

**T.C.  
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
GIDA TEKNOLOJİSİ BİLİM DALI**

**İZMİR İLİNDE SATIŞA SUNULAN KURUTULMUŞ PATLİCAN VE  
DOLMALIK YEŞİLBİBERDE AFLATOKSİN B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> VE  
OKRATOKSİN A VARLIĞININ ARAŞTIRILMASI**

**Okan Fatih GÜRHAHTA**

**Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇAĞINDI**



**MANİSA-2015**

## TEZ ONAYI

**Okan Fatih GÜRHAHTA** tarafından hazırlanan "**İzmir İlinde Satışa Sunulan Kurutulmuş Patlıcan ve Dolmalık Yeşilbiberde Aflatoksin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> ve Okratoksin A Varlığının Araştırılması**" adlı tez çalışması 18/12/2015 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS** olarak başarı ile savunulmuştur.

**Danışman**                      **Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇAĞINDI**  
Celal Bayar Üniversitesi

**Jüri Üyesi**                      **Prof. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU**  
Celal Bayar Üniversitesi

**Jüri Üyesi**                      **Doç. Dr. Özgül ÖZDESTAN OCAK**  
Ege Üniversitesi

## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**Okan Fatih GÜRHAHTA**  
**Manisa, 2015**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER .....	I
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	III
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IV
TABLolar DİZİNİ .....	V
TEŞEKKÜR.....	VII
ÖZET.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Kurutma İşlemi.....	2
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1 Mikotoksinler .....	5
2.2 Aflatoksinler .....	5
2.3 Okratoksin A .....	7
2.4 Küflerin Üreme ve Mikotoksin Oluşturması.....	8
2.5 Yasal Limitler.....	9
2.6 Literatür Özeti .....	13
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER .....	20
3.1 Materyal.....	20
3.2 Yöntemler.....	20
3.2.1 Nem Tayini.....	20
3.2.2 Su Aktivitesi Tayini .....	20
3.2.3 pH Tayini .....	20
3.2.4 Mikotoksin Analizleri .....	21
3.2.5 Aflatoksin Analizi .....	22
3.2.6 Okratoksin A Analizi .....	25
3.2.7 İstatistiksel Değerlendirme.....	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	30
4.1 Nem, Su Aktivitesi ve pH.....	30
4.2 Aflatoksinler .....	35
4.3 Okratoksin A .....	53
5. VALİDASYON .....	61
5.1 Aflatoksin .....	61
5.1.1 Gün İçi Tekrarlanabilirlik .....	61
5.1.2 Günler Arası Tekrarlanabilirlik.....	62
5.1.3 Geri Kazanım .....	62
5.1.4 Lineerlik .....	63
5.1.5 LOD ve LOQ.....	66
5.2 Okratoksin .....	66
5.2.1 Gün İçi Tekrarlanabilirlik .....	66
5.2.2 Günler Arası Tekrarlanabilirlik.....	66
5.2.3 Geri Kazanım .....	67
5.2.4 Lineerlik .....	67

5.2.5	LOD ve LOQ.....	68
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	69
7.	KAYNAKLAR.....	71
8.	ÖZGEÇMİŞ.....	79

## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>HNO<sub>3</sub></b>	Nitrik Asit
<b>ABD</b>	Amerika Birleşik Devletleri
<b>PBS</b>	Phosphate Buffered Saline (Fosfat Tamponlu Tuz Çözeltisi)
<b>Br</b>	Brom
<b>KBr</b>	Potasyum bromür
<b>MeOH</b>	Metanol
<b>NaCl</b>	Sodyum Klorür
<b>AFB<sub>1</sub></b>	Aflatoksin B <sub>1</sub>
<b>AFB<sub>2</sub></b>	Aflatoksin B <sub>2</sub>
<b>AFG<sub>1</sub></b>	Aflatoksin G <sub>1</sub>
<b>AFG<sub>2</sub></b>	Aflatoksin G <sub>2</sub>
<b>AOAC</b>	Association of Analytical Chemists (Analitik Kimyacılar Birliği)
<b>HPLC</b>	High Pressure Liquid Chromatography (Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi)
<b>IARC</b>	The International Agency for Research on Cancer (Uluslararası Kanser Ajansı)
<b>OTA</b>	Okratoksin A
<b>LOD</b>	Limit of Detection (Tespit Limiti)
<b>LOQ</b>	Limit of Quantitative Measurement (Ölçüm Limiti)
<b>AB</b>	Avrupa Birliği

## ŞEKİLLER DİZİNİ

## Sayfa

Şekil 2.1. Aflatoksinlerin moleküler yapıları.....	6
Şekil 2.2. Okratoksin A'nın moleküler yapısı.....	7
Şekil 3.1. HPLC cihazı.....	21
Şekil 3.2. İmmunoaffinite kolon .....	23
Şekil 3.3. Türevlendirme aparatı.....	24
Şekil 4.1. Ortalama % nem değerleri .....	34
Şekil 4.2. Ortalama su aktivitesi değerleri .....	34
Şekil 4.3. Ortalama pH değerleri.....	35
Şekil 4.4. Aflatoksin G <sub>2</sub> , G <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> ve B <sub>1</sub> içeren patlıcan örneğine ait HPLC kromatogramı .....	36
Şekil 4.5. Aflatoksin standardına ait HPLC kromatogramı .....	36
Şekil 4.6. Aflatoksin G <sub>2</sub> , G <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> ve B <sub>1</sub> içeren dolmalık yeşilbiber örneğine ait HPLC kromatogramı .....	41
Şekil 4.7. Ortalama toplam aflatoksin miktarları.....	46
Şekil 4.8. Ortalama aflatoksin miktarları .....	46
Şekil 4.9. Kurutulmuş patlıcan örneklerine ait aflatoksin değerlerinin dağılım grafiği .....	49
Şekil 4.10. Kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerine ait aflatoksin değerlerinin dağılım grafiği .....	49
Şekil 4.11. Okratoksin A standardına ait HPLC kromatogramı.....	54
Şekil 4.12. Okratoksin A içeren dolmalık yeşilbiber örneğine ait HPLC kromatogramı .....	54
Şekil 5.1. Aflatoksin G <sub>2</sub> standardına ait kalibrasyon grafiği.....	63
Şekil 5.2. Aflatoksin G <sub>1</sub> standardına ait kalibrasyon grafiği.....	64
Şekil 5.3. Aflatoksin B <sub>2</sub> standardına ait kalibrasyon grafiği.....	64
Şekil 5.4. Aflatoksin B <sub>1</sub> standardına ait kalibrasyon grafiği.....	65

## TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Bazı mikotoksinlerin üretici küf türleri ve ilişkili olduğu gıdalar .....	9
Tablo 2.2. Aflatoksinler ve okratoksin A için gıdalarda bulunmasına izin verilen üst limitler .....	10
Tablo 3.1. Aflatoksin kalibrasyon eğrisi için standartların hazırlanması .....	25
Tablo 3.2. Aflatoksin kalibrasyon grafiğinin hazırlanmasında kullanılan standart konsantrasyonları.....	25
Tablo 3.3. Okratoksin A kalibrasyon eğrisi için standartların hazırlanması.....	28
Tablo 3.4. Okratoksin A kalibrasyon grafiğinin hazırlanmasında kullanılan standart konsantrasyonları.....	28
Tablo 4.1. Kurutulmuş patlıcan örneklerine ait nem, pH ve $a_w$ sonuçları .....	30
Tablo 4.2. Kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerine ait nem, pH ve $a_w$ sonuçları	32
Tablo 4.3. Kurutulmuş patlıcan örneklerine ait aflatoksin miktarları (yaş madde üzerinden) .....	37
Tablo 4.4. Kurutulmuş patlıcan örneklerine ait aflatoksin miktarları (kuru madde üzerinden) .....	38
Tablo 4.5. Kurutulmuş patlıcan örneklerine ait toplam aflatoksin miktarı .....	40
Tablo 4.6. Kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerine ait aflatoksin miktarları (yaş madde üzerinden) .....	42
Tablo 4.7. Kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerine ait aflatoksin miktarları (kuru madde üzerinden) .....	43
Tablo 4.8. Kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerine ait toplam aflatoksin miktarı .....	45
Tablo 4.9. Kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber örneklerinde tespit edilen en yüksek ve en düşük aflatoksin miktarı (yaş madde üzerinden).....	47
Tablo 4.10. Kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber örneklerinde tespit edilen en yüksek ve en düşük aflatoksin miktarı (kuru madde üzerinden).....	47
Tablo 4.11. Örneklerdeki aflatoksin kontaminasyonu .....	48
Tablo 4.12. Kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber örneklerine ait okratoksin A miktarları (yaş madde üzerinden).....	56
Tablo 4.13. Kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber örneklerine ait okratoksin A miktarları (kuru madde üzerinden).....	56
Tablo 4.14. Kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber örneklerinde tespit edilen en yüksek ve en düşük okratoksin A miktarı (yaş madde üzerinden).....	58
Tablo 4.15. Kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber örneklerinde tespit edilen en yüksek ve en düşük okratoksin A miktarı (kuru madde üzerinden).....	58
Tablo 4.16. Kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber örneklerindeki okratoksin A kontaminasyonu.....	59
Tablo 5.1. Aflatoksin analizine ait gün içi tekrarlanabilirlik sonuçları .....	61
Tablo 5.2. Aflatoksin analizine ait günler arası tekrarlanabilirlik sonuçları.....	62
Tablo 5.3. Aflatoksin analizine ait geri kazanım sonuçları.....	63
Tablo 5.4. Aflatoksin analizine ait lineerlik değerleri.....	65
Tablo 5.5. Okratoksin A analizine ait gün içi tekrarlanabilirlik sonuçları.....	66

Tablo 5.6. Okratoksin A analizine ait günler arası tekrarlanabilirlik sonuçları .....	67
Tablo 5.7. Okratoksin A analizine ait geri kazanım sonuçları .....	67
Tablo 5.8. Okratoksin A analizine ait lineerlik değerleri .....	68

## TEŞEKKÜR

Çalıőmamın her aőamasında bana destek olan, beni sabırla dinleyerek bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇAĞINDI'ya, çalıőmalarım sırasında beni maddi açıdan destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK) ve çalıőmalarımın yürütölmesi için bana maddi destekte bulunan Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine (BAP 2014/165) teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen ve hep yanımda olan annem Nevin GÜRHAFTA ve babam Süleyman GÜRHAFTA ile yardımlarından dolayı arkadaşım Tamer GÜNAY'a yürekten teşekkür ederim.

Okan Fatih GÜRHAFTA  
Manisa, 2015

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

#### İzmir İlinde Satışa Sunulan Kurutulmuş Patlıcan ve Dolmalık Yeşilbiberde Aflatoksin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> ve Okratoksin A Varlığının Araştırılması

OKAN FATİH GÜRHAHTA

Celal Bayar Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇAĞINDI

Kurutulmuş patlıcan (n=25) ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiber (n=25) İzmir/Türkiye’de yaygın şekilde tüketilmektedir. Bu çalışmada İzmir ilinde satılan kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber örneklerinin toplam aflatoksin ve okratoksin A içeriği HPLC-FLD yöntemiyle belirlenmiştir.

Bu örneklerde aflatoksin (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> ve G<sub>2</sub>) ve okratoksin A analizlerinin yanı sıra pH, su aktivitesi ve nem analizleri yapılmıştır. Kurutulmuş patlıcan örneklerinde toplam aflatoksin, aflatoksin G<sub>2</sub>, aflatoksin G<sub>1</sub>, aflatoksin B<sub>2</sub> ve aflatoksin B<sub>1</sub> ortalama olarak sırasıyla 1,35 ppb (0,82-2,58 ppb), 0,17 ppb (0,10-0,23ppb), 0,60 ppb (0,32-1,35 ppb), 0,24 ppb (0,12-0,67 ppb) ve 0,35 ppb (0,17-0,71 ppb) tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinde toplam aflatoksin, aflatoksin G<sub>2</sub>, aflatoksin G<sub>1</sub>, aflatoksin B<sub>2</sub> ve aflatoksin B<sub>1</sub> ortalama olarak sırasıyla 1,51 ppb (0,81-2,42 ppb), 0,19 ppb (0,11-0,22), 0,61 ppb (0,32-1,38 ppb), 0,26 ppb, 0,26 ppb (0,13-0,66 ppb) ve 0,40 ppb (0,18-0,91 ppb) tespit edilmiştir. Okratoksin A kurutulmuş patlıcan örneklerinde ortalama olarak 17,67 ppb (8,88-21,35 ppb) ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinde 20,53 ppb (15,38-24,70 ppb) olarak tespit edilmiştir.

Kurutulmuş patlıcan ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiber için Avrupa Komisyonu ve Türk Gıda Kodeksi’nde aflatoksin ve okratoksin A yasal yönetmeliği olmadığından, sonuçlar *Capsicum* spp. (kırmızıbiberin kurutulmuş meyveleri, tüm ve öğütülmüş halleri) için belirlenen yasal limitler dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

9 (%36) kurutulmuş patlıcan örneğinde ve 5 (%20) kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneğinde aflatoksin B<sub>1</sub> değerleri tespit limitinin (LOD=0,05 ppb) altında kalmıştır. Analiz edilen örneklerden hiçbirisi aflatoksinin yasal limit değerini (toplam aflatoksin için 10 ppb ve aflatoksin B<sub>1</sub> için 5 ppb) aşmamıştır. 25 kurutulmuş patlıcan örneğinden 20 (%80) tanesi ve 25 kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneğinden 25 (%100) tanesi okratoksin A yasal limitini (15 ppb) aşmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Aflatoksinler, HPLC-FLD, kurutulmuş dolmalık yeşilbiber, kurutulmuş patlıcan, okratoksin A

2015, 79 sayfa

## ABSTRACT

M.Sc. Thesis

### Investigation of Aflatoxins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> and Ochratoxin A in Dried Aubergine and Green Bell Pepper Sold in İzmir

OKAN FATİH GÜRHAHTA

Celal Bayar University  
Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Department of Food Engineering

Asst. Prof. Dr. Özlem ÇAĞINDI

Dried aubergine and green bell pepper are consumed largely in Izmir/Turkey. In this study, total aflatoxins and ochratoxin A content of dried aubergine (n=25) and green bell pepper (n=25) samples, sold in İzmir province, were determined by HPLC-FLD method.

In addition to aflatoxins (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> and G<sub>2</sub>) and ochratoxin A; pH, water activity and humidity analyses were performed in these samples. In dried aubergine samples, total aflatoxin, aflatoxin G<sub>2</sub>, aflatoxin G<sub>1</sub>, aflatoxin B<sub>2</sub> and aflatoxin B<sub>1</sub> were detected on average 1,35 ppb (0,82-2,58 ppb), 0,17 ppb (0,10-0,23 ppb), 0,60 ppb (0,32-1,35 ppb), 0,24 ppb (0,12-0,67 ppb) and 0,35 ppb (0,17-0,71 ppb) respectively. Moreover, in dried green bell pepper samples, total aflatoxin, aflatoxin G<sub>2</sub>, aflatoxin G<sub>1</sub>, aflatoxin B<sub>2</sub> and aflatoxin B<sub>1</sub> were detected on average 1,51 ppb (0,81-2,42 ppb), 0,19 ppb (0,11-0,22), 0,61 ppb (0,32-1,38 ppb), 0,26 ppb (0,13-0,66 ppb) and 0,40 ppb (0,18-0,91 ppb), respectively. Ochratoxin A was detected on average 17,67 ppb (8,88-21,35 ppb) in dried aubergine samples and 20,53 ppb (15,38-24,70 ppb) in dried green bell pepper samples.

The results were evaluated according to the legal limits on species of spice *Capsicum* spp. (dried fruits, whole or ground type of chillies) because of the fact that there is no legal regulation for dried aubergine and green bell pepper in terms of their aflatoxins and ochratoxin A content in Turkish Food Codex and European Commission.

Aflatoxin B<sub>1</sub> levels were below the detection limit (LOD=0,05 ppb) in 9 (%36) dried aubergine samples and in 5 (%20) dried green bell pepper samples. None of the tested samples exceeded legal aflatoxin limit (10 ppb for total aflatoxin and 5 ppb for aflatoxin B<sub>1</sub>). 20 (%80) out of 25 dried aubergine samples and 25 (%100) out of 25 dried green bell pepper samples exceeded legal limits of ochratoxin A (15 ppb).

**Keywords: Aflatoxins, dried aubergine, dried green bell pepper, HPLC-FLD, ochratoxin A,**

**2015, 79 pages**

## 1. GİRİŞ

Günümüzde sıkça karşılaştığımız ve neredeyse çoğu gıda çeşidinde çoğalabilen küfler, son yıllarda üzerinde önemle durulan bir araştırma konusu haline gelmiştir. Küfler, uygun koşulların oluşması halinde gıdalarda çoğalarak ürünün bozulmasına ve kalitesinin azalmasına neden olmakta ve dolayısıyla insan sağlığına zararlı toksik metabolitler olarak adlandırılan mikotoksinleri oluşturmaktadırlar.

Çeşitli küf türleri, insanlara ve hayvanlara toksik etki gösteren, biyokimyasal yönden aktif organik bileşikler oluşturmaktadır. Mikotoksin olarak adlandırılan bu metabolitler, ismini Yunanca'da küf anlamına gelen *mykes* sözcüğünden almıştır ve insanlarda oluşturduğu hastalıklara mikotoksikozis denilmektedir [1].

Doğada çok sayıda mikotoksin bulunması ile birlikte, farklı mikotoksinlerin insan ve hayvanlarda farklı etkilere yol açtığı görülmüştür. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC), aflatoksinler içerisinde en tehlikelisi olarak bilinen AFB<sub>1</sub>'i insanlar üzerinde karsinogenik etki gösterdiğine dair yeterli kanıt olması nedeniyle Grup 1 kapsamına almıştır. Gıdalarda varlığına sıklıkla rastlanılan okratoksin A ise insanlar için potansiyel karsinogen olması gerekçesiyle Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı tarafından Grup 2B kapsamına alınmıştır [2].

Bitkisel ve hayvansal kaynaklı tüm gıdalarda mikotoksin varlığına rastlanması muhtemeldir. Mikotoksinlerin oluşması başta ürünün nem düzeyi olmak üzere pek çok faktörden etkilenmektedir. Bitkisel kaynaklı gıda maddeleri daha tarlada mikotoksin oluşması riskine maruz kalmaktadırlar. Hasat sırasında hasat şekline bağlı olarak, hasattan sonra ise depolama esnasında yeterli özenin gösterilmemesi sebebiyle bu ürünlerde mikotoksin oluşması riski yüksektir. Hayvansal kaynaklı gıdalarda, mikotoksinler canlı dokularda birikerek onları tüketen insanoğluna geçmektedir. Bitkilerde buldukları formdan farklı olarak aflatoksin B<sub>1</sub> hayvan metabolizmasında değişime uğrayarak aflatoksin M<sub>1</sub> olarak varlığını devam ettirmektedir [3].

Küflerin çoğu toksik etki göstermekle birlikte insanlar için faydalı olanları da vardır. Yararlı etkileriyle çeşitli gıdalarda (peynir, salamura et) ve antibiyotiklerin

retiminde kullanılmaktadır. Mikotoksinler, hem hayvanlarda hem de insanlarda önemli akut ve kronik etkilere neden olabilmektedirler [4].

Gıdanın yapısına ve bileşimine bağlı olmak üzere mikotoksinler tarladan sofraya kadar her aşamada oluşabilmektedir. Hasat ncesi çevresel faktörlerin kontrol edilebilmesi pek mümkün olmadığından genellikle tahıllarda mikotoksin gelişimi görülmektedir. Küçükbaş, büyükbaş ve kanatlı hayvanların beslendiği yemlerin uygun olmayan koşullarda depolanması ile bu yemlerde mikotoksin gelişmesi söz konusu olabilmektedir. Hayvanların bu yemlerle beslenmeleri halinde toksik bileşikler hayvan dokusunda birikebilmekte ve onu tüketen biz insanlara da taşınmasına neden olmaktadır. Gerek tarladaki mahsulün kflenerek bozulması gerekse hayvanların küflü yem ile beslenmesi ülke ekonomisine dolaylı olarak zarar vermektedir.

Bu alışmada, İzmirden piyasasında insan tüketimine sunulan kurutulmuş patlıcan ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiberlerin aflatoksin ve okratoksin A açısından riskli olup olmadığının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

## **1.1 Kurutma İşlemi**

Gıdaların kurutulularak saklanması, insanların ilk çağlardan bu yana uyguladıkları geleneksel muhafaza yöntemlerinden biridir. Bu yöntem doğada kendi kendine gerçekleşmektedir. Örneğin çeşitli tahıllar ve baklagiller tarlada kendiliğinden kuruyarak dayanıklı hale gelmektedir. Muhafaza yöntemlerinden biri olan kurutmanın pek çok avantajı bulunmaktadır. Öncelikle gıdadaki mevcut su, gıdanın bozulmasına olanak vermeyecek Şekilde azaldığı için güvenilir bir muhafaza imknı sağlamaktadır. Kurutulmuş gıdalar, besin öğeleri açısından yoğunlaştırılmış bir nitelik kazanmaktadır. Kurutma, en ucuz muhafaza yöntemidir [5].

Kurutmada amaç, su aktivitesi ( $a_w$ ) değerini belli bir seviyeye düşürmek suretiyle gıdayı mikrobiyolojik ve kimyasal değişikliklere karşı dayanıklı hale getirmektir. Gıdalarda bozulmaya sebep olan birçok bakteri 0,9 ve üzeri su aktivitesi değerinde gelişebilmektedir. Bu nedenle kurutulmuş gıdalarda bakteriyel bozulma riski çok düşüktür. Su aktivitesi 0,9 ve altında iken gelişebilecek mikroorganizmalar

mayalar ve küflerdir. Genellikle 0,65 su aktivitesi değeri civarında mikrobiyal bozulma neredeyse tamamen önlenilebilmekle birlikte bu su aktivitesi değeri altında ozmofilik mayalar ve bazı küfler çok yavaş da olsa gelişebilmektedir [6, 7].

Meyve ve sebzeler, güneşte ya da yapay kurutucuda olmak üzere temel olarak iki şekilde kurutulabilmektedir. Ülkemizde bazı coğrafi bölgeler güneşte kurutmaya oldukça elverişlidir. Güneşte kurutulan gıdaların başında üzüm, kayısı ve biber gibi ürünler gelmektedir. Bazı bölgelerde iklim şartları nedeniyle bazı ürünlerin güneşte kurutulması mümkün değildir. Kurutma süresinin uzun olması çoğu zaman ürün kalitesinin düşmesiyle sonuçlansa da güneşte kurutma, yapay kurutmaya göre daha ekonomik bir yöntemdir. Ancak güneşte kurutulan bazı meyvelerin renginin yapay yollarla kurutulanlardan daha iyi olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebi kurutma başlangıcında tam olgunlaşmamış meyvelerde olgunlaşmanın devam ederek renkte bir gelişmeye neden olmasıdır. Bunların yanı sıra, güneşte kurutma yapılabilmesi için geniş alanlara ihtiyaç vardır. Ortalama 20 dönümlük bir gıda üretim alanı için yaklaşık 1 dönümlük kurutma alanına gereksinim duyulmaktadır. Güneşte kurutmanın zorluklarından birisi de hijyenik koşulların kontrol edilmesidir. Çeşitli böcek, kuş ve benzeri canlılar tarafından kurutulan gıdalara zarar verilmekte ve bunlar kirletilmektedir. Güneşte kurutulan bazı gıdalarda, solunumun bir süre daha devam etmesi ve bazen fermentasyon başlaması nedeniyle, madde kayıpları oluşmakta ve dolayısıyla randıman, yapay kurutmaya göre düşük çıkmaktadır. Yapay yolla kurutulmuş sebzelerin pişme özellikleri daha üstündür [5, 8].

Patlıcanların kurutulmasına öncelikle patlıcanların yıkanmasıyla başlanır. Yıkanan patlıcanların sap kısımları kesilerek ayrılır. Daha sonra patlıcanlar enine olarak ikiye kesilir ve her kısmın içi oyularak ayrılır. Patlıcanlar uç ve sap kısım olarak ayrıldıktan sonra iplere dizilir. Son olarak güneş gören bir yere ipinden asılarak kurumaya bırakılır. Kurutma için yaz ayları tercih edilir. İpe dizilen patlıcanların çok sıkı olmaması gereklidir. Kurutulacak patlıcanların diri, orta boyda, canlı mor renkli ve zedelenmemiş olması kurutma sonrası fiziksel özellikleri daha iyi son ürün elde edilmesi için önemlidir.

Dolmalık yeşilbiberlerin kurutulmasına başlamadan önce dolmalık yeşilbiberler yıkanır. Suyun süzülmesi beklendikten sonra sap ve tohum kısımları

ıkartılarak temizlenir. Daha sonra içi boşaltılmış dolmalık yeşilbiberler ipe dizilerek güneş gören bir yere asılır. İpe dizilen dolmalık yeşilbiberlerin canlı yeşil renkte, diri, zedelenmemiş olması kurutma sırasında ve sonrasında daha iyi kalitede kurutulmuş ürün elde edilmesine imkan verir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Mikotoksinler

Mikotoksinler bazı miselli küf türleri tarafından üretilen ikincil metabolitlerdir [9]. Başlıca üreticileri *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Fusarium* cinsi küflerdir [10, 11]. Şimdiye kadar 400'den fazla mikotoksin çeşidi tanımlanmıştır [12]. Mikotoksinler içerisinde en etkili olanı ve en yaygın olarak görüleni aflatoksinlerdir [13]. Mikotoksin üreten küfler toksijeniktir. *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Fusarium*'un bazı toksijenik türleri oldukça yaygın olup son derece ciddi sağlık problemlerine ve ekonomik problemlere yol açmaktadır. Küfler tarafından çok sayıda toksin üretilebilmesine karşın gıdalarda varlığına en çok rastlanılanlar aflatoksinler, okratoksinler, patulin, fumonisinler, zearalenon ve trikotesenlerdir [14, 15]. Bunlar insan ve hayvanlarda karsinojenik, mutajenik, teratojenik, ostrojenik ve aterojenik gibi akut ve kronik etki göstermektedir [16].

### 2.2 Aflatoksinler

Aflatoksinler, *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* tarafından üretilen mikotoksinlerdir [17, 18]. 18'den fazla aflatoksin çeşidi içerisinde aflatoksin B<sub>1</sub>(AFB<sub>1</sub>), aflatoksin B<sub>2</sub> (AFB<sub>2</sub>), aflatoksin G<sub>1</sub> (AFG<sub>1</sub>) ve aflatoksin G<sub>2</sub> (AFG<sub>2</sub>) doğal olarak üretilen 4 temel aflatoksindir [19, 20]. AFB<sub>1</sub> ve AFB<sub>2</sub> ultraviyole ışık altında mavi floresans, AFG<sub>1</sub> ve AFG<sub>2</sub> ise yeşil floresans vermektedir [21]. Aflatoksinler hayvanlarda karaciğer ve böbrek hasarına yol açmaktadır. En toksik aflatoksin, AFB<sub>1</sub>'dir. Hayvanlarda süt ve yumurta üretimi ile ağırlık kaybına yol açabilmektedir [22].

