



T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**KIRMIZI PUL BİBERLERDE AFLATOKSİN (B₁, B₂, G₁, G₂)
VARLIĞININ ARAŞTIRILMASI**

Hemşire Asiye DAYAN
BESİN HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Yakup Can SANCAK

VAN - 2019

ETİK BEYAN

T.C.

VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Yüksek Lisans tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Kırmızı Pul Biberlerde Aflatoksin (B₁, B₂, G₁, G₂) Varlığının Araştırılması” başlıklı tezim; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir. Bu tezdeki bütün bilgiler akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak hazırlanıp, bu kural ve ilkeler gereği, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçlara atıf yapılmış ve kaynak gösterilmiştir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Asiye DAYAN

Tarih: 17.07.2019

İmza:



T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KIRMIZI PUL BİBERLERDE AFLATOKSİN (B₁, B₂, G₁, G₂)
VARLIĞININ ARAŞTIRILMASI**

Hemşire Asiye DAYAN
BESİN HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Yakup Can SANCAK


VAN – 2019

Bu araştırma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından Proje ID: 8010 numaralı proje olarak desteklenmiştir.

KABUL VE ONAY

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalında Asiye DAYAN tarafından hazırlanan “Kırmızı Pul Biberlerde Aflatoksin (B₁, B₂, G₁, G₂) Varlığının Araştırılması” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak OY BİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

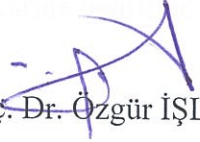
Tez Savunma Tarihi:17/07/2019



Prof. Dr. Yakup Can SANCAK

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Jüri Başkanı



Doç. Dr. Özgür İŞLEYİCİ

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Jüri Üyesi



Dr. Öğr. Üyesi Hakan SANCAK

Bitlis Eren Üniversitesi

Jüri Üyesi

Tez hakkında alınan jüri kararı, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu tarafından onaylanmıştır.



