belirlenmiştir. HPLC cihazında aflatoksin tayin ve ölçüm limitleri Tablo 3.1 'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Aflatoksin tayin ve ölçüm limitleri

Sıra	Aflatoksin B ₁ (0.5 ppb)	Aflatoksin B ₂ (0.125 ppb)	Aflatoksin G ₁ (0.5 ppb)	Aflatoksin G ₂ (0.125 ppb)
1	0.36	0.10	0.38	0.11
2	0.40	0.11	0.43	0.12
3	0.40	0.11	0.42	0.11
4	0.38	0.10	0.42	0.11
5	0.41	0.11	0.39	0.11
6	0.46	0.13	0.45	0.11
7	0.49	0.11	0.47	0.11
8	0.49	0.12	0.47	0.12
9	0.47	0.13	0.48	0.15
10	0.47	0.13	0.46	0.12
Ort	0.43	0.11	0.44	0.12
S.Sapma	0.05	0.01	0.04	0.01
3xS.Sapma	0.15	0.03	0.11	0.04
10xS.Sapma	0.50	0.11	0.35	0.13
LOD	0.15	0.03	0.11	0.04
LOQ(Hesaplanan)	0.50	0.11	0.35	0.13

Geri kazanım çalışmalarında kontrol örneğine MRL limiti olan 10 ppb düzeyinde aflatoksin B₁, G₁ ve 2.5 ppb B₂, G₂ standardı eklenerek okumalar yapılmıştır. Geri kazanım değerleri, aflatoksin B₁ için 9.2 µg/kg, aflatoksin B₂ için 2,25 µg/kg, aflatoksin G₁ için 8.9 µg/kg, aflatoksin G₂ için 2.26 µg/kg olarak geri kazanımlar alınmıştır. Bu değerler Tablo 3.2. de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Geri kazanım çalışmalarında aflatoksin B₁, B₂, G₁, G₂ oranları

Aflatoksin	Eklenen Toksin Miktarı (µg/kg)	HPLC Geri Kazanım Değeri (µg/kg)	Aflatoksin Geri Kazanım Değeri (%)
B ₁	10	9.2	92
B ₂	2.5	2.25	90
G ₁	10	8.9	89
G ₂	2.5	2.26	91

Lineer Ölçüm Aralığı

Lineer ölçüm aralığını belirlemek amacıyla; aflatoksin B₁ standartları 0.25 ppb, 0.5 ppb, 1 ppb, 2 ppb, 4 ppb ve 8 ppb konsantrasyon düzeylerinde olmak üzere 6 farklı konsantrasyonda hazırlanarak Agilent 1100 HPLC cihazına üç tekrarlı olacak şekilde enjekte edilmiş ve kalibrasyon grafiği çizilmiştir.

3.1.3.2. Okratoksin A Tayini Analizi

Kuru incirde okratoksin A analiz çalışmaları, Shimadzu marka HPLC cihazında, AOAC Official Method 2000.03 metodu uygulanmıştır. Çalışmalar üç paralel olacak şekilde yapılmıştır. Cihaz kalibrasyonu için Trilogy marka okratoksin standardı kullanılmıştır. Fosfat tamponu olarak Sigma-Aldrich marka PBS tabletleri kullanılmıştır (1 tablet 100 ml distile suda çözündürülür 25° C nin altında saklanmıştır).

Bu çalışma yöntemine göre 25 gram numune blender kabına aktarılır, üzerine 150 ml asetonitril:su (90:60) ilave edilir. Blender 3dk boyunca yüksek hızda karıştırılır. Ekstrakt katlı filtre kağıdından geçirilip filtrat temiz mezürde toplanır. Süzüntüden 4 ml alınır üzerine 44 ml PBS ilave edilir ve iyice karıştırılır. Numune ekstraktının tamamı immunoaffinite kolondan 5ml/dak olacak şekilde kolondan geçirilir sonra 10 ml ultra saf su 1-2 damla/saniye hızla geçirilir. Kolondan 1-2 damla/saniye hızla 1 ml metanol (HPLC Grade) geçirilir ve 1 ml ultra saf su eklenerek tamamının kolondan geçmesi sağlanır. Tüp karıştırıcıda karıştırılır. Süzüntü küçük vialde alınır ve HPLC cihazına analiz yapmak üzere verilir. Çarpım faktörü 3 dür (AOAC Official Method 2000.03).

Cihaz kalibrasyonu için Trilogy marka okratoksin standardı kullanılmıştır. Fosfat tamponu olarak Sigma-Aldrich marka PBS tabletleri kullanılmıştır (1 tablet 100 ml distile suda çözündürülür 25° C nin altında saklanmıştır).

Okratoksin analizi için Su /ACN / CH₃COOH (510 /480 /10 v/v/v) karışımı mobil faz olarak kullanılmıştır. Bu karışım kullanmadan önce 0.45 mikron gözenekli filtre membran filtereden geçirilerek süzölmüştür.

HPLC Şartları

- Dalga Boyu : Ex : 333 nm; Em: 443nm
- Sıcaklık : 40°C
- Pompa Akış Hızı : 1 ml/dk
- Enjeksiyon Hacmi : 100 µl
- HPLC kolonu : 250 x 4,6 mm 5 mikron C18 / ODS3 veya eşdeğer kolon

Numunelerin cihaza enjeksiyonundan önce kalibrasyon eğrisi hazırlamış olduğumuz standart solüsyonu kullanarak kontrol edilmiştir. Her bir numuneden 100 µl enjeksiyon yapılmıştır.

- **Okratoksin A Tayin Limiti ve Ölçüm Limiti Hesabı**

Tayin limiti (LOD) ve ölçüm limiti (LOQ) çalışması için kontrol örneğine 1ppb düzeyinde okratoksin A standardı eklenerek 10 adet geri alma çalışması yapılmıştır.

Tayin limiti ve ölçüm limiti aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{Tayin limiti} = 3 \times s$$

$$\text{Ölçüm limiti} = 10 \times s$$

s: Standart sapma

Tayin limitleri (LOD) 0.14 ppb ölçüm limitleri (LOQ) 0.48 ppb olarak belirlenmiştir. HPLC analizinde okratoksin A tayin ve ölçüm limitleri Tablo 3.3.'te gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Okratoksin A tayin limiti ve ölçüm limiti çalışması

Sıra	1 ppb
1	0.87
2	0.94
3	0.9
4	0.84
5	0.95
6	0.93
7	0.93
8	0.92
9	0.95
10	1.02
Ort	0.9250
S.Sapma	0.0488
LOD=3xS.Sapma	0.1465
LOQ=10xS.Sapma	0.4882
LOD	0.1465
LOQ(hesaplanan)	0.4882

Geri kazanım çalışmaları için Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde okratoksin A'nın kuru incir için belirlenmiş limiti bulunmamaktadır. Ancak kurutulmuş asma meyveleri için belirlenmiş olan limit 10 µg/kg değeri kriter olarak kabul edilirse, 10 µg/kg düzeyinde okratoksin standardı kontrol örneğine eklenerek okuma yapılmıştır. Geri kazanım değeri; 9,7 µg/kg saptanmıştır. Geri kazanım yüzdesi % 97 olarak hesaplanmıştır.

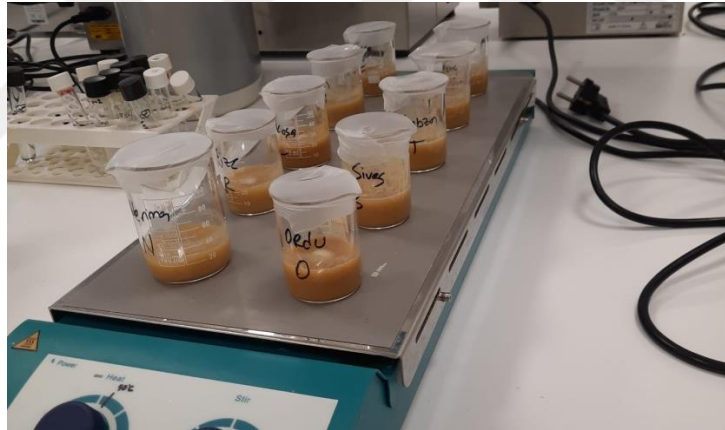
- **Lineer Ölçüm Aralığı**

Lineer ölçüm aralığını belirlemek amacıyla; okratoksin A standartları 0.25 ppb, 0.5 ppb, 1 ppb, 3 ppb, 5 ppb ve 10 ppb konsantrasyon düzeylerinde olmak üzere 6 farklı konsantrasyonda hazırlanarak Shimadzu HPLC cihazına her biri üç tekrarlı olacak şekilde enjekte edilmiş ve kalibrasyon grafiği çizilmiştir.

3.1.3.3. Şeker Tayini

Kuru incirde şeker analizleri için, 4 g örnek alınıp üzerine 20 ml mobil faz eklenerek 60 dakika süresince ekstraksiyon yapılmıştır. Bu süre sonunda elde edilen ekstrakt 6500 devir/20 dakikada 4°C’de santrifüj (Hettich Universal 320R) edilmiş ve filtre kağıdından geçirilmiştir. Elde edilen süzüntüden 5 ml alınmış üzerine 5 ml mobil faz eklenmiş oluşan karışım 0.45 µm’lik filtrelerden geçirilerek süzölmüştür (Lee & Coates, 2000).

Shimadzu Prominence-i LC-2030C enjekte edilerek örneklerdeki şeker miktarları belirlenmiştir. Çalışmada, Aminex HPX-87H (300 x 7.8 mm) (Bio-Rad, California, USA) kolon ve taşıyıcı faz olarak 5 mM’lık sülfürik asit çözeltisi kullanılmıştır ve bu fazın akış hızı 0.5 ml/dakika olarak ve izokritik sistemle sağlanmıştır. Örneklerdeki şeker konsantrasyonlarının belirlenmesi RID (Refraktif index dedektörü) kullanılarak dış standart yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla sakkaroz, glikoz ve fruktoz standartlarından farklı konsantrasyonda kalibrasyon çözeltileri hazırlanmıştır



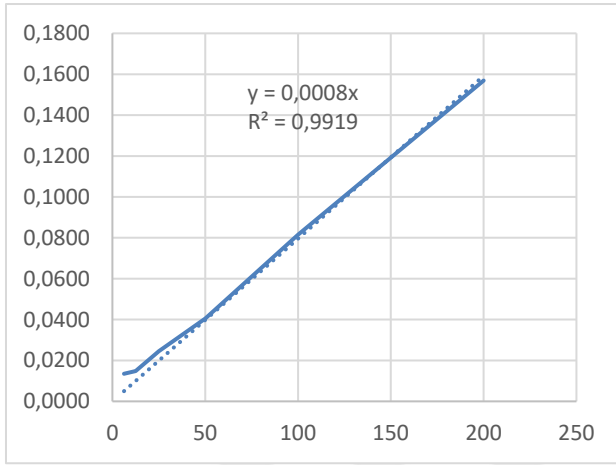
Şekil.3.3. Şeker analizleri karıştırma aşaması