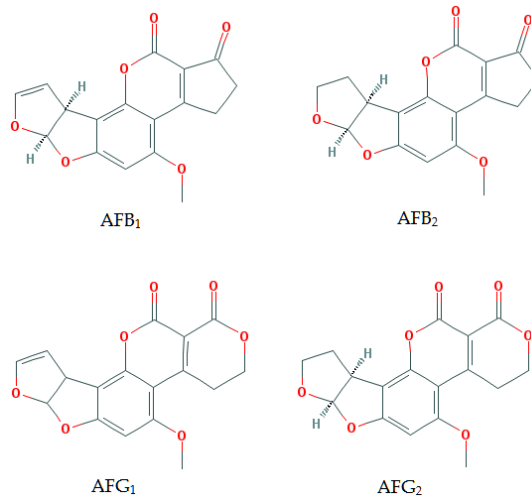
Aflatoksinin insan ve hayvan sağlığı üzerinde kanserojen, mutajen, teratojen ve bağışıklık sistemini bastırıcı etkisi vardır. Aflatoksinler oldukça istikrarlı olup kavurma, çektirme (ekstrüzyon) ve pişirme gibi ağır fiziksel işlemlere bile direnç gösterebilmektedir [17, 23]. 1960 yılında İngiltere'ye Brezilya'dan getirilen aflatoksinli yer fıstığının hindilere yem olarak verilmesi sonucu 100,000'den fazla sayıda hindi telef olmuş ve bu olay X-hastalığı (turkey-X-disease) olarak kayıtlara geçmiştir [24].

Aflatoksinler, genel olarak kurutulmuş gıdalar (kurutulmuş üzüm, incir, kayısı...) [11, 18, 25, 26], tahıl ürünleri (mısır, arpa, pirinç...) [27–29], hayvansal ürünler (süt, yumurta, hayvan eti...) [21, 30, 31] ve insan sütünde tespit edilmiştir [32].

Aflatoksinler fare, hamster, balık, ördek ve maymun gibi hayvanlar ile bunların çeşitli organlarında son derece etkili kanserojenik etki göstermektedir [17, 33]. Aflatoksinlerin etkilediği organların başında karaciğer gelmektedir [17, 22]. Uluslararası Kanser Araştırması Ajansı (IARC), temel aflatoksinlerin (AFB<sub>1</sub>, AFB<sub>2</sub>, AFG<sub>1</sub> ve AFG<sub>2</sub>) insanlar üzerinde kanserojenik etki gösterdiğine dair yeterli kanıt olması nedeniyle AFB<sub>1</sub>, AFB<sub>2</sub>, AFG<sub>1</sub> ve AFG<sub>2</sub>'yi Grup 1 kanserojenlerine dahil etmiştir [2].

Aflatoksin M<sub>1</sub> (AFM<sub>1</sub>)'in kanserojenik etkisi AFB<sub>1</sub>'in kanserojenik etkisinden yaklaşık on kat az olduğu için IARC tarafından Grup 2B'ye dahil edilmiştir [2]. Dört temel aflatoksinin oluşturdukları toksik etki gücüne göre sıralaması AFB<sub>1</sub> > AFG<sub>1</sub> > AFB<sub>2</sub> > AFG<sub>2</sub> şeklindedir [34]. Yapılan çalışmalarda aflatoksinler ile karaciğer kanseri arasında bir ilişki olduğu belirtilmektedir [23, 35, 36]. AFB<sub>1</sub> içeren yem ile beslenen hayvanların AFB<sub>1</sub>'i metabolize ederek AFM<sub>1</sub>'e dönüştürdüğü ve dolayısıyla hayvanda süt verimini düşürdüğü bildirilmiştir [37].

Dört temel aflatoksinin moleküler yapısı Şekil 2.1'de gösterilmektedir.

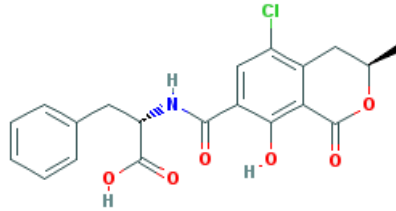


**Şekil 2.1.** Aflatoksinlerin moleküler yapıları [109–112]

### 2.3 Okratoksin A

Okratoksin A üreten temel küf cinsleri *Aspergillus* ve *Penicillium* ‘dur. OTA ilk olarak *Aspergillus ochraceus*’un ikincil metabolit ürünü olarak izole edilmişse de daha sonraları *Aspergillus* ve *Penicillium* cinslerinin alt türlerinden de izole edilmiştir [38]. OTA üreten temel küf türleri ise şunlardır: *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus carbonarius*, *Aspergillus melleus*, *Aspergillus sclerotiorum*, *Aspergillus sulphureus*, *Pichia verrucosum* [39]. OTA tahıllar, kakao çekirdeği, kurutulmuş meyveler, şarap, meyve suları, kanatlı yumurtası, hayvan sütü, balık ve yerfıstığı gibi çeşitli gıda ürünlerinde yaygın olarak tespit edilmektedir [12, 16, 33, 40, 41].

Okratoksin A, IARC tarafından “insan için olası karsinojenler” grubuna (Grup 2B) alınmıştır [2]. OTA, çeşitli hayvan türlerinde nefrotoksik, teratojenik, karsinojenik ve bağışıklık sistemini bastırıcı etki göstermektedir [2, 42, 43]. Okratoksin A’nın esas olarak olumsuz etkilediği organ böbrektir [16]. Ayrıca insan kanının serum fazında tespit edilmiştir [44–46]. İnsan kanının yanı sıra hayvan kanında, dokularında, sütünde ve insan sütünde tespit edildiği bildirilmektedir [32, 45–51]. Okratoksin A’nın moleküler yapısı Şekil 2.2’de gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Okratoksin A’nın moleküler yapısı [113]

OTA, Balkan Endemik Nefropatisi olarak bilinen öldürücü böbrek hastalığından sorumlu tutulmaktadır. 1957’de Yugoslavya, Bulgaristan ve Romanya’nın bir kısmını kapsayan bölgede gerçekleşmiştir [47, 52, 53]. OTA’nın mutajenik etkisinin, aynı mahsulde AFB<sub>1</sub> ile birlikte bulunması durumunda artabileceğini bildirilmektedir [54]. Doğada okratoksinlerin 7 farklı çeşidi bulunmaktadır [40]. Okratoksin A ve B sadece gıda ve yemlerde bulunabilen mikotoksinlerdir [55].

## 2.4 Küflerin Üreme ve Mikotoksin Oluşturması

Gıda maddelerinde, nem, pH, sıcaklık, oksijen ve karbondioksit varlığı, gıda maddesinin yapısı gibi çeşitli koşullara bağlı olarak küfler gelişip istenmeyen değişikliklere ve bozulmalara sebep verebilmektedir. Bazı küf türleri, belirli koşullarda ürünün tat ve bileşimini bozduğu gibi toksin özelliği gösteren çeşitli sekonder metabolitler de oluşturabilmektedirler. “Mikotoksin” olarak adlandırılan bu metabolitler insanlar ve hayvanlar tarafından tüketilirlerse hastalık veya ölüme neden olabilmektedirler [56, 57].

Gıdalarda bulunabilme sıklıkları ve toksik özellikleri göz önünde bulundurulduğunda en önemli mikotoksinler, aflatoksin, okratoksin A ve patulindir. Mikotoksin üreten küflerin çoğunluğu *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Fusarium* cinsine ait türlerdir. Aflotoksinler, *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* küfleri tarafından üretilmektedirler. Okratoksin A, *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus versicolor* ve *Penicillium viridicatum* küfleri tarafından üretilmektedir. Patulin ise *Penicillium expansum*, *Penicillium griseofulvum*, *Penicillium chrysogenum* ve *Aspergillus terreus* tarafından üretilmektedir [56, 58].

Başlıca aflatoksin üreticileri olan *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus*, 10-43 °C arasındaki sıcaklıklarda gelişirler, geliştikleri optimum sıcaklık ise 32-33 °C'dir. Aflatoksinler, 12-40 °C arasındaki sıcaklıklarda üretilirler. Bu küflerin gelişimleri 2,1 ile 11,2 pH değerleri arasında gerçekleşebilir, optimum pH değeri ise 3,5-8,0 arasındadır. Aflotoksinler de bu pH değerleri arasında üretilmektedir. Aflatoksin üretimi için optimum pH değeri 6,0'dır [59].

En önemli okratoksin A üreticisi olan *Aspergillus ochraceus* 8 °C ile 37 °C arasındaki sıcaklıklarda gelişmektedir. Optimum gelişme sıcaklığı 24 ile 37 °C arasındadır. Okratoksinler, 12-37 °C arasında üretilirler. Okratoksin A üretimi için gerekli optimum sıcaklık derecesi 31 °C'dir. *Aspergillus ochraceus* gelişimi için uygun pH aralığı 3-6,5 ve su aktivitesi değeri 0,95-0,99'dur. Ancak okratoksin A, 0,80 gibi düşük su aktivitesinde de üretilmektedir [59].

Patulin üreticisi olan *Penicillium expansum* psikrofil özelliktedir. *Penicillium expansum* için optimum gelişme sıcaklığı 25 °C'dir, fakat -2 ve -3 °C gibi düşük sıcaklıklarda da gelişebilmektedir. Çimlenme için minimum su aktivitesi değeri 0,82-

0,83'tür. Patulin üretimi için minimum su aktivitesi değeri ise 0,95'tir. Gıdalarda patulin sentezi için optimum pH aralığı 3-6,5'tir [60].

Tablo 2.1'de bazı mikotoksinleri üreten küf türleri ve küfler tarafından üretilen mikotoksinlerin bulunduğu gıda grupları gösterilmektedir.

**Tablo 2.1.** Bazı mikotoksinlerin üretici küf türleri ve ilişkili olduğu gıdalar [61, 62]

Mikotoksinler	Üretici Küf Türleri	Bulunabileceği Gıdalar
Aflatoksinler	<i>Aspergillus flavus</i> A. <i>parasiticus</i>	Tahıl taneleri (buğday, mısır, arpa), yer fıstığı, Antep fıstığı, fındık, kırmızıbiber, süt ve süt ürünleri, incir ve diğer bazı meyveler
Okratoksin A	<i>A. ochraceus</i> A. <i>versicolor</i> <i>Penicillium viridicatum</i> P. <i>cyclopium</i>	Tahıl taneleri (buğday, mısır, arpa), yer fıstığı, kahve çekirdeği, fındık
Patulin	<i>P. expansum</i> P. <i>griseofulvum</i> P. <i>chrysogenum</i> A. <i>terreus</i>	Meyve ve meyve ürünleri (özellikle elma ve elma suyu), tahıl taneleri
Sterigmatosistin	A. <i>nidulans</i> A. <i>versicolor</i> A. <i>amstelodami</i>	Tahıl taneleri, kahve taneleri, bazı sebzeler
Zearalenon	<i>Fusarium graminearum</i> F. <i>Tricinctam</i> F. <i>culmorum</i> F. <i>sporotrichioides</i>	Tahıl taneleri
Fumonisinler	<i>F. moniliforme</i>	Mısır

## 2.5 Yasal Limitler

Mikotoksinlerin keşfedilmesiyle birlikte gıda ürünlerinin kalitesi ile ilgili bazı kontrollere ihtiyaç duyulmaktadır. İnsanların mikotoksin kaynaklı potansiyel tehlikelerden korunması amacıyla ülkeler bazı yasal düzenlemeler gerçekleştirmiştir. Ülkemizde mikotoksinlerin belirli gıdalarda bulunabileceği üst limit değerleri 29 Aralık 2011 ve 19 Aralık 2012 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'nde belirtilmiştir [63, 64]. Ayrıca Avrupa Toplulukları Komisyonu (Commission of the European Communities) tarafından hazırlanan yasal düzenlemeler (Commission Regulation No:118/2006, No:105/2010 ve No:165/2010) ile Avrupa Birliği'ne üye ülkelerde geçerli olmak üzere mikotoksinlerin bazı gıdalarda izin verilen üst limit değerleri bulunmaktadır [65–67].

Tablo 2.2’de ülkemizde bazı gıda maddelerinde bulunmasına izin verilen aflatoksin ve okratoksin A miktarlarına ait üst limitler gösterilmektedir.

**Tablo 2.2.** Aflatoksinler ve okratoksin A için gıdalarda bulunmasına izin verilen üst limitler [63, 64]

Bölüm No	Aflatoksinler	Üst Limit (ppb)	
		AFB <sub>1</sub>	AFB <sub>1</sub> +AFB <sub>2</sub> AFB <sub>3</sub> +AFB <sub>4</sub>
2,1,1	Yerfıstığı ve diğer yağlı tohumlar <sup>(5)</sup> (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan). Rafine bitkisel yağ üretiminde kullanılan yerfıstığı ve diğer yağlı tohumlar hariç	8	15
2,1,2	Badem, Antep fıstığı ve kayısı çekirdeği (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan)	12	15
2,1,3	Fındık ve Brezilya fındığı (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan). Rafine bitkisel yağ üretiminde kullanılan fındık hariç	8	15
2,1,4	Sert kabuklu meyveler (bölüm 2,1,2 ve 2,1,3’de belirtilenler hariç) (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan)	8	15
2,1,5	Yerfıstığı, diğer yağlı tohumlar <sup>(5)</sup> ve bunların işlenmiş ürünleri (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan). Rafine edilecek bitkisel ham yağ ve rafine bitkisel yağ hariç	5	10
2,1,6	Badem, Antep fıstığı ve kayısı çekirdeği <sup>(7)</sup> (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan)	8	10
2,1,7	Fındık ve Brezilya fındığı <sup>(7)</sup> (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan)	5	10

2,1,8	Sert kabuklu meyveler ve bunların işlenmiş ürünleri (bölüm 2,1,6 ve 2,1,7'de belirtilenler hariç) (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan)	5	10
2,1,9	Kurutulmuş meyveler (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan)	8	10
2,1,10	Tahıllar, bunlardan elde edilen ürünler ve bunların işlenmiş ürünleri (bölüm 2,1,11-2,1,14 ve 2,1,16' da belirtilenler hariç)	2	4
2,1,11	Mısır ve pirinç (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan)	5	10
2,1,12	Çiğ süt <sup>(8)</sup> , ısıtılmış işlem görmüş süt, süt bazlı ürünlerin üretiminde kullanılan süt	-	-
2,1,13	Baharatın şu türleri için: kırmızıbiber, karabiber, hintceviz (muskat), zencefil, zerdeçal, bunların bir veya birkaçını içeren karışım baharat	5	10
2,1,14	Bebek ve küçük çocuk ek gıdaları <sup>(3)</sup> , <sup>(9)</sup>	0,1	-
2,1,15	Bebek formülleri ve devam formülleri <sup>(4)</sup> , <sup>(10)</sup> (bebek sütleri ve devam sütleri de dahil)	-	-
2,1,16	Bebekler için özel tıbbi amaçlı diyet gıdalar <sup>(11)</sup> , <sup>(12)</sup>	0,1	-
<b>2,2</b>	<b>Okratoksin A</b>	<b>Maksimum Limit (ppb)</b>	
2,2,1	İşlenmemiş tahıllar	5	
2,2,2	İşlenmemiş tahıldan elde edilen tüm ürünler (doğrudan insan tüketimine sunulan tahıllar ve işlenmiş tahıl ürünleri dahil) (bölüm 2,2,9 - 2,2,10 ve 2,2,13'te belirtilenler hariç)	3	
2,2,3	Kurutulmuş asma meyveleri (kuşüzümü, kuru üzüm ve çekirdeksiz üzüm)	10	
2,2,4	Kavrulmuş kahve çekirdeği ve öğütülmüş kahve (bölüm 2,2,5'te belirtilenler hariç)	5	
2,2,5	Kahve ekstraktı, çözünebilir kahve ekstraktı veya çözünebilir kahve	10	
2,2,6	Şarap ve meyve şarapları (köpüklü şarap/şampanya dahil, likör şarapları ve hacmen alkol miktarı en az %15 olan şaraplar hariç)	2	

2,2,7	Aromatize şarap, aromatize şarap bazlı içki ve aromatize şarap kokteyli <sup>(14)</sup>	2
2,2,8	Üzüm suyu, konsantreden üretilen üzüm suyu, üzüm nektarı, üzüm şırası ve konsantreden üretilen üzüm şırası <sup>(15)</sup> (doğrudan insan tüketimine sunulan)	2
2,2,9	Bebek ve küçük çocuk ek gıdaları <sup>(3)</sup> , <sup>(9)</sup>	0,5
2,2,10	Bebekler için özel tıbbi amaçlı diyet gıdalar <sup>(11)</sup> , <sup>(12)</sup>	0,5
2,2,11	Baharatın şu türleri için: kırmızıbiber, karabiber, hintceviz (muskat), zencefil, zerdeçal, bunların bir veya birkaçını içeren karışım baharat	15
2,2,12,1	Meyan kökü (bitkisel infüzyon bileşeni olarak kullanılanlar)	20
2,2,12,2	Meyan kökü ekstraktı <sup>(16)</sup> (özellikle alkolsüz içecek ve şekerleme üretiminde kullanılan)	80
2,2,13	Buğday gluteni (tüketiciye doğrudan satılmayan)	8

- : İlgili veri bulunmamaktadır.

<sup>(3)</sup> Bebek ve küçük çocuk ek gıdaları ilgili mevzuatında tanımlanan ürünleri kapsar.

<sup>(4)</sup> Maksimum limit, üretici tarafından beyan edilen kullanım talimatına göre hazırlanan veya doğrudan tüketime hazır olarak piyasaya arz edilen ürünler için geçerlidir.

<sup>(5)</sup> GTİP 1201, 1202, 1203, 1204, 1205, 1206, 1207 kapsamındaki yağlı tohumları ve GTİP 1208'den üretilen ürünler; GTİP 1207 99 kavun tohumu hariç.

<sup>(7)</sup> İşlenmiş ürünlerin tamamı veya hemen hemen tamamı bahse konu sert kabuklu meyvelerden üretiliyorsa bu sert kabuklu meyveler için belirlenen maksimum limit; işlenmiş ürünü için de kullanılır. Aksi halde 6. maddenin birinci, ikinci ve üçüncü fıkraları uygulanır.

<sup>(8)</sup> Hayvansal Gıdalar için Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliği'nde tanımlanan ürünleri kapsar. Maksimum limit; kuru madde üzerinden geçerlidir. Kuru madde, mikotoksin limitlerinin resmi kontrolü için gıdalardan numune alma, numune hazırlama ve analiz metodu kriterleri ilgili mevzuatında belirtilen şekilde hesaplanır.

<sup>(9)</sup> Maksimum limit; kuru madde üzerinden geçerlidir. Kuru madde, mikotoksin limitlerinin resmi kontrolü için gıdalardan numune alma, numune hazırlama ve analiz metodu kriterleri ilgili mevzuatında belirtilen şekilde hesaplanır.

(<sup>10</sup>) Bebek formülleri ve devam formülleri ilgili mevzuatında tanımlanan ürünleri kapsar.

(<sup>11</sup>) Özel tıbbi amaçlı diyet gıdaları ilgili mevzuatında tanımlanan ürünleri kapsar.

(<sup>12</sup>) Maksimum limit; süt ve süt ürünleri için üretici tarafından beyan edilen kullanım talimatına göre hazırlanan veya doğrudan tüketime hazır olarak piyasaya arz edilen ürünlere uygulanırken süt ve süt ürünleri dışındaki ürünler için ise kuru madde üzerinden geçerlidir. Kuru madde, mikotoksin limitlerinin resmi kontrolü için gıdalardan numune alma, numune hazırlama ve analiz kriterleri ilgili mevzuatında belirtilen şekilde hesaplanır.

(<sup>14</sup>) Aromatize şarap, aromatize şarap bazlı içki ve aromatize şarap kokteyli ilgili mevzuatında tanımlanan ürünleri kapsar. Maksimum OTA limiti; son üründeki şarap ve/veya şıra oranı hesaplanarak uygulanır.

(<sup>15</sup>) Meyve suyu ve benzeri ürünler mevzuatında tanımlanan ürünleri kapsar.

(<sup>16</sup>) Maksimum limit; 3-4 kg meyan kökünden üretilen 1 kg saf ve seyreltilmemiş ekstraktlara uygulanır.

## 2.6 Literatür Özeti

Sebze ve meyveler, içeriğindeki gerek temel besin öğelerinden gerekse fitokimyasallardan dolayı dengeli ve yeterli beslenmenin en önemli bileşenlerindedir. Yapılan araştırmalarla yeterli miktarda sebze ve meyve tüketiminin kalp ve damar hastalıkları, diyabet, kanser gibi çağımızın önemli hastalıklarına karşı koruyucu etki gösterdiği belirtilmiştir. Bununla birlikte sebze ve meyve bakımından fakir beslenmenin kanser, diyabet, obezite, kalp ve damar rahatsızlıkları gibi önemli birçok hastalığın en önemli nedenlerinden biridir [68]. Düşük meyve ve sebze tüketiminin dünyada yaklaşık % 19 mide ve bağırsak kanseri, % 31 kalp hastalığı, % 11 kalp krizine neden olmaktadır. Yalnızca yeterli miktarda sebze ve meyve tüketimiyle dünyada her yıl 2,7 milyondan fazla kişinin hayatının kurtarılacağı bildirilmektedir [69].

Bitkiler alemi içerisinde yer alan patlıcangiller (*Solanaceae*), yaklaşık 100 cins ve 2450 tür içermektedir [70]. Türkiye’de yaklaşık 12 cins ve bunlara ait 36 türü bilinmektedir [71]. Patlıcanın sağlık üzerindeki olumlu etkileri yapılan çalışmalarla ortaya koyulmuştur. Patlıcanın kalbi güçlendirdiği ve vücudun su dengesini

ayarladığı, kandaki kolesterol seviyesini düşürdüğü, kalbi koruduğu, iltihabı önlediği, ağrı kesici ve ateş düşürücü etkisinin olduğu rapor edilmiştir [71–75]. Bununla birlikte patlıcan ekstraktlarının angiogenesisi (tümör büyümesi ve metastazı için yeni kan damarlarının oluşumu) inhibe ettiği ve karaciğer hasarını önlediği literatür bulgularında yer almaktadır [76, 77]. Belirtilen faydalarına ek olarak, patlıcan kabuğu ekstraktlarının yüksek kabiliyetle süperoksit radikallerini süpürdüğü ve hidroksil radikallerinin oluşumunu engellediği ortaya konulmuştur [78].

Biber (*Capsicum*), patlıcangiller (*Solanaeae*) familyasından *Capsicum* cinsini oluşturan, Türkiye'de bol miktarda yetişen, sivri, çarliston ve dolmalık gibi çeşitleri olan bitki türlerine verilen isimdir [79]. Biber ilk defa 1494 yılında Amerika'dan Avrupa'ya getirilmiştir. Güney Amerika'da biber yetiştiriciliğinin çok eskiden beri yapılmakta olduğu bilinmektedir. Macaristan ve Balkanlar'da acı ve tatlı biber yetiştiriciliği Osmanlı İmparatorluğu zamanından beri yapılmaktadır [80]. Biberin kültürü yapılan beş türü (*Capsicum annum*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum chinense*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum pubescens*) olup, bunlar içerisinde sadece *Capsicum annum* türü ekonomik anlamda yetiştirilmektedir. Dolmalık biber de *Capsicum annum* var annum varyetesindedir [81].

Ülkemizde yaz sebzesi olan patlıcan ve dolmalık biber, mevsiminde kurutulup kışın tüketilmektedir. Bu sayede bu sebzeler kışın da muhafaza edilebilmekte ve farklı lezzetler olarak tüketicinin karşısına çıkmaktadır. Aflatoksinler çeşitli bitkisel ve hayvansal gıdalarda bulunabilmektedir ve bitkisel ürünlerde hasat öncesinde olduğu gibi hasat sonrasında da oluşabilmektedir. Aflatoksin en fazla bitkisel ürünlerde görülmektedir. Tahıllar, yağlı tohumlar, kabuklu yemişler, yer fıstığı, fındık, Antep fıstığı, badem, çam fıstığı, çeşitli cevizler arasında yer fıstığı ve mamulleri en riskli gıdalardır. Tahıllardan buğday, mısır, çavdar, arpa, yulaf, pirinç aflatoksinle bulaşık olabilir ve bunların değirmencilik ve fırıncılık ürünleri de risk taşımaktadır. Çeşitli unlar, kepek, irmik, mısır gevreği, spagetti bu kapsamda yer almaktadır. Baklagiller içerisinde soya fasulyesi öne çıkmakta ancak fasulye, bezelye, börülce, mercimekte de aflatoksin görülebilmektedir. Yağlı tohumlardan; pamuk, ayçiçeği, susam ve kolza tohumlarında sıklıkla rastlanmaktadır. Bu tohumlarda ve yağ içeriği fazla olan diğer ürünlerde daha fazla görülmesi, küflerin gelişimi için gerekli olan bağlı olmayan

suyun oranının yüksek olmasıyla açıklanmaktadır. Hammaddeye bağı olarak; fıstık ezmesi, fındık ezmesi, badem ezmesi, marzipan (badem ezmesi), persipan, yer fıstıklarından kıyılmış veya bütün halde şuruba batırılarak hazırlanan şekerlemeler risk taşımaktadır. Sorgum, darı, mısır ve çeşitli küspeler (yer fıstığı, soya, pamuk, ayçiçeği tohumu küspeleri) gibi hayvan yemleri aflatoxin ile yüksek düzeyde kontamine edilmiştir. Baharatlardan özellikle pul biber, karabiber ve kuru meyvelerden incir aflatoxin açısından önde gelen riskli ürünlerdir [82].

Erdoğan, 2004 tarafından 44 kırmızı pul biber, 26 toz kırmızıbiber ve 20 isot biber örneği, ince tabaka kromatografisi kullanarak aflatoxin kontaminasyonu yönünden incelenmiş olup 8 pul biber örneğinde (%18,2), 3 toz kırmızıbiber örneğinde (%10,7), ve isot biberi örneğinde (%5) aflatoxin (B+G) tespit edilmiştir [13].

Kurutulmuş meyvelerde aflatoxin kontaminasyonu ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmış olup [4, 25, 26, 83, 84], kurutulmuş üzüm [11, 19, 25, 26, 84, 85], kurutulmuş incir [4, 11, 25, 83, 85], hurma [4, 18, 86], kurutulmuş kayısı [23, 47, 86], kurutulmuş erik [18, 23, 47, 52], kurutulmuş dut [18] ve kurutulmuş kirazda [23] aflatoxin kontaminasyonu bildirilmiştir. Masood ve ark., 2015 21 adet kurutulmuş eriği aflatoxin kontaminasyonu açısından incelemiş ve 8 tanesinde kontaminasyon tespit etmişlerdir [85]. Kontamine olan 8 örnekten 4'ü AFB<sub>1</sub> açısından, 2'si AFB<sub>1</sub>, AFB<sub>2</sub>, AFG<sub>1</sub> ve AFG<sub>2</sub> toplamı açısından Avrupa Birliği sınır değerlerini aştığı görülmüştür. Atik, 2012 20 adet incir örneğinde toplam aflatoxin miktarını incelemiş ve örneklerde 0,2 ppb ölçüm alt sınırı dahilinde kirlilik tespit edilemediğini bildirmiştir [83].

Kuru üzüm ve kuru incirde de pek çok çalışmada aflatoxin varlığı incelenmiştir. Brezilya'da yapılan bir çalışmada, analiz edilen farklı kuru üzüm cinsleri ve kuru incir örnekleri içinde en yüksek düzeyde aflatoxin G<sub>2</sub> ile kontamine olan ürünün kuru incir olduğu belirtilmektedir. Ayrıca, 19 kuru incir örneğinin 10 adedinin (%53) 0,3 – 2,0 µg/kg aflatoxin ile kontamine olduğu, bir örneğin ise 1500 µg/kg aflatoxin B<sub>1</sub> içerdiği saptanmıştır [26].

1996-2000 yılları arasında Türkiye'nin çeşitli yerlerinden alınan kuru üzüm, kuru incir, ayçekirdeği, iç ceviz, zeytin ezmesi, mısırın ana madde olarak kullanıldığı gıdalar, bisküvi ve yaş maya olmak üzere toplam 2535 gıda maddesinin aflatoksin içerikleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda gıda örneklerinde aflatoksin bulaşması ve yasal limit aşan örnek oranı sırasıyla kuru incirde %13 ve %9,2; kuru üzümde %3,5 ve %0,9 olarak tespit edilmiştir [87].