Prof. Dr. Semiha DEDE

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin boyunca bana yol gösteren ve tez çalışmamın her aşamasında desteğini esirgemeyen danışmanım Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Yakup Can SANCAK'a, Anabilim Dalı Öğretim Üyeleri Sayın Doç. Dr. Özgür İŞLEYİCİ, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Rabia Mehtap TUNCAY, Sayın Prof. Dr. Emrullah SAĞUN ve Sayın Prof. Dr. Kamil EKİCİ'ye, projemin gerçekleşmesinde desteğini esirgemeyen Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Öğretim Üyeleri Sayın Prof. Dr. Filiz KARADAŐ ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Suna AKKOL'a, ilgi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme, maddi ve manevi desteklerinden dolayı Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığına teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Dayan A, Kırmızı pul biberlerde aflatoksin (B₁, B₂, G₁, G₂) varlığının araştırılması, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Van, 2019. Aflatoksinler, insan ve hayvan sağlığı üzerine önemli olumsuz etkileri ile dikkat çeken bazı küf türlerinin ürettiği kimyasal metabolitlerdir. Doğrudan gıda maddeleri üzerinde üreyen küfler aracılığıyla oluşabildikleri gibi hayvan yemlerinde meydana gelerek sütle atılan metabolitleri vasıtasıyla da halk sağlığı açısından ciddi sağlık risklerine neden olurlar. Yapılan araştırmalarda birçok besin maddesinde varlıkları tespit edilen aflatoksinlerin en fazla bulunduğu gıdalardan biri de kırmızı pul biberlerdir. Ülkemizin farklı bölgelerinde tüketilen kırmızı pul biberlerdeki aflatoksin varlığı ile ilgili birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen Van ilinde bu gıdalarda yapılan çalışma sayısı oldukça azdır. Bu tez çalışması ile Van ilinde ambalajlı ve ambalajsız olarak satışa sunulan kırmızı pul biberlerde aflatoksin varlığı High Performance Liquid Chromatography (HPLC) metodu ile belirlenmiş ve tüketime sunulan kırmızı pul biberlerde aflatoksin seviyesinin halk sağlığı için bir tehlike oluşturup oluşturmadığı ortaya konulmuştur. Bu araştırmada 25'er adet ambalajlı ve ambalajsız olmak üzere toplam 50 adet kırmızı pul biber örneği incelenmiştir. Yapılan analizlerde kırmızı pul biber örneklerinde ortalama aflatoksin B₁ (AFB₁), aflatoksin B₂ (AFB₂), aflatoksin G₁ (AFG₁), aflatoksin G₂ (AFG₂) ve toplam aflatoksin (TAF) düzeyleri ambalajlı örnekler için sırasıyla 2.8820±0.3801, 0.1043±0.0264, 1.3329±0.0042, ND ve 4.3192±0.4032 ppb, ambalajsız örnekler için ise sırasıyla 23.0451±4.9362, 1.3471±0.2705, 2.2196±0.3115, 0.0538±0.0365 ve 26.6656±5.3027 ppb olarak bulunmuştur. Ambalajlı örneklerin 3 (% 12)'ünde 6.3-7.6 ppb aralığında ve ambalajsız örneklerin ise 19 (% 76)'unda 6.3-83.5 ppb aralığında AFB₁ düzeylerinin yasal sınır olan 5 ppb'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. TAF düzeyinin ambalajlı örneklerde halk sağlığı açısından risk teşkil eden yasal sınırı aşmadığı, ambalajsız örneklerin ise 18 (% 72)'inde yasal sınır olan 10 ppb'yi 11.9-90.6 ppb arasında değişen düzeylerde aştığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Van'da ambalajlı ve ambalajsız olarak tüketime sunulan kırmızı pul biber örnekleri birlikte değerlendirildiğinde, aflatoksin düzeyleri yönünden hijyenik kalitesinin yetersiz olduğu ve halk sağlığı açısından potansiyel bir risk oluşturabileceği kanısına varılmıştır. Bu nedenle, halk sağlığı ve gıda kontrolü ile ilgili kurum ve kuruluşların bu çalışmadan elde edilen verilerden faydalanarak yasal kontrol ve izleme faaliyetlerini titizlikle yürütmeleri ve kaliteli ve hijyenik üretim konusunda tedbir almaları gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kırmızı pul biber, Aflatoksin, HPLC.

ABSTRACT

Dayan A, Investigation of the presence of aflatoxin (B1, B2, G1, G2) in red chili powder, Van Yuzuncü Yil University, Institute of Health Sciences, Department of Food Hygiene and Technology, Master Thesis, Van, 2019. Aflatoxins are chemical metabolites produced by some mold species that draw attention with their significant negative effects on human and animal health. They can occur directly through molds that grow on foodstuffs, and they also cause serious health risks for public health through their metabolites, which occur in animal feeds and are excreted in milk. One of the most abundant foods found in aflatoxins detected in many nutrients is red chili powder. Although there have been many studies about the presence of aflatoxin in red chili powder consumed in different regions of our country, the number of studies on these foods in Van province is very small. In this study, the presence of aflatoxin in red chili powder in Van Province, packaged and unpackaged, was determined by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) method and it was shown whether the level of aflatoxin in red chili powder offered to consumption constitutes a public health hazard. In this study, a total of 50 red chili powder samples, 25 packed and 25 unpackaged, were examined. The average levels of aflatoxin B1 (AFB1), aflatoxin B2 (AFB2), aflatoxin G1 (AFG1), aflatoxin G2 (AFG2) and total aflatoxin (TAF) levels in red chili powder samples were 2.8820 ± 0.3801 , 0.1043 ± 0.0264 , 1.3329 , respectively. ± 0.0042 , ND and 4.3192 ± 0.4032 ppb, for unpackaged samples 23.0451 ± 4.9362 , 1.3471 ± 0.2705 , 2.2196 ± 0.3115 , 0.0538 ± 0.0365 and 26.6656 ± 5.3027 ppb were found respectively. AFB1 levels were found to be above the legal limit of 5 ppb in the range of 6.3-7.6 ppb in 3 (12%) of the packaged samples and in the range of 6.3-83.5 ppb in 19 (76%) of the unpackaged samples. It was found that TAF level did not exceed the legal limit that posed a risk to public health in packaged samples and 18 (72%) of unpackaged samples exceeded the legal limit of 10 ppb at levels ranging from 11.9-90.6 ppb. As a result, when the red chili powder samples which are presented in Van with or without packaging are evaluated together, it was concluded that the hygienic quality is insufficient in terms of aflatoxin levels and that it may pose a potential risk to public health. For this reason, public health and food control institutions and organizations should use the data obtained from this study to carry out legal control and monitoring activities meticulously and to take measures on quality and hygienic production.