3.1.3.4. Antioksidan Kapasite Analizleri

Kuru incirleri antioksidan aktivite DPPH ve ABTS olmak üzere iki farklı yöntemle belirlenmiştir. Serbest radikalleri önleme yeteneğini ölçebilen DPPH (2,2, difenil 1-pikri hidrazil) kullanılarak ve metanol içerisinde gerçekleşen reaksiyonun zamana karşı değişiminin 515 nm’de UV-Vis (Agilent –Cary 60) spektrofotometredeki ölçüm sonuçlarına göre yapılmıştır (Brand-Williams ve diğ., 1995; Sanchez-Moreno ve diğ., 1998; Kelebek ve diğ., 2009)



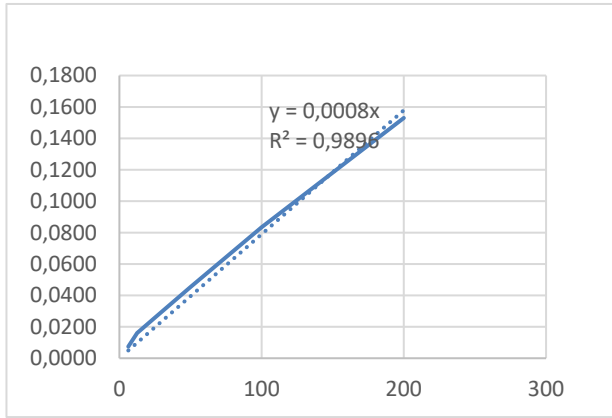
Şekil.3.4. DPPH ve ABTS yöntemlerinde ölçüm yapılan örnekler



DPPH	0,7086
Standart	Absorbans
200 µmol	0,5517
100 µmol	0,6271
50 µmol	0,6681
25 µmol	0,6841
12,5 µmol	0,6938
6,25 µmol	0,6951

Şekil.3.5. DPPH yönteminde Trolox ile elde edilen kalibrasyon eğrisi

ABTS yöntemi Saafi ve diğ., (2009)'nın metoduna göre yapılmıştır. Bu yöntem için 7 mM ABTS (2,2'-Azino-bis 3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic asit) 2.45 mM potasyumbisülfat ile karıştırılarak karanlık ortamda 12-16 saat bekletilmiş ve daha sonra bu solüsyon sodium asetat (pH 4.5) tamponu ile UV-VIS spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda 0.700 ± 0.01 absorban verecek şekilde seyreltilmiştir. Daha sonra 20 µL kuru incir ekstraktlarına 2.98 mL hazırlanan tampon karıştırılarak spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda absorban ölçülmüştür. Elde edilen absorban değerleri Trolox (10-100 µmol/L) standart eğim çizelgesi ile hesaplanarak sonuçlar mmol/L trolox cinsinden ifade edilmiştir.



ABTS	0,6938
Standart	Absorbans
200 µmol	0,5408
100 µmol	0,6104
50 µmol	0,6485
25 µmol	0,6680
12,5 µmol	0,6778
6,25 µmol	0,6864

Şekil.3.6. ABTS yönteminde trolox standardı ile elde edilen kalibrasyon eğrisi

3.1.3.5. Kuru Madde Analizi

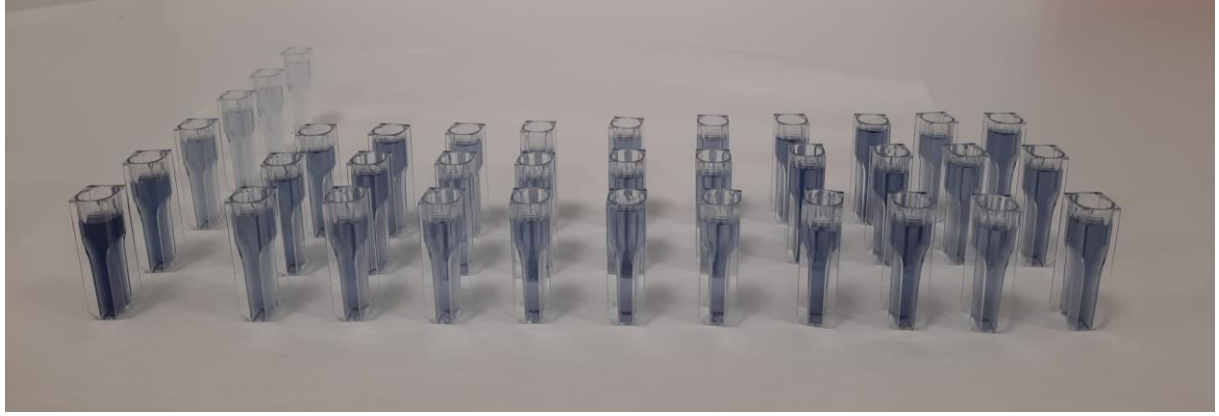
Kuru madde tayini Cemeroğlu (2014)'ye göre yapılmıştır.



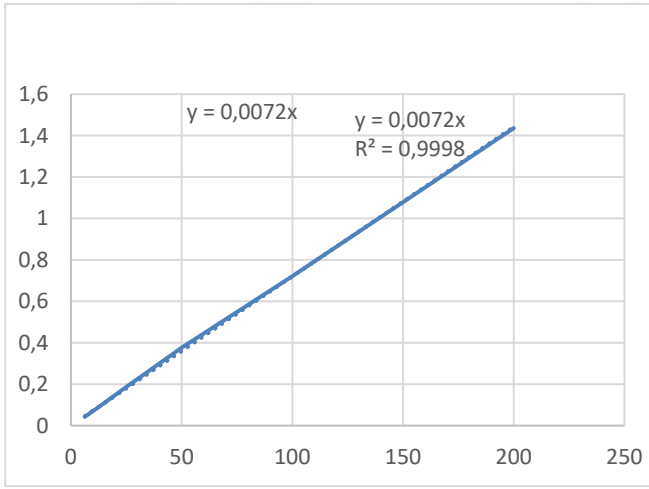
Şekil.3.7. Kuru madde analizinde kullanılan kaplar

3.1.3.6. Toplam Fenolik Madde Analizi

Toplam fenolik madde analizi, Saafi ve ark. (2009)'nın uyguladıkları yöntemde bazı değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir. 20 ml ekstrakt üzerine Folin-Ciocalteu reaktifi ilave edilmiş 3 dakika bekletilerek üzerine 1 ml %20'lik sodyum karbonat çözeltisi eklenmiştir ve daha sonra 0.9 ml distile su eklenmiş ve karıştırılmıştır. 1 saat oda koşullarında karanlıkta bekletilen karışım UV spektrofotometre (Agilent Carry 60) kullanılarak 765 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri gallik asit (31,25–500 ppm) standart eğrisi ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar mg /100 gram kuru madde TPC gallik asit eşdeğerleri (GAE) cinsinden ifade edilmiştir.



Şekil.3.8. Toplam fenolik madde analizinde ölçüm yapılan örnekler



Konsantrasyon	Absorbans
200 ppm	1,4359
100 ppm	0,7211
50 ppm	0,3757
25 ppm	0,187
12,5 ppm	0,0891
6,25 ppm	0,0428

Şekil.3.9. Toplam fenolik madde yönteminde gallik asit ile elde edilen kalibrasyon eğrisi

3.1.3.7. Sonuçların Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler

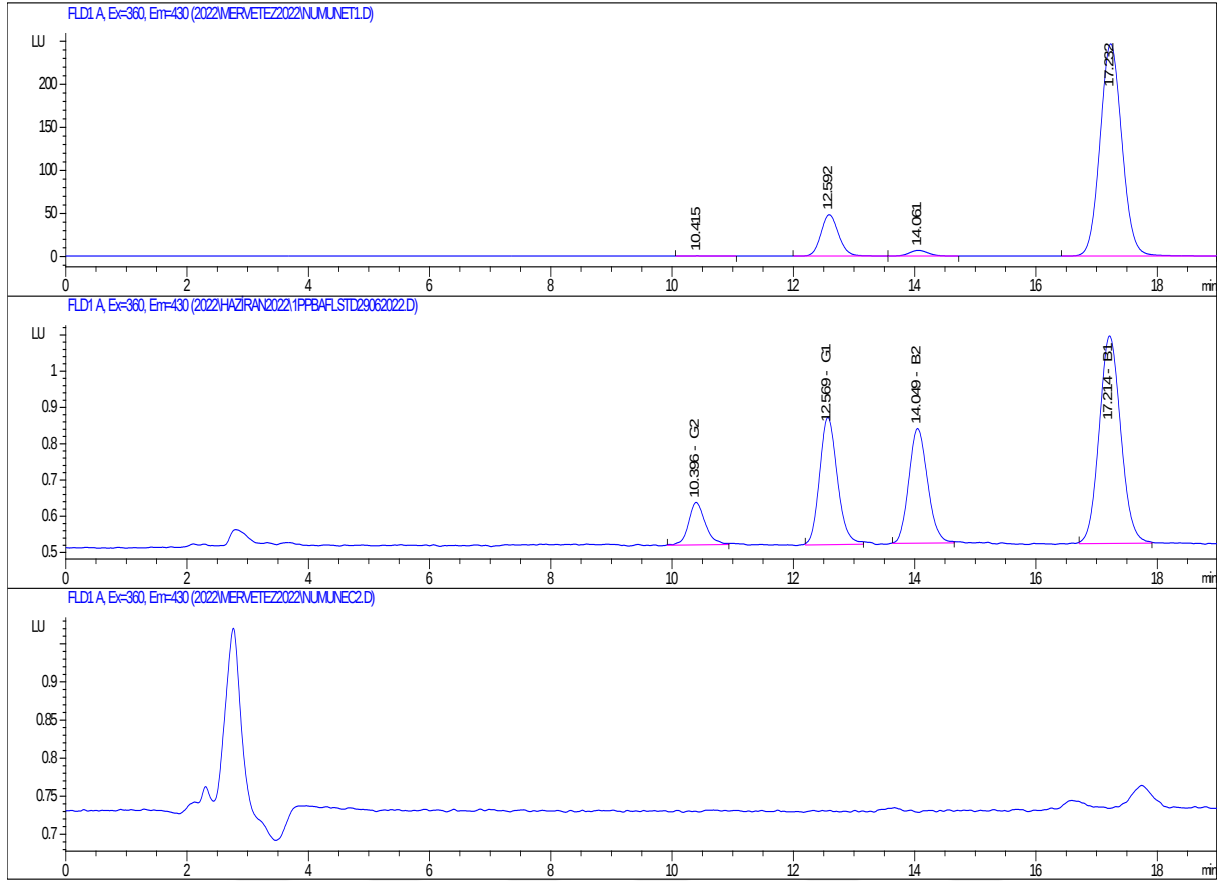
Çalışma kapsamında incelenen kuru incir örneklerinin analiz sonuçları SPSS 22 paket programı (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) paket programı yardımıyla % 95 güven seviyesinde ($p < 0.05$) varyans analizine tabi tutulmuştur ve Duncan çoklu karşılaştırma testine göre, önemli bulunan farklılıklar incelenmiştir. Ayrıca, XL-STAT 2019 (Addinsoft, Newyork City, NY, USA) paket programı kullanılarak verilere temel bileşen analizleri uygulanmıştır

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Aflatoksin B₁ ve Toplam Aflatoksin Miktarları

Piyasadan sağlan kuru incirlerin yapılan değerlendirmeleri sonucunda elde edilen sonuçların %90.5 oranı Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde yer alan doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan kurutulmuş meyvelerde aflatoksin B₁ ve toplam aflatoksin (B₁ +B₂+G₁+G₂) limitleri olan 8-10 µg/kg limitini aşmadığı ve ilgili yönetmeliğe uygunluğu tespit edilmiştir. Analiz yapılan numunelerin %9,5 inin ise LOQ seviyesini aştığı ve sonuçların geri kazanımlara göre hesaplanmasıyla gıda güvenliği açısından tüketim limitlerine uymadığı ve risk oluşturma potansiyelinin olduğu görülmüştür.