Van de Perre ve ark., 2014 bazı küflü yaş sebzelerde okratoksin A varlığının araştırması ile ilgili yaptıkları çalışmada Belçika, İspanya, Mısır, Brezilya, Hindistan and Güney Afrika'dan 161 adet küflenmiş domates, 47 adet küflenmiş dolmalık biber, 61 adet küflenmiş soğan ve 144 adet küflenmiş domates temin etmişlerdir. Ürünlerin hiçbirisinde tespit edilebilir düzeyde okratoksin A tespit edilememiştir [88].

Hacıbekiroğlu ve Kolak, 2013 kurutulmuş patlıcan, kurutulmuş maydanoz, kurutulmuş domates, kurutulmuş bamyaya ve kurutulmuş dolmalık kırmızıbiberin de aralarında bulunduğu bazı kurutulmuş sebzelerin aflatoksin içerikleri üzerine yaptıkları çalışmada kurutulmuş patlıcan ve kurutulmuş maydanoz için toplam aflatoksin miktarı 10 µg/kg bulunurken kurutulmuş domates ve kurutulmuş bamyaya için AFB<sub>1</sub> miktarı sırasıyla 1,7 µg/kg ve 1 µg/kg olarak bulunmuştur. Kurutulmuş dolmalık kırmızıbiberde ise toplam aflatoksin miktarı 13,8 µg/kg olarak saptanmıştır [89].

Mariutti ve ark., 2009 içinde kurutulmuş domatesin de bulunduğu toplam 63 domates ürününü aflatoksin açısından incelemiş ve ürünlerin hiçbirinde tespit edilebilir limitin (ürün çeşidine ve aflatoksin tipine göre değişmekle birlikte 2-7 ppb) üzerinde aflatoksin saptamamışlardır [90].

Hell ve ark., 2009 bazı kurutulmuş sebzelerde bulunan küf türleri ve aflatoksin üretimi üzerine yaptıkları çalışmada kurutulmuş domates örneklerinde aflatoksin tespit edememiş, buna karşılık kurutulmuş bamyaya örneklerinde 5,4 ppb AFB<sub>1</sub> ve 0,6 ppb AFB<sub>2</sub> tespit ederek bu çalışmanın kurutulmuş bamyaya örneklerinde aflatoksin varlığına ilişkin ilk çalışma olduğunu bildirmişlerdir [91].

Karaaslan ve Arslanğray, 2015 yaptıkları çalışmada süpermarket, pazar ve marketlerden satın alınan toplam 42 adet toz kırmızıbiberin 12'sinde 2,5 ppb altında, 13'ünde 2,5-10 ppb arası toplam aflatoksin tespit etmişler ancak 4'ünde tespit edilebilir düzeyde aflatoksin bulamamışlardır. Ayrıca 13 örnek Avrupa Komisyonu ve Türk Gıda Kodeksi tarafından belirtilen limitlerin üzerinde çıkmıştır [92].

Norhayati ve ark., 2015 Malezya'da gerçekleştirdikleri araştırmada kırmızı acı biberi de içeren toplamda 58 baharat karışımının toplam aflatoksin ve okratoksin A içeriğini iki gruba ayırarak incelemiştir. İlk grupta 34 örneğin %85'inde aflatoksin B<sub>1</sub> ve toplam aflatoksin ayrıca %79'unda okratoksin A bulmuşlardır. Pozitif örneklerde ortalama toplam aflatoksin miktarını 1,61 ppb (0,01-9,34 ppb), ortalama aflatoksin B<sub>1</sub> miktarını 1,68 ppb (0,01-7,68 ppb) ve ortalama okratoksin A miktarını 2,21 ppb (0,14-20,40 ppb) olarak tespit etmişlerdir. İkinci grupta 24 örneğin %83'inde aflatoksin B<sub>1</sub> ve %88'inde toplam aflatoksin bulmuşlardır. Pozitif örneklerde ortalama toplam aflatoksin miktarını 8,38 ppb (0,32-31,17 ppb) ve ortalama aflatoksin B<sub>1</sub> miktarını 7,31 ppb (0,32-28,43 ppb) olarak tespit etmişlerdir. İncelenen örneklerin 15'i toplam aflatoksin ve 2'si okratoksin A için Malezya'da izin verilen limit değerinin (5 ppb) üzerinde çıkmıştır [93].

Yogendrarajah ve ark., 2014 Belçika (35 örnek) ve Sri Lanka'dan (86 örnek) temin ettikleri kurutulmuş kırmızıbiber tozlarında mikotoksin varlığı üzerine araştırma yapmışlardır. Yapılan çalışmada tespit edilen en yüksek toplam aflatoksin miktarı 687 ppb ve okratoksin A miktarı 282 ppb olarak bulunmuştur. Belçika'dan temin edilen örneklerin 11 (%31) tanesi AFB<sub>1</sub> açısından pozitif çıkmış ve bunların da 9 (%26) tanesi AB limitlerinin (5 ppb) üzerinde bulunmuştur. Sri Lanka'dan temin edilen örneklerin %77'si AFB<sub>1</sub> ve %41'i OTA açısından pozitif çıkmış ayrıca %67'si AFB<sub>1</sub> ve %44'ü OTA için belirlenen yasal limitlerin (AFB<sub>1</sub> için 5 ppb, OTA için 15 ppb) üzerinde bulunmuştur [94].

Özkan ve ark., 2015 kırmızı acı biber çekirdeklerinde aflatoksin varlığını incelemek için 180 örnek toplamış ve bunları Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında güneşte kurutmuşlardır. Örneklerin 49 (%27) tanesi AFB<sub>1</sub> ve 37 (%21) tanesi toplam aflatoksin için Türkiye'de belirlenen limitlerin üzerinde çıkmıştır [95].

Ardic ve ark., 2008 öğütülmüş kırmızıbiberlerde AFB<sub>1</sub> bulaşma düzeyini araştırmak için Şanlıurfa'dan 75 örnek toplamış ve analiz etmiştir. Örneklerin 72 (%96) tanesinde 0,11-24,7 ppb arasında değişen miktarlarda AFB<sub>1</sub> varlığına rastlamışlardır. Örneklerden 11 (%14,7) tanesi AFB<sub>1</sub> varlığı açısından Avrupa Birliği ve Türkiye'de belirtilen limitlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir [96].

Jalili ve Jinap, 2012 tarafından Malezya'da market ve açık pazarlarda satılan 80 kurutulmuş acı kırmızıbiber örneğinde aflatoksin ve okratoksin A varlığı araştırılmıştır. 52 örnekte (%65) 0,2-79,7 ppb aralığında değişmekle birlikte AFG<sub>2</sub>, AFG<sub>1</sub>, AFB<sub>2</sub> ve AFB<sub>1</sub> kontaminasyonu tespit edilmiştir. AFG<sub>2</sub>, AFG<sub>1</sub>, AFB<sub>2</sub> ve AFB<sub>1</sub> içerisinde en çok AFB<sub>1</sub>'e rastlanmıştır. Örneklerden 65'inde (%81,25) 0,2-101,2 ppb aralığında değişmekle birlikte okratoksin A kontaminasyonu tespit edilmiştir. 80 örneğin 9'u AFB<sub>1</sub> ve 21'i OTA bakımından Malezya'da geçerli limitlerin (toplam aflatoksin için 10 ppb, aflatoksin B1 ve okratoksin A için 5 ppb) üzerinde çıkmıştır. AFB<sub>1</sub> analizi yapılan örneklerin 37'si (%46,3) ve OTA analizi yapılan örneklerin 33'ü (%41,3) miktar bakımından 1 ppb'nin altında kaldığı bildirilmiştir [97].

Iqbal ve ark., 2013 Pakistan'da satılan pul kırmızıbiber ve toz kırmızıbiber örneklerinde aflatoksin ve okratoksin analizi gerçekleştirmiştir. Toplam 57 pul kırmızıbiber örneğinin 32'sinde aflatoksin tespit edilirken 25'inde okratoksin A tespit edilmiştir. Toplam 63 toz kırmızıbiber örneğinin 36'sında aflatoksin tespit edilirken 25'inde okratoksin A tespit edilmiştir. Örneklerde en yüksek toplam aflatoksin miktarı 99,3 ppb bulunurken en yüksek okratoksin A miktarı ise 54,3 ppb olarak belirlenmiştir. Pul kırmızıbiber örneklerinin 15'i AFB<sub>1</sub>, 17'si toplam aflatoksin (AFG<sub>2</sub>+AFG<sub>1</sub>+AFB<sub>2</sub>+AFB<sub>1</sub>) ve 17'si okratoksin A için belirlenen AB limit değerlerini aşmıştır. Toz kırmızıbiber örneklerinin 12'si AFB<sub>1</sub>, 24'ü toplam aflatoksin (AFG<sub>2</sub>+AFG<sub>1</sub>+AFB<sub>2</sub>+AFB<sub>1</sub>) ve 17'si okratoksin A için belirlenen AB limit değerlerini aşmıştır [98].

Set ve Erkmen, 2010'un yaptıkları çalışmada toplam 120 öğütülmüş kırmızıbiber örneği aflatoksin içeriği bakımından araştırılmıştır. İncelenen örneklerin 20'si AFB<sub>1</sub> için belirlenen AB limitlerinin (5 ppb) ve 14'ü toplam aflatoksin (AFG<sub>2</sub>+AFG<sub>1</sub>+AFB<sub>2</sub>+AFB<sub>1</sub>) için belirlenen AB limitlerinin (10 ppb) üzerinde

bulunmuştur. Örneklerin toplam aflatoksin içeriği en düşük 0,08 ppb ve en yüksek 1,95 ppb olarak belirlenirken AFB<sub>1</sub> içeriği en düşük 0,13 ppb ve en yüksek 55,90 ppb olarak belirlenmiştir [99].

O' Riordan ve Wilkinson, 2008 İrlanda'da satılan ve içlerinde toz kırmızıbiberin de bulunduğu toplam 170 baharat örneğini aflatoksin kontaminasyonu açısından analiz etmiştir. İncelenen 30 toz kırmızıbiber örneğinin 10'u aflatoksin açısından kirli bulunmuştur. Örneklerin ortalama toplam aflatoksin (AFG<sub>2</sub>+AFG<sub>1</sub>+AFB<sub>2</sub>+AFB<sub>1</sub>) miktarı 3,23 ppb, AFB<sub>1</sub> miktarı 9,05 ppb, AFB<sub>2</sub> miktarı 1,83 ppb, AFG<sub>1</sub> miktarı 0,47 ppb ve AFG<sub>2</sub> miktarı 0,36 ppb olarak ölçülmüştür. En yüksek toplam aflatoksin miktarı 27,5 ppb olarak tespit edilmiştir [100].

Romagnoli ve ark., 2007 tarafından yapılan çalışma kapsamında 11 pul biber örneği aflatoksin (AFG<sub>2</sub>+AFG<sub>1</sub>+AFB<sub>2</sub>+AFB<sub>1</sub>) açısından değerlendirilmiş ve 5 örnekte kontaminasyon tespit edilmiştir. Aflatoksin B<sub>1</sub> içeren 5 örnekten 2'si AB ve Türkiye'de belirlenmiş yasal limitin (5 ppb) üzerinde bulunmuştur. En yüksek aflatoksin B<sub>1</sub> miktarı 26,9 ppb iken en düşük aflatoksin B<sub>1</sub> miktarı 0,57 ppb olarak ölçülmüştür [101].

Aflatoksinlerin gıdalarda ve hayvan yemlerinde bulunma düzeyleri, gerek halk sağlığı, gerekse ekonomik kayıplar nedeniyle büyük önem taşımaktadır. İnsan gıdası ve hayvan yemi olarak tüketilen ürünler için her ülke kendi standartlarını belirlemiştir. Ülkemizde Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre kırmızıbiber, karabiber, hintceviz, zencefil, zerdeçal, bunların bir veya birkaçını içeren karışım baharatlar için aflatoksin B<sub>1</sub> maksimum limiti 5 ppb, aflatoksin B<sub>1</sub>+B<sub>2</sub>+G<sub>1</sub>+G<sub>2</sub> limiti 10 ppb ve okratoksin A limiti 15 ppb olarak belirlenmiştir [63, 64]. Türkiye'de söz konusu grup için geçerli limitler ile Avrupa Birliği'ne üye ülkelerde geçerli olan limitler aynıdır.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEMLER**

#### **3.1 Materyal**

Analiz numunesi olan kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber İzmir'in değişik ilçelerinden Mart 2015 döneminde satın alınmıştır. 25 adet kurutulmuş patlıcan ve 25 adet kurutulmuş dolmalık yeşilbiber olmak üzere tekerrürleriyle birlikte toplam 100 adet numune temin edilmiştir. Örnekler analiz süresine kadar (Mayıs 2015) serin ve kuru ortamda hermetik olarak depolanmıştır.

Su aktivitesi, nem, pH, aflatoksin ve okratoksin A analizlerinde öğütülmüş olan örnekler kullanılmıştır. Öğütme işlemi iplerinden ayrılan kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiberlerin karıştırıcıda (Waring, ABD) istenilen iriliğe gelene kadar yüksek hızda parçalanması suretiyle gerçekleştirilmiştir.

#### **3.2 Yöntemler**

##### **3.2.1 Nem Tayini**

Kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiberin yüksek sıcaklıklarda yanma ihtimali olması sebebiyle örneklerin nem tayini vakumlu etüvde (Nüve, EV 018, Türkiye) yapılmıştır. Analizler TS 1129 ISO 1026'da belirtildiği üzere 70 °C sıcaklık ve 3 kPa basınçta vakumlu etüvde yapılmıştır [102]. Cam vezin kaplarına 5,00 g tartılan örnekler vakumlu etüvde sabit tartım ağırlığa gelinceye kadar nemi uçurulmuştur. Analizler 3 paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

##### **3.2.2 Su Aktivitesi Tayini**

Analiz için örnekler küçük parçalara ayrıldıktan sonra nem tayin cihazının (Rotronic, Hygropalm, İsviçre) plastik haznelere uygun şekilde doldurulmuş ve analiz yapılmıştır. Analizler 3 paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

##### **3.2.3 pH Tayini**

Analiz için 5 g örnek 0,0001 hassasiyetle tartılmış, üzerine 50 mL saf su ilave edilerek 30 dakika boyunca H<sup>+</sup> iyonlarının ortama geçmesi için beklenmiştir. Süre

sonunda WTW (Inolab, pH 7110, Almanya) pH ölçer cihaz ile 3 paralel olacak şekilde ölçüm yapılmıştır.

### 3.2.4 Mikotoksin Analizleri

Aflatoksin ve okratoksin analizleri örnekleme, ekstraksiyon, temizleme (clean-up), tespit aşamalarından, aflatoksin analizleri için ayrıca türevlendirme aşamalarından oluşmaktadır. Mikotoksinlerin tespit edilmesi amacıyla floresans dedektörlü yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) cihazı (Infinity 1260, Agilent Technologies, ABD) kullanılmıştır. Mikotoksin analizleri için kullanılan HPLC cihazı Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. HPLC cihazı

Örnekler içerisinde bulunan AFB<sub>1</sub> ve AFG<sub>1</sub>'in floresans dedektörle tespit edilebilmeleri için, floresans yayınımlarının türevlendirme reaksiyonu ile güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla türevlendirme ajanı olarak brom

kullanılmaktadır. Brom, türevlendirme aparatı (Cooring Cell) vasıtasıyla elektrokimyasal olarak potasyum bromürden üretilmektedir [103].

### **3.2.5 Aflatoksin Analizi**

Aflatoksin analizleri için 999.07 sayılı AOAC yöntemi [104] esas alınmış, örneklerin özelliklerine göre bazı değişiklikler yapılmıştır [104]. Analizler 2 paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

#### **3.2.5.1 Ekstraksiyon**

Ekstraksiyon için 10 g örnek alınmış ve üzerine 2,5 g NaCl ile 100 mL MeOH:Asetonitril:Su (4:4:2; v:v:v) (HPLC saflıkta) eklenerek 3 dakika karıştırıcıda (Waring, ABD) orta hızda karıştırılmıştır. Karışım filtre kâğıdından (Whatman No:4) geçirilmiş ve bu süzüntüden 10 mL alınarak 40 mL PBS (Fosfat Tamponlu Tuz Çözeltisi) çözeltisi ile karıştırılmıştır. Elde edilen bu karışım 4000 devir/dakika hız ve 4 °C sıcaklıkta santrifüj edilmiştir. Daha sonra 1,5 µm'lik mikrofiber filtre ile süzülerek immunoaffinite kolondan geçmeye uygun hale getirilmiştir.

#### **3.2.5.2 İmmünoaffinite Kolon**

İmmünoaffinite kolonlar (Aflatest, Vicam, ABD) vakumlu bir düzeneğe yerleştirilmiş ve kolondan geçen akış debisi 2-3 mL/dk olacak şekilde toplam 10 mL süzüntü kolondan geçirilmiş ve mikotoksinlerin antikor tarafından tutulması sağlanmıştır. Örneğin hepsi kolondan geçirildikten sonra, aynı akış hızıyla kolondan 15 mL ultra saf su geçirilerek kolon yıkanmış ve daha sonra 1 dakika kolondan hava geçirilerek su damlacıklarının kolondan uzaklaştırılması sağlanmıştır. Kolondan sırasıyla 1 mL MeOH (HPLC saflıkta) ve 1 mL ultra saf su kendi akışıyla geçirilerek, aflatoksinlerin çözücü ortama geçmesi sağlanmıştır.

İmmünoaffinite kolon çalışma prensibi; mikotoksin içeren örnek ekstraktının kolondan geçirilmesi, mikotoksinlerin immünoaffinite kolonun içerdiği özel monoklonal antikora tutunması ve kolondan geçirilen çözücünün kolondaki antikor

denatüre etmesi sonucu mikotoksinlerin çözücü ortama geçmesi şeklinde işlemektedir. İmmünoaffinite kolonlar Şekil 3.2' de gösterilmiştir.



**Şekil 3.2.** İmmünoaffinite kolon

### 3.2.5.3 HPLC Sistem Koşulları

Aflatoksin analizleri için uygulanan kromatografik koşullar aşağıdaki gibidir.

HPLC sistemi:	Agilent 1260 Infinity model
Dedektör:	Floresans dedektör
Ekstinksiyon:	362 nm
Emisyon:	425 nm
Kolon:	Thermo Scientific C18 kolon (4,6 mm x 250 mm x 5 µL)
Akış hızı:	1 mL/dakika
Enjeksiyon miktarı:	100 µL
Kolon sıcaklığı:	25 °C
Türevlendirme:	Kolon sonrası elektrokimyasal hücreyle üretilmiş Br ile (Coring Cell)
Mobil faz:	Su:metanol:asetonitril (5:3:2; v:v:v) + 120 mg KBr/L + 350 µL 4 M HNO <sub>3</sub> /L

Türevlendirme işleminin yapıldığı aparat (Cooring Cell) Şekil 3.3'te gösterilmektedir.



**Şekil 3.3.** Türevlendirme aparatı

#### **3.2.5.4 Aflatoksin Tayini İçin Kalibrasyon Eğrisinin Oluşturulması**

1  $\mu\text{g/mL}$  AFB<sub>1</sub>, 0,3  $\mu\text{g/mL}$  AFB<sub>2</sub>, 1  $\mu\text{g/mL}$  AFG<sub>1</sub> ve 0,3  $\mu\text{g/mL}$  AFG<sub>2</sub> içeren 1 mL'lik standart (Spelco, Sigma-Aldrich, ABD) karışımın 10 mL'lik vialde aktarılması ve üzerine 9 mL metanol ilave edilmesiyle ikinci aşama standart elde edilmiştir. Daha sonra ikinci aşama standart kullanılarak 5 adet standart seri hazırlanmıştır. Hazırlanan standartlar için kullanılan miktarlar Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.1.** Aflatoksin kalibrasyon eğrisi için standartların hazırlanması

<b>Çalışma Standart Numarası</b>	<b>Çekilen İkinci Aşama Standart (µL)</b>	<b>İlave Edilen Metanol (µL)</b>	<b>İlave Edilen Ultra Saf Su (mL)</b>
1	40	3960	6
2	120	3880	6
3	200	3800	6
4	280	3720	6
5	360	3640	6

Hazırlanan bu standartlar cihaz tarafından analiz edilmiş ve değerler kalibrasyon eğrisinin hazırlanması için kullanılmıştır. Kalibrasyon grafiği oluşturulurken cihaza Tablo 3.2’de verilen değerler girilmiştir.

**Tablo 3.2.** Aflatoksin kalibrasyon grafiğinin hazırlanmasında kullanılan standart konsantrasyonları

<b>Standart Numarası</b>	<b>Aflatoksin B<sub>1</sub> (ng/100 µL)</b>	<b>Aflatoksin B<sub>2</sub> (ng/100 µL)</b>	<b>Aflatoksin G<sub>1</sub> (ng/100 µL)</b>	<b>Aflatoksin G<sub>2</sub> (ng/100 µL)</b>
1	0,008	0,0024	0,008	0,0024
2	0,024	0,0072	0,024	0,0072
3	0,040	0,0120	0,040	0,0120
4	0,056	0,0168	0,056	0,0168
5	0,072	0,0216	0,072	0,0216

### 3.2.6 Okratoksin A Analizi

Okratoksin A analizi 2000.03 sayılı AOAC yöntemi ile Shundo ve ark., 2009 yöntemi esas alınmış ve bazı değişiklikler yapılmıştır [105, 106]. Analizler 2 paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.6.1 Ekstraksiyon

Ekstraksiyon için 10 g örnek alınmış ve üzerine 2,5 g NaCl ile 100 mL MeOH:Asetonitril:Su (4:4:2; v:v:v) (HPLC saflıkta) eklenerek 3 dakika karıştırıcıda (Waring, ABD) orta hızda karıştırılmıştır. Karışım filtre kâğıdından (Whatman No:4) geçirilmiş ve bu süzüntüden 10 mL alınarak 40 mL PBS (Fosfat Tamponlu Tuz Çözeltisi) çözeltisi ile karıştırılmıştır. Elde edilen bu karışım 4000 devir/dakika hız ve 4 °C sıcaklıkta santrifüj edilmiştir. Daha sonra 1,5 µm'lik mikrofiber filtre ile süzülerek immunoaffinite kolondan geçmeye uygun hale getirilmiştir.

### 3.2.6.2 İmmünoaffinite Kolon

İmmünoaffinite kolonlar (Ochrates, Vicam, ABD) vakumlu bir düzeneğe yerleştirilmiş ve kolondan geçen akış debisi 2-3 mL/dk olacak şekilde toplam 10 mL süzüntü kolondan geçirilmiş ve okratoksin A'nın antikor tarafından tutulması sağlanmıştır. Örneğin hepsi kolondan geçirildikten sonra, aynı akış hızıyla kolondan 10 mL PBS çözeltisi ve ardından 10 mL ultra saf su geçirilerek kolon yıkanmıştır. Kolondan sırasıyla 1,5 mL MeOH (HPLC saflıkta) ve 1,5 mL ultra saf su kendi akışıyla geçirilerek, okratoksin A'nın çözücü ortama geçmesi sağlanmıştır.

İmmünoaffinite kolon çalışma prensibi; mikotoksin içeren örnek ekstraktının kolondan geçirilmesi, mikotoksinlerin immünoaffinite kolonun içerdiği özel monoklonal antikora tutunması ve kolondan geçirilen çözücünün kolondaki antikorunu denatüre etmesi sonucu mikotoksinlerin çözücü ortama geçmesi şeklinde işlemektedir.

### 3.2.6.3 HPLC Sistem Koşulları

Okratoksin A analizleri için uygulanan kromatografik koşullar aşağıdaki gibidir.

HPLC sistemi:	Agilent 1260 Infinity model
Dedektör:	Floresans dedektör
Ekstinksiyon:	333 nm
Emisyon:	460 nm
Kolon:	Termo Scientific C18 kolon (4,6 mm x 250 mm x 5 µL)
Akış hızı:	0,8 mL/dakika
Enjeksiyon hacmi:	100 µL
Kolon sıcaklığı:	(25 °C)
Mobil faz:	Su:asetonitril:asetik asit (99:99:2; v:v:v)

### 3.2.6.4 Okratoksin A Analizi İçin Kalibrasyon Eğrisinin Oluşturulması

Okratoksin A içeren 1 mL'lik standart karışımdan (50 µg/mL OTA) (Spelco, Sigma-Aldrich, ABD) 40 µL alınarak 10 mL'lik balon jöjeye aktarılmış ve üzerine 960 µL metanol ilave edilmesiyle ikinci aşama standart (0,2 µg/mL OTA) elde edilmiştir. Üçüncü aşama standart hazırlamak için ikinci aşama standarttan 100 µL bir balona alınarak enjeksiyon solventi (MeOH:asetikasit:su; 49:1:50; v:v:v) ile 10 mL'ye tamamlanmıştır. Daha sonra üçüncü aşama standart (0,002 µg/mL OTA) kullanılarak 5 adet standart seri hazırlanmıştır. Hazırlanan standartlar için kullanılan miktarlar Tablo 3.3'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.3.** Okratoksin A kalibrasyon eğrisi için standartların hazırlanması

<b>Çalışma Standart Numarası</b>	<b>Çekilen Üçüncü Aşama Standart Hacmi (µL)</b>	<b>İlave Edilen Enjeksiyon Solventi Hacmi (µL)</b>	<b>Enjeksiyon Hacmi (µL)</b>
1	12.5	4987.5	100
2	25	4975	100
3	125	4875	100
4	250	4750	100
5	500	4500	100

Hazırlanan bu standartlar cihaz tarafından analiz edilmiş ve değerler kalibrasyon eğrisinin hazırlanması için kullanılmıştır. Kalibrasyon grafiği oluşturulurken cihaza Tablo 3.4’te verilen değerler girilmiştir.

**Tablo 3.4.** Okratoksin A kalibrasyon grafiğinin hazırlanmasında kullanılan standart konsantrasyonları

<b>Standart Numarası</b>	<b>Okratoksin A (ng/100µL)</b>
1	0,005
2	0,010
3	0,050
4	0,100
5	0,200

### 3.2.7 İstatistiksel Değerlendirme

İzmir piyasasında satışa sunulan kurutulmuş patlıcan ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiberlerin su aktivitesi, nem, pH, aflatoksin ve okratoksin A değerleri arasındaki

farklılığın ortaya çıkarılması amacıyla SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, 2000, ABD) paket programı kullanılarak varyans analizi uygulanmıştır. Varyans analizinde örneklerde gerçekleştirilen analizler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu amaçla Duncan testi kullanılarak farklılık düzeyleri ortaya konulmuştur ( $p < 0,05$ ).

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

##### 4.1 Nem, Su Aktivitesi ve pH

Toplam 50 adet kurutulmuş patlıcan ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneğinde 2 tekerrür ve 3 paralel olacak şekilde nem, su aktivitesi ve pH analizleri yapılmış ve sonuçları Tablo 4.1 ve 4.2’de gösterilmiştir.