Key Words: Red pepper flakes, Aflatoxin, HPLC.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	II
ETİK BEYAN	III
TEŞEKKÜR	IV
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
İÇİNDEKİLER	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR	IX
ŞEKİLLER LİSTESİ	X
TABLolar LİSTESİ	XI
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Kırmızıbiber ve Üretimi	4
2.2. Mantarlar	5
2.3. Mikotoksinler ve Aflatoksinler	6
2.4. Mikotoksinlerin Hayvan Sağlığı Üzerine Etkileri	8
2.5. Mikotoksinlerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	9
2.6. Konuyla İlgili Yapılan Çalışmalar	10
3. GEREÇ VE YÖNTEM	14
3.1. Gereç	14
3.2. Yöntem	14
3.2.1. Kırmızı pul biberlerde aflatoksin ekstraksiyonu ve HPLC ile belirlenmesi	15
3.2.2. HPLC cihazının kalibrasyonu	19
3.2.3. Standart kalibrasyon seviyelerinin hazırlanması	19
3.2.4. Aflatoksin düzeylerinin hesaplanması	22
3.2.5. İstatistiksel analizler	22
4. BULGULAR	23
5. TARTIŞMA SONUÇ	29
KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ	43

EKLER	44
EK 1. Tez Orijinallik Raporu	44



SİMGELELER VE KISALTMALAR

HPLC	: High Performance Liquide Chromotography
ELISA	: Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
µl	: Mikrolitre
kg	: Kilogram
ml	: Mililitre
ppb	: parts per bilion (milyarda bir)
TAF	: Toplam aflatoksin (B ₁ +B ₂ + G ₁ +G ₂)
AFB₁	: Aflatoksin B ₁
AFB₂	: Aflatoksin B ₂
AFG₁	: Aflatoksin G ₁
AFG₂	: Aflatoksin G ₂

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.	Bazı aflatoksinlerin kimyasal yapıları	8
Şekil 2.	Aflatoksin analizi yapılacak kırmızı pul biber örneklerinin tartımı.	12
Şekil 3.	Örnek ekstratının hazırlanma aşamasındaki karıştırma işlemi.....	16
Şekil 4.	Örnek ekstratının hazırlanma aşamasındaki süzülme işlemi.....	16
Şekil 5.	AFB ₁ , AFB ₂ , AFG ₁ ve AFG ₂ antiijeini içeren immünoafinite kolondan fosfat tamponu çözeltisi (sigma) geçirme işlemi	17
Şekil 6.	A) Pipetle ekstraktın alınması B) Vorteksle homojenizasyon	17
Şekil 7.	Örnek ekstraktının immünoafinite kolondan geçirilmesi.....	18
Şekil 8.	Örnek ekstraktının vialle aktarımı	18
Şekil 9.	Kobra cell bağlı HPLC cihazında okuma	19
Şekil 10.	Aflatoksin standart kalibrasyon eğrileri, A) AFB ₁ , B) AFB ₂ , C) AFG ₁ , D) AFG ₂	21
Şekil 11.	HPLC cihazına enjekte edilen 8. seviye standart aflatoksin kalibrasyon pikleri.....	21
Şekil 12.	HPLC cihazına enjekte edilen kırmızı pul biber örneğinin aflatoksin kromatogram pikleri.....	21