Tablo 4.1’de görüldüğü gibi LOQ seviyesini aşan numunelerden P numunesinin aflatoksin B₁ değeri 15.6 µg/kg, T numunesinin aflatoksin B₁ değeri 836.9 µg/kg olarak tespit edilmiş ve ilgili limitlere uygunsuzluğu saptanmıştır. Toplam aflatoksin değerlerine bakacak olursak, Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde belirtilen limitlere göre P numunesinin maksimum limitten 2 kat fazla, T numunesinin ise yaklaşık 100 kat fazla toksin içerdiği saptanmıştır. Elde edilen kromatogramlar Şekil 4.1.’de verilmiştir. Ayrıca Tablo 4.1. de numunelerde tespit edilen ve ölçüm limitini aşmış P ve T örneklerinin aflatoksin sonuçları verilmiştir.



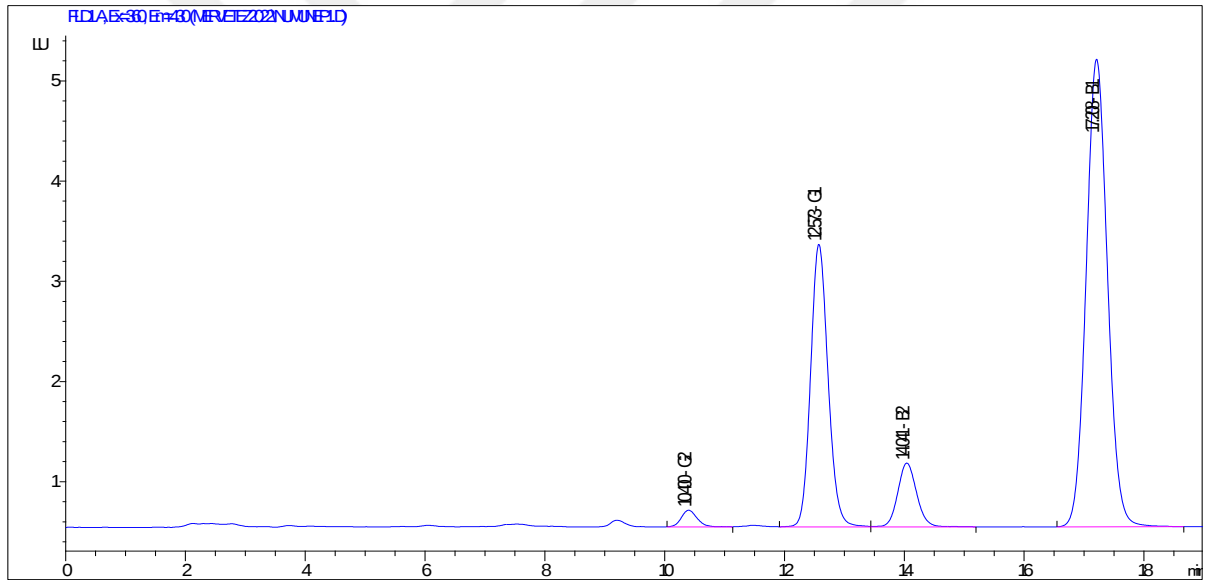
Şekil 4.1. Aflatoksin B₁ analizi kromotogmlarının karşılaştırılması (1. T örneği, 2. 1 ppb aflatoksin B₁ standardı, 3. Kontrol örneği)

Örneklerin aflatoksin B₁ ve toplam aflatoksin değerleri geri almaları göre hesaplamaları sırasıyla P örneği için aflatoksin B₁ 16.95 µg/kg, B₂ 1.01 µg/kg, G₁ 14.2 µg/kg, G₂ 0.6 µg/kg, toplam aflatoksin 32.83 µg/kg ve T örneği için aflatoksin B₁ 909.75 µg/kg, B₂ 10.53 µg/kg, G₁ 242.6 µg/kg, G₂ 0.91 µg/kg ve toplam aflatoksin 1163.8 µg/kg hesaplanmıştır. P ve T örneğinin aflatoksin b₁, toplam aflatoksin değerleri ve ölçüm belirsizliğinin hesaplama sonuçları tablo 4.1. de verilmiştir.

Tablo 4.1. Kuru incir örneklerinde HPLC yöntemi ile aflatoksin bulguları

Örnek	P	T
Afl B ₁ (µg/kg)	16.95±3.65	909.75±191.04
Afl B ₂ (µg/kg)	1.01±0.23	10.53±2.42
Afl G ₁ (µg/kg)	14.2±3.85	242.6±65.5
Afl G ₂ (µg/kg)	0.6±0.23	0.91±0.35
Toplam Aflatoksin (µg/kg)	32.83±5,25	1163.8±201.98

Aflatoksin B₁ ve toplam aflatoksin tespit edilen P ve T numunelerinin HPLC 'ye ait kromatogram görüntüleri ve hesap raporları aşağıda yer alan Şekil 4.2., 4.3., 4.4. ve 4.5. de verilmiştir.



Şekil 4.2. P örneğine ait aflatoksin kromatogramı

External Standard Report

Sorted By : Signal

Calib. Data Modified : 13/06/2022 13:52:06

Multiplier : 1.8100

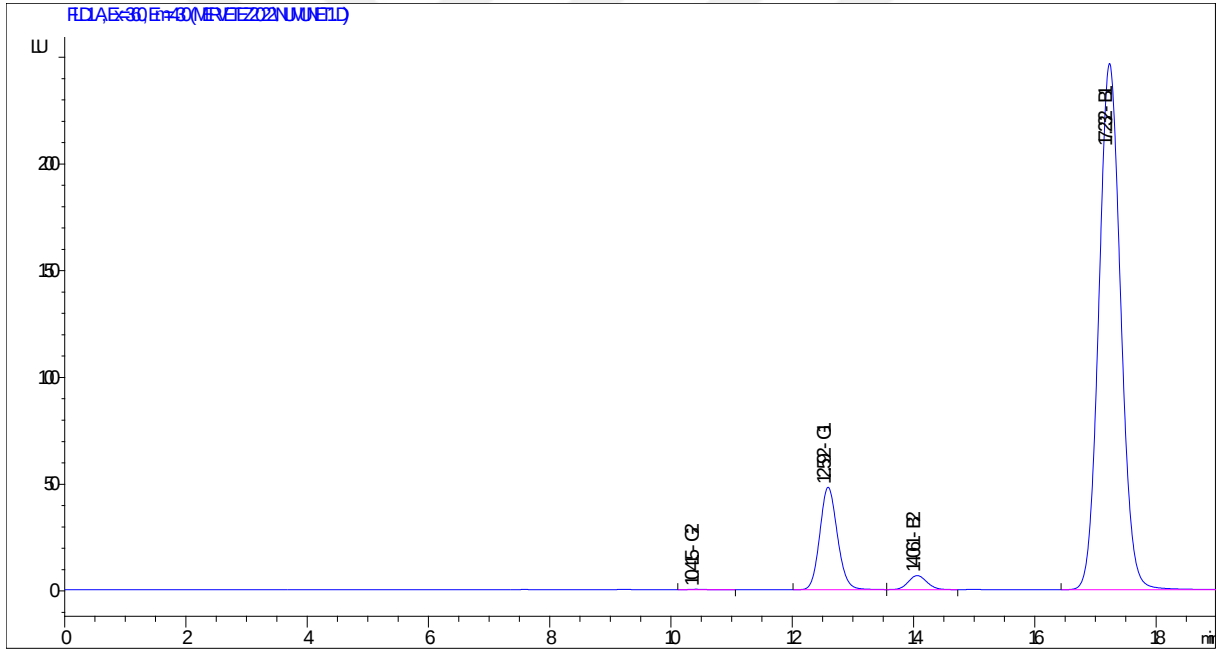
Dilution : 1.0000

Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs

Signal 1: FLD1 A, Ex=360, Em=430

RetTime	Type	Area	Amt/Area	Amount	Grp	Name
[min]		LU *s		[ppb]		
10.400	BB	3.11790	9.75381e-25	50447e-1	G2	
12.573	VV	57.12201	1.22754e-1	12.69161	G1	
14.041	VB	13.96402	3.60971e-29	12348e-1	B2	
17.208	BB	115.49673	7.48396e-2	15.64514	B1	
Totals :				29.79955		

Şekil 4.3. P örneğinin kromatogram hesap raporu



Şekil 4.4. T örneğine ait aflatoksin kromatogramı

External Standard Report

Sorted By : Signal

Calib. Data Modified : 13/06/2022 13:52:06

Multiplier : 1.8100

Dilution : 1.0000

Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs

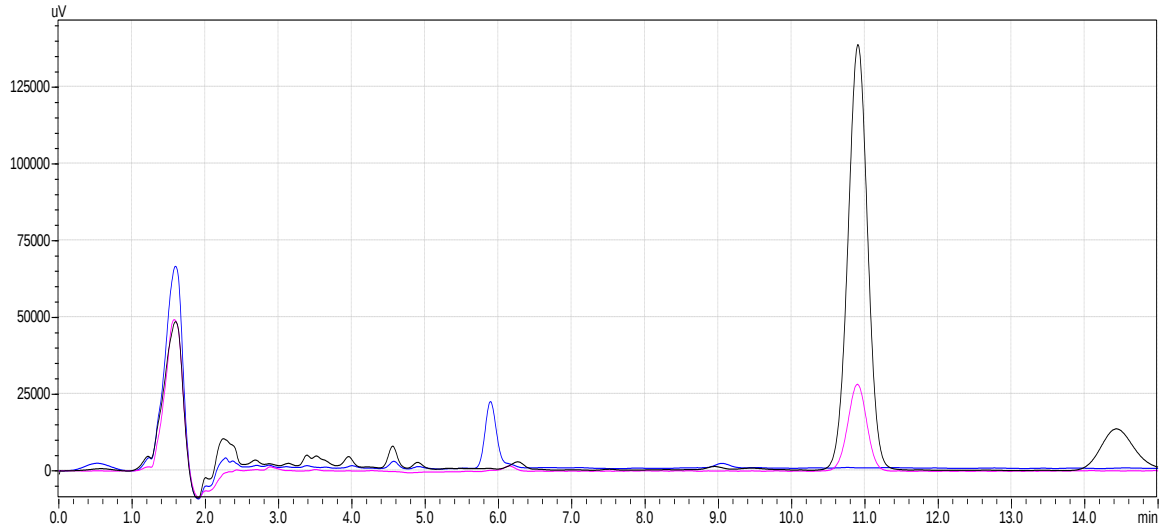
Signal 1: FLD1 A, Ex=360, Em=430

RetTime	Type	Area	Amt/Area	Amount	Grp	Name
[min]		LU	*s	[ppb]		
10.415	BB	4.65683	9.89123e-28	33718e-1	G2	
12.592	BV	969.64709	1.23031e-1	215.92706	G1	
14.061	VV	144.65352	3.62449e-2	9.48975	B2	
17.232	BBA	6177.09912	7.48598e-2	836.97320	B1	
Totals :			1063.22373			