**Tablo 4.1.** Kurutulmuş patlıcan örneklerine ait nem, pH ve  $a_w$  sonuçları

Örnek No	% nem	$a_w$	pH
1	9,36 ± 0,19 <sup>efgh</sup>	0,47 ± 0,00 <sup>g</sup>	4,87 ± 0,00 <sup>bcdef</sup>
2	10,13 ± 0,00 <sup>cdefg</sup>	0,50 ± 0,00 <sup>f</sup>	4,80 ± 0,01 <sup>ef</sup>
3	9,38 ± 0,47 <sup>efgh</sup>	0,45 ± 0,00 <sup>ij</sup>	4,95 ± 0,06 <sup>abc</sup>
4	9,83 ± 0,09 <sup>defgh</sup>	0,46 ± 0,00 <sup>ghi</sup>	4,88 ± 0,00 <sup>bcdef</sup>
5	10,22 ± 0,31 <sup>cdef</sup>	0,46 ± 0,00 <sup>gh</sup>	4,98 ± 0,02 <sup>ab</sup>
6	8,68 ± 1,14 <sup>h</sup>	0,45 ± 0,00 <sup>hi</sup>	4,92 ± 0,04 <sup>abcde</sup>
7	9,48 ± 0,39 <sup>efgh</sup>	0,42 ± 0,00 <sup>kl</sup>	4,82 ± 0,03 <sup>ef</sup>
8	9,72 ± 0,42 <sup>defgh</sup>	0,46 ± 0,00 <sup>ghi</sup>	4,57 ± 0,01 <sup>gh</sup>
9	14,78 ± 0,49 <sup>ab</sup>	0,64 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,24 ± 0,05 <sup>i</sup>
10	10,18 ± 0,24 <sup>cdef</sup>	0,42 ± 0,00 <sup>kl</sup>	4,94 ± 0,03 <sup>abcd</sup>
11	8,85 ± 0,46 <sup>gh</sup>	0,43 ± 0,00 <sup>kl</sup>	4,84 ± 0,01 <sup>cdef</sup>
12	9,25 ± 0,46 <sup>fgh</sup>	0,43 ± 0,00 <sup>jk</sup>	4,84 ± 0,04 <sup>cdef</sup>
13	9,97 ± 0,27 <sup>cdefgh</sup>	0,40 ± 0,00 <sup>m</sup>	4,83 ± 0,03 <sup>def</sup>
14	9,73 ± 0,01 <sup>defgh</sup>	0,41 ± 0,00 <sup>lm</sup>	4,82 ± 0,02 <sup>def</sup>
15	10,19 ± 0,15 <sup>cdef</sup>	0,42 ± 0,00 <sup>lm</sup>	4,88 ± 0,03 <sup>bcdef</sup>
16	9,19 ± 0,01 <sup>fgh</sup>	0,45 ± 0,00 <sup>ij</sup>	4,78 ± 0,00 <sup>f</sup>
17	10,97 ± 0,59 <sup>cd</sup>	0,58 ± 0,00 <sup>cd</sup>	4,80 ± 0,02 <sup>ef</sup>
18	15,51 ± 0,52 <sup>a</sup>	0,61 ± 0,00 <sup>b</sup>	4,57 ± 0,01 <sup>gh</sup>
19	13,72 ± 0,13 <sup>b</sup>	0,60 ± 0,00 <sup>c</sup>	4,47 ± 0,04 <sup>h</sup>
20	11,27 ± 0,30 <sup>c</sup>	0,53 ± 0,01 <sup>e</sup>	4,64 ± 0,05 <sup>g</sup>
21	10,96 ± 0,35 <sup>cd</sup>	0,53 ± 0,01 <sup>e</sup>	4,90 ± 0,02 <sup>bcdef</sup>
22	10,00 ± 0,28 <sup>cdefgh</sup>	0,49 ± 0,01 <sup>f</sup>	4,92 ± 0,11 <sup>abcde</sup>
23	10,59 ± 0,08 <sup>cde</sup>	0,57 ± 0,01 <sup>d</sup>	4,82 ± 0,02 <sup>ef</sup>
24	9,01 ± 0,12 <sup>fgh</sup>	0,53 ± 0,01 <sup>e</sup>	5,03 ± 0,01 <sup>a</sup>
25	9,21 ± 0,12 <sup>fgh</sup>	0,53 ± 0,01 <sup>e</sup>	4,79 ± 0,00 <sup>f</sup>
Ortalama	10,41 ± 1,72	0,49 ± 0,07	4,80 ± 0,17

\*Analiz sonuçları, ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ( $p < 0,05$ ).

Kurutulmuş patlıcan örneklerine ait nem değerleri %8,68-15,51 aralığında, su aktivitesi değerleri 0,40-0,64 aralığında ve pH değerleri 4,24-5,03 aralığında değişiklik göstermektedir. TS 3883 Kurutulmuş Patlıcan Standardı'nda kurutulmuş patlıcanlar için nem değeri en çok %6 olarak tanımlanmış ancak pH ve su aktivitesine ait sınır değerler tanımlanmamıştır [107]. İlgili yasal limitler dikkate alındığında analiz edilen örneklerin tamamının (%100) nem tayini için belirtilen değerleri aştığı görülmüştür. İstatistiksel açıdan, kurutulmuş patlıcan örneklerinde analizi yapılan  $a_w$ , nem ve pH değerleri arasında anlamlı fark ( $p<0,05$ ) vardır.

Yapılan literatür taramasında kurutulmuş patlıcanda nem, pH ve su aktivitesi analizine ilişkin çalışmaya rastlanılmamıştır.

**Tablo 4.2.** Kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerine ait nem, pH ve  $a_w$  sonuçları

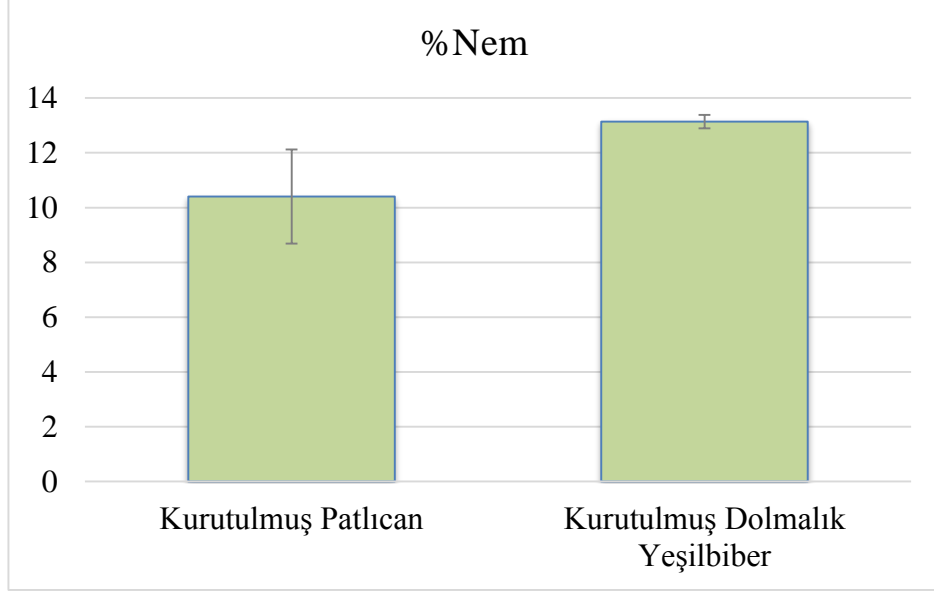
Örnek No	% nem	$a_w$	pH
1	10,98 ± 0,22 <sup>ijk</sup>	0,49 ± 0,00 <sup>f</sup>	4,69 ± 0,02 <sup>i</sup>
2	10,12 ± 0,57 <sup>ab</sup>	0,45 ± 0,00 <sup>h</sup>	5,03 ± 0,03 <sup>cde</sup>
3	12,69 ± 0,25 <sup>defgh</sup>	0,46 ± 0,02 <sup>gh</sup>	5,05 ± 0,00 <sup>cd</sup>
4	16,39 ± 0,13 <sup>a</sup>	0,50 ± 0,00 <sup>e</sup>	5,80 ± 0,18 <sup>a</sup>
5	13,11 ± 0,30 <sup>cdefg</sup>	0,48 ± 0,00 <sup>f</sup>	4,78 ± 0,04 <sup>ghi</sup>
6	10,03 ± 0,28 <sup>k</sup>	0,47 ± 0,00 <sup>g</sup>	4,95 ± 0,01 <sup>def</sup>
7	12,65 ± 0,26 <sup>defgh</sup>	0,43 ± 0,00 <sup>i</sup>	4,72 ± 0,06 <sup>hi</sup>
8	13,82 ± 0,56 <sup>bcde</sup>	0,49 ± 0,01 <sup>ef</sup>	5,01 ± 0,06 <sup>cde</sup>
9	10,29 ± 0,09 <sup>jk</sup>	0,45 ± 0,00 <sup>gh</sup>	4,81 ± 0,04 <sup>fghi</sup>
10	12,12 ± 0,16 <sup>fghi</sup>	0,47 ± 0,00 <sup>g</sup>	4,99 ± 0,09 <sup>de</sup>
11	11,54 ± 0,90 <sup>hij</sup>	0,43 ± 0,00 <sup>i</sup>	5,16 ± 0,01 <sup>c</sup>
12	16,31 ± 0,17 <sup>a</sup>	0,45 ± 0,00 <sup>gh</sup>	4,87 ± 0,01 <sup>efgh</sup>
13	17,31 ± 0,40 <sup>a</sup>	0,49 ± 0,00 <sup>ef</sup>	4,72 ± 0,01 <sup>hi</sup>
14	14,32 ± 0,08 <sup>bc</sup>	0,45 ± 0,00 <sup>gh</sup>	4,92 ± 0,03 <sup>defg</sup>
15	12,36 ± 0,76 <sup>efghi</sup>	0,46 ± 0,00 <sup>gh</sup>	4,91 ± 0,01 <sup>defg</sup>
16	11,90 ± 0,60 <sup>ghi</sup>	0,45 ± 0,01 <sup>gh</sup>	4,89 ± 0,00 <sup>defg</sup>
17	13,93 ± 0,72 <sup>bcd</sup>	0,56 ± 0,00 <sup>c</sup>	5,02 ± 0,01 <sup>cde</sup>
18	14,65 ± 0,47 <sup>b</sup>	0,62 ± 0,01 <sup>b</sup>	4,97 ± 0,02 <sup>def</sup>
19	13,65 ± 0,17 <sup>bcdef</sup>	0,51 ± 0,00 <sup>e</sup>	4,88 ± 0,06 <sup>efg</sup>
20	13,55 ± 0,43 <sup>bcdef</sup>	0,51 ± 0,01 <sup>e</sup>	5,39 ± 0,03 <sup>b</sup>
21	13,55 ± 0,31 <sup>bcdef</sup>	0,55 ± 0,00 <sup>cd</sup>	4,93 ± 0,01 <sup>defg</sup>
22	13,44 ± 0,94 <sup>bcdef</sup>	0,55 ± 0,00 <sup>cd</sup>	5,36 ± 0,05 <sup>b</sup>
23	16,87 ± 0,30 <sup>a</sup>	0,55 ± 0,00 <sup>cd</sup>	5,00 ± 0,00 <sup>cde</sup>
24	11,47 ± 0,41 <sup>hijk</sup>	0,54 ± 0,00 <sup>d</sup>	4,93 ± 0,03 <sup>defg</sup>
25	11,36 ± 0,14 <sup>hijk</sup>	0,64 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,93 ± 0,03 <sup>defg</sup>
Ortalama	13,14 ± 0,24	0,50 ± 0,00	4,99 ± 0,04

\*Analiz sonuçları, ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ( $p < 0,05$ ).

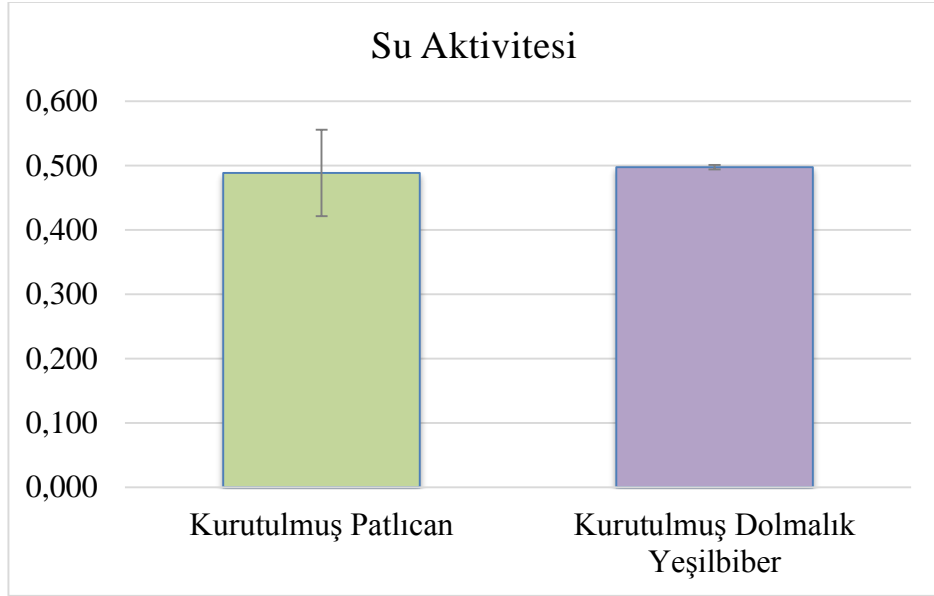
Kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerine ait nem değerleri %10,03-17,31 aralığında, su aktivitesi değerleri 0,43-0,64 aralığında ve pH değerleri 4,70-5,80 aralığında değişiklik göstermektedir. TS 3884 Kurutulmuş Biber Standardı'nda kurutulmuş dolmalık yeşilbiberler için nem değeri en çok %6 olarak tanımlanmış ancak pH ve su aktivitesine ait sınır değerler tanımlanmamıştır [108]. İlgili yasal limitler dikkate alındığında analiz edilen örneklerin tamamının (%100) nem tayini için belirtilen değerleri aştığı görülmüştür. İstatistiksel açıdan, kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinde analizi yapılan  $a_w$ , nem ve pH değerleri arasında anlamlı fark ( $p<0,05$ ) vardır.

Yapılan literatür taramasında kurutulmuş dolmalık yeşilbiberde nem, pH ve su aktivitesi analizine ilişkin çalışmaya rastlanmamıştır. Taydaş Elden, 1993 kırmızıbiberlerde nem ve su aktivitesi analizi yapmıştır. Örneklerde nem miktarının, taze kırmızıbiberlerde %71,5-79,6, kuru kırmızıbiberlerde %5-16, toz kırmızıbiberlerde % 4,5-17,5 ve pul kırmızıbiberlerde % 6,5-21,5 aralığında değiştiği saptanmıştır. Su aktivitesi değeri ise taze kırmızıbiberlerde 0,961'in altında, kuru ve toz kırmızıbiberlerde 0,684-0,720, pul kırmızıbiberlerde 0,684-0,773 aralığında saptanmıştır. Taydaş Elden, 1993'ün bulduğu nem değerleri çalışmamızdaki kurutulmuş dolmalık yeşilbiberlere ait nem değerleriyle kıyaslandığında paralellik gösterdiği, su aktivitesi analizi sonuçları kıyaslandığında ise çalışmamızdaki değerlerin diğer çalışmadaki değerlerden daha düşük çıktığı görülmüştür.

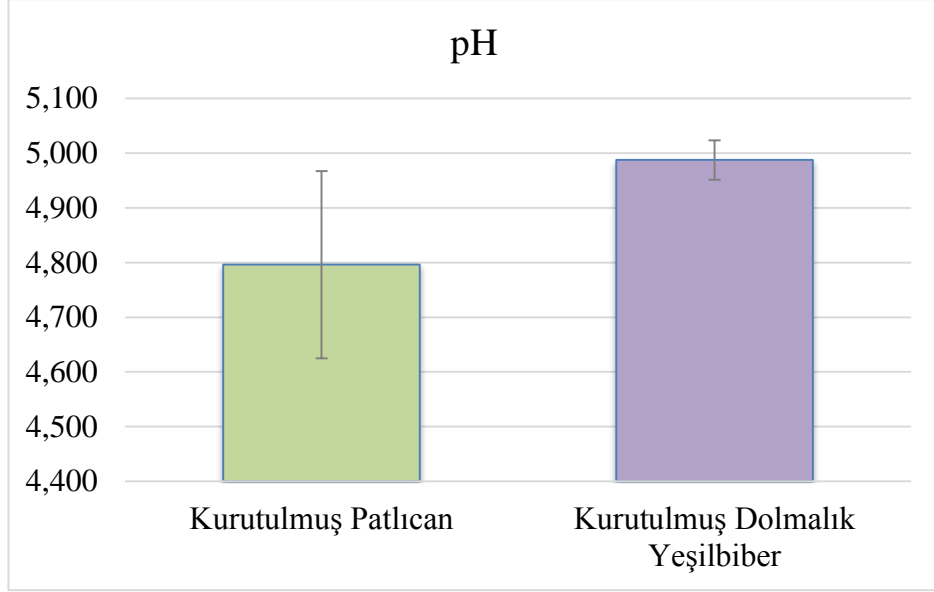
Örneklere ait ortalama % nem, su aktivitesi ve pH değerleri Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Ortalama % nem değerleri



Şekil 4.2. Ortalama su aktivitesi değerleri

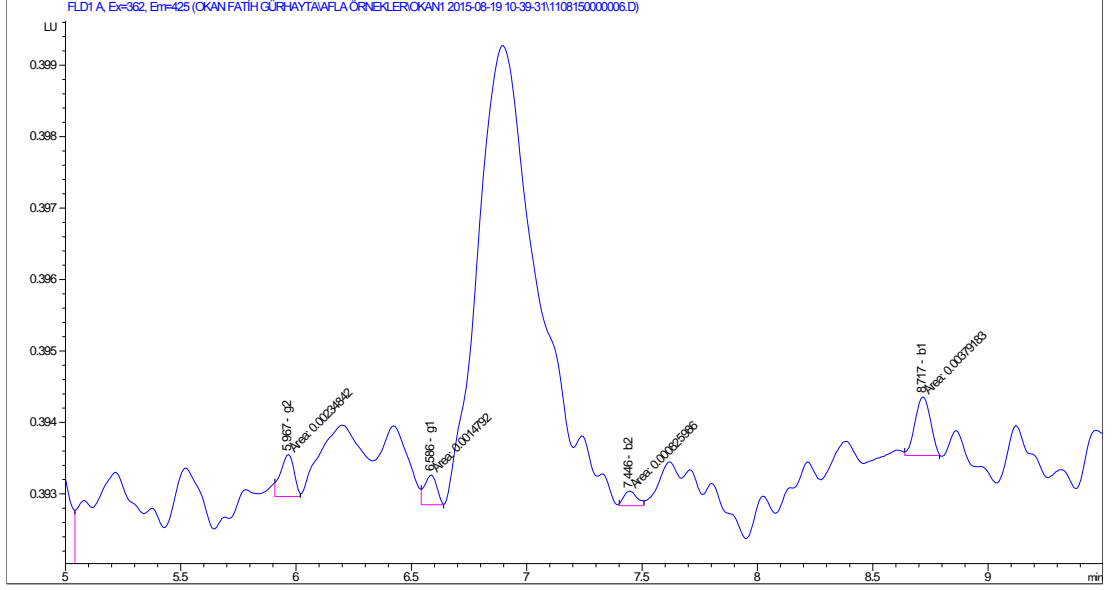


Şekil 4.3. Ortalama pH değerleri

## 4.2 Aflatoksinler

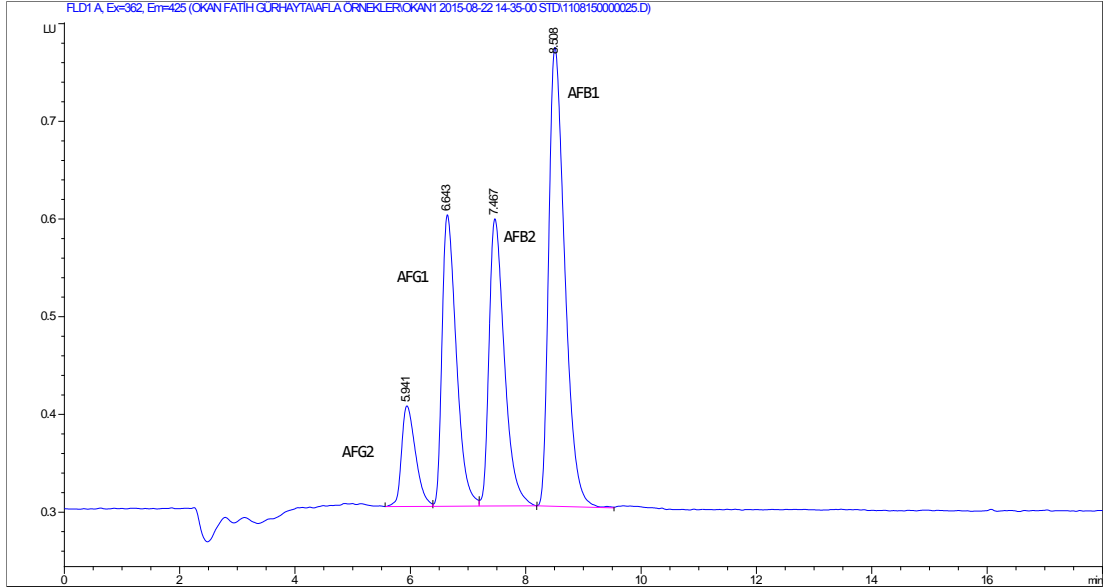
Kurutulmuş patlıcan örneklerinde tespit edilen aflatoksin miktarları Tablo 4.3'te yaş madde üzerinden ve Tablo 4.4'te kuru madde üzerinden hesaplanarak ifade edilmiştir.

Aflatoksin tespit edilen kurutulmuş patlıcan örneğine ait kromatogram Şekil 4.4'te gösterilmektedir.



**Şekil 4.4.** Aflatoksin G<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> ve B<sub>1</sub> içeren patlıcan örneğine ait HPLC kromatogramı

Kalibrasyon grafiğinin hazırlanması amacıyla cihaza verilen aflatoksin standardına ait kromatogram Şekil 4.5'te verilmiştir. Şekil 4.5'teki standart 0,056 ng/100 µL AFB<sub>1</sub> ve AFG<sub>1</sub>, 0,0168 ng/100 µL AFB<sub>2</sub> ve AFG<sub>2</sub> içermektedir.



**Şekil 4.5.** Aflatoksin standardına ait HPLC kromatogramı

**Tablo 4.3.** Kurutulmuş patlıcan örneklerine ait aflatoksin miktarları (yaş madde üzerinden)

Örnek No	AFG <sub>2</sub> (ng/g)	AFG <sub>1</sub> (ng/g)	AFB <sub>2</sub> (ng/g)	AFB <sub>1</sub> (ng/g)
1	0,15 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,43 ± 0,15 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,63 ± 0,00 <sup>a</sup>
2	0,19 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,44 ± 0,16 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,52 ± 0,11 <sup>a</sup>
3	0,14 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,78 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,63 ± 0,00 <sup>a</sup>
4	0,19 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,57 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,63 ± 0,01 <sup>a</sup>
5	0,14 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,56 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,17 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,64 ± 0,01 <sup>a</sup>
6	0,19 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,56 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,63 ± 0,00 <sup>a</sup>
7	0,14 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,29 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,63 ± 0,00 <sup>a</sup>
8	0,19 ± 0,00 <sup>a</sup>	1,22 ± 0,66 <sup>a</sup>	0,61 ± 0,38 <sup>a</sup>	0,32 ± 0,32 <sup>ab</sup>
9	0,19 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,43 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,48 ± 0,16 <sup>a</sup>
10	0,14 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,56 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,63 ± 0,00 <sup>a</sup>
11	0,05 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,42 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,17 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,31 ± 0,00 <sup>ab</sup>
12	0,10 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,43 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,17 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,47 ± 0,16 <sup>a</sup>
13	0,19 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,56 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,11 ± 0,11 <sup>a</sup>	0,16 ± 0,16 <sup>b</sup>
14	0,14 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,57 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,17 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,63 ± 0,00 <sup>a</sup>
15	0,14 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,43 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,16 ± 0,16 <sup>b</sup>
16	0,19 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,43 ± 0,15 <sup>a</sup>	0,17 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,48 ± 0,16 <sup>a</sup>
17	0,19 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,42 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,11 ± 0,00 <sup>a</sup>	< LOD
18	0,19 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,59 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	< LOD
19	0,19 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,58 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	< LOD
20	0,10 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,58 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	< LOD
21	0,10 ± 0,10 <sup>a</sup>	0,43 ± 0,15 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	< LOD
22	0,19 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,57 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	< LOD
23	0,10 ± 0,10 <sup>a</sup>	0,57 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	< LOD
24	0,18 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,57 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,11 ± 0,00 <sup>a</sup>	< LOD
25	0,15 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,44 ± 0,15 <sup>a</sup>	0,17 ± 0,06 <sup>a</sup>	< LOD
Ortalama	0,15 ± 0,04	0,54 ± 0,17	0,21 ± 0,09	0,32 ± 0,27

\*Analiz sonuçları, ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0,05).

**Tablo 4.4.** Kurutulmuş patlıcan örneklerine ait aflatoksin miktarları (kuru madde üzerinden)

Örnek No	AFG <sub>2</sub> (ng/g)	AFG <sub>1</sub> (ng/g)	AFB <sub>2</sub> (ng/g)	AFB <sub>1</sub> (ng/g)
1	0,16 ± 0,03 <sup>ab</sup>	0,48 ± 0,17 <sup>b</sup>	0,24 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,69 ± 0,00 <sup>a</sup>
2	0,21 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,49 ± 0,18 <sup>b</sup>	0,29 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,57 ± 0,12 <sup>a</sup>
3	0,15 ± 0,05 <sup>ab</sup>	0,86 ± 0,03 <sup>ab</sup>	0,24 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,70 ± 0,01 <sup>a</sup>
4	0,21 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,63 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,24 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,70 ± 0,01 <sup>a</sup>
5	0,16 ± 0,05 <sup>ab</sup>	0,63 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,18 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,71 ± 0,01 <sup>a</sup>
6	0,20 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,62 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,24 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,69 ± 0,01 <sup>a</sup>
7	0,16 ± 0,05 <sup>ab</sup>	0,32 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,70 ± 0,00 <sup>a</sup>
8	0,21 ± 0,00 <sup>a</sup>	1,35 ± 0,74 <sup>a</sup>	0,67 ± 0,43 <sup>a</sup>	0,35 ± 0,35 <sup>abc</sup>
9	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,50 ± 0,16 <sup>b</sup>	0,26 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,57 ± 0,19 <sup>a</sup>
10	0,15 ± 0,05 <sup>ab</sup>	0,63 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,70 ± 0,01 <sup>a</sup>
11	0,05 ± 0,05 <sup>b</sup>	0,46 ± 0,16 <sup>b</sup>	0,18 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,34 ± 0,00 <sup>abc</sup>
12	0,10 ± 0,00 <sup>ab</sup>	0,47 ± 0,15 <sup>b</sup>	0,18 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,52 ± 0,17 <sup>ab</sup>
13	0,21 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,63 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,12 ± 0,12 <sup>b</sup>	0,17 ± 0,00 <sup>bc</sup>
14	0,15 ± 0,05 <sup>ab</sup>	0,63 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,18 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,70 ± 0,00 <sup>a</sup>
15	0,16 ± 0,05 <sup>ab</sup>	0,47 ± 0,16 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,17 ± 0,17 <sup>bc</sup>
16	0,21 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,48 ± 0,16 <sup>b</sup>	0,18 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,53 ± 0,18 <sup>a</sup>
17	0,22 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,47 ± 0,15 <sup>b</sup>	0,13 ± 0,00 <sup>b</sup>	< LOD
18	0,23 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,69 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,26 ± 0,00 <sup>b</sup>	< LOD
19	0,22 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,67 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,26 ± 0,00 <sup>b</sup>	< LOD
20	0,10 ± 0,00 <sup>ab</sup>	0,65 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>b</sup>	< LOD
21	0,11 ± 0,11 <sup>ab</sup>	0,48 ± 0,17 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>b</sup>	< LOD
22	0,21 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,63 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>b</sup>	< LOD
23	0,10 ± 0,10 <sup>ab</sup>	0,63 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>b</sup>	< LOD
24	0,20 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,63 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,12 ± 0,00 <sup>b</sup>	< LOD
25	0,17 ± 0,05 <sup>ab</sup>	0,49 ± 0,16 <sup>b</sup>	0,18 ± 0,06 <sup>b</sup>	< LOD
Ortalama	0,17 ± 0,05	0,60 ± 0,19	0,24 ± 0,10	0,35 ± 0,30

\*Analiz sonuçları, ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0,05).