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.	HPLC cihazının çalışma şartları	19
Tablo 2.	AFB ₁ , AFB ₂ , AFG ₁ ve AFG ₂ kalibrasyon standart seviyelerinin hazırlanması	20
Tablo 3.	Ambalajlı olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin düzeyleri (ppb)	24
Tablo 4.	Ambalajsız olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin düzeyleri (ppb)	25
Tablo 5.	Ambalajlı ve ambalajsız olarak satışa sunulan tüm kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin düzeyleri (ppb)	26
Tablo 6.	Kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin miktarına ait frekans dağılımı (%)	26
Tablo 7.	Ambalajlı ve ambalajsız olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örnek grupları arasındaki farkın istatistiksel olarak önem seviyeleri (t-testi)	27
Tablo 8.	Ambalajlı olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin tipleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n: 25)	27
Tablo 9.	Ambalajsız olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin tipleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n: 25)	27
Tablo 10.	Ambalajlı ve ambalajsız olarak satışa sunulan tüm kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin tipleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n: 50)	28

1. GİRİŞ

İnsan sağlığı; beslenme, iklim, çevre koşulları ve genetik faktörler gibi birçok ögenin etkisi altındadır ve beslenme insan sağlığını etkileyen faktörler arasında ilk sıraları alan önemli bir alandır. Beslenme; canlı organizmada büyüme, sürdürülebilir yaşam şartlarının sağlanması ve sağlığın korunarak devam ettirilebilmesi için gerekli besinlerin yeterli ve dengeli bir şekilde günlük öğünlerle alınmasıdır. Beslenmedeki temel amaç; kişinin fiziksel özelliklerine, çalışma koşullarına ve özel şartlarına göre tüm aşamalarda ihtiyaç duyduğu sağlıklı ve güvenli besin öğelerini yeterli ve dengeli miktarlarda almasıdır (Kavas, 2000; Baysal, 2009).

Yeterli ve dengeli bir beslenme ile vücudun ihtiyaç duyduğu protein, karbonhidrat, yağ, mineral ve vitaminler gibi temel besin elementleri günlük öğünlerle karşılanmaktadır. Yiyecekler insanların duygularına da hitap etmekte, yiyeceklerin organoleptik nitelikleri onların tüketiciler tarafından tercih edilmelerinde bazen en önemli faktörlerden birisi olmaktadır. Hatta birçok dinsel ritüelde adak olarak sunulan yiyeceklerin kaliteli, sağlıklı ve lezzetli olmasına özellikle dikkat edilmektedir. Bu nedenlerden dolayı insanlar tükettikleri yiyeceklerin daha lezzetli ve iyi görünümde olmasına dikkat etmektedirler (Gibson, 2006).

Günümüzde tükettiğimiz besinlerin duysal özelliklerini üst düzeye çıkarmak ve tüketiciler tarafından daha fazla satın alınmasını sağlamak için gıda endüstrisi sürekli çalışmakta, bu amaçla tüketicilerin besin tercihlerini etkileyen faktörler detaylı olarak araştırılırken aynı zamanda yiyecekleri daha lezzetli hale getirmek amacıyla birçok gıda katkı maddesi keşfedilerek gıda endüstrisinin hizmetine sunulmaktadır.

Baharatlar da tüm dünyada hem gıda endüstrisinde hem de evlerde yiyecek ve içeceklerin tat ve aromasını arttırmak ve görünümelerini çekici hale getirmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca tıp, eczacılık, parfümeri, kozmetik ve birçok farklı endüstriyel alanda antioksidan, koruyucu, antimikrobiyal ve antibiyotik fonksiyonlarından faydalanılmak amacıyla da kullanılmaktadır. Baharatlar bitkilerin; kabuk, çiçek, meyve, yaprak, rizom, kök, tohum ve stigma bölümlerinden kurutulmuş, işlenerek veya ekstraksiyonla elde edilmektedirler (Anonymous, 2005; Parthasarathy ve Kandiannan, 2007; Anar, 2012).

Baharattaki lezzet kavramı, bir dizi koku ve tat algısını içermektedir. Bu duyulardan sorumlu bileşenler, çok çeşitli doğal organik kimyasallar olan ve genellikle çok az veya hiç besin değerine sahip olmayan uçucu/uçucu olmayan yağ ve reçineli bileşikler olarak tanımlanmaktadır (Parthasarathy ve Kandiannan, 2007).