Şekil 4.5. T örneğinin kromatogram hesap raporu

4.2. Okratoksin A Tayini

Piyasadan toplanan kuru incir numunelerinin, okratoksin A miktarları değerlendirildiğinde elde edilen sonuçların %76.2 oranında LOQ seviyesini aşmadığı ve bu numunelerin gıda güvenliği açısından risk teşkil etmediği tespit edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde okratoksin A'nın kuru incir için belirlenmiş herhangi bir limiti bulunmamaktadır. Bu sebeple kuru incirin okratoksin A analiz sonuçlarının yorumlanabilmesi için 5 Ağustos 2022 tarihli Komisyon Yönetmeliği (AB) 2022/1370 kuru incir meyvelerine belirlenmiş limit olan 8 µg/kg değeri kriter olarak kabul edilmiştir. Bu kritik değere göre T numunesi ilgili limiti yaklaşık 18 kat, B numunesi ilgili limiti 13 kat ve V numunesi ilgili limiti yaklaşık 6 kat aştığı saptanmıştır. Kromatogramların karşılaştırılması amacıyla kontrol örnek, 10 ppb okratoksin A standardı ve T örneğinin kromatogramları Şekil 4.6. de verilmiştir. Ayrıca Tablo 4.2. de numunelerde tespit edilen ve ölçüm limitini aşmış numunelerin sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.6. Okratoksin A analizi kromatogramlarının karşılaştırılması (Siyah renk: T örneği, pembe renk: 10 ppb okratoksin A standardı, mavi renk: Kontrol)

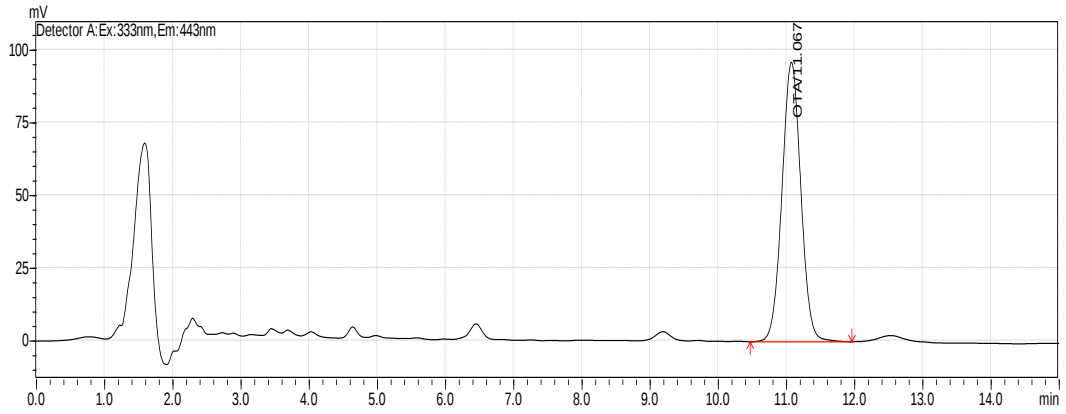
Örneklerin okratoksin A değerleri geri almaları göre hesaplamaları sırasıyla B örneği için 109.8 µg/kg, L örneği için 3.1 µg/kg, M örneği için 8.76 µg/kg, T örneği için 154.2 µg/kg ve V örneği için 49.6 µg/kg hesaplanmıştır. B, L, M, T ve V örneğinin okratoksin değerleri ve ölçüm belirsizliğinin hesaplama sonuçları tablo 4.2. de verilmiştir. Tez çalışmasında analizi gerçekleştirilen örneklerde belirlenen okratoksin A sonuçları arasındaki fark, istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli bulunmuştur.

Tablo 4.2. Kuru incir örneklerinde HPLC yöntemi ile okratoksin A bulguları

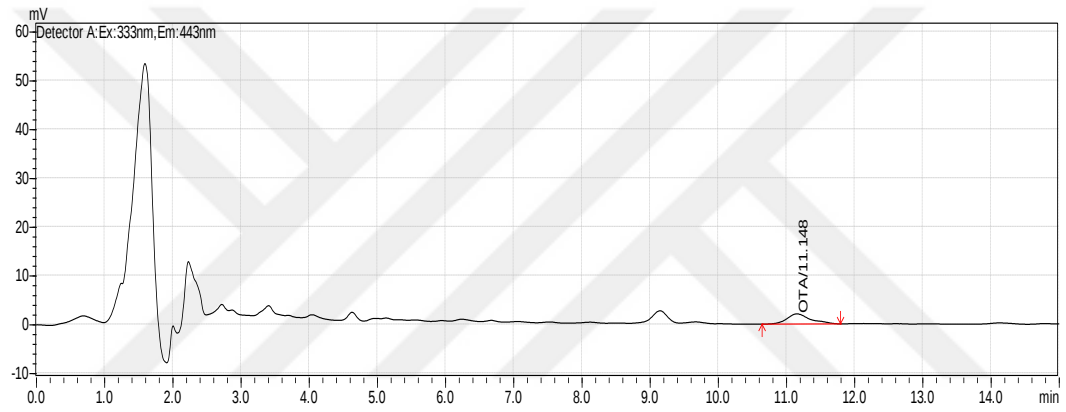
Örnek	B	L	M	T	V
Okratoksin A					
(µg/kg)	109.8±19.76 ^d	3.1±0.56 ^a	8.76±1.57 ^b	154.2±27.76 ^e	49.6±8.92 ^c

^{a-e} Aynı satırdaki farklı üstel harfler örnekler arasında önemli bir fark olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

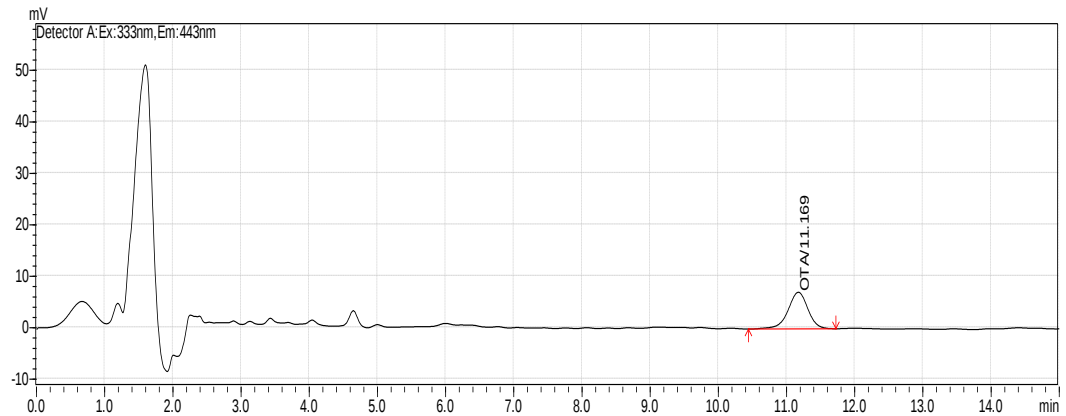
Okratoksin A tespit edilen B, L, M, T ve V örneklerine ait kromatogram görüntüleri ve sonuçları, Şekil 4.8., 4.9., 4.10., 4.11. ve 4.12. de verilmiştir.



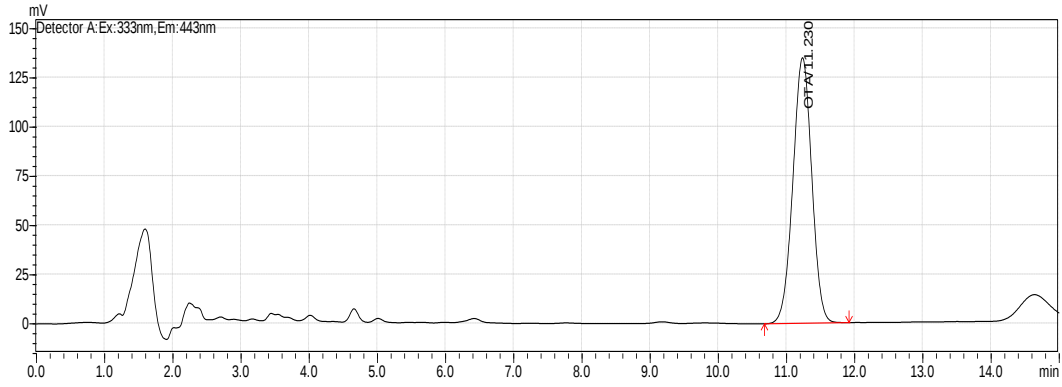
Şekil 4.7. B örneğine ait okratoksin kromatogramı



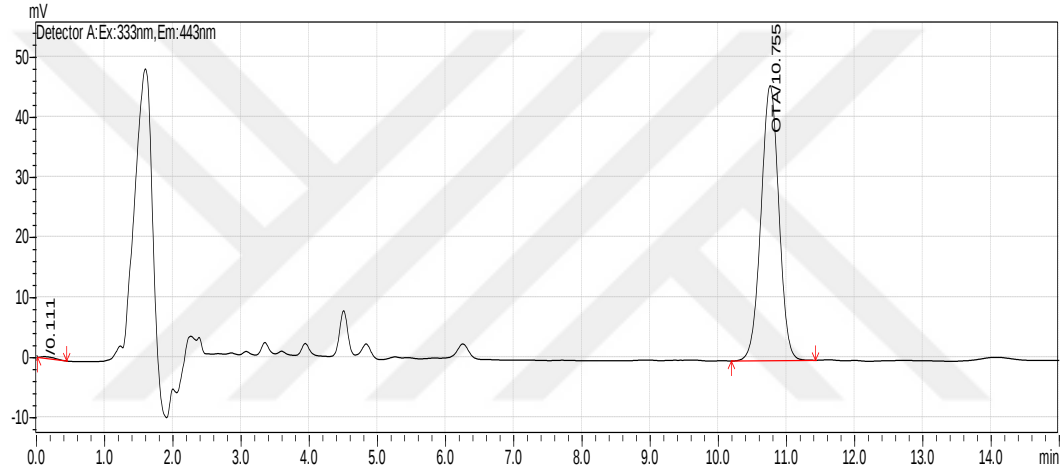
Şekil 4.8. L örneğine ait okratoksin kromatogramı