Kurutulmuş patlıcan örneklerine ait tespit edilen AFG<sub>2</sub> değerleri 0,05-0,23 ppb aralığında, AFG<sub>1</sub> değerleri 0,32-1,35 ppb aralığında, AFB<sub>2</sub> değerleri 0,12-0,67 ppb aralığında, AFB<sub>1</sub> değerleri 0,17-0,71 ppb aralığında değişiklik göstermektedir. Kurutulmuş patlıcanlarda yapılan aflatoksin analizleri sonucunda ortalama 0,17 ppb AFG<sub>2</sub>, 0,60 ppb AFG<sub>1</sub>, 0,24 ppb AFB<sub>2</sub> ve 0,35 ppb AFB<sub>1</sub> tespit edilmiştir. Kurutulmuş patlıcan örneklerine ait tespit edilen toplam aflatoksin miktarları 0,82-2,58 ppb arasında değişmekle birlikte ortalama 1,35 ppb olarak bulunmuştur. Analiz edilen örneklerin 9'u (%36) AFB<sub>1</sub> tespit limitinin altında kalmıştır. Analiz edilen örneklerin tamamı Türk Gıda Kodeksi'nde baharatlık kırmızıbiber için belirtilen limit değerlerin (toplam aflatoksin için 10 ppb ve aflatoksin B<sub>1</sub> için 5 ppb) altında kalmıştır.

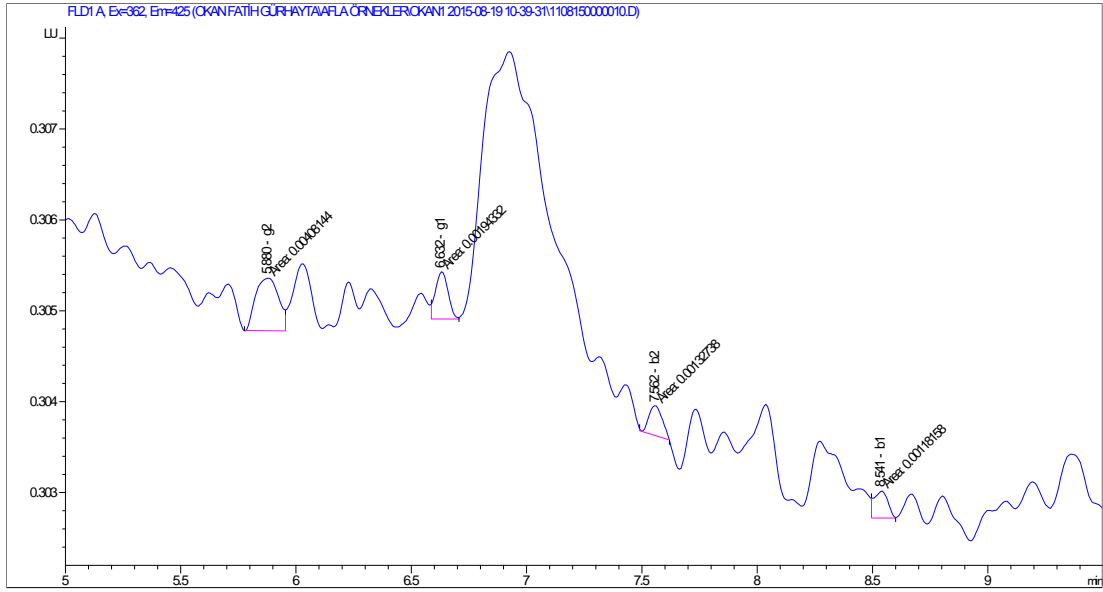
İstatistiksel açıdan, kurutulmuş patlıcan örneklerinde analizi yapılan aflatoksin değerleri arasında anlamlı fark ( $p < 0,05$ ) bulunmaktadır. Kurutulmuş patlıcan örneklerine ait toplam aflatoksin miktarları Tablo 4.5'te belirtilmiştir.

**Tablo 4.5.** Kurutulmuş patlıcan örneklerine ait toplam aflatoksin miktarı

Örnek No	Toplam aflatoksin (ng/g) yaş madde üzerinden	Toplam aflatoksin (ng/g) kuru madde üzerinden
1	1,43 ± 0,12 <sup>bcdef</sup>	1,57 ± 0,13 <sup>bcdefg</sup>
2	1,41 ± 0,24 <sup>bcdefg</sup>	1,57 ± 0,27 <sup>bcdefg</sup>
3	1,77 ± 0,07 <sup>ab</sup>	1,95 ± 0,07 <sup>ab</sup>
4	1,60 ± 0,00 <sup>bc</sup>	1,77 ± 0,01 <sup>bc</sup>
5	1,51 ± 0,01 <sup>bcde</sup>	1,68 ± 0,01 <sup>bcdef</sup>
6	1,60 ± 0,01 <sup>bc</sup>	1,75 ± 0,01 <sup>bcd</sup>
7	1,28 ± 0,04 <sup>bcdefg</sup>	1,42 ± 0,04 <sup>bcdefg</sup>
8	2,33 ± 0,73 <sup>ab</sup>	2,58 ± 0,82 <sup>a</sup>
9	1,31 ± 0,02 <sup>bcdefg</sup>	1,54 ± 0,04 <sup>bcdefg</sup>
10	1,55 ± 0,05 <sup>bcd</sup>	1,72 ± 0,06 <sup>bcde</sup>
11	0,94 ± 0,24 <sup>cdefg</sup>	1,04 ± 0,27 <sup>cdefg</sup>
12	1,15 ± 0,24 <sup>bcdefg</sup>	1,27 ± 0,26 <sup>bcdefg</sup>
13	1,02 ± 0,27 <sup>cdefg</sup>	1,13 ± 0,29 <sup>cdefg</sup>
14	1,51 ± 0,01 <sup>bcde</sup>	1,67 ± 0,01 <sup>bcde</sup>
15	0,95 ± 0,26 <sup>cdefg</sup>	1,05 ± 0,29 <sup>cdefg</sup>
16	1,27 ± 0,07 <sup>bcdefg</sup>	1,40 ± 0,08 <sup>bcdefg</sup>
17	0,73 ± 0,15 <sup>g</sup>	0,82 ± 0,16 <sup>g</sup>
18	1,00 ± 0,00 <sup>cdefg</sup>	1,18 ± 0,00 <sup>cdefg</sup>
19	0,99 ± 0,01 <sup>cdefg</sup>	1,15 ± 0,01 <sup>cdefg</sup>
20	0,89 ± 0,02 <sup>defg</sup>	1,00 ± 0,02 <sup>defg</sup>
21	0,74 ± 0,05 <sup>g</sup>	0,83 ± 0,06 <sup>g</sup>
22	0,98 ± 0,01 <sup>cdefg</sup>	1,09 ± 0,01 <sup>cdefg</sup>
23	0,88 ± 0,09 <sup>defg</sup>	0,99 ± 0,10 <sup>efg</sup>
24	0,86 ± 0,00 <sup>efg</sup>	0,95 ± 0,00 <sup>fg</sup>
25	0,76 ± 0,25 <sup>fg</sup>	0,84 ± 0,27 <sup>g</sup>
Ortalama	1,21 ± 0,33	1,35 ± 0,35

\*Analiz sonuçları, ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0,05).

Kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinde tespit edilen aflatoksin miktarları Tablo 4.6’da yaş madde üzerinden ve Tablo 4.7’de kuru madde üzerinden hesaplanarak ifade edilmiştir. Aflatoksin tespit edilen kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneğine ait kromatogram Şekil 4.6’da gösterilmektedir.



**Şekil 4.6.** Aflatoksin G<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> ve B<sub>1</sub> içeren dolmalık yeşilbiber örneğine ait HPLC kromatogramı

**Tablo 4.6.** Kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerine ait aflatoksin miktarları (yaş madde üzerinden)

Örnek No	AFG <sub>2</sub> (ng/g)	AFG <sub>1</sub> (ng/g)	AFB <sub>2</sub> (ng/g)	AFB <sub>1</sub> (ng/g)
1	0,18 ± 0,00	0,42 ± 0,14	0,22 ± 0,00	0,63 ± 0,00
2	0,18 ± 0,00	0,43 ± 0,15	0,22 ± 0,00	0,63 ± 0,00
3	0,19 ± 0,00	0,45 ± 0,14	0,22 ± 0,00	0,64 ± 0,00
4	0,18 ± 0,00	0,42 ± 0,14	0,22 ± 0,00	0,47 ± 0,16
5	0,18 ± 0,00	0,28 ± 0,28	0,19 ± 0,03	0,32 ± 0,00
6	0,18 ± 0,01	0,59 ± 0,02	0,22 ± 0,00	0,63 ± 0,00
7	0,18 ± 0,01	0,56 ± 0,00	0,22 ± 0,00	0,63 ± 0,01
8	0,18 ± 0,00	1,19 ± 0,62	0,57 ± 0,34	0,16 ± 0,16
9	0,18 ± 0,00	0,43 ± 0,15	0,17 ± 0,06	0,64 ± 0,00
10	0,19 ± 0,00	0,58 ± 0,01	0,22 ± 0,00	0,48 ± 0,16
11	0,18 ± 0,00	0,56 ± 0,00	0,22 ± 0,00	0,47 ± 0,15
12	0,14 ± 0,05	0,57 ± 0,00	0,20 ± 0,06	0,47 ± 0,16
13	0,14 ± 0,05	0,57 ± 0,01	0,17 ± 0,06	0,16 ± 0,16
14	0,14 ± 0,05	0,57 ± 0,00	0,22 ± 0,00	0,32 ± 0,00
15	0,15 ± 0,05	0,58 ± 0,01	0,22 ± 0,00	< LOD
16	0,18 ± 0,00	0,57 ± 0,01	0,31 ± 0,09	0,17 ± 0,17
17	0,18 ± 0,00	0,57 ± 0,00	0,17 ± 0,06	0,7 ± 0,70
18	0,14 ± 0,05	0,57 ± 0,00	0,16 ± 0,05	0,77 ± 0,77
19	0,14 ± 0,05	0,42 ± 0,14	0,17 ± 0,05	0,16 ± 0,16
20	0,19 ± 0,01	0,29 ± 0,00	0,22 ± 0,00	< LOD
21	0,19 ± 0,01	0,57 ± 0,00	0,22 ± 0,00	0,18 ± 0,18
22	0,10 ± 0,00	0,57 ± 0,01	0,22 ± 0,00	< LOD
23	0,10 ± 0,09	0,43 ± 0,14	0,31 ± 0,09	0,05 ± 0,05
24	0,19 ± 0,00	0,58 ± 0,00	0,22 ± 0,00	< LOD
25	0,19 ± 0,01	0,58 ± 0,00	0,22 ± 0,00	< LOD
Ortalama	0,17 ± 0,03	0,53 ± 0,16	0,23 ± 0,08	0,35 ± 0,26

\*Analiz sonuçları, ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0,05).

**Tablo 4.7.** Kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerine ait aflatoksin miktarları (kuru madde üzerinden)

Örnek No	AFG <sub>2</sub> (ng/g)	AFG <sub>1</sub> (ng/g)	AFB <sub>2</sub> (ng/g)	AFB <sub>1</sub> (ng/g)
1	0,21 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,47 ± 0,16 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,70 ± 0,00 <sup>a</sup>
2	0,20 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,48 ± 0,17 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,70 ± 0,01 <sup>a</sup>
3	0,21 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,51 ± 0,17 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,73 ± 0,00 <sup>a</sup>
4	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,50 ± 0,17 <sup>b</sup>	0,26 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,56 ± 0,19 <sup>a</sup>
5	0,21 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,32 ± 0,32 <sup>b</sup>	0,22 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,36 ± 0,00 <sup>a</sup>
6	0,20 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,66 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,70 ± 0,00 <sup>a</sup>
7	0,21 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,64 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,72 ± 0,00 <sup>a</sup>
8	0,21 ± 0,00 <sup>a</sup>	1,38 ± 0,70 <sup>a</sup>	0,66 ± 0,39 <sup>a</sup>	0,18 ± 0,18 <sup>a</sup>
9	0,20 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,48 ± 0,16 <sup>b</sup>	0,18 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,71 ± 0,00 <sup>a</sup>
10	0,22 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,66 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,54 ± 0,18 <sup>a</sup>
11	0,20 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,64 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,53 ± 0,17 <sup>a</sup>
12	0,16 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,68 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,23 ± 0,13 <sup>b</sup>	0,56 ± 0,19 <sup>a</sup>
13	0,17 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,69 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,20 ± 0,07 <sup>b</sup>	0,19 ± 0,19 <sup>a</sup>
14	0,17 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,67 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,26 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,37 ± 0,00 <sup>a</sup>
15	0,17 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,66 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,26 ± 0,00 <sup>b</sup>	< LOD
16	0,21 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,65 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,35 ± 0,10 <sup>b</sup>	0,19 ± 0,19 <sup>a</sup>
17	0,21 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,66 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,19 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,80 ± 0,80 <sup>a</sup>
18	0,17 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,67 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,19 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,91 ± 0,91 <sup>a</sup>
19	0,17 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,49 ± 0,16 <sup>b</sup>	0,19 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,19 ± 0,19 <sup>a</sup>
20	0,22 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,33 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,26 ± 0,00 <sup>b</sup>	< LOD
21	0,22 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,65 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,26 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,20 ± 0,20 <sup>a</sup>
22	0,11 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,66 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>b</sup>	< LOD
23	0,11 ± 0,11 <sup>a</sup>	0,52 ± 0,17 <sup>b</sup>	0,37 ± 0,11 <sup>b</sup>	< LOD
24	0,22 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,65 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>b</sup>	< LOD
25	0,22 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,65 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,00 <sup>b</sup>	< LOD
Ortalama	0,19 ± 0,03	0,61 ± 0,19	0,26 ± 0,09	0,40 ± 0,30

\*Analiz sonuçları, ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0,05).

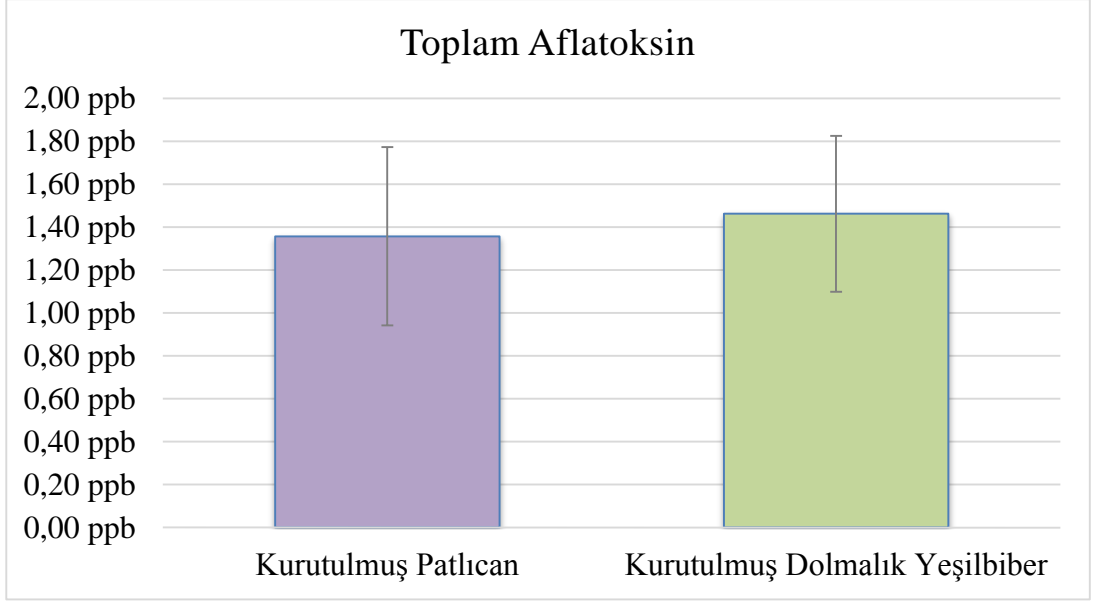
Kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerine ait tespit edilen AFG<sub>2</sub> değerleri 0,11-0,22 ppb aralığında, AFG<sub>1</sub> değerleri 0,32-1,38 ppb aralığında, AFB<sub>2</sub> değerleri 0,13-0,66 ppb aralığında, AFB<sub>1</sub> değerleri 0,18-0,91 ppb aralığında değişiklik göstermektedir. Kurutulmuş dolmalık yeşilbiberlerde yapılan aflatoksin analizleri sonucunda ortalama 0,19 ppb AFG<sub>2</sub>, 0,61 ppb AFG<sub>1</sub>, 0,26 ppb AFB<sub>2</sub> ve 0,40 ppb AFB<sub>1</sub> tespit edilmiştir. Kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerine ait tespit edilen toplam aflatoksin miktarları 0,81-2,42 ppb arasında değişmekle birlikte ortalama 1,51 ppb olarak bulunmuştur. Analiz edilen örneklerin 5'i (%20) AFB<sub>1</sub> tespit limitinin altında kalmıştır. Analiz edilen örneklerin tamamı Türk Gıda Kodeksi'nde baharatlık kırmızıbiber için belirtilen limit değerlerin (toplam aflatoksin için 10 ppb ve aflatoksin B<sub>1</sub> için 5 ppb) altında kalmıştır.

İstatistiksel açıdan, kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinde analizi yapılan AFG<sub>1</sub> ve AFB<sub>2</sub> değerleri arasında anlamlı fark ( $p < 0,05$ ) bulunmaktadır. Kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinde tespit edilen toplam aflatoksin miktarları Tablo 4.8 ve Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.8.** Kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerine ait toplam aflatoksin miktarı

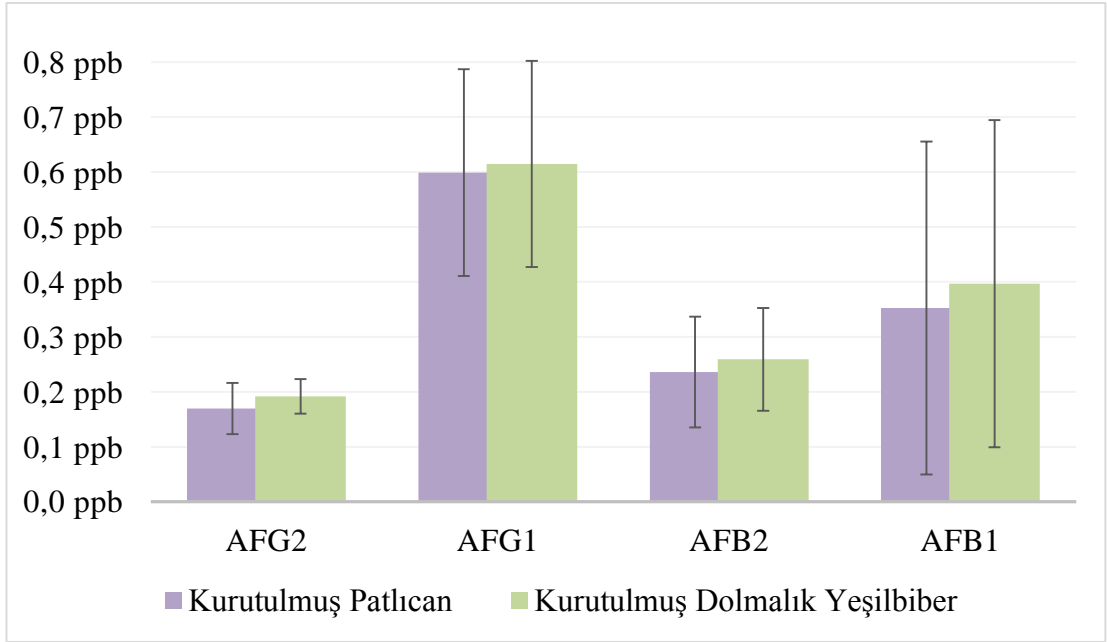
Örnek No	Toplam aflatoksin (ng/g) yaş madde üzerinden	Toplam aflatoksin (ng/g) kuru madde üzerinden
1	1,45 ± 0,14 <sup>ab</sup>	1,63 ± 0,15 <sup>ab</sup>
2	1,46 ± 0,15 <sup>ab</sup>	1,63 ± 0,15 <sup>ab</sup>
3	1,49 ± 0,14 <sup>ab</sup>	1,71 ± 0,17 <sup>ab</sup>
4	1,29 ± 0,29 <sup>ab</sup>	1,54 ± 0,35 <sup>ab</sup>
5	0,97 ± 0,31 <sup>b</sup>	1,11 ± 0,36 <sup>ab</sup>
6	1,62 ± 0,02 <sup>ab</sup>	1,80 ± 0,02 <sup>ab</sup>
7	1,60 ± 0,00 <sup>ab</sup>	1,83 ± 0,01 <sup>ab</sup>
8	2,10 ± 0,80 <sup>a</sup>	2,42 ± 0,91 <sup>a</sup>
9	1,42 ± 0,20 <sup>ab</sup>	1,58 ± 0,22 <sup>ab</sup>
10	1,46 ± 0,17 <sup>ab</sup>	1,66 ± 0,19 <sup>ab</sup>
11	1,43 ± 0,15 <sup>ab</sup>	1,62 ± 0,15 <sup>ab</sup>
12	1,28 ± 0,10 <sup>ab</sup>	1,53 ± 0,11 <sup>ab</sup>
13	1,04 ± 0,27 <sup>ab</sup>	1,25 ± 0,32 <sup>ab</sup>
14	1,25 ± 0,04 <sup>ab</sup>	1,46 ± 0,05 <sup>ab</sup>
15	0,95 ± 0,04 <sup>b</sup>	1,08 ± 0,04 <sup>b</sup>
16	1,23 ± 0,26 <sup>ab</sup>	1,39 ± 0,30 <sup>ab</sup>
17	1,62 ± 0,76 <sup>ab</sup>	1,87 ± 0,86 <sup>ab</sup>
18	1,64 ± 0,88 <sup>ab</sup>	1,93 ± 1,04 <sup>ab</sup>
19	0,89 ± 0,20 <sup>b</sup>	1,03 ± 0,23 <sup>b</sup>
20	0,70 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,81 ± 0,01 <sup>b</sup>
21	1,15 ± 0,18 <sup>ab</sup>	1,33 ± 0,21 <sup>ab</sup>
22	0,88 ± 0,01 <sup>b</sup>	1,02 ± 0,00 <sup>b</sup>
23	0,89 ± 0,09 <sup>b</sup>	1,07 ± 0,11 <sup>b</sup>
24	0,99 ± 0,01 <sup>ab</sup>	1,12 ± 0,01 <sup>b</sup>
25	0,99 ± 0,01 <sup>ab</sup>	1,11 ± 0,01 <sup>b</sup>
Ortalama	1,31 ± 0,50	1,51 ± 0,57

\*Analiz sonuçları, ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0,05).



**Şekil 4.7.** Ortalama toplam aflatoksin miktarları

Örneklere ait ortalama aflatoksin miktarları Şekil 4.8’de verilmiştir.



**Şekil 4.8.** Ortalama aflatoksin miktarları

AFB<sub>1</sub> değerleri, 25 adet kurutulmuş patlıcan örneğinin 9'unda ve 25 adet kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneğinin 5'inde tespit limitinin altında kalmıştır. Örneklere tespit edilen en yüksek ve en düşük aflatoksin miktarları ise Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'da gösterilmiştir.

**Tablo 4.9.** Kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber örneklere tespit edilen en yüksek ve en düşük aflatoksin miktarı (yaş madde üzerinden)

rnek	AFG <sub>2</sub> (ng/g)		AFG <sub>1</sub> (ng/g)		AFB <sub>2</sub> (ng/g)		AFB <sub>1</sub> (ng/g)	
	En az	En fazla	En az	En fazla	En az	En fazla	En az	En fazla
<b>Kurutulmuş Patlıcan</b>	0,05	0,19	0,29	1,22	0,11	0,61	0,16	0,64
<b>Kurutulmuş Dolmalık Yeşilbiber</b>	0,10	0,19	0,28	1,19	0,11	0,57	0,05	0,77

**Tablo 4.10.** Kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber örneklere tespit edilen en yüksek ve en düşük aflatoksin miktarı (kuru madde üzerinden)

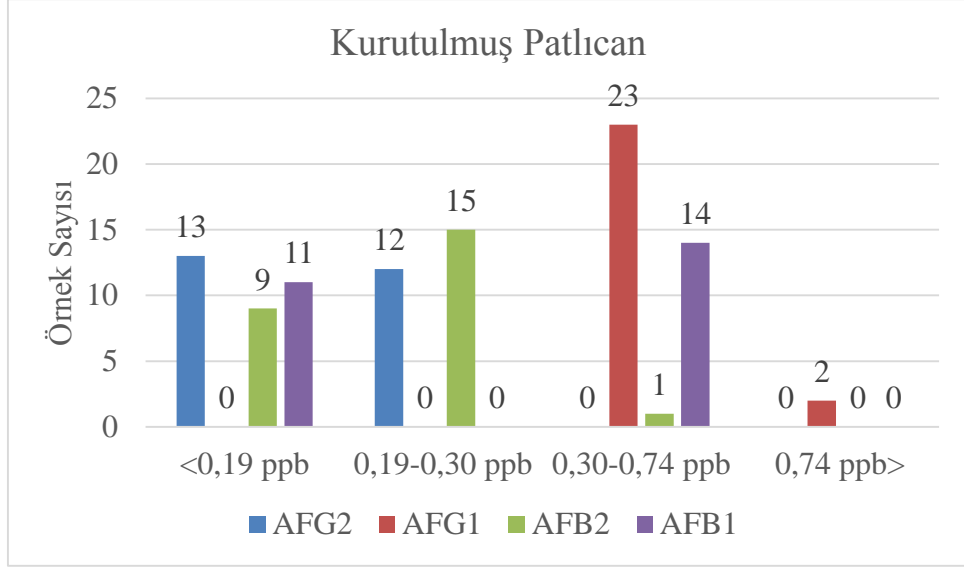
rnek	AFG <sub>2</sub> (ng/g)		AFG <sub>1</sub> (ng/g)		AFB <sub>2</sub> (ng/g)		AFB <sub>1</sub> (ng/g)	
	En az	En fazla	En az	En fazla	En az	En fazla	En az	En fazla
<b>Kurutulmuş Patlıcan</b>	0,05	0,23	0,32	1,35	0,12	0,67	0,17	0,71
<b>Kurutulmuş Dolmalık Yeşilbiber</b>	0,11	0,22	0,32	1,38	0,13	0,66	0,18	0,91

Ülkemizde kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiberde bulunmasına izin verilen aflatoksin ve okratoksin A miktarlarına ilişkin yasal düzenleme olmadığı için çalışmamızdaki sonuçların karşılaştırılabilmesi açısından Türk Gıda Kodeksi'nde baharatlık kırmızıbiber için belirlenen limit değerler (AFB<sub>1</sub> için 5 ppb ve toplam aflatoksin için 10 ppb) dikkate alınmıştır. Bu veriler dikkate alındığında limitlerin üstünde kalan rnekler Tablo 4.11' de belirtilmiştir.