Son yıllarda tüm dünyada tüketicilerin eğitim ve bilinç düzeyi geliştikçe, daha kaliteli ve sağlıklı gıdalara olan talep giderek artmaktadır. Buna paralel olarak gıdalarla ilgili mevzuatı düzenleyen ve kontrolleri yapan resmi otoriteler ile gıda üretimi yapan endüstrilerde de gıda güvenliğini sağlamaya yönelik artan bir istek ve çaba gözlenmektedir (Tauxe ve ark., 2010; Asioli ve ark., 2017).

Gıda güvenliği alanında önemli problemlerden birisi de tüketilen besinlerdeki gittikçe artan kimyasal kalıntı sorunudur. Aflatoksinler halk sağlığı yönünden gıdalardaki en tehlikeli kimyasal kalıntılardan birisidir. Gıdalarda limitlerin üstünde bulunan aflatoksin kalıntıları, hepatosellüler karsinomlar başta olmak üzere mutajenik ve genotoksik etkileri ile önemli sağlık sorunlarına yol açabilmektedirler (Kumar ve ark., 2017).

Gıdalarda bulunan aflatoksin kalıntıları gelişmiş ülkelerde hayvan yemlerinden ve tarladaki üretim ve muhafaza şartlarından başlanarak alınan önlemler, iyi bir izleme sistemi, gelişmiş kontrol teknikleri ve sıkı uygulanan yasal mevzuatla büyük oranda kontrol altına alınmasına rağmen, gelişmekte olan ülkelerde halen önemli bir sorun olmaya devam etmektedir. Özellikle ürünün hasadı ve muhafazası sırasında yapılan hatalar, ürünlerde mikotoksin oluşturan küf türlerinin üremesine ve ürünü mikotoksinler ile kontamine etmesine neden olmaktadır (İşleyici, 2017; Udomkun ve ark., 2017).

Kırmızı pul biberler de üretimleri, muhafazaları ve satışları sırasında yapılan hatalı uygulamalardan dolayı aflatoksinlerle kontamine olabilir ve kontamine ürünleri tüketen insanlarda ciddi sağlık sorunlarına neden olabilirler. Diğer yandan bu tür ürünlerin uluslararası pazarlarda rekabet şansı da olmadığından, ülke ekonomisi açısından ciddi kayıplar oluşabilir. Nitekim kırmızı pul biberleri katkı maddesi olarak kullanan et sektörü gibi üretim alanlarında aflatoksinsiz ve mikrobiyolojik yönden uygun baharatların temini için, artan bir şekilde yurtdışından ürün tedarikine yönelme gibi yerli

üretimi ve ülke ekonomisini olumsuz yönde etkileyecek davranışların geliştiği görülmektedir (Karaaslan ve Aslanğray, 2015; Cavus ve ark., 2018; Unusan, 2019).

Avrupa Birliği (Anonymous, 2010) ve Türkiye'deki mevzuatlarda (Anonim, 2011) kırmızıbiberlerde (*Capsicum* spp., bunların kurutulmuş meyveleri, tatlı ve acı kırmızıbiberin bütün ve toz hali dâhil) olabilecek en yüksek AFB₁ düzeyi 5 ppb ve TAF düzeyi (B₁, B₂, G₁, G₂) ise 10 ppb olarak belirtilmiştir.

Kırmızı pul biberlerde aflatoksin varlığı üzerine dünyada ve ülkemizde yapılan çalışmalarda bu ürünlerin bazılarındaki aflatoksin düzeyinin yasal limitlerin üzerinde olduğu belirlenmiş ve bu ürünlerin tüketilmesinin halk sağlığı açısından ciddi riskler oluşturabileceği bildirilmiştir (Özkan ve ark., 2015; Karaaslan ve Aslanğray, 2015; Singh ve Cotty, 2017; Iqbal ve ark., 2017; Kilic ve ark., 2018). Ancak Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesinde bulunan en büyük şehirlerinden birisi olan Van'da tüketime sunulan kırmızı pul biberlerde aflatoksinlerin varlığı üzerine yeterli çalışma bulunmamaktadır. Yapılan bir çalışmada (Ağaoğlu, 1999) daha çok ticari ve tespit limitleri oldukça sınırlı olan ELISA yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