Şekil 4.9. M örneğine ait okratoksin kromatogramı

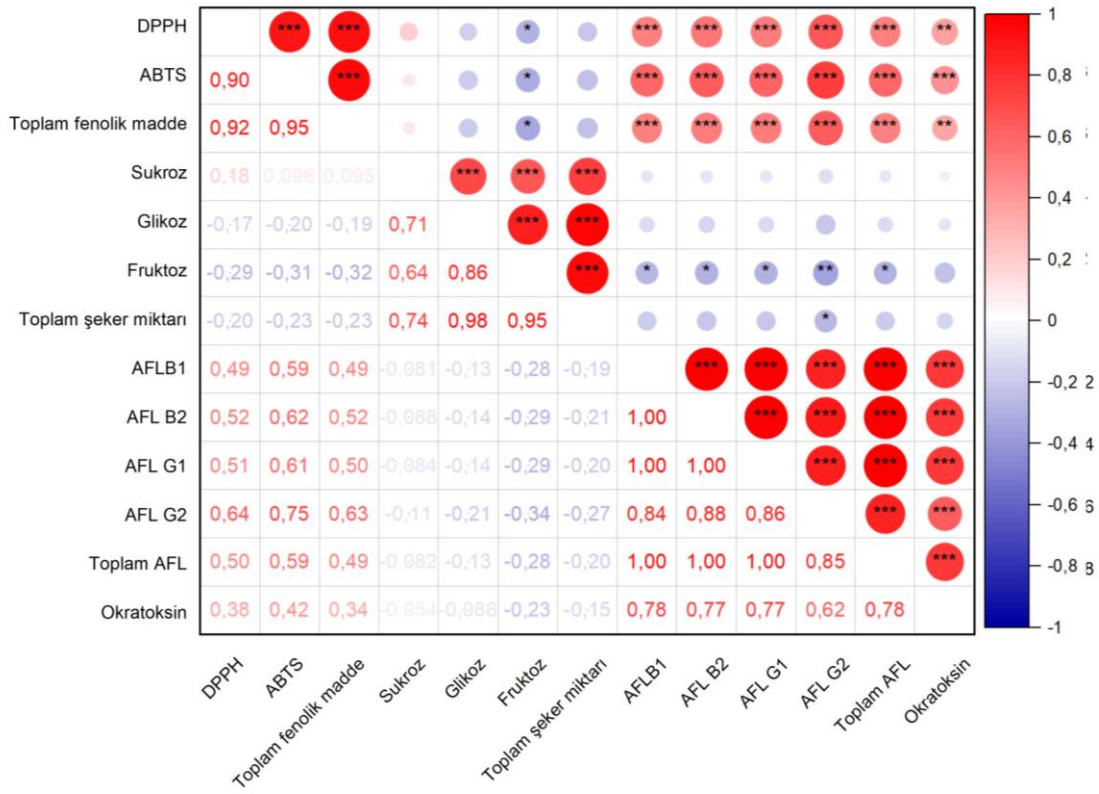


Şekil 4.10. T örneğine ait okratoksin kromatogramı

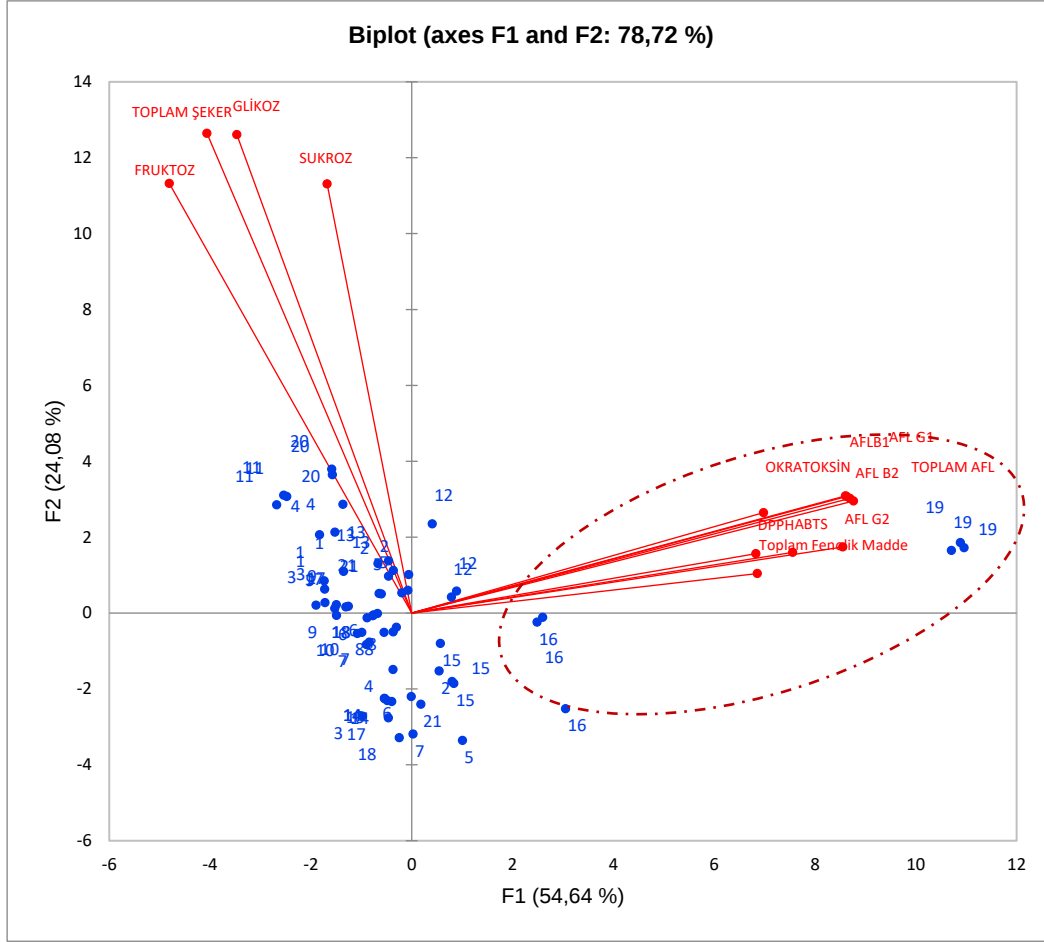


Şekil 4.11. V örneğine ait okratoksin kromatogramı

Çalışmamızda kuru incirlerin toplam aflatoksin ve okratoksin A miktarları arasında pozitif ve yüksek korelasyon ($r=0,78$) değerleri saptanmıştır. Toplam aflatoksin ve toplam fenolik madde arasında pozitif ve düşük korelasyon ($r=0.49$) gözlenirken, DPPH ve ABTS sonuçları arasında pozitif ve orta seviye (sırasıyla $r=0.50$ ve $0,59$) bir korelasyon belirlenmiştir. Okratoksin miktarları ve antioksidan aktivite analizleri (DPPH, ABTS ve Toplam fenolik madde) arasında genel olarak pozitif ve düşük bir korelasyon ($r= 0.38/0.42/0.34$) vardır (Şekil 4.12.).



Şekil 4. 12. Kuru incirlerin antioksidan aktivite, şeker ve toksin içeriğinin korelasyon matrisi $p \leq 0,05$.



Şekil 4.13. Kuru incirlerin antioksidan aktivite, şeker ve toksin analizlerinin PCA biplotu

1(A), 2(B), 3(C), 4(D), 5(E), 6(F), 7(G), 8(H), 9(I), 10(J), 11(K), 12(L), 13(M), 14(N), 15(O), 16(P), 17(R), 18(S), 19(T), 20(U), 21(V)

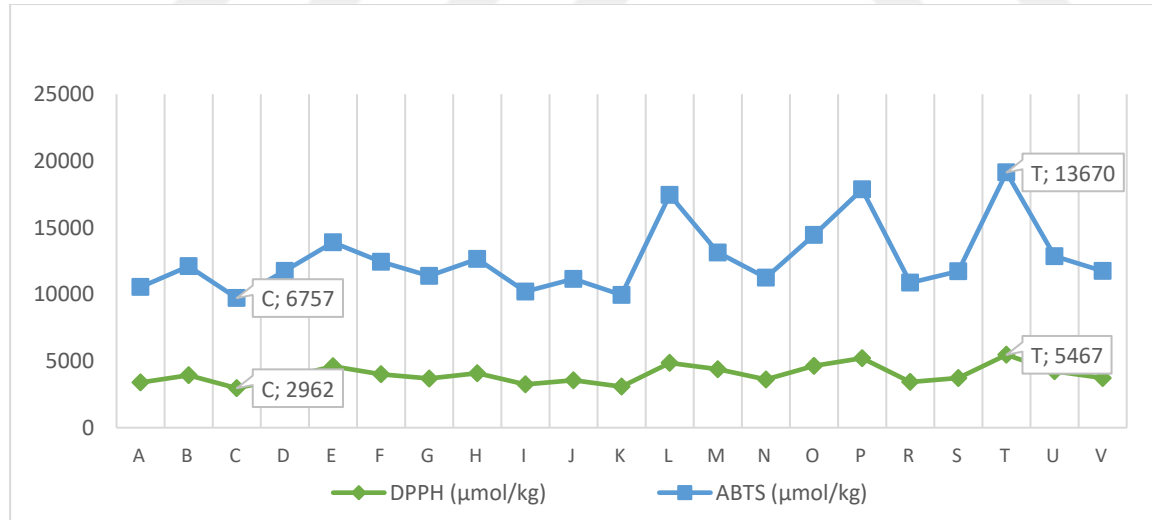
Kuru incir örneklerimizde yapılan temel bileşen ve toksin analizlerinin yorumlanması için (PCA) modeli kullanılmıştır. Kuru incirlerin analizlerinde PCA modeli, toplam varyansın % 78.72'sini açıklayan iki temel grup oluşturmuştur (Şekil 4.13. PC1% 54.64 ve PC2 toplam varyansın %24.08'ini oluşturmuştur. Grafiğin sağ tarafı antioksidan kapasite ve toksin analizlerini ve sol tarafı ise şeker analizlerini içermektedir. 12 numaralı L örneği ile 19 numaralı T örneğinin grafiğimizin sağ üst tarafında gruplar oluşturmuştur. Grafikten gözlemlenebileceği gibi L, P ve T örnekleri toksik ve antioksidan yapıları bileşiklerle karakterize edilirken, örneklerimizden A, H, K, L, M, N, U grafiğin sol üst tarafında yer alıp, toplam şeker ve şeker bileşenleri ile karakterize edilir. Özellikle P ve T örnekleri yüksek aflatoxin ve okratoksin içerikleri ile dikkati çekmektedir. Bu örnekler açık olarak satışı yapılan örneklerdir.

4.3. Genel Bileşim Analizleri

Analizi yapılan incirlerin kuru madde içeriklerinin %71.2 ile %80.9 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak nem içerikleri %28.8-19.1 aralığında değiştiği gözlenmiştir. Bu değişimin, örneklerin üretim bölgesi kuruma oranlarına, paketlenme cinsine, ürün satış ortamına göre nem içeriklerinin farklılık göstermesine bağlı olduğu düşünülmektedir.

Kuru incirlerin antioksidan kapasitesi ABTS ve DPPH olmak üzere iki farklı yöntemle belirlenmiştir. ABTS yönteminde antioksidan kapasite potansiyeli en yüksek T örneğinde 13670 μmol trolox /kg ve en düşük C örneğinde 6757 μmol trolox /kg olarak tespit edilmiştir. DPPH yönteminde antioksidan kapasite yine aynı şekilde en yüksek T örneğinde 5467 μmol trolox /kg ve en düşük 2962 μmol trolox /kg olarak tespit edilmiştir.