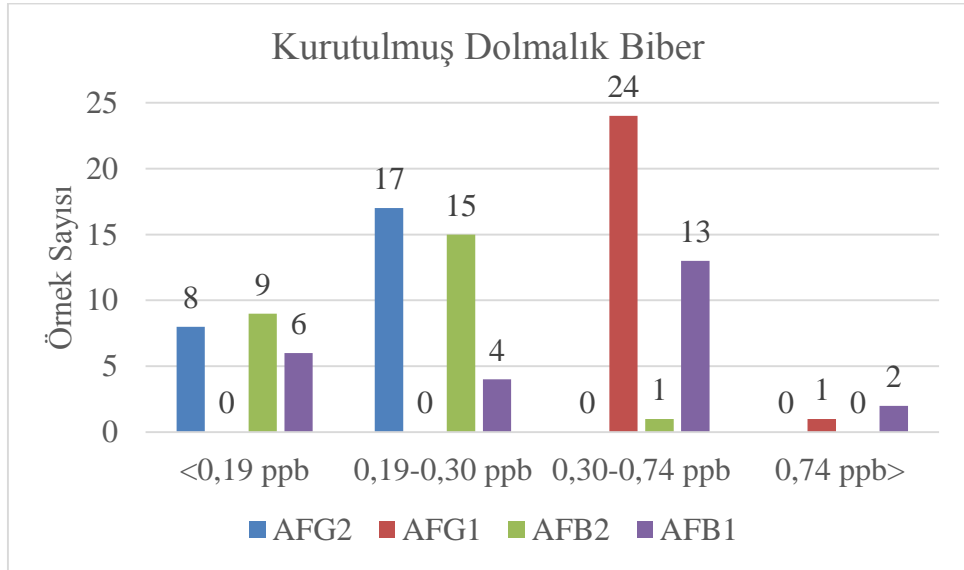
**Tablo 4.11.** Örneklerdeki aflatoksin kontaminasyonu

	<b>Kurutulmuş Patlıcan</b>	<b>Kurutulmuş Dolmalık Yeşilbiber</b>
<b>Örnek Sayısı</b>	25	25
<b>AFB<sub>1</sub> Bulaşma Sayısı (%)</b>	16 (64)	20 (80)
<b>Toplam Aflatoksin Bulaşma Sayısı (%)</b>	25 (100)	25 (100)
<b>AFB<sub>1</sub> Limitini Aşan Örnek Sayısı</b>	0	0
<b>AFG<sub>2</sub>&lt;LOD</b>	0	0
<b>AFG<sub>1</sub>&lt;LOD</b>	0	0
<b>AFB<sub>2</sub>&lt;LOD</b>	0	0
<b>AFB<sub>1</sub>&lt;LOD</b>	9	5
<b>Toplam Aflatoksin Limitini Aşan Örnek</b>	0	0
<b>Toplam Aflatoksin</b>	0,82-2,58	0,81-2,42
<b>AFG<sub>2</sub> (ng/g)</b>	0,10-0,23	0,11-0,22
<b>AFG<sub>1</sub> (ng/g)</b>	0,32-1,35	0,32-1,38
<b>AFB<sub>2</sub> (ng/g)</b>	0,12-0,67	0,13-0,66
<b>AFB<sub>1</sub> (ng/g)</b>	0,17-0,71	0,18-0,91
<b>Ortalama Aflatoksin</b>	1,35 ppb	1,51 ppb

Baharatlık olarak kullanılan kırmızıbiber için belirtilen aflatoksin üst limitleri dikkate alındığında kurutulmuş patlıcan ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinin tamamı belirtilen limit değerlerin altında kalmıştır. Örneklerdeki aflatoksin miktarlarının belli seviyelere göre dağılımı Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



**Şekil 4.9.** Kurutulmuş patlıcan örneklerine ait aflatoksin değerlerinin dağılım grafiği



**Şekil 4.10.** Kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerine ait aflatoksin değerlerinin dağılım grafiği

Hacıbekiroğlu ve ark., 2013 yaptıkları çalışmada kurutulmuş patlıcan örneğinde toplam aflatoksin miktarını 10 ppb olarak bulmuştur. Bu değer, bizim çalışmamızdaki kurutulmuş patlıcanlar için toplam aflatoksin miktarlarının ortalaması olan 1,35 ppb değerinden yüksek çıkmıştır. Aynı çalışmada kurutulmuş dolmalık kırmızıbiberde ise ortalama toplam aflatoksin miktarı 13,8 ppb olarak

bulunmuştur [89]. Bu değer bizim kurutulmuş dolmalık yeşilbiberlerde bulduğumuz ortalama toplam aflatoksin miktarı olan 1,51 ppb değerinde yüksektir. Kurutma koşullarının farklılığı ve depolamada ürün neminin değişiklik göstermesi sebebiyle sonuçların farklı çıktığı düşünülmektedir.

Mariutti ve ark., 2009 tarafından yapılan çalışmada kurutulmuş domates aflatoksin açısından incelenmiş ancak ürünlerde aflatoksin tespit edilememiştir [90]. Sonuçlar yaptığımız çalışmanın sonuçları ile benzerlik göstermemektedir. Bu da sebzelerin, hasatından son ürün haline gelene kadar olan aşamada küf gelişmesini önleyici tedbirlerin alınması halinde mikotoksin oluşumunun engellenebileceğinin bir göstergesi olarak yorumlanabilmektedir.

Karaaslan ve Arslanğray, 2015'in Şanlıurfa'da satılan toz kırmızıbiberlerde aflatoksin varlığı üzerine yaptıkları çalışmada süpermarket, pazar ve marketlerden toplam 42 adet toz kırmızıbiber temin edilmiş ve HPLC cihazı kullanılarak yaptıkları çalışmada 12 örnekte 2,5 ppb altında, 13 örnekte 2,5-10 ppb arası toplam aflatoksin tespit etmişler ancak 4 örnekte tespit edilebilir düzeyde aflatoksin bulgulamamışlardır. Ayrıca 13 örnek Avrupa Komisyonu ve Türk Gıda Kodeksi tarafından belirtilen limitlerin üzerinde çıkmıştır [92]. Kurutulmuş patlıcan örneklerinde yaptığımız çalışmada incelediğimiz 25 örneğin 24 tanesinde 2,5 ppb'den az ve 1 örnekte 2,58 ppb toplam aflatoksin tespit edilmiştir. Kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinde yaptığımız çalışmada ise 25 örneğin tamamında 2,5 ppb'nin altında toplam aflatoksin tespit edilirken 5 tanesinde AFB<sub>1</sub> miktarı tespit limitinin altında kalmıştır. Örneklerin tamamında aflatoksin miktarları Türk Gıda Kodeksi'nce belirtilen limitlerin altında çıkmıştır.

Norhayati ve ark., 2015 Malezya'da gerçekleştirdikleri çalışmada kırmızı acı biberi de içeren toplamda 34 baharat karışımının toplam aflatoksin içeriğini incelemişlerdir. 34 örneğin %85'inde aflatoksin B<sub>1</sub> tespit edilmiştir. Bu değer bizim çalışmamızda kurutulmuş patlıcan örnekleri için %64 ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örnekleri için %80 bulunmuş ve sonuçlar bu anlamda paralellik göstermiştir. Norhayati ve ark., 2015 örneklerde ortalama toplam aflatoksin miktarını 1,61 ppb (0,01-9,34 ppb) ve ortalama aflatoksin B<sub>1</sub> miktarını 1,68 ppb (0,01-7,68 ppb) olarak tespit etmişlerdir [93]. Bizim elde ettiğimiz verilere göre kurutulmuş

patlıcan örneklerinde ortalama toplam aflatoksin miktarı 1,35 ppb (0,82-2,58 ppb) ve ortalama aflatoksin B<sub>1</sub> miktarı 0,35 ppb (0,17-0,71 ppb) olarak; kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinde ortalama toplam aflatoksin miktarı 1,51 ppb (0,81-2,42 ppb) ve ortalama aflatoksin B<sub>1</sub> miktarı 0,40 ppb (0,18-0,91 ppb) olarak bulunmuştur. Çalışmalarda ortalama toplam aflatoksin miktarı paralellik gösterse de çalışmamızdaki ortalama aflatoksin B<sub>1</sub> miktarı daha düşük çıkmıştır.

Ardic ve ark., 2008 öğütülmüş kırmızıbiberlerde AFB<sub>1</sub> bulaşma düzeyini araştırmak için Şanlıurfa'dan 75 örnek toplamış ve analiz etmiştir. Örneklerin 72 (%96) tanesinde 0,11-24,7 ppb arasında değişen miktarlarda AFB<sub>1</sub> varlığı tespit edilmiştir [96]. Çalışmamızda ortalama AFB<sub>1</sub> miktarı kurutulmuş patlıcanlar için (%64) 0,35 ppb ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiberler için (%80) 0,40 ppb olarak bulunmuştur. Çalışmalar AFB<sub>1</sub> tespit edilme oranı ve bulunma aralığı bakımından benzerlik göstermektedir.

Özkan ve ark., 2015 kırmızı acı biber çekirdeklerinde aflatoksin varlığını incelemek için 180 örnek toplamış ve bunları yaz aylarında güneşte kurutmuşlardır. Örneklerin 49 (%27) tanesi AFB<sub>1</sub> ve 37 (%21) tanesi toplam aflatoksin için Türkiye'de belirlenen limitlerin üzerinde çıkmıştır [95]. Çalışmamızda kullanılan örneklerin aflatoksin analizlerinde tüm örneklerin yasal limitlerin altında kalmış ve belirtilen çalışma ile farklılık göstermektedir.

Jalili ve Jinap, 2012 tarafından Malezya'da market ve açık pazarlarda satılan 80 kurutulmuş acı kırmızıbiber örneğinde aflatoksin (AFG<sub>2</sub>+AFG<sub>1</sub>+AFB<sub>2</sub>+AFB<sub>1</sub>) varlığı araştırılmıştır. 52 örnekte (%65) 0,2-79,7 ppb aralığında değişmekle birlikte toplam aflatoksin kontaminasyonu tespit edilmiştir. 80 örneğin 9'u AFB<sub>1</sub> bakımından Malezya'da geçerli limitlerin (5 ppb) üzerinde çıkmıştır. [97]. Çalışmamızda kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiberde aflatoksin görülme oranı %100 olarak bulunmuştur. Kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber örneklerinin tamamının Malezya ve Türkiye'de AFB<sub>1</sub> için izin verilen limitlerin (5 ppb) altında olduğu tespit edilmiştir.

Set ve Erkmen, 2010'un yaptıkları çalışmada toplam 120 öğütülmüş kırmızıbiber örneği aflatoksin içeriği bakımından araştırılmıştır. İncelenen örneklerin

20'si AFB<sub>1</sub> için belirlenen AB limitlerinin (5 ppb) ve 14'ü toplam aflatoksin (AFG<sub>2</sub>+AFG<sub>1</sub>+AFB<sub>2</sub>+AFB<sub>1</sub>) için belirlenen AB limitlerinin (10 ppb) üzerinde bulunmuştur. Örneklerin toplam aflatoksin içeriği en düşük 0,08 ppb ve en yüksek 1,95 ppb olarak belirlenirken AFB<sub>1</sub> içeriği en düşük 0,13 ppb ve en yüksek 55,90 ppb olarak belirlenmiştir [99]. Çalışmamızdan elde ettiğimiz verilere göre kurutulmuş patlıcan örneklerinde toplam aflatoksin miktarı 0,82-2,58 ppb aralığında ve aflatoksin B<sub>1</sub> miktarı 0,17-0,71 ppb aralığında değişmekle birlikte kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinde toplam aflatoksin miktarı 0,81-2,42 ppb aralığında ve aflatoksin B<sub>1</sub> miktarı 0,18-0,91 ppb aralığında değişiklik göstermektedir. Ayrıca çalışmamızdaki tüm aflatoksin değerlerinin Türkiye ve AB yasal limitlerinin altında kaldığı tespit edilerek Set ve Erkmen, 2010'un yaptıkları çalışma ile farklılık göstermektedir.

O' Riordan ve Wilkinson, 2008 İrlanda'da satılan ve içlerinde toz kırmızıbiberin de bulunduğu toplam 170 baharat örneğini aflatoksin kontaminasyonu açısından analiz etmiştir. İncelenen 30 toz kırmızıbiber örneğinin 10'u (%33,3) aflatoksin açısından kontamine bulunmuş, örneklerin ortalama toplam aflatoksin (AFG<sub>2</sub>+AFG<sub>1</sub>+AFB<sub>2</sub>+AFB<sub>1</sub>) miktarı 3,23 ppb, AFB<sub>1</sub> miktarı 9,05 ppb, AFB<sub>2</sub> miktarı 1,83 ppb, AFG<sub>1</sub> miktarı 0,47 ppb ve AFG<sub>2</sub> miktarı 0,36 ppb olarak tespit edilmiştir. En yüksek toplam aflatoksin miktarı 27,5 ppb olarak bildirilmiştir [100]. Çalışmamızda en yüksek toplam aflatoksin değeri 1,51 ppb olarak kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneğinde tespit edilmiş olup O' Riordan ve Wilkinson, 2008'in bulunduğu değerden oldukça düşük bulunmuştur. Öte yandan analiz ettiğimiz kurutulmuş patlıcanların %64'ü ve dolmalık yeşilbiberlerin %80'i AFB<sub>1</sub> açısından kirli bulunmuştur. Analizlerini gerçekleştirdiğimiz kurutulmuş patlıcan örneklerinde ortalama toplam aflatoksin miktarı 1,35 ppb, ortalama aflatoksin G<sub>2</sub> miktarı 0,17 ppb, ortalama aflatoksin G<sub>1</sub> miktarı 0,60 ppb, ortalama aflatoksin B<sub>2</sub> miktarı 0,24 ppb ve ortalama aflatoksin B<sub>1</sub> miktarı 0,35 ppb olarak; kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinde ortalama toplam aflatoksin miktarı 1,51 ppb, ortalama aflatoksin G<sub>2</sub> miktarı 0,19 ppb, ortalama aflatoksin G<sub>1</sub> miktarı 0,61 ppb, ortalama aflatoksin B<sub>2</sub> miktarı 0,26 ppb ve ortalama aflatoksin B<sub>1</sub> miktarı 0,40 ppb olarak saptanmıştır.

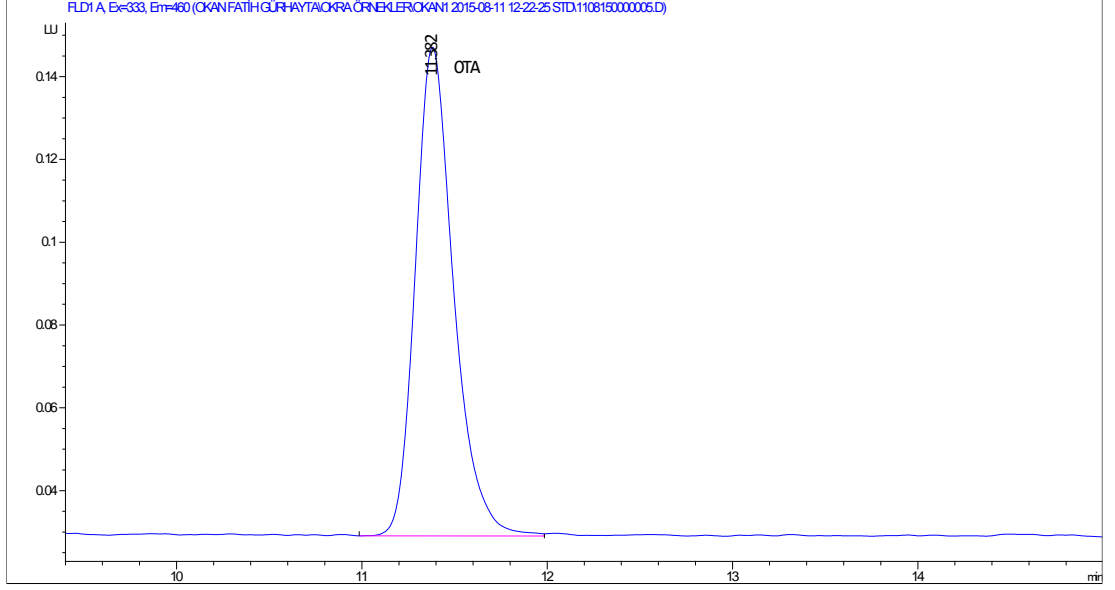
Romagnoli ve ark., 2007 tarafından yapılan çalışma kapsamında 11 pul biber örneği aflatoksin AFB<sub>1</sub> açısından değerlendirilmiş ve 5 örnekte (%45)

kontaminasyon tespit edilmiştir. Aflatoksin B<sub>1</sub> içeren 5 örnekten 2'si AB ve Türkiye'de belirlenmiş yasal limitin (5 ppb) üzerinde tespit edilmiştir. En yüksek aflatoksin B<sub>1</sub> miktarı 26,9 ppb iken en düşük aflatoksin B<sub>1</sub> miktarı 0,57 ppb olarak ölçülmüştür [101]. Çalışmamız kapsamında araştırılan kurutulmuş patlıcanlarda AFB<sub>1</sub> kontaminasyon oranı %64 ve dolmalık yeşilbiberlerde %80 olarak bulunmuş olup Romagnoli ve ark., 2007 tarafından bulunan değerden yüksek çıkmıştır. Çalışmamızdan elde ettiğimiz verilere göre kurutulmuş patlıcan örneklerinde aflatoksin B<sub>1</sub> miktarı 0,17-0,71 ppb aralığında değişmekle birlikte kurutulmuş aflatoksin B<sub>1</sub> miktarı 0,18-0,91 ppb aralığında değişiklik göstermektedir. Romagnoli ve ark., 2007 tarafından ölçülen en düşük ve en yüksek AFB<sub>1</sub> değeri ölçtüğümüz değerlerden yüksek bulunmuştur.

### **4.3 Okratoksin A**

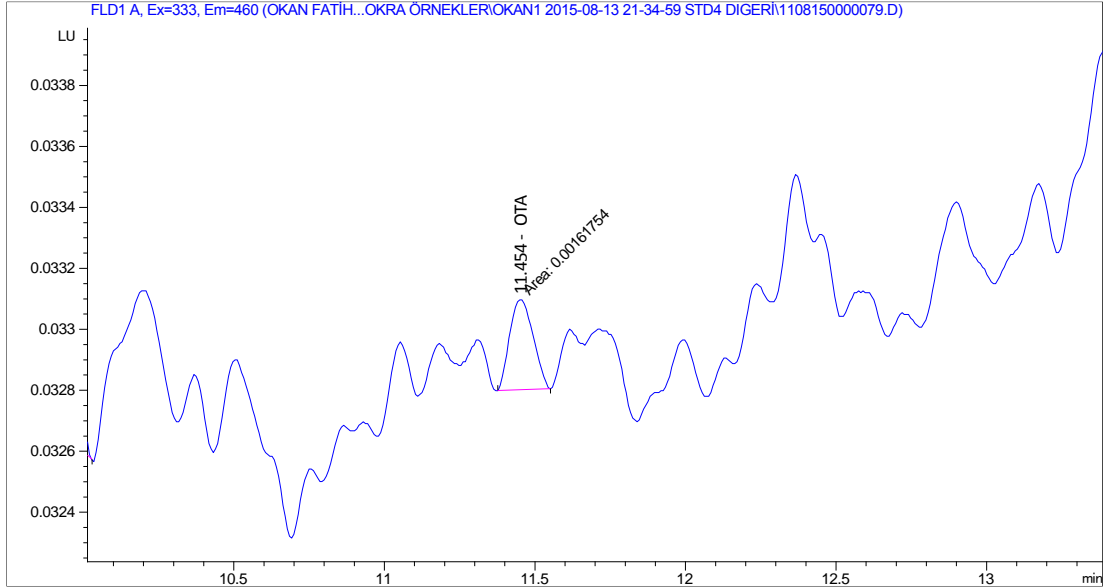
Kurutulmuş patlıcan ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinin okratoksin A içerip içermediğinin belirlenmesi amacıyla yapılan analizlerde, tüm örneklerde tespit edilebilir düzeyde OTA belirlenmiştir. Tespit edilen değerler Tablo 4.12'de yaş madde üzerinden ve Tablo 4.13'te kuru madde üzerinden hesaplanarak ifade edilmiştir. Hesaplama, 0,005-0,200 ng/100µL aralığındaki standartlar kullanılarak hazırlanan kalibrasyon grafiğinden elde edilmiştir.

Kalibrasyon grafiğinin hazırlanması amacıyla cihaza okutulan okratoksin A standardına ait kromatogram Şekil 4.11'de verilmiştir. Şekil 4.11'deki standart 0,001 ng/µL OTA içermektedir.

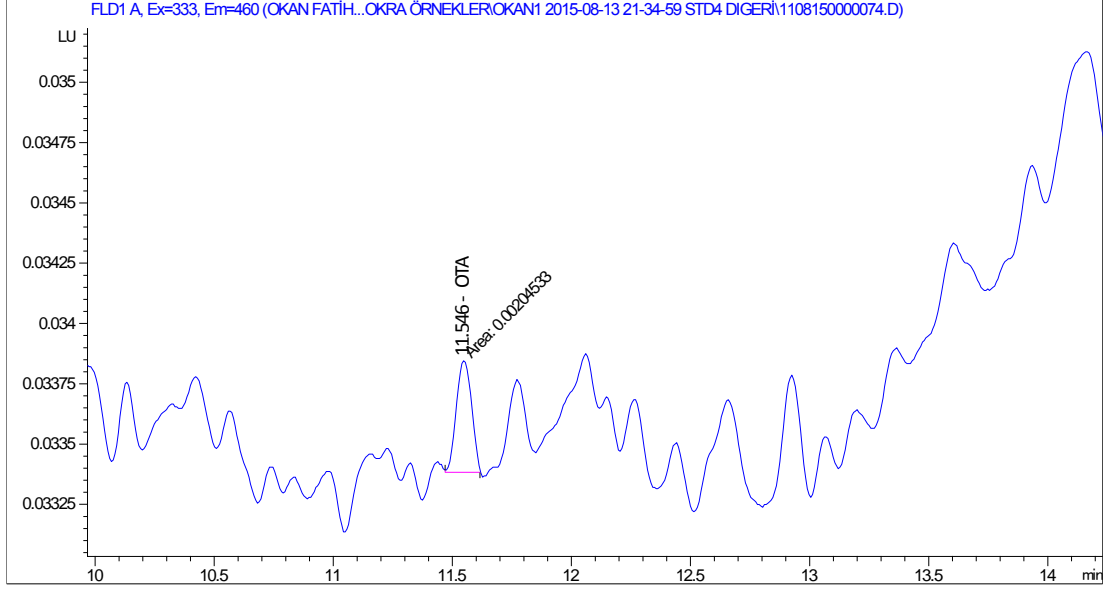


**Şekil 4.11.** Ochratoxin A standardına ait HPLC kromatogramı

Ochratoxin A tespit edilen örneklere ait kromatogramlar Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te gösterilmektedir.



**Şekil 4.12.** Ochratoxin A içeren dolmalık yeşilbiber örneğine ait HPLC kromatogramı



**Şekil 4.13.** Okratoksin A içeren patlıcan örneğine ait HPLC kromatogramı

**Tablo 4.12.** Kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber örneklerine ait okratoksin A miktarları (yaş madde üzerinden)

Örnek No	Kurutulmuş Patlıcan	Örnek No	Kurutulmuş Dolmalık Yeşilbiber
	OTA (ng/g)		OTA (ng/g)
1	10,94 ± 4,27	1	17,92 ± 0,37
2	15,27 ± 0,32	2	20,01 ± 3,52
3	16,42 ± 1,12	3	18,93 ± 0,49
4	19,26 ± 3,23	4	13,79 ± 1,79
5	16,75 ± 0,94	5	20,09 ± 1,20
6	15,94 ± 0,63	6	19,34 ± 0,97
7	15,97 ± 0,07	7	17,08 ± 0,23
8	17,47 ± 0,75	8	18,13 ± 1,51
9	16,45 ± 0,34	9	17,39 ± 0,22
10	17,80 ± 0,56	10	19,19 ± 1,20
11	16,83 ± 0,71	11	16,34 ± 0,97
12	17,95 ± 0,11	12	17,35 ± 1,01
13	18,25 ± 1,16	13	15,89 ± 0,00
14	16,79 ± 1,12	14	15,66 ± 0,70
15	17,92 ± 1,50	15	18,40 ± 1,99
16	18,52 ± 0,22	16	19,08 ± 0,49
17	11,77 ± 3,97	17	21,29 ± 4,12
18	13,91 ± 5,36	18	18,25 ± 3,04
19	11,64 ± 3,85	19	15,93 ± 0,11
20	18,18 ± 0,19	20	13,27 ± 5,40
21	16,94 ± 0,07	21	18,82 ± 0,45
22	16,79 ± 0,67	22	17,80 ± 0,41
23	13,27 ± 4,87	23	16,98 ± 0,64
24	16,83 ± 0,86	24	21,59 ± 2,02
25	8,06 ± 0,41	25	17,62 ± 0,60
Ortalama	15,84 ± 2,69	Ortalama	17,85 ± 1,98

\*Analiz sonuçları, ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p<0,05).

**Tablo 4.13.** Kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber örneklerine ait okratoksin A miktarları (kuru madde üzerinden)

Örnek No	Kurutulmuş Patlıcan		Örnek No	Kurutulmuş Dolmalık Yeşilbiber	
	OTA (ng/g)			OTA (ng/g)	
1	12,08	± 4,74 <sup>bc</sup>	1	20,13	± 0,47 <sup>abc</sup>
2	16,99	± 0,36 <sup>abc</sup>	2	22,24	± 3,78 <sup>abc</sup>
3	18,12	± 1,33 <sup>ab</sup>	3	21,68	± 0,62 <sup>abc</sup>
4	21,35	± 3,56 <sup>a</sup>	4	16,49	± 2,17 <sup>bc</sup>
5	18,66	± 0,98 <sup>ab</sup>	5	23,13	± 1,46 <sup>ab</sup>
6	17,46	± 0,91 <sup>ab</sup>	6	21,50	± 1,15 <sup>abc</sup>
7	17,64	± 0,01 <sup>ab</sup>	7	19,56	± 0,21 <sup>abc</sup>
8	19,34	± 0,74 <sup>ab</sup>	8	21,05	± 1,89 <sup>abc</sup>
9	19,30	± 0,51 <sup>ab</sup>	9	19,39	± 0,23 <sup>abc</sup>
10	19,82	± 0,57 <sup>ab</sup>	10	21,84	± 1,40 <sup>abc</sup>
11	18,47	± 0,88 <sup>ab</sup>	11	18,46	± 0,91 <sup>abc</sup>
12	19,78	± 0,23 <sup>ab</sup>	12	20,74	± 1,25 <sup>abc</sup>
13	20,28	± 1,35 <sup>ab</sup>	13	19,22	± 0,09 <sup>abc</sup>
14	18,60	± 1,25 <sup>ab</sup>	14	18,28	± 0,80 <sup>abc</sup>
15	19,95	± 1,64 <sup>ab</sup>	15	21,02	± 2,45 <sup>abc</sup>
16	20,39	± 0,25 <sup>ab</sup>	16	21,65	± 0,41 <sup>abc</sup>
17	13,25	± 4,55 <sup>abc</sup>	17	24,70	± 4,58 <sup>a</sup>
18	16,50	± 6,44 <sup>abc</sup>	18	21,41	± 3,68 <sup>abc</sup>
19	13,49	± 4,44 <sup>abc</sup>	19	18,45	± 0,17 <sup>abc</sup>
20	20,49	± 0,28 <sup>ab</sup>	20	15,38	± 6,32 <sup>c</sup>
21	19,03	± 0,16 <sup>ab</sup>	21	21,76	± 0,44 <sup>abc</sup>
22	18,66	± 0,69 <sup>ab</sup>	22	20,58	± 0,70 <sup>abc</sup>
23	14,84	± 5,44 <sup>abc</sup>	23	20,42	± 0,69 <sup>abc</sup>
24	18,49	± 0,92 <sup>ab</sup>	24	24,38	± 2,17 <sup>a</sup>
25	8,88	± 0,44 <sup>c</sup>	25	19,87	± 0,71 <sup>abc</sup>
Ortalama	17,67	± 2,95	Ortalama	20,53	± 2,11

\*Analiz sonuçları, ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı üstel harflere sahip ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0,05).

Kurutulmuş patlıcan örneklerine ait OTA değerleri 8,88-21,35 ppb aralığında değişiklik göstermektedir. Kurutulmuş patlıcanlarda yapılan okratoksin A analizleri sonucunda ortalama 17,67 ppb OTA tespit edilmiştir. Kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerine ait OTA değerleri ise 15,38-27,70 ppb aralığında değişiklik göstermektedir. Kurutulmuş dolmalık yeşilbiberlerde yapılan okratoksin A analizleri sonucunda ortalama 20,53 ppb OTA tespit edilmiştir. Analiz edilen kurutulmuş patlıcan ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinin tamamı OTA tespit limitinin (0,10 ppb) üstünde kalmıştır. İstatistiksel açıdan, kurutulmuş patlıcan örneklerinde analizi yapılan okratoksin değerleri arasında anlamlı fark ( $p<0,05$ ) bulunmaktadır.

Kurutulmuş patlıcan ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinde tespit edilen en yüksek ve en düşük okratoksin A miktarı Tablo 4.14'te yaş madde üzerinden ve Tablo 4.15'te kuru madde üzerinden hesaplanarak ifade edilmiştir.

**Tablo 4.14.** Kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber örneklerinde tespit edilen en yüksek ve en düşük okratoksin A miktarı (yaş madde üzerinden)

Örnek	Okratoksin A (ng/g)	
	En az	En fazla
Kurutulmuş Patlıcan	8,06	19,26
Kurutulmuş Dolmalık Yeşilbiber	13,27	21,59

**Tablo 4.15.** Kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber örneklerinde tespit edilen en yüksek ve en düşük okratoksin A miktarı (kuru madde üzerinden)

Örnek	Okratoksin A (ng/g)	
	En az	En fazla
Kurutulmuş Patlıcan	8,88	21,35
Kurutulmuş Dolmalık Yeşilbiber	15,38	24,70

Ülkemizde kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiberde bulunmasına izin verilen okratoksin A miktarlarına ilişkin yasal düzenleme olmadığı için çalışmamızdaki sonuçların karşılaştırılabilmesi açısından Türk Gıda Kodeksi'nde baharatlık kırmızıbiber için belirlenen limit değerler (OTA için 15 ppb) dikkate

alınmıştır. Bu veriler dikkate alındığında limitlerin üstünde kalan örnekler Tablo 4.16'da belirtilmiştir.

**Tablo 4.16.** Kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber örneklerindeki okratoksin A kontaminasyonu

Ürün	Kurutulmuş Patlıcan	Kurutulmuş Dolmalık Yeşilbiber
Örnek Sayısı	25	25
Bulaşma Sayısı (%)	25 (100)	25 (100)
OTA<LOD	0	0
OTA Limitini Aşan Örnek Sayısı (%)	20 (80)	25 (100)
OTA (ng/g)	8,88-21,35	15,38-24,70
Ortalama OTA	17,67 ppb	20,53 ppb

Baharatlık olarak kullanılan kırmızıbiber için belirtilen okratoksin A üst limitleri dikkate alındığında kurutulmuş patlıcan örneklerinin 20 tanesi (%80), kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinin ise 25 tanesi (%100) belirtilen limit değerleri (15 ppb) aşmıştır.

Van de Perre ve ark., 2014 bazı küflü yaş sebzelerde okratoksin A varlığını araştırmıştır. Tatlı dolmalık biber örneklerinde tespit edilebilir düzeyde okratoksin A bulunamamıştır [88]. Ancak bizim çalışmamızda kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinde okratoksin A varlığı limitin üstünde tespit edilmiştir.

Jalili ve Jinap, 2012 tarafından Malezya'da market ve açık pazarlarda satılan 80 kurutulmuş acı kırmızıbiber örneğinde aflatoksin ve okratoksin A varlığı araştırılmıştır. Örneklerden 65'inde (%81,25) 0,2-101,2 ppb aralığında değişmekle birlikte okratoksin A kontaminasyonu tespit edilmiştir. 80 örneğin 21'inin OTA bakımından Malezya'da geçerli limitlerin (5 ppb) üzerinde çıktığı belirlenmiştir. Analizi yapılan örneklerin 33'ü (%41,3) miktar bakımından 1 ppb'nin altında kalmıştır [97]. Buna karşın gerçekleştirdiğimiz çalışmadaki örneklerin tamamında

okratoksin A tespit edilirken bulunan değerler 8,88-24,70 ppb aralığında değişiklik göstermektedir. Ayrıca kurutulmuş patlıcan örneklerinin %80'i ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinin %100'ü Türkiye'de izin verilen limitleri aşmıştır. Bu bakımdan çalışmamızdaki limitleri aşan örnek sayısı bu çalışmadakilerden daha fazla çıkmıştır.

Iqbal ve ark., 2013 Pakistan'da satılan pul kırmızıbiber ve toz kırmızıbiber örneklerinde okratoksin A analizi gerçekleştirmiştir. Toplam 57 pul kırmızıbiber örneğinin 25'inde (%44) okratoksin A tespit edilirken toplam 63 toz kırmızıbiber örneğinin 25'inde (%40) okratoksin A tespit edilmiştir. Örnekler en yüksek okratoksin A miktarı ise 54,3 ppb olarak belirlenmiştir. Pul ve toz kırmızıbiber örneklerinin 17'si okratoksin A için belirlenen AB limit değerlerini aşmıştır [98]. Analizini yaptığımız kurutulmuş dolmalık yeşilbiberlerde en yüksek OTA değeri 24,70 ppb olarak ölçülmüş ve Iqbal ve ark., 2013'ün bulduğu en yüksek OTA değeri olan 54,3 ppb'den düşük bulunmuştur.

Norhayati ve ark., 2015 Malezya'da gerçekleştirdikleri araştırma kapsamında kırmızı acı biberi de içeren toplamda 34 adet baharat karışımının okratoksin A içeriğini incelenmiştir. 34 örneğin %79'unda (ortalama 2,21 ppb) okratoksin A tespit edilmiştir. İncelenen örneklerin 2'si Malezya'da izin verilen limit değerin (5 ppb) üzerinde çıkmıştır [93].

Yogendrarajah ve ark., 2014 Belçika (35 örnek) ve Sri Lanka'dan (86 örnek) temin ettikleri kurutulmuş kırmızıbiber tozlarında mikotoksin varlığı üzerine yaptıkları çalışmada tespit edilen en yüksek okratoksin A miktarı 282 ppb olarak bulunmuştur. Belçika'dan temin edilen örneklerin hiçbirisinde okratoksin A tespit edilemezken Sri Lanka'dan temin edilen örneklerin %41'i OTA açısından pozitif çıkmış ve bu değerin %44'ü OTA için belirlenen yasal limitlerin (15 ppb) üzerinde bulunmuştur [94]. Çalışmamızda ise incelenen örneklerin tamamında okratoksin A tespit edilmiş olup kurutulmuş patlıcan örneklerinin %80'i ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinin tamamı (%100) Türkiye'de ve Avrupa Birliği ülkelerinde geçerli olan 15 ppb limitini aşmıştır.

## 5. VALİDASYON

Validasyon, bir metodun veya ölçüm prosedürünün belirlenen amaçlara uygunluğunun objektif olarak test edilerek yazılı hale getirilmesidir. Bir laboratuvarında kullanılacak her türlü metot önce laboratuvar koşullarında analiz yapan kişiler tarafından valide edilmelidir. Bu amaçla validasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

### 5.1 Aflatoksin

Aflatoksin analizinde yöntem, HPLC cihazı ve kullanılan tüm ekipmanın (tartı, otomatik pipet, vb) doğruluğunu ve kesinliğini kontrol etmek amacıyla validasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

#### 5.1.1 Gün İçi Tekrarlanabilirlik

Aynı gün içerisinde 3 numaralı standart (0,04 µg/mL AFB<sub>1</sub>, 0,012 µg/mL AFB<sub>2</sub>, 0,04 µg/mL AFG<sub>1</sub> ve 0,012 µg/mL AFG<sub>2</sub> ) cihaza 6 kez ard arda verilerek alıkonma süreleri ve alan karşılaştırması yapılmıştır. Elde edilen veriler Tablo 5.1’de gösterilmektedir.

**Tablo 5.1.** Aflatoksin analizine ait gün içi tekrarlanabilirlik sonuçları

	AFG <sub>2</sub>		AFG <sub>1</sub>		AFB <sub>2</sub>		AFB <sub>1</sub>	
	Zaman	Alan	Zaman	Alan	Zaman	Alan	Zaman	Alan
<b>Ortalama</b>	6,04	1,20	6,77	3,60	7,61	3,78	8,70	6,31
<b>Standart Sapma</b>	0,05	0,01	0,06	0,04	0,08	0,05	0,10	0,14
<b>% Relatif Standart Sapma</b>	0,78	0,99	0,95	1,23	1,05	1,2	1,24	2,14

### 5.1.2 Günler Arası Tekrarlanabilirlik

3 numaralı standart (0,04 µg/mL AFB<sub>1</sub>, 0,012 µg/mL AFB<sub>2</sub>, 0,04 µg/mL AFG<sub>1</sub> ve 0,012 µg/mL AFG<sub>2</sub>) 3 farklı gün 3'er kere cihaza verilerek alıkonma süreleri ve alan karşılaştırması yapılmıştır. Elde edilen veriler Tablo 5.2'de gösterilmektedir.

**Tablo 5.2.** Aflatoksin analizine ait günler arası tekrarlanabilirlik sonuçları

	AFG <sub>2</sub>		AFG <sub>1</sub>		AFB <sub>2</sub>		AFB <sub>1</sub>	
	Zaman (dk)	Alan	Zaman (dk)	Alan	Zaman (dk)	Alan	Zaman (dk)	Alan
<b>Ortalama</b>	5,95	1,18	6,66	3,06	7,48	3,78	8,46	6,44
<b>Standart Sapma</b>	0,13	0,03	0,16	0,04	0,20	0,05	0,26	0,24
<b>% Relatif Standart Sapma</b>	2,22	2,13	2,52	1,15	2,67	1,45	3,06	3,76

### 5.1.3 Geri Kazanım

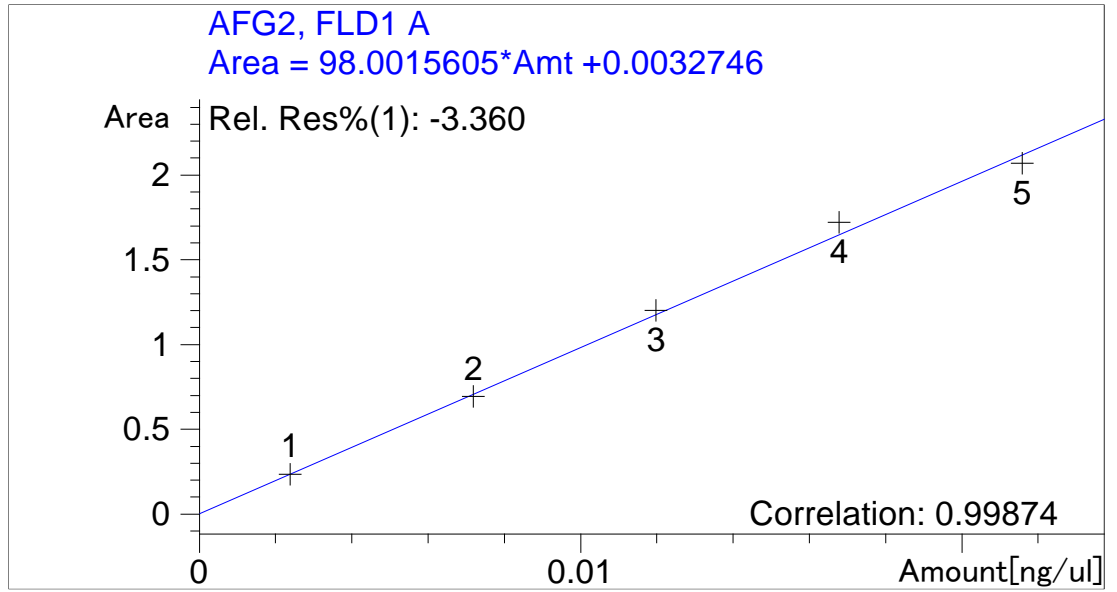
Aflatoksin içermediği tespit edilmiş örneklere 250 µL ve 500 µL 2. aşama aflatoksin standardı (0,1 µg/mL AFB<sub>1</sub>, 0,03 µg/mL AFB<sub>2</sub>, 0,1 µg/mL AFG<sub>1</sub> ve 0,03 µg/mL AFG<sub>2</sub>) eklenmiş ve tüm analiz aşamaları uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre geri kazanım değerleri elde edilmiştir. Her bir geri kazanım çalışması iki örnek için aynı miktarda standart ile tekrarlanmış ve cihaza ikişer defa verilerek ortalaması alınmıştır. Aflatoksinlerin analizine ait geri kazanım değerleri Tablo 5.3'te verilmiştir.

**Tablo 5.3.** Aflatoksin analizine ait geri kazanım sonuçları

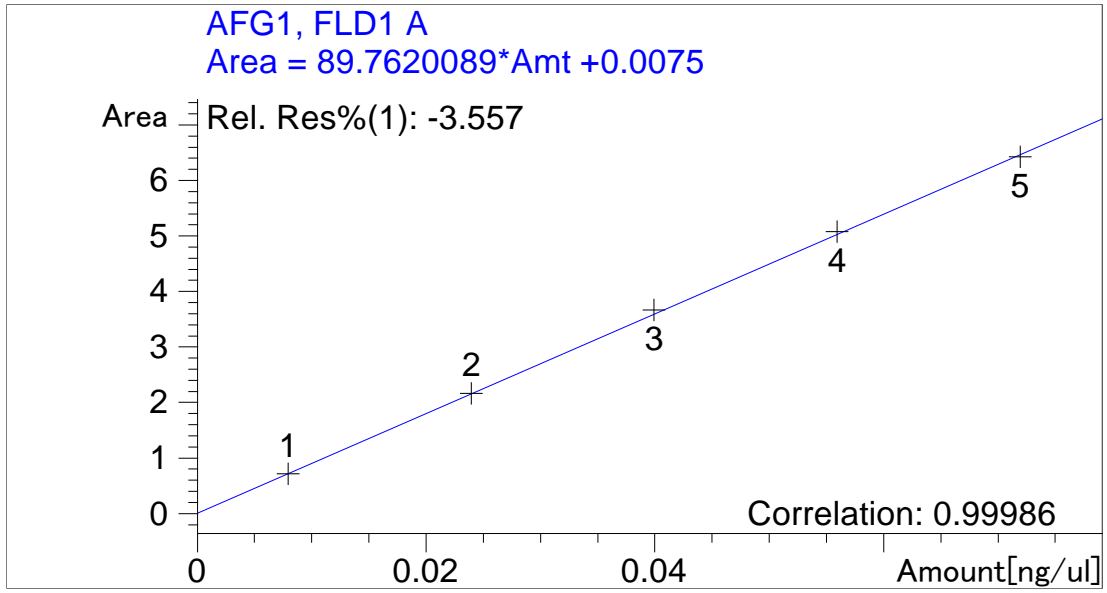
İlave Edilen Standart Miktarı	% Geri Kazanım Değerleri			
	AFG <sub>2</sub>	AFG <sub>1</sub>	AFB <sub>2</sub>	AFB <sub>1</sub>
250 µL	92,63	99,10	121,55	80,00
500 µL	89,62	68,16	87,24	68,16

#### 5.1.4 Lineerlik

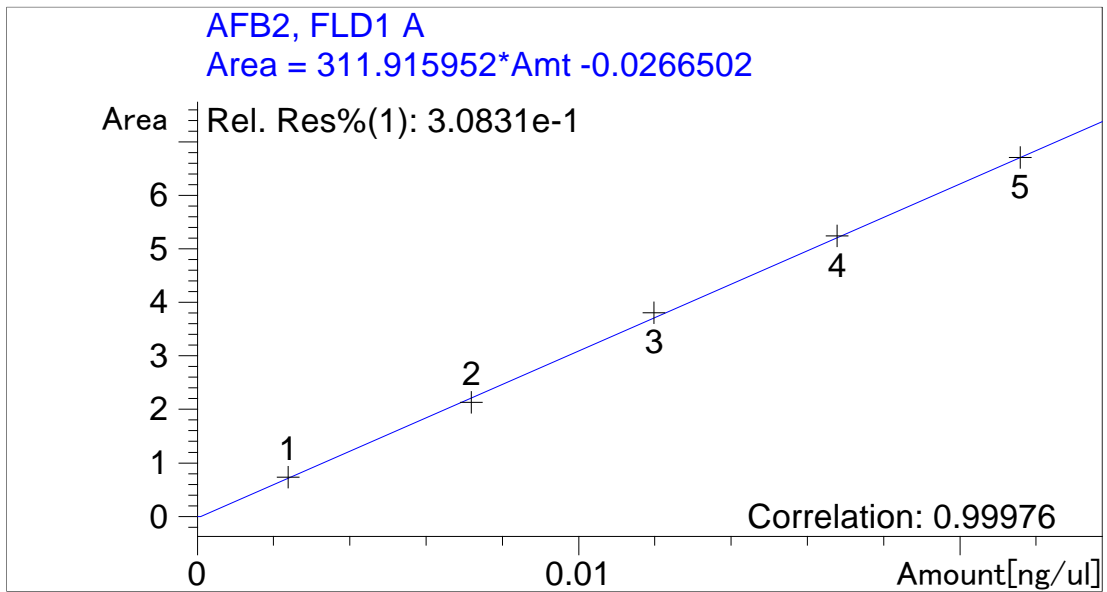
Aflatoksin analizleri için kullanılan kalibrasyon grafikleri Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te verilmiştir.



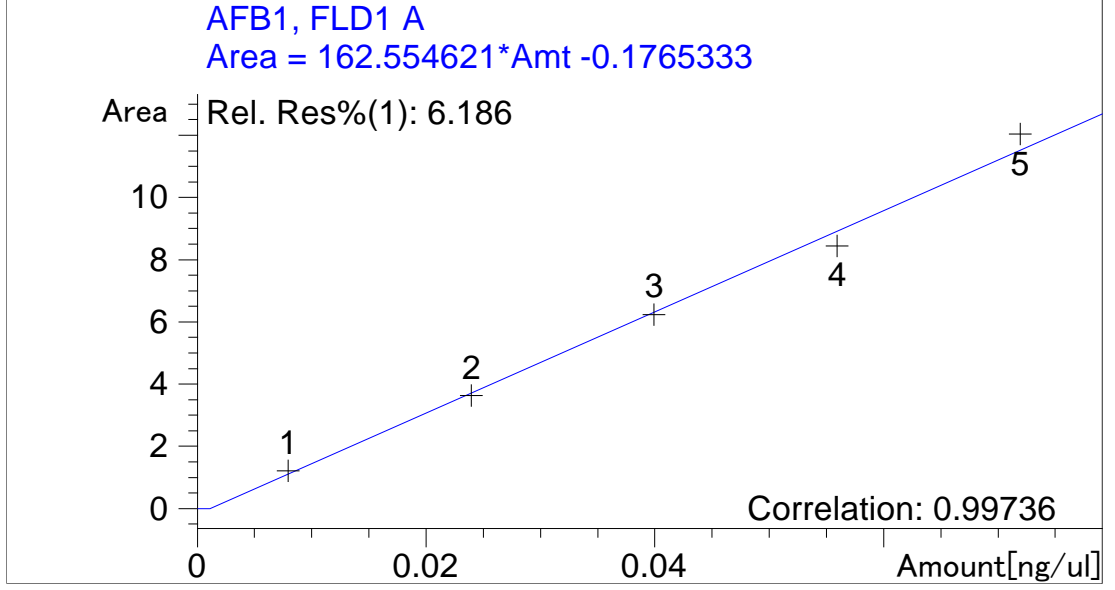
**Şekil 5.1.** Aflatoksin G<sub>2</sub> standardına ait kalibrasyon grafiği



Şekil 5.2. Aflatoksin G<sub>1</sub> standardına ait kalibrasyon grafiği



Şekil 5.3. Aflatoksin B<sub>2</sub> standardına ait kalibrasyon grafiği



**Şekil 5.4.** Aflatoksin B<sub>1</sub> standardına ait kalibrasyon grafiği

Aflatoksin analizlerine ait lineerlik hesaplamalarının hesaplanması amacıyla kalibrasyon grafiklerine ait R<sup>2</sup> değerleri kullanılmıştır. Aflatoksin analizlerinde kullanılan kalibrasyon grafiklerinin lineerlik değerleri Tablo 5.4'te verilmiştir.

**Tablo 5.4.** Aflatoksin analizine ait lineerlik değerleri

	AFG <sub>2</sub>	AFG <sub>1</sub>	AFB <sub>2</sub>	AFB <sub>1</sub>
<b>Kal 1'e ait R<sup>2</sup> değeri</b>	0,9982	0,9978	0,9980	0,9979
<b>Kal 2'e ait R<sup>2</sup> değeri</b>	0,9996	0,9992	0,9982	0,9975
<b>Kal 3'e ait R<sup>2</sup> değeri</b>	0,9987	0,9999	0,9998	0,9974
<b>Ortalama</b>	0,9988	0,9990	0,9987	0,9976
<b>Standart Sapma</b>	0,0007	0,0011	0,0010	0,0003
<b>% Relatif Standart Sapma</b>	0,0710	0,1070	0,0988	0,0265

### 5.1.5 LOD ve LOQ

Tespit (LOD) ve ölçüm limitlerinin (LOQ) belirlenmesinde sinyal/gürültü oranı baz alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, aflatoksinler için 0,05 ppb tespit limiti ve 0,10 ppb ölçüm limiti olarak belirlenmiştir.

## 5.2 Okratoksin

Okratoksin A analizinde yöntem, HPLC cihazı ve kullanılan ekipmanın (tartı, otomatik pipet vb) doğruluğunu ve kesinliğini kontrol etmek amacıyla validasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

### 5.2.1 Gün İçi Tekrarlanabilirlik

Aynı gün içerisinde 4 numaralı standart (0,00100 ng/ $\mu$ L) cihaza 6 kez ard arda verilerek alıkonma süreleri ve alan karşılaştırması yapılmıştır. Elde edilen veriler Tablo 5.5'te gösterilmektedir.

**Tablo 5.5.** Okratoksin A analizine ait gün içi tekrarlanabilirlik sonuçları

<b>Okratoksin A</b>		
	<b>Zaman (dk)</b>	<b>Alan</b>
<b>Ortalama</b>	11,787	6,378
<b>Standart Sapma</b>	0,007	0,054
<b>Relatif Standart Sapma</b>	0,062	0,844

### 5.2.2 Günler Arası Tekrarlanabilirlik

3 numaralı standart (0,00050 ng/ $\mu$ L) 4 farklı gün 3'er kere cihaza verilerek alıkonma süreleri ve alan karşılaştırması yapılmıştır. Elde edilen veriler Tablo 5.6'da gösterilmektedir.

**Tablo 5.6.** Okratoksin A analizine ait günler arası tekrarlanabilirlik sonuçları

<b>Okratoksin A</b>		
	<b>Zaman</b>	<b>Alan</b>
<b>Ortalama</b>	11,750	6,425
<b>Standart Sapma</b>	0,072	0,089
<b>Relatif Standart Sapma</b>	0,611	1,383

### 5.2.3 Geri Kazanım

Okratoksin A içermediği tespit edilmiş bir örneğe 250 µL (0,0000333 ng) ve 500 µL (0,0000333 ng) stok standart eklenmiş ve tüm analiz aşamaları uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre geri kazanım değerleri elde edilmiştir.

Her bir geri kazanım çalışması iki örnek için aynı miktarda standart ile tekrarlanmış ve cihaza ikişer defa verilerek ortalaması alınmıştır. Okratoksin A analizine ait geri kazanım sonuçları Tablo 5.7’de gösterilmiştir.

**Tablo 5.7.** Okratoksin A analizine ait geri kazanım sonuçları

<b>İlave edilen Standart Miktarı</b>	<b>% Geri Kazanım Değerleri</b>
<b>250 µL</b>	104,59
<b>500 µL</b>	106,42

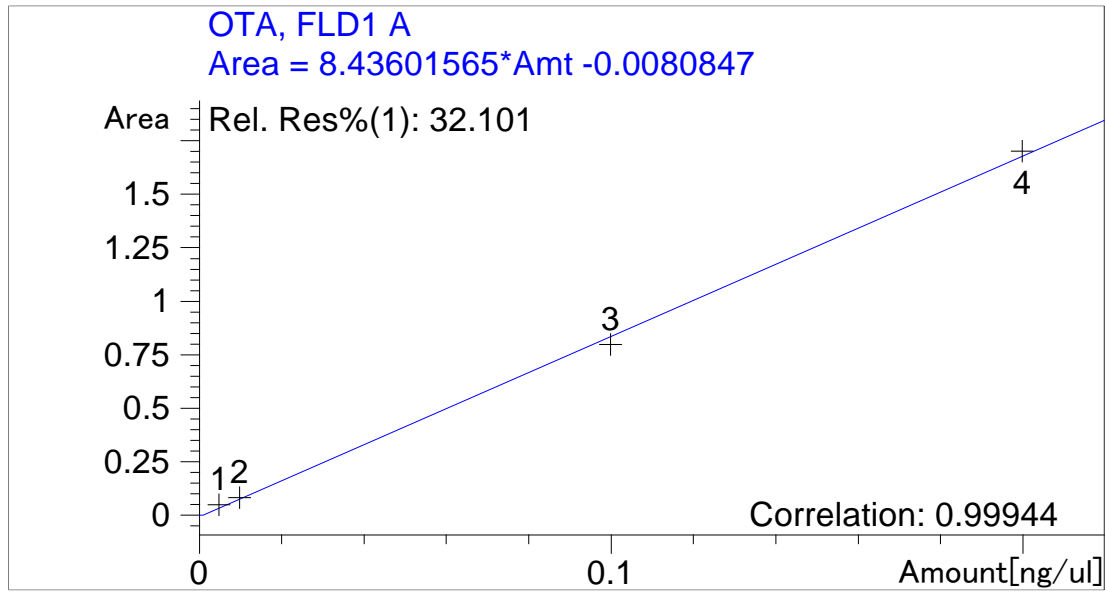
### 5.2.4 Lineerlik

Okratoksin A analizine ait lineerlik hesaplamalarının yapılması amacıyla kalibrasyon grafiklerine ait  $R^2$  değerleri kullanılmıştır. Okratoksin A analizine ait lineerlik sonuçları Tablo 5.8’de gösterilmiştir.

**Tablo 5.8.** Okratoksin A analizine ait lineerlik değerleri

<b>Okratoksin A</b>	
<b>Kal 1'e ait R<sup>2</sup> değeri</b>	0,9994
<b>Kal 2'e ait R<sup>2</sup> değeri</b>	0,9993
<b>Kal 3'e ait R<sup>2</sup> değeri</b>	0,9795
<b>Ortalama</b>	0,9927
<b>Standart Sapma</b>	0,0115
<b>% Relatif Standart Sapma</b>	1,1544

Okratoksin A analizi için kullanılan kalibrasyon grafiği Şekil 5.5'te verilmiştir.



**Şekil 5.5.** Okratoksin A için kalibrasyon grafiği

### 5.2.5 LOD ve LOQ

Tespit (LOD) ve ölçüm limitlerinin (LOQ) belirlenmesinde sinyal/gürültü oranı baz alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, okratoksin A için 0,10 ppb tespit limiti ve 0,30 ppb ölçüm limiti olarak belirlenmiştir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gıdalarda mikotoksin oluşumunun önlenmesi büyük önem taşımaktadır. Küf kontaminasyonu ve mikotoksin üretimi çevre koşulları ile çok fazla değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle geleneksel üretimi yaygın olan kurutulmuş sebzelerin kurutma ve depolama aşamalarında gerekli hassasiyet gösterilmesi insan sağlığı açısından oldukça önemlidir.

İnsan tüketimine uygun olarak nitelendirilip iç piyasaya sunulan kurutulmuş patlıcan ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiberlerde gerçekleştirilen analizler sonucunda kurutulmuş patlıcan ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiberlerde aflatoksin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> ile okratoksin A olduğu tespit edilmiştir.