Kuru İncirlerin antioksidan verileri Şekil 4.13.'de verilmiştir. Görüldüğü gibi ABTS yönteminde sonuçlar daha yüksek değerlerde çıkmıştır, yapılan araştırmalarda bunun sebebinin, ABTS yönteminde incirin içerdiği hidrofilik antioksidan bileşiklerin daha iyi absorban vermesi olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.14. Kuru incirlerin antioksidan kapasitelerinin DPPH ve ABTS yöntemleriyle karşılaştırılması

Yapılan toplam fenolik madde analizinde en yüksek içerik T örneğinde 2696 mg GAE/ kg ve en düşük C örneğinde 1316 mg GAE/ kg olarak saptanmıştır. Antioksidan kapasite analizinde DPPH ve ABTS yöntemleriyle sonuçlanan en yüksek T ve en düşük kapasite C örneğinde tespit edilmiştir. Tablo 4.3. ve Tablo 4.4. de de görüleceği üzere bu üç analiz kendi aralarında karşılaştırıldığında da analizlerimiz arasında istatistiksel yönden önemli ($p<0.05$) farklılıklar belirlenmiştir. Çalışmamızda kuru incirlerin antioksidan aktivite miktarları arasındaki DPPH ve ABTS analiz sonuçları arasında pozitif ve çok güçlü korelasyon ($r=0.90$) saptanmıştır. Toplam fenolik madde ve DPPH miktarları arasında yine aynı şekilde pozitif ve çok güçlü korelasyon ($r=0.92$) gözlenirken, toplam fenolik madde ve ABTS miktarları arasında pozitif ve çok güçlü korelasyon ($r=0.95$) belirlenmiştir (Şekil 4.12.).



Tablo 4.3. Örneklerin toplam fenolik madde, ABTS ve DPPH analizleri sonuçları

Örnek	DPPH	ABTS	Toplam Fenolik Madde
	($\mu\text{mol trolox /kg}$)	($\mu\text{mol trolox /kg}$)	(mg GAE/ kg)
A	3394 $\pm$ 1.86 ^{bcd}	7149 $\pm$ 5.13 ^{abc}	1535 $\pm$ 12 ^{bc}
B	3935 $\pm$ 4.33 ^{efgh}	8170 $\pm$ 4.95 ^{efg}	1743 $\pm$ 1.6 ^{ghi}
C	2962$\pm$ 0.35^a	6757 $\pm$ 0.18^a	1316 $\pm$ 2.4^a
D	3727 $\pm$ 1.77 ^{defg}	8023 $\pm$ 0.71 ^{def}	1713 $\pm$ 3.0 ^{gh}
E	4608 $\pm$ 1.94 ^{jk}	9287 $\pm$ 0.71 ^{hi}	2093 $\pm$ 3.0 ^j
F	4004 $\pm$ 1.86 ^{fghi}	8429 $\pm$ 2.65 ^{fg}	1767 $\pm$ 2.2 ^{ghi}
G	3686 $\pm$ 0.00 ^{defg}	7691 $\pm$ 2.56 ^{cde}	1660 $\pm$ 1.0 ^{dcfg}
H	4085 $\pm$ 4.60 ^{ghi}	8562 $\pm$ 0.09 ^{fg}	1793 $\pm$ 1.8 ^{hi}
I	3247 $\pm$ 1.86 ^{abc}	6953 $\pm$ 1.15 ^{ab}	1508 $\pm$ 0.4 ^{bc}
J	3557 $\pm$ 2.47 ^{cde}	7593 $\pm$ 2.56 ^{cde}	1572 $\pm$ 2.0 ^{bcde}
K	3083 $\pm$ 5.83 ^{ab}	6868 $\pm$ 0.44 ^{ab}	1478 $\pm$ 1.4 ^b
L	4859 $\pm$ 2.03 ^{kl}	12590 $\pm$ 0.35 ^j	2584 $\pm$ 1.5 ^l
M	4384 $\pm$ 6.0 ^{ij}	8746 $\pm$ 3.45 ^{gh}	2060 $\pm$ 2.1 ^j
N	3618 $\pm$ 0.71 ^{cdef}	7628 $\pm$ 0.09 ^{cde}	1603 $\pm$ 1.2 ^{cdef}
O	4638 $\pm$ 1.06 ^{jk}	9810 $\pm$ 0.18 ⁱ	2454 $\pm$ 0.6 ^k
P	5210 $\pm$ 0.53 ^{lm}	12651 $\pm$ 0.53 ^j	2566 $\pm$ 2.8 ^l
R	3431 $\pm$ 0.53 ^{bcd}	7438 $\pm$ 1.41 ^{bcd}	1561 $\pm$ 2.2 ^{bcd}
S	3721 $\pm$ 0.27 ^{defg}	8004 $\pm$ 2.83 ^{def}	1672 $\pm$ 1.4 ^{efg}
T	5467$\pm$ 2.65^m	13670 $\pm$ 3.71^k	2696 $\pm$ 0.1^m
U	4236 $\pm$ 1.15 ^{hij}	8618 $\pm$ 0.62 ^{fg}	1846 $\pm$ 1.9 ⁱ
V	3724 $\pm$ 0.00 ^{defg}	8018 $\pm$ 1.50 ^{def}	1698 $\pm$ 1.6 ^{fgh}

^{a-m} Aynı sütundaki farklı üstel harfler örnekler arasında önemli fark olduğunu göstermektedir (p<0.05).

Tablo 4.4. Örneklerin toplam fenolik madde, DPPH ve ABTS analizleri sonuçları sıralaması

Analizler	Örneklerin Sıralaması
Toplam Fenolik Madde	C<K<I<A<R<J<N<G<S<V<D<B<F<H<U<M<E<O<L<P<T
DPPH	C<K<I<A<R<J<N<G<S<V<D<B<F<H<U<M<E<O<L<P<T
ABTS	C<K<I<A<R<J<N<G<S<V<D<B<F<H<U<M<E<O<L<P<T

4.4. Şeker Miktarları

Kuru incirlerde sakkaroz, glikoz ve fruktoz bileşikleri belirlenmiştir. Kurutulmuş incirlerde toplam şeker içeriğinde miktarsal olarak en yüksek glikoz, en düşük sakkaroz saptanmıştır (Slatnar vd. 2011). Çalışmamızda elde edilen verilerin, yapılan önceki çalışmalar ile benzerlik gösterdiği, glikozun tüm örneklerimizde baskın şeker olduğu belirlenmiştir. Glikoz ve fruktoz şekerleri baskın olup G/F oranı yaklaşık 1.5 dolayındadır. Tablo 4.5. de görüldüğü gibi 21 adet kuru incir örneğinin glikoz ve sakkaroz miktarları en düşük N örneğinde saptanmış olup sırasıyla bu değerler 378.21 g/kg KA ve 248.94 g/kg KA dolayındadır. Ayrıca en düşük fruktoz miktarının T örneğinde olduğu tespit edilmiştir. En yüksek toplam şeker miktarı K örneğine ait olup, K örneğinin içerdiği toplam şeker miktarı 863.44 g/kg KA olarak belirlenmiştir. En düşük şeker içeriğine sahip N örneğinin şeker içeriği ise 658.63 g/kg KA olarak belirlenmiştir. Tez çalışmasında analizi gerçekleştirilen örneklerde belirlenen sakkaroz, glikoz, fruktoz ve toplam şeker miktarları arasındaki fark, istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli bulunmuştur. Toplam şeker ile glikoz ve fruktoz miktarları arasında pozitif ve çok güçlü korelasyon (sırasıyla $r=0.98$ ve 0.95) gözlenirken, toplam şeker ile fruktoz miktarı arasındapozitif ve güçlü korelasyon ($r=0.74$) gözlenmiştir. Çalışmamızda yapılan toplam şeker, antioksidan aktivite ve toksin analizlerinin korelasyon değerlerine bakacak olursak; toplam şeker ile antioksidan aktivite miktarları arasında ise genel olarak negatif ve çok düşük korelasyon ($r=-0.20/-0.23$) gözlenmektedir. Yine aynı şekilde toplam şeker ve toplam aflatoksin ile okratoksin A miktarları arasında negatif ve çok düşük korelasyon ($r=-0.20/-0.15$) gözlenmiştir (Şekil 4.12.).

Tablo 4.5. Örneklerin sakkaroz, glikoz, fruktoz ve toplam şeker içerikleri

Örnek	Sakkaroz	Glikoz	Fruktoz	Toplam Şeker (g/kg KA)
A	27.66±0.19 ^{bcd}	438.70 ± 5.43 ^{bcd}	298.85 ± 0.51 ^{gh}	765.21±6.12 ^{de}
B	28.27 ±0.01 ^{bcd}	433.91 ± 0.63 ^{abcd}	293.58 ± 0.52 ^{defgh}	755.76± 1.16 ^{abcd}
C	27.77 ±0.22 ^{bcd}	422.12 ± 0.000 ^{abc}	294.18± 0.00 ^{bcd}	744.06± 0.22 ^{abcd}
D	29.73 ±0.06 ^{bcd}	462.82 ± 0.08 ^{abcd}	319.82 ± 0.07 ^h	813.24 ±0.54 ^{de}
E	32.76 ± 0.30 ^{cde}	415.89 ± 0.23 ^{ab}	278.18± 0.15 ^{abcde}	726.83 ±0.37 ^{abc}
F	25.41 ±0.39 ^{abc}	407.65 ± 0.00 ^{abc}	297.19 ± 0.07 ^{efgh}	730.26 ± 0.32 ^{abcd}
G	25.78 ±0.25 ^{abc}	402.9 ± 2.65 ^{ab}	273.38 ±0.18 ^{abcde}	702.05 ±2.58 ^{ab}
H	29.46 ±0.28 ^{cde}	400.38 ± 0.36 ^{abc}	267.84 ±0.27 ^{abcde}	697.68 ±0.35 ^{abcd}
I	25.30±0.27 ^{abc}	434.46 ± 3.13 ^{abcd}	284.46±3.57 ^{defgh}	744.22±6.44 ^{bcd}
J	26.27 ±0.15 ^{abc}	406.52 ± 0.28 ^{abc}	279.46 ±0.06 ^{abcde}	712.25 ±0.18 ^{abcd}
K	27.59 ± 0.38 ^{bcd}	495.67 ± 1.81 ^f	340.17 ±1.43 ⁱ	863.44 ±3.63 ^f
L	31.57 ± 0.25 ^{def}	397.32 ± 4.05 ^{abcd}	289.04 ± 1.30 ^{fgh}	717.93 ±5.11 ^{bcd}
M	31.59±0.09 ^{ef}	445.7 ± 3.17 ^{cd}	284.80±4.08 ^{cdefgh}	762.09±7.15 ^{cde}
N	19.79 ±0.22 ^a	378.21 ± 1.65 ^a	260.64± 0.36 ^{abcd}	658.63 ±2.23 ^a
O	20.36±0.67 ^{ab}	393.97 ± 0.84 ^{abc}	253.36 ±0.49 ^{ab}	667.70 ±0.66 ^{ab}
P	27.81±0.93 ^{abc}	398.33 ± 0.72 ^{ab}	264.59±0.38 ^{abc}	690.73±0.18 ^{ab}
R	28.3 ±0.19 ^{abcd}	425.92 ± 0.63 ^{abc}	282.39 ±0.18 ^{abcde}	736.61 ±0.63 ^{abcd}
S	28.07 ±0.17 ^{abcd}	422.17±0.20 ^{abc}	274.08±0.04 ^{abcde}	724.32 ±0.00 ^{abcd}
T	24.87± 0.11 ^{abc}	391.2 ±0.00 ^{abc}	248.94 ±0.00 ^a	665.01± 0.11 ^{ab}
U	36.49 ±0.22 ^f	479.57 ±2.13 ^{ef}	336.56 ±1.23 ⁱ	852.63 ± 3.58 ^{ef}
V	31.16 ±0.12 ^{bcd}	429.56 ±0.41 ^{abc}	272.83 ±0.25 ^{abcde}	733.54 ± 0.04 ^{abcd}

^{a-1} Aynı sütundaki farklı üstel harfler örnekler arasında önemli bir fark olduğunu göstermektedir (p<0.05).