Patlıcan ve dolmalık yeşilbiber, kuruma sürecinde geçirdiği aşamalar nedeniyle küf bulaşmasına açık sebzelerdir. Farklı küf türleri bu ürünlerde gelişebilir ve farklı toksinler üretebilirler. Farklı toksinlerle kontamine ürünlerin insanlar tarafından tüketilmesiyle çeşitli sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların önüne geçmek için küf türlerinin gelişimleri ve toksin üretim süreçleri detaylı incelenerek aralarındaki ilişkinin belirlenmesiyle, gıdalarda mikotoksin oluşumunun önüne geçilebileceği düşünülmektedir.

Ülkemizde yürürlükte bulunan Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'nde kurutulmuş patlıcan ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiber ile ilgili olarak aflatoksinler ve okratoksin A için herhangi bir değer yer almamaktadır. Ayrıca Avrupa Birliği'ne üye ülkeler için de bir limit tanımlanmamıştır. Ancak bu çalışmada araştırılan kurutulmuş sebzelere yapı olarak benzer olan kırmızıbiber (baharat olarak, tam ya da öğütülmüş hali için) için varolan yasal limitler dikkate alındığında (AFB<sub>1</sub> için 5 ppb ve AFB<sub>1</sub>+AFB<sub>2</sub>+AFB<sub>3</sub>+AFB<sub>4</sub> için 10 ppb) kurutulmuş patlıcan örneklerinin %76'sı (19 örnek) ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinin %92'si (23 örnek) OTA bakımından ilgili limit değerlerinin üzerinde tespit edilirken, tüm örnekler için aflatoksin değerleri limitlerin altında bulgulanmıştır.

Patlıcan ve biber gibi sebzelerin hasat edilmesinden tüketilmesine kadar olan aşamalarda mikotoksin oluşmasını azaltmak için dikkat edilmesi gereken bazı

hususlar bulunmaktadır. Sebzelerin geciktirmeden tam olgunlukta hasat edilmesi, depolanacakları yerlerin temiz ve küf gelişmesine uygun olmayacak sıcaklık ile nem koşullarına sahip olması, sebzelerin dokusuna tüm bu aşamada zarar verilmemesi ve bu konuda ilgililerin bilinçlendirilmesi söz konusu tedbirlerdendir. Ayrıca yasal düzenlemeler ve kontroller ile mikotoksin seviyesi yüksek ürünlerin piyasada bulunmaması sağlanabilir.

Ülkemizde Türk Gıda Kodeksi'nde kurutulmuş patlıcan ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiber örneklerinde izin verilen aflatoksin ve okratoksin miktarlarına ilişkin herhangi bir üst limit değeri bulunmamaktadır. Literatür taramalarında mikotoksin incelenmesi yönünden kurutulmuş patlıcanla ilgili 1 çalışma görülürken ve kurutulmuş dolmalık yeşilbiber ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca literatür incelendiğinde kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiberlerde okratoksin A varlığının araştırılmasına ilişkin bir çalışmanın bulunmadığı görülmüştür. Çalışmaların az olması ve incelenen örneklerde mikotoksin tespit edilmesi, benzer kurutulmuş ürünlerin mikotoksin yönünden incelenmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Kurutulmuş patlıcan ve dolmalık yeşilbiber örneklerinde mikotoksin varlığına dair çalışmaların artması ile bu gıda türlerinde mikotoksin limitlerine ilişkin yasal düzenlemelerin oluşmasına zemin hazırlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, geleneksel ürünlerin mikotoksinler açısından incelenmesi neticesinde hem üreticilerin hem de tüketicilerin bu konuda bilinçlendirilmesi ve bu ürünlere dikkatin çekilmesi sağlanacaktır.

## 7. KAYNAKLAR

1. Vural, Ö., Kazaz, C., Bahadır, Y., Gündoğdu, M. Mikotoksinler ve mikotoksikozis. *The Eurasian Journal of Medicine*. 1979(11), 163–168.
2. International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. 1993, 56, 489-521.
3. Heperkan, D., Daşkaya Dikmen, C., Oktay Başeğmez, İ., şişmanoğlu Dazkır, G., Dinđer, D. Gıdalarda Mikotoksinler. Ed: Dilek Heperkan, Sidaş Medya, İzmır, Tırkiye, 2014, 168 s.
4. Yıkılmaz, Fatih. Tekirdağ İlinde Satışa Sunulan Kuru İncirlerde Aflatoksin Varlığı. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Tekirdağ, 2007, 48 s, (Yüksek Lisans Tezi).
5. Cemeroğlu, B. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Başkent Klişe Matbaacılık, Ankara, Tırkiye, 2004, 278 s.
6. Ünlütürk, A., Turantaş, F. Gıda Mikrobiyolojisi. Mengi Tan Basımevi, İzmır, Tırkiye, 1999, 340 s.
7. Acar, J., Cemerođlu, B. Meyve Sebze Teknolojisi. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakóltesi Yayınları, Ankara, Tırkiye, 1999, 399 s.
8. Tekeli, S. T. Ziraat Sanatları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Yayınları, Ankara, Tırkiye, 1965, 480 s.
9. Erzurum, K. Gıdalarda mikotoksin oluşumunu etkileyen faktörler. *Gıda*. 2001, 4(26), 289–293.
10. Zinedine, A., Brera, C., Elakhdari, S., Catano, C., Debegnach, F., Angelini, S., De Santis, B., Faid, M., Benlemlih, M., Minardi, V., Miraglia, M. Natural occurrence of mycotoxins in cereals and spices commercialized in Morocco. *Food Control*. 2006, 17(11), 868-874.
11. Azaiez, I., Font, G., Mañes, J., Fernández-Franzón, M. Survey of mycotoxins in dates and dried fruits from Tunisian and Spanish markets. *Food Control*. 2015, 51, 340–346.
12. Zinedine, A., Mañes, J. Occurrence and legislation of mycotoxins in food and feed from Morocco. *Food Control*. 2009, 20(4), 334–344.
13. Erdoğan, A., Gürses, M., Sert, S. Erzurum’da satışa sunulan köme (cevizli pestil sucuğu) ve kuru incirlerin aflatoksin içeriklerinin saptanması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Dergisi*. 2003, 34(1), 85-88.
14. Desjardins, A., Maragos, C., Norred, W., Pestka, J., Philips, T., Vardon, P. Egmond, H. van. *Mycotoxins: Risks in Plant, Animal and Human Systems* Council. Council for Agricultural Science and Technology, Ames, Iowa, USA, 2003, 199 s.
15. Drusch, S., Ragab, W. Mycotoxins in fruits, fruit juices, and dried fruits. *Journal of food protection*. 2003, 66(8), 1514–1527.
16. Ozer, H., Basegmez, H. I. O., Ozay, G. Mycotoxin risks and toxigenic fungi in date, prune and dried apricot among Mediterranean crops. *Phytopathologia Mediterranea*. 2012, 51(1), 148–157.

17. Marin, S., Ramos, a. J., Cano-Sancho, G., Sanchis, V. Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. *Food and Chemical Toxicology*. 2013, 60, 218–237.
18. Edite Bezerra da Rocha, M., Freire, F. D. C. O., Erlan Feitosa Maia, F., Izabel Florindo Guedes, M., Rondina, D. Mycotoxins and their effects on human and animal health. *Food Control*. 2014, 36(1), 159–165.
19. Juan, C., Zinedine, A., Moltó, J. C., Idrissi, L., Mañes, J. Aflatoxins levels in dried fruits and nuts from Rabat-Salé area, Morocco. *Food Control*. 2008, 19(9), 849–853.
20. Velazhahan, R., Vijayanandraj, S., Vijayasamundeeswari, A., Paranidharan, V., Samiyappan, R., Iwamoto, T., Muthukrishnan, S. Detoxification of aflatoxins by seed extracts of the medicinal plant, *Trachyspermum ammi* (L.) Sprague ex Turrill – Structural analysis and biological toxicity of degradation product of aflatoxin G1. *Food Control*. 2010, 21(5), 719–725.
21. Girgin, G., Başaran, N., Şahin, G. Dünyada ve Türkiye’de insan sağlığını tehdit eden mikotoksinler. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*. 2001, 58(3), 97–118.
22. Richard, J. L. Some major mycotoxins and their mycotoxicoses-An overview. *International Journal of Food Microbiology*. 2007, 119(1-2), 3–10.
23. Sabuncuoğlu, S. A., Baydar, T., Belma, G., Şahin, G. Mikotoksinler: Toksik etkileri, degradesyonları, oluşumlarının önlenmesi ve zararlı etkilerinin azaltılması. *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*. 2007, 28(1), 63–92.
24. Bennett, J. W. Mycotoxins, mycotoxicoses, mycotoxicology and mycopathologia. *Mycopathologia*. 1987, 100(1), 3–5.
25. Lutfullah, G., Hussain, A. Studies on contamination level of aflatoxins in some dried fruits and nuts of Pakistan. *Food Control*. 2011, 22, 426–429.
26. Iamanaka, B. T., de Menezes, H. C., Vicente, E., Leite, R. S. F., Taniwaki, M. H. Aflatoxigenic fungi and aflatoxins occurrence in sultanas and dried figs commercialized in Brazil. *Food Control*. 2007, 18(5), 454–457.
27. Tam, J., Mankotia, M., Mably, M., Pantazopoulos, P., Neil, R. J., Calway, P., Scott, P. M. Survey of breakfast and infant cereals for aflatoxins B1, B2, G1 and G2. *Food additives and contaminants*. 2006, 23(7), 693–9.
28. Lutfullah, G., Hussain, A. Studies on contamination level of aflatoxins in some cereals and beans of Pakistan. *Food Control*. 2012, 23(1), 32–36.
29. Andrade, P. D., Caldas, E. D. Aflatoxins in cereals: worldwide occurrence and dietary risk assessment. *World Mycotoxin Journal*. 2015, 8(4), 415-431.
30. Herzallah, S. M. Determination of aflatoxins in eggs, milk, meat and meat products using HPLC fluorescent and UV detectors. *Food Chemistry*. 2009, 114(3), 1141–1146.
31. Flores-Flores, M. E., Lizarraga, E., López de Cerain, A., González-Peñas, E. Presence of mycotoxins in animal milk: A review. *Food Control*. 2015, 53, 163–176.
32. Muñoz, K., Campos, V., Blaszkewicz, M., Vega, M., Alvarez, A., Neira, J.,

- Degen, G. H. Exposure of neonates to ochratoxin A: first biomonitoring results in human milk (colostrum) from Chile. *Mycotoxin research*. 2010, 26(2), 59–67.
33. Zain, M. E. Impact of mycotoxins on humans and animals. *Journal of Saudi Chemical Society*. 2011, 15(2), 129–144.
  34. Soyöz, M., K, N. Ö. Okratoksin A ' nın toksik etkileri ve eliminasyonu. *Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi*. 2002, 22, 421–427.
  35. Abdel-Wahhab, M. A., Ahmed, H. H., Hagazi, M. M. Prevention of aflatoxin B1-initiated hepatotoxicity in rat by marine algae extracts. *Journal of Applied Toxicology*. 2006, 26(3), 229–238.
  36. Guyonnet, D., Belloir, C., Suschetet, M., Siess, M.-H., Le Bon, A.-M. Mechanisms of protection against aflatoxin B1 genotoxicity in rats treated by organosulfur compounds from garlic. *Carcinogenesis*. 2002, 23(8), 1335–1341.
  37. Masoero, F., Gallo, A., Moschini, M., Piva, G., Diaz, D. Carryover of aflatoxin from feed to milk in dairy cows with low or high somatic cell counts. *Animal*. 2007, 1(09), 1344-1350.
  38. Bircan, C. Incidence of ochratoxin A in dried fruits and co-occurrence with aflatoxins in dried figs. *Food and Chemical Toxicology*. 2009, 47, 1996–2001.
  39. Bend, J., Bolger, M., Knaap, a. G. a C., Kuznesof, P. M., Larsen, J. C., Mattia, A., Williams, G. M. Evaluation of certain food additives and contaminants. *World Health Organization - Technical Report Series*, 2007.
  40. Levent, Ş., Nas, S. Kuru incir, üzüm ve kırmızıbiberlerde mikotoksin varlığı. *Akademik Gıda*. 2010, 8(3), 24–32.
  41. Wagacha, J. M., Muthomi, J. W. Mycotoxin problem in Africa: Current status, implications to food safety and health and possible management strategies. *International Journal of Food Microbiology*. 2008, 124(1), 1–12.
  42. Stoev, S. D. The role of ochratoxin A as a possible cause of Balkan endemic nephropathy and its risk evaluation. *Veterinary and human toxicology*. 1998, 40(6), 352–360.
  43. Jackson, L. S., Al-Taher, F. *Mycotoxins in Fruits and Vegetables*, Elsevier, Burlington, USA, 2008, 390.
  44. Reddy, L., Bhoola, K. Ochratoxins-food contaminants: impact on human health. *Toxins*. 2010, 2(4), 771–9.
  45. Märthlbauer, E., Usleber, E., Dietrich, R., Schneider, E. Ochratoxin A in human blood serum - retrospective long-term data. *Mycotoxin research*. 2009, 25(4), 175–86.
  46. Maaroufi, K., Achour, A., Betbeder, A. M., Hammami, M., Ellouz, F., Creppy, E. E., Bacha, H. Foodstuffs and human blood contamination by the mycotoxin ochratoxin A: correlation with chronic interstitial nephropathy in Tunisia. *Archives of toxicology*. 1995, 69(8), 552–8. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8534199>
  47. Marquardt, R. R., Frohlich, a. a. A review of recent advances in

- understanding ochratoxycosis. *Journal of animal science*. 1992, 70(12), 3968–3988.
48. Biasucci, G., Calabrese, G., Di Giuseppe, R., Carrara, G., Colombo, F., Mandelli, B., Rossi, F. The presence of ochratoxin A in cord serum and in human milk and its correspondence with maternal dietary habits. *European journal of nutrition*. 2011, 50(3), 211–8.
  49. Denli, M., Perez, J. F. Ochratoxins in feed, a risk for animal and human health: control strategies. *Toxins*. 2010, 2(5), 1065–77.
  50. Biró, K., Solti, L., Barna-Vetró, I., Bagó, G., Glávits, R., Szabó, E., Fink-Gremmels, J. Tissue distribution of ochratoxin A as determined by HPLC and ELISA and histopathological effects in chickens. *Avian Pathology*. 2002, 31(2), 141–148.
  51. Paterson, R. R. M., Lima, N. How will climate change affect mycotoxins in food ? *Food Research International*. 2010, 43(7), 1902–1914.
  52. Yetkin, D., Dalgıç, N. Balkan nefropatisi. *Türkiye Klinikleri Dergisi*. 1984, 4(3), 259–261.
  53. Tatu, C. a., Orem, W. H., Finkelman, R. B., Feder, G. L. The etiology of Balkan endemic nephropathy: Still more questions than answers. *Environmental Health Perspectives*. 1998, 106(11), 689–700.
  54. Sedmikova, M., Reisnerova, H., Dufkova, Z., Barta, I., Jilek, F. Potential hazard of simultaneous occurrence of aflatoxins B1 and ochratoxin A. *Veterinary Medicine*. 2001, 46(6), 169–174.
  55. Karaca, H., Velioglu, Y. S., Nas, S. Mycotoxins: contamination of dried fruits and degradation by ozone. *Toxin Reviews*. 2010, 29(2), 51–59.
  56. Büyükşirin, Sibel. Kuru İncirlerde Küf Florası ve Aflatoksijenik Küflerin Saptanması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, İzmir, 1993, 99 s, (Yüksek Lisans Tezi).
  57. Derici, Belgin. Kuru İncirlerde Aflatoksin ve Okratoksin A Oluşumunun Bazı Besin Maddeleri ile İlişkileri Üzerinde Araştırmalar. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, İzmir, 1997, 40 s, (Yüksek Lisans Tezi).
  58. Efendiler, Hafize. İzmir ve Manisa İllerindeki Çeşitli Çekirdeksiz Kuru Üzüm Bağlarında Potansiyel Okratoksijenik Küflerin İzlenmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Temel ve Endüstriyel Mikrobiyoloji Ana Bilim Dalı, İzmir, 2002, 220 s, (Yüksek Lisans Tezi).
  59. Körük, Bülent. Gıda Mikotoksinleri ve İnsan Sağlığı Açısından Önemi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2001, 42 s, (Dönem Projesi).
  60. Yılmaz, Ş. Farklı Durultma Proseslerinin Elma Suyu Üretiminde Fumarik Asit Miktarına ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi. Pamukkale Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Denizli, 2005, 65 s.
  61. D’Mello, J.P.F., Macdonald, a. M. C. Mycotoxins. *Animal Feed Science Technology*. 1997, 69, 155–166.
  62. Farkhondeh Hal, Aref. Erzurum’da Açıkta Satılan Bazı Kurutulmuş Meyveler

- Üzerinde Gelişen Aflatoksin Üretici Mikrofungusların Araştırılması. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Erzurum, 2014, 53 s, (Yüksek Lisans Tezi).
63. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına dair Yönetmelik. 23 Eylül 2002 tarih ve 24885 Sayılı Resmi Gazete.
  64. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. 29 Aralık 2011 tarih ve 28157 sayılı Resmi Gazete.
  65. Commission of the European Communities. Commission Regulation (EC) No 168/2010 of 26 February 2010 amending regulation (EC) No 118/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards aflatoxins. Official Journal of the European Union. 2010, (50), 8–12.
  66. Commission of the European Communities. Commission Regulation (EC) No 118/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union. 2006, (364), 5–24.
  67. Commission of the European Communities. Commission Regulation (EC) No 105/2010 of 5 February 2010 amending regulation (EC) No 118/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards ochratoxin A. Official Journal of the European Union. 2010, (35), 7–8.
  68. WHO. Fruit and Vegetable Promotion Initiative – Report of the Meeting. Geneva, 2003, 29 s.
  69. WHO/FAO Expert Consultation. Diet, Nutrition and Prevention of Chronic Diseases. WHO Technical Report Series, No. 916, 2003, 159 s.
  70. Simson, M. G. (2012). Bitki Sistematığı (Z. Aytaç Çev.). Ankara, Nobel Akademik Yayıncılık, 2012, 740 s.
  71. Davis, P. H. Flora of Turkey and the East Aegean Islands (6. Baskı.). Edinburgh University Press, Edinburg, İngiltere, 1978, 825 s.
  72. Mutalik, S., Paridhavi, K., Rao, M. C., Udupa, N. Antipyretic and analgesic effect of leaves of Solanum melongena LINN in rodents. Indian Journal of Pharmacology. 2003, (35), 312-315.
  73. Das, S., Raychaudhuri, U., Falchi, M., Bertelli, A., Braga, P. C., Das, D. K. Cardioprotective properties of raw and cooked eggplant (Solanum melongena L). Food Function. 2011, 2(7), 395-399.
  74. Sudheesh, S., Presannakumar, G., Vijayakumar, S., Vijayalakshmi, N. R. Hypolipidemic effect of flavonoids from Solanum melongena. Plant foods for human nutrition. 1997, 51(4), 321–30.
  75. Kowalski, R., Kowalska, G. Phenolic acid contents in fruits of aubergine (Solanum melongena L.). Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 2005, 14(1), 37–41.
  76. Akanitapichat, P., Phraibung, K., Nuchklang, K., Prompitakkul, S. Antioxidant and hepatoprotective activities of five eggplant varieties. Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association. 2010, 48(10), 3017–21.
  77. Matsubara, K., Kaneyuki, T., Miyake, T., Mori, M. Antiangiogenic activity of

- nasunin, an antioxidant anthocyanin, in eggplant peels. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2005, 53(16), 6272–5.
78. Hanson, P. M., Yang, R.-Y., Tsou, S. C. S., Ledesma, D., Engle, L., Lee, T. C. Diversity in eggplant (*Solanum melongena*) for superoxide scavenging activity, total phenolics, and ascorbic acid. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006, 19(6-7), 594–600.
79. Aktaş, H., Söylemez, S., Pakyürek, A. Y. Farklı budama şekillerinin sera dolmalık Biber (*Capsicum annuum* L.) yetiştiriciliği üzerine etkisi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2013, 13(3), 31–36.
80. Aras, V. Kahramanmaraş biber yetiştiriciliği, sorunları ve çözüm önerileri. *Alatarım*. 2002, 1(2), 49–53.
81. Akay Rastgeldi, Züleyha Hülya. Biberde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Bazı Fizyolojik Parametreler ile Mineral Madde İçeriği Üzerine Etkileri. *Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Şanlıurfa, 2010, 76 s, (Yüksek Lisans Tezi)*.
82. Tunail, N. Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamalar. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Yayını, Sim Matbaası, Ankara, Türkiye, 2000, 522 s.*
83. Atık, İlker. Aydın İlinde Doğal Olarak Kurutulan, Geleneksel ve Endüstriyel İşlenen İncirlerin Bazı Özellikleri ve Aflatoxin İçerikleri. *Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Denizli, 2012, 75 s, (Yüksek Lisans Tezi)*.
84. Reazai, M., Sayadi, M., Akbarpour, B., Mohammadpourfard, I. Safety of dried fruits marketed in tehran as assessed by aflatoxins contamination. *International Journal of Food Nutrition and Safety*. 2014, 5(1), 24–30.
85. Masood, M., Iqbal, S. Z., Asi, M. R., Malik, N. Natural occurrence of aflatoxins in dry fruits and edible nuts. *Food Control*. 2015 55, 62–65.
86. Trucksess, M. W., Scott, P. M. Mycotoxins in botanicals and dried fruits: a review. *Food Additives and Contaminants*. 2008, 25(2), 181–192.
87. Karaçınar, Servet. Kuru Üzüm, İncir ve Kayısıda *Aspergillus* spp. Tanımlamaları ve Aflatoxin Oluşumlarının Ozonla Detoksifikasyonu. *Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sivas, 2012, 75 s, (Yüksek Lisans Tezi)*.
88. Van de Perre, E., Deschuyffelee, N., Jacxsens, L., Vekeman, F., Van Der Hauwaert, W., Asam, S., ... De Meulenaer, B. Screening of moulds and mycotoxins in tomatoes, bell peppers, onions, soft red fruits and derived tomato products. *Food Control*. 2014, 37, 165–170.
89. Hacıbekiroğlu, I., Kolak, U. Aflatoxins in various food from Istanbul, Turkey. *Food additives contaminants*. 2013, 6(4), 260–4.0
90. Mariutti, L. R. B., Soares, L. M. V. Survey of aflatoxins in tomato products. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 2009, 29(2), 431–434.
91. Hell, K., Gnonlonfin, B. G. J., Kodjogbe, G., Lamboni, Y., Abdourhamane, I. K. Mycoflora and occurrence of aflatoxin in dried vegetables in Benin, Mali and Togo, West Africa. *International journal of food microbiology*. 2009,

- 135(2), 99–104.
92. Karaaslan, M., Arslanğray, Y. Aflatoxins B1, B2, G1, and G2 contamination in ground red peppers commercialized in Sanliurfa, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*. 2015, 187(4), 184.
  93. Ali, N., Hashim, N. H., Shuib, N. S. Natural occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in processed spices marketed in Malaysia. *Food additives contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure risk assessment*. 2015, 32(4), 518–32.
  94. Yogendrarajah, P., Jacxsens, L., De Saeger, S., De Meulenaer, B. Co-occurrence of multiple mycotoxins in dry chilli (*Capsicum annum* L.) samples from the markets of Sri Lanka and Belgium. *Food Control*. 2014, 46, 26–34.
  95. Özkan, A., Bindak, R., Erkmén, O. Aflatoxin B1 and aflatoxins in ground red chilli pepper after drying. *Food additives contaminants. Part B, Surveillance*. 2015, 8(3), 227–33.
  96. Ardic, M., Karakaya, Y., Atasever, M., Durmaz, H. Determination of aflatoxin B(1) levels in deep-red ground pepper (isot) using immunoaffinity column combined with ELISA. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*. 2008, 46(5), 1596–1599.
  97. Jalili, M., Jinap, S. Natural occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in commercial dried chili. *Food Control*. 2012, 24(1-2), 160–164.
  98. Iqbal, S. Z., Asi, M. R., Zuber, M., Akhtar, J., Jawwad Saif, M. Natural occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in commercial chilli and chilli sauce samples. *Food Control*. 2013, 30(2), 621–625.
  99. Set, E., Erkmén, O. The aflatoxin contamination of ground red pepper and pistachio nuts sold in Turkey. *Food and Chemical Toxicology*. 2010, 48(8-9), 2532–2537.
  100. O' Riordan, M. J., Wilkinson, M. G. A survey of the incidence and level of aflatoxin contamination in a range of imported spice preparations on the Irish retail market. *Food Chemistry*. 2008, 107(4), 1429–1435.
  101. Romagnoli, B., Menna, V., Gruppioni, N., Bergamini, C. Aflatoxins in spices, aromatic herbs, herb-teas and medicinal plants marketed in Italy. *Food Control*. 2007, 18(6), 697–701.
  102. Türk Standardı. Meyve ve sebze ürünleri-düşük basınç altında kurutma ile kurumadde ve azeotropik distilasyon metodu ile su muhtevasının tayini, Türk Standartlar Enstitüsü, TS 1129 ISO 1026, Ankara, 1998.
  103. Yorulmaz, A., Bircan, C. Aydın ilinde üretilen zeytinyağlarının aflatoksin içerikleri. *Tralleis Elektronik Dergisi*. 2013, 1(1), 11–17.
  104. AOAC. Aflatoxin B1 and total aflatoxins in peanut butter, pistachio paste, fig paste, and paprika powder - immunoaffinity column LC with post-column derivatization. AOAC Official Method 999.07, 2000.
  105. AOAC. Ochratoxin A in Barley. AOAC Official Method 2000.03, 2002.
  106. Shundo, L., de Almeida, A. P., Alaburda, J., Lamardo, L. C. A., Navas, S. A.,

- Ruvieri, V., Sabino, M. Aflatoxins and ochratoxin A in Brazilian paprika. *Food Control*. 2009, 20(12), 1099–1102.
- 107.** Türk Standardı. Kurutulmuş Patlıcan Standardı, Türk Standartlar Enstitüsü, TS 3883, Ankara, 1983.
- 108.** Türk Standardı. Kurutulmuş Biber Standardı, Türk Standartlar Enstitüsü, TS 3884, Ankara, 1983.
- 109.** AFLATOXIN B1 | C<sub>17</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>.  
<http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/186907#section=Top>. (Erişim tarihi: 04.09.2015).
- 110.** AFLATOXIN B2 | C<sub>17</sub>H<sub>14</sub>O<sub>6</sub>.  
<http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2724360>, (Erişim tarihi: 04.09.2015).
- 111.** AFLATOXIN G1 | C<sub>17</sub>H<sub>12</sub>O<sub>7</sub>.  
<http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/14421>. (Erişim tarihi: 04.09.2015).
- 112.** AFLATOXIN G2 | C<sub>17</sub>H<sub>14</sub>O<sub>7</sub>.  
<http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23670>. (Erişim tarihi: 04.09.2015).
- 113.** OCHRATOXIN A | C<sub>20</sub>H<sub>18</sub>ClNO<sub>6</sub>.  
<http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/442530>. (Erişim tarihi: 04.09.2015).

## 8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Okan Fatih GÜRHAHTA  
Doğum Yeri ve Yılı : İstanbul, 1988  
Medeni Hali : Bekar  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : okanfatihgurhayta@hotmail.com



### Eğitim Durumu

Lise :Hoca Ahmed Yesevi Lisesi, 2005  
Lisans :Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 2010  
Yüksek Lisans :Celal Bayar Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 2015

### Tezden Yapılan Yayınlar

Gürhayta, O. F., Çağındı, Ö. Kurutulmuş Meyvelerde Aflatoksin ve Okratoksin A Varlığının ve Sağlık Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi (2016, Basımda)

Bu tez çalışması 2210-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.