5. SONUÇLAR

Çalışmamız kapsamında Adana ilindeki toptan ve perakende satış noktalarından sağlanan 21 adet kuru incirlerin genel bileşim özellikleri (şeker, kuru madde), antioksidan kapasitesi (DPPH ve ABTS), toplam fenolik madde miktarı, okratoksin A ve aflatoksin analizleri HPLC ile yapılmıştır.

- Çalışma kapsamında yer alan kuru incir örneklerinin %90,5'nun aflatoksin B₁ ve toplam aflatoksin sonuçlarının Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde yer alan doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan Kurutulmuş Meyvelerde Aflatoksin B₁ ve Toplam Aflatoksin (B₁ +B₂+G₁+G₂) limitleri 8-10 µg/kg limitine uygunluğu görülmüştür. Örneklerden ikisinin aflatoksin sonuçlarının hesaplanan LOQ seviyelerini aştığı ve sonuçların gıda güvenliği açısından tüketim limitlerine uymadığı saptanmıştır.
- P ve T örneklerinin aflatoksin B₁ miktarları sırasıyla; 16.95 µg/kg, 909.75 µg/kg ve toplam aflatoksin miktarları sırasıyla; 32.83 µg/kg, 1163.8 µg/kg olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan da görülmektedir ki P örneğinin aflatoksin B₁ miktarı yasal limitlerin yaklaşık 2 kat, T örneğinin aflatoksin B₁ miktarı yasal limitlerin yaklaşık 112 kat üzerindedir. Toplam aflatoksin açısından bakılacak olursa P örneğinin sonucu yasal limitin yaklaşık 3 katı ve T örneğinin sonucu yasal limitin yaklaşık 116 katı olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan da görüldüğü üzere T örneği insan sağlığına toksik etkiye sahip numunedir. Bu örnekler dökme (ambalajsız) olarak satışı yapılan numunelerdir. Bu durum dikkate alınarak ambalajsız ürün tercihi konusunda daha dikkatli olunması gerekliliğini göstermektedir.
- Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde okratoksin A'nın kuru incir için belirlenmiş herhangi bir limiti bulunmadığı halde tez çalışmasında kuru incirlerde okratoksin A miktarları analizleri yapılmış olup, numunelerin 16 sının LOQ seviyesini aşmadığı ve bu numunelerin gıda güvenliği açısından risk teşkil etmediği tespit edilmiştir. Ayrıca 5 örneğin LOQ seviyesini aştığı ve bunların sırasıyla T>B>V>M>L olduğu görülmektedir. İnsan sağlığı açısından en fazla risk teşkil eden örnek 149.6 µg/kg ile T numunesidir.
- Okratoksin A analiz sonuçlarının yorumlanabilmesi için 5 Ağustos 2022 tarihli Komisyon Yönetmeliği (AB) 2022/1370 kuru incir meyvelerine belirlenmiş limit olan

8 µg/kg değeri kriter olarak kabul edilmiştir. Bu kritik değeri V numunesi 49.6 µg/kg, B numunesi 109.8 µg/kg ve T numunesi 154.2 µg/kg, sonuçları ile T numunesi ilgili limiti yaklaşık 18 kat, B numunesi ilgili limiti 13 kat ve V numunesi ilgili limiti yaklaşık 6 kat aştığı tespit edilmiştir.

- Analiz yapılan kuru incirlerde toplam şeker miktarının 863.44 g/kg (K örneği) ile 658.63 g/kg (N örneği) arasında değiştiği belirlenmiştir. Tüm kuru incir numunelerinde en baskın şeker olan glikozun miktarı ise toplam şeker ile paralellik göstererek K örneği 495.67 g/kg KA ile N örneği 378.21 g/kg arasında değişmiştir. Meyve şekeri olarak bilinen fruktoz ise en yüksek yine K örneğinde saptanmıştır.
- Toplam şeker miktarı K> U> D> A> M> B> I> C> R> V> F> E> S> L> J> G> H> P> O> T> N olarak sıralanmıştır.
- ABTS yönteminde antioksidan kapasite potansiyeli en yüksek T örneğinde 13670 µmol trolox /kg ve en düşük C örneğinde 6757 µmol trolox /kg olarak tespit edilmiştir. DPPH yönteminde antioksidan kapasite yine aynı şekilde en yüksek T örneğinde 5467 µmol trolox /kg ve en düşük 2962 µmol trolox /kg olarak tespit edilmiştir.
- Toplam fenolik madde en yüksek T örneğinde 2696 mg GAE/ kg ve en düşük C örneğinde 1316 mg GAE/ kg olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak insan tüketiminde ve ticari alanda değerli bir meyve olan kuru incirin üretiminden satışına kadar olan süreçte iyi takip edilmesi, iç piyasa ve ihracat aşamalarının saha denetimlerinin sık sık yapılması ve gerekli toksin analizleri düzenli bir şekilde gerçekleştirilmesinin gerekliliği bu çalışmayla ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

- Abdulkadar, A. H. W., Al-Ali, A. A., Al-Kildi, A. M., & Al-Jedah, J. H. (2004). Mycotoxins In Food Products Available In Qatar. Food Control, 15,543–548, DOI: [10.1016/j.foodcont.2003.08.008](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2003.08.008)
- Aksoy U. (2001). Kuru İncir Üretiminde Verim Ve Kaliteyi Artırmaya Yönelik Uygulamalar, Ege Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Çiftçi Dergisi, sayı 1.
- Alghalibi, S.M.S., & Shater A.R.M. (2004). Microflora And Mycotoxin Contamination Of Some Dried Fruits In Yemen Republic. Assiut University Bullettin For Environmental Researchers, 7(2): 19-27.
- AOAC International 2000. Official methods of analysis. Method 999.07.
- AOAC International 2000. Official methods of analysis. Method 03.
- Avrupa Komisyonu, European Commission Rapid Alert System For Food And Feed (RASFF) ‘RASFF Window’. (Erişim Tarihi: 16/01/2023).<https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/search>
- Avşar, D., & Yalçın, İ. (2007). Aydın Yöresindeki İncir İşletmelerinin Yapısal Durumunun Belirlenmesi. ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(1-2), 63-67.
- Azaiez, I., Font, G., Mañes , J., & Franzón, M.F. (2014). Survey Of Mycotoxins In Dates And Dried Fruits From Tunisian And Spanish Markets. Food Control, DOI: 10.1016/j.foodcont.2014.11.033.
- Bakırcı G.T. (2020). Investigation Of Aflatoxins Levels In Commercial Dried Figs From Western Turkey. International Food Research Journal, 27(2): 245 – 251.
- Benabderrahim, M., Yassine, Y., Bettaieb, I., Elfalleh, W., & Nagaz, K. (2019). Antioxidant Activity And Phenolic Profile Of a Collection Of Medicinal Plants From Tunisian Arid and Saharan Regions. Industrial Crops and Products, 138, 111427.
- Betina V. (1989). Mycotoxins, Chemical, Biological and Environmental Aspects, Elsevier, , Amsterdam-Oxford-New York, Tokyo, sayfa 437.
- Buchanan, R., Sommer, F., & Fortlage, R.J. (1975). Aspergillus Flavus Infection And Aflatoxin Production In Fig Fruits. American Society for Microbiology, 238-241.
- Bullerman, L.B. & Olivigni, F.J. (1974). Mycotoxin Producing Potential Of Molds Isolated From Cheddar Cheese, Journal of Food Science, 39: 1166-1168.

- Bullerman L.B. (1979). Significance of Mycotoxins to Food Safety and Human Health: Journal of Food Protection, 42 (1): 65–86.
- Bullerman L.B. (1986). Mycotoxins and Food Safety: Food Technology. A Scientific Status Summary by The Institute of Food Technologists' Expert Panel on Food Safety & Nutrition, 59-66.
- Cankaya C.C. 2018 “Siyah Küf ile Bulaşık Kuru İncirlerde Okratoksin A Varlığının Araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Bircana, C. Barringerb, S.A., Ulkenc, U., & Pehlivan, R., (2008). Increased aflatoxin contamination of dried figs in a drought year. Food Additives and Contaminants sayı 25, No. 11, 1400–140.
- Cemeroğlu B. (2014). Gıda analizlerinde genel yöntemler: Gıda Analizleri Gıda Teknolojisi Derneği, Ankara.
- Condit I. J. (1947). The Fig. Waltham, Mass., Chronica Botanica, USA.
- Çalışkan, O., & Polat, A.A. (2011). Phytochemical and Antioxidant Properties of Selected Fig (*Ficus carica* L.) Accessions from the Eastern Mediterranean Region of Turkey. Scientia Horticulturae, 128(4), 473–478.
- Çalışkan O. (2012). Türkiye’de Sofralık İncir Yetiştiriciliğinin Mevcut Durumu ve Geleceği, Uludağ. Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 26, Sayı 2, 71-87.
- Çalışkan, O., & Polat, A. (2012). Bazı İncir Çeşitlerinin Fitokimyasal ve Antioksidan Özelliklerinin Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 49(2): 201-207 ISSN 1018 – 8851.
- Çobanoğlu, F., Armağan, G., Kocataş, H., Şahin, B., Ertan, B., & Özen, M. (2005). Aydın İlinde İncir Üretiminin Önemi Ve Kuru İncir Üretim Faaliyetinin Ekonomik Analizi. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2(2) : 35 – 42.
- Çoksöyler, N., Özkaya, Ş., Taydaş, E.E., & Başaran, A. 1996 - 2002 Gıda Katkı-Kalıntı ve Bulaşanlarının İzlenmesi: Gıda ve Yemlerde Mikotoksin Düzeylerinin Tespiti, Tarımve Köyişleri Bakanlığı, Gıda Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Bursa.
- Demir, S.T., Özar, A.İ., Gülseri, O., Çoksöyler, N., Konca, R., Aksoy, U., Düzbastılar, M., & Sağdemir, A. (1990), Ege Bölgesinde İncirlerde Görülen Aflatoksin ve Okratoksin Oluşumu ile Önlenmesi Üzerinde Araştırmalar, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Projesi, Proje No:KKGA-B-03-F-052, Sonuç Raporu.

- Dündar D. 2008 İstanbul İlinde Satışa Sunulan Kuru İncir ve Kuru Üzümlerde Aflatoksin ve Okratoksin A Varlığı, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021 yılı dünya geneli en çok incir üretim alanı (hektar) – toplam üretim (ton) <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> 26/12/2022
- Giampieri F., Alvarez-Suarez J.M., Mazzoni L., Hernandez, T.Y., & Gasparrini M. (2014). Polyphenol-Rich Strawberry Extract Protects Human Dermal Fibroblasts against Hydrogen Peroxide Oxidative Damage and Improves Mitochondrial Functionality. *Molecules* 2014, 19, 7798-7816; doi:10.3390/molecules19067798
- Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J. M., & Battino, M. (2014). Strawberry and Human Health: Effects beyond Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(18), 3867–3876.
- Göçmez A., & Seferoğlu H.G. (2014). Sofralık ve Kurutmalık İncir Kalite Kriterleri ve Kaliteyi Etkileyen Faktörler. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 1: 98-108 TÛTAD ISSN: 2148-2306
- Groopman, J.D., & Kensler, T.W. (1988). Aflatoxin Exposure in Human Populations: Measurements and Relationship to Cancer. *CRC Critical Review in Toxicology*, 19(2), 113-145.
- Güley, Z., Uysal, H.R. & Kılıç, S. (2013). Doğal Yolla Küflendirilen Bazı Geleneksel Peynirlerde Aflatoksin M1, Aflatoksin B1 ve Aflatoksin Üreten Küflerin Varlığının Araştırılması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50 (2): 145-152.
- Gürhayta O., & Çağındı Ö. (2015). Kurutulmuş Meyvelerde Aflatoksin ve Okratoksin A Varlığının ve Sağlık Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt 12, Sayı 2, 327-338.
- Helferich W., & Winter C.K. (2000). *Gıda Toksikolojisi* (1. baskı) kitabı, Woodhead Publishing, Cambridge, UK.
- Heperkan D. (2005). Mikotoksinleri önemi ve Türkiye'deki mikotoksin çalışmaları. II. Ulusal Mikotoksin Sempozyumu Bildiri kitabı, sayfa 3-11, 23-24 Mayıs, İstanbul.
- Hoxha L., Kongoli R., & Hoxha, M. (2015). Antioxidant Activity of Some Dried Autochthonous Albanian Fig (*Ficus carica*) Cultivars. *International Journal of Crop Science and Technology* Volume 1, Issue 2.

- Hsieh, D.P.H., Wong, Z.A., Wong, J.J., Michos, C., & Ruebner, B.H. (1977). Comparative Metabolism of Aflatoxin: Mycotoxins in Human and Animal Health. Rodricks, J.V., Hesseltine, C.W., Mehlman, M.A. (Eds.), Pathotox Publishers, Inc., Park Forest South, Illinois. pp. 37-50.
- Iamanaka, B.T., Menezers, H.C., Vicente, E., Leite, R.S.F., & Taniwaki, M.H. (2007). Aflatoxigenic fungi and aflatoxins occurrence in sultanas and dried figs commercialized in Brazil. Food Control 18: 454-457.
- International Agency for Research on Cancer. IARC Toxin Risk Factors. [mono100F-23.pdf \(who.int\)](#)
- Juan, C., Zinedine, A., Moltó, J.C., Idrissi, L., & Mañes, J. (2008). Aflatoxins levels in dried fruits and nuts from Rabat- Salé area, Morocco. Food Control 19: 849-853.
- Kabak B. (2016). Aflatoxins in hazelnuts and dried figs: Occurrence and exposure assessment. Food Chemistry. 211-8,16.
- Kamiloğlu S. 2012 Güneşte Kurutmanın Sarılop Ve Bursa Siyahi İncirleri (Ficus Carica L.) Polifenoller ve İn Vitro Biyoyararlılığına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Karaca H., & Nas S. (2007). Aflatoxins, patulin and ergosterol contents of dried figs in Turkey. Food Additives & Contaminants. , 502-508, DOI: 10.1080/02652030600550739
- Karbancıoğlu Güler F. 2008 İncirde Okratoksin A ve Fumonisin Oluşumunun İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Karbancıoğlu Güler, F., & Heperkan, D. (2008). Natural occurrence of Ochratoxin A in dried figs. Analytica Chimica Acta 617: 32-36.
- Kim, J. H., Nam, S. H., Rico, C. W., & Kang, M. Y. (2012). A comparative study on the antioxidative and anti-allergic activities of fresh and aged black garlic extracts. International Journal of Food Science & Technology, 47(6), 1176–1182.
- Konak R., Kösoğlu İ., Tanı N., Kocataş H., & Yemencioğlu A. (2015). Siyah Meyveli İncir Çeşitlerinin Kurutularak Değerlendirilmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi, 21(9), 394-397.
- Lee, H. S., & Coates, G. A. (2000). Quantitative Study Of Free Sugars And Myo-Inositol In Citrus Juices By Hplc And A Literature Compilation. Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, 23(14), 2123–2141.

- Luo, X., Wang, R., Wang, L., Wang, Y., & Chen, Z. (2013). Structure elucidation and toxicity analyses of the degradation products of aflatoxin B₁ by aqueous ozone. *Food Control* 31, 331-336.
- Lutfullah, G., & Hussain, A. (2011). Studies on contamination level of aflatoxins in some dried fruits and nuts of Pakistan. *Food Control*, 22: 426- 429.
- Meçik N. 2007 Kuru İncirde Aflatoksin Varlığının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Hasdemir, M. (2022). Tarım Ürünleri Piyasaları İncir Raporu, Türkiye/Ankara, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü / TEPGE Agricultural Economics and Policy Development Institute
- Oliveira, AP., Silva, RL., Andrade, PB., Valenta~o, P., Silva, BM., & Pereira, JA. (2010). Determination of low molecular weight volatiles in *Ficus carica* using HSSPME and GC/FID. *Food Chemistry*, 121:1289–95.
- Özcan, M. (2020). Subtropik Meyveler Ders Notu, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü
- Özkaya, Ş., & Temiz A. (2003). Aflatoksinler : Kimyasal Yapıları, Toksisiteleri ve Detoksifikasyonları. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Cilt: 01 Sayı: 01 Sayfa: 1-21*.
- Polat, A. A., & Özkaya, M. (2005). Selection Studies on Fig in the Mediterranean Region of Turkey. *Pakistan Journal of Botany*, 37(3), 567.
- Reljic, Z., Zlatovic M., Radojevic A.S., Pekmezovic T., Djukanovic L., Matic M., Ercegovac M.V., Oka, J.M., Opsenica, D., & Simic, T. (2014). Is Increased Susceptibility to Balkan Endemic Nephropathy in Carriers of Common GSTA1 (*A/*B) Polymorphism Linked with the Catalytic Role of GSTA1 in Ochratoxin A Biotransformation Serbian Case Control Study and In Silico Analysis. *Toxins* 6, 2348-2362; doi:10.3390/toxins6082348
- Saafi, E.B., El Arem, A., Issaoui, M., Hammami, M., & Achour, L. (2009). Phenolic Content and Antioxidant Activity of Four Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Fruit Varieties Grown in Tunisia. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(11), 2314– 2319.
- Şenyuva, H.Z., Gilbert, J., Özcan, S., & Ülken, U. (2005). Survey for Co-Occurrence Of OchratoxinA and Aflatoxin B₁ in Dried Figs in Turkey by Using Single Laboratory Valid. *Journal of Food Protection*. *Journal of Food Protection* Volume 68, Issue 7, 1 July 2005, Pages 1512, 1515.

- Şenyuva, H.D., Gilbert, J., Samson, R.A., Özcan, S., Öztürkoğlu, Ş., & Önal, D. (2008). Occurance Of Fungi And Their Mycotoxins in İndividual Turkish Dried Figs. *World Mycotoxin Journal* 1(1): 79-86.
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2015). Measurement Of Antioxidant Activity. *Journal of Functional Foods*.
- Splittstoesser, D.F. (1987). Fruits and fruit products, in *Food and Beverage Mycology* (ed. L.R. Beuchat), 2nd edn, Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 101–28.
- Steiner, W., Brunschweiler, K., Leimbacher, E., & Schneider, R. (1993). Aflatoxin B1 and G1, Cyclopiazonic Acid, Kojik Acid and Ochratoxin A in Dried Figs Showing BGY-Fluorescence. *Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene* 84, 523–536.
- Szabo, M.R., Idit, C., Chambre D., & Lupea, X., (2007). Improved DPPH Determination for Antioxidant Activity Spectrophotometric Assay, Institute of Chemistry, Slovak Academy of Sciences DOI: 10.2478/s11696-007-0022-7
- Şanlı, Y., Yavuz, H., & Akar, F. (1990). Kuru incir örneklerinde mikotoksin kirlilikleri. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 37(2): 293-308.
- Şen,L., & Nas,S. (2010). Kuru İncir, Üzüm ve Kırmızıbiberlerde Mikotoksin Varlığı, *Akademik Gıda* 8 (3) 24-32.
- Şenyuva, H.D., Gilbert, J., Samson, R.A., Özcan, S., Öztürkoğlu, Ş., & Önal, D. (2008). Occurance of fungi and their mycotoxins in individual Turkish dried figs. *World Mycotoxin Journal* 1(1): 79-86.
- Tirzitis1 G. & Bartosz, G., (2010) Determination of antiradical and antioxidant activity: basic principles and new insights, *Laboratory of Membranoactive Compounds, Latvian Institute of Organic Synthesis, Riga, Latvia; 2Department of Molecular Biophysics, University of Łódź, 3Department of Biochemistry and Cell Biology, University of Rzeszów, Poland, Vol. 57, No. 1/2010* 139–142.
- Oruç, H. (2006). Mikotoksinler ve Tanı Yöntemleri. *Uludag Üniveristesi. Veteriner Fakültesi Dergidi* 24, 1-2-3-4: 105-110.
- Türk Standartları Enstitüsü, TS/541 Kuru İncir Standardı Yürürlük tarihi 16.05.2002, 24757, view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fresmigazete.gov.tr%2Feskiler%2F2007%2F02%2F20070219-3-2.doc&wdOrigin=BROWSELINK

Trade Map, 'Trade Indicators, Export, Product, All Country'. (Erişim Tarihi : 15/01/2023).
<https://www.trademap.org/Index.aspx>

- Varga, J., Kocsubé, S., Suri, S., Szigeti, G., Szekeres, A., Varga, M., Tóth, B., & Bartók, T. (2010). Fumonisin contamination and fumonisin producing black Asper-gilli in dried vine fruits of different origin. *International Journal of Food Microbiology*, 143: 143-149.
- Vinson, J.A. (1999). The functional food properties of figs. *Cereal Food World*, 4:82–7.
- Vinson, J., Zubik, L., Bose, P., Samman, N., & Proch, J. (2005). Dried Fuits Excellent İn Vitro and İn Vivo Antioxidants. *Journal Of The American College Of the Nutrition*. Vol.24, No.1, 44-50.
- Vinson, J., Zubik, L., Bose, P., Samman, N., & Proch, P. (2013). Dried Fruits: Excellent in Vitro and in Vivo Antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition* , 24:1, 44-50. To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/07315724.2005.10719442>
- Yashin, A., Yashin Y., Xia, X., and Nemzer, B. (2017). Antioxidant Activity of Spices and Their Impact on Human Health: A Review, *Antioxidants*, 6, 70; doi:10.3390/antiox6030070
- Yılmaz Çebi, S., & Olhan, E. (2017). Avrupa Birliği Gıda ve Yemde Hızlı Alarm Sistemi'nin Türkiye'nin Gıda Ürünleri İhracatı Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi. *Tarım Ekonomisi Dergisi Araştırma Makalesi*, Cilt:23 Sayı:1 Sayfa:133-144 DOI 10.24181/tarekoder.325641
- Zohri, A. A., & Abdel-Gawad, K. M., (1993). Survey of mycoflora and mycotoxins of some dried fruits in Egypt. *Journal of Basic Microbiology*, 33, 279- 288.