Bu araştırma, High Performance Liquid Chromatography (HPLC, Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) metodu kullanılarak Van'da ambalajlı ve ambalajsız olarak tüketime sunulan kırmızı pul biberlerdeki AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ ile TAF düzeylerinin tespit edilmesi ve aflatoksin düzeylerinin halk sağlığı açısından Avrupa Birliği (Anonymous, 2010) ve Türkiye'deki mevzuatlara (Anonim, 2011) göre risk oluşturabilecek seviyelerde olup olmadığının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kırmızıbiber ve Üretimi

Baharatların birçok çeşidi olmakla birlikte, en sık ve yaygın olarak kullanılan baharatlar arasında karabiber, kırmızıbiber, kimyon, karanfil, tarçın ve zencefil gelmektedir. Dünya genelinde geleneksel olarak ticareti yapılan en önemli baharat çeşitleri tropikal iklimlerde yetişen ürünlerdir, ancak bunun aksine kimyon ve kırmızıbiber ülkemizde de bol miktarda yetişen baharatlardandır (Baysal, 2009; Anonymous, 2015).

Baharatlık kırmızıbiber yemeklere doğrudan katılmakla beraber sucuk, sosis ve yemek sosları gibi bir çok üründe aroma ve çeşni verici olarak da kullanılmaktadır (Öztekin ve ark., 2006).

Biber, dünyanın farklı ülkelerinde açık veya örtülü alanlarda yetiştirilen, üretici, tüketici ve işleme endüstrisi bakımından önemli bir kültür bitkisidir. Kırmızı pul-toz biber, *Solanaceae* familyasında bulunan *Capsicum annuum L.* türüne ait biberlerin kurutulduktan sonra öğütülmesi ile elde edilen, yemeklere tat ve acılık vermek için kullanılan bir baharattır (Akgül, 1993). Türk Standartları Enstitüsü (TSE)'ne göre ise kırmızıbiber “*Capsicum annuum L.* türüne giren kültür bitkilerinin tam olgunlaşmış acı meyvelerinin iyice kurutulup, saplı veya sapı alındıktan sonra, çekirdekli veya çekirdeksiz, yarı öğütülerek pul (yaprak) haline getirilmiş, belirli oranlarda yemeklik sıvı bitkisel yağ ve yemeklik tuz ile karıştırılıp su ile tavlanmış şekli” olarak tanımlamaktadır (Anonim, 2001).

Baharat olarak kullanılan kırmızı pul biberlerin üretiminde iki yöntem uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden birincisi geleneksel yöntemdir. Bu yöntemde kırmızıbiberler tarlalardan toplandıktan sonra sert zemin üzerinde veya sergenlerde sapsız ayıklanmadan tüm olarak kurumaya bırakılmaktadır. Kırmızıbiber, Ağustos ayından itibaren hasat döneminin başlaması ile 5-10 güne kadar güneş ışığı altında kurutulmakta ve gece çiğlenme olmaması için toplanıp, üzeri örtülmektedir. Ürün sabah tekrar serilerek kurutulmaya devam edilmektedir. Kurutma işlemi bittikten sonra ürün pazar şartlarına göre değerlendirilmek üzere biber işletme kuruluşlarına satışı

yapılmaktadır. Diğer bir üretim yöntemi ise endüstriyel yöntemdir ve bu yöntemde ürün direkt olarak % 80 oranında nemli olacak şekilde sanayi kuruluşlarına teslim edilmektedir. Çuvallardaki biberler öncelikle saplarından ayrılmakta ardından yıkama işlemi yapılmaktadır. Yıkama işleminden sonra süzülür, septum ile plesantaya tutunmuş tohumlardan ayrılması için de patlatma ve ezme işlemi uygulanır. Bu işlemlerden sonra elde edilen etli kısımlar dilimlenerek 65-70°C’de yapay kurutma işlemi uygulanmaktadır. Bu aşamada % 8-12 oranında neme sahip kuru kırmızıbiberlerin su aktivitesi (a_w) <0.70 civarında olmaktadır. Elde edilen dilimlenmiş kırmızıbiberler pazar talebine göre, toz, pul ve isot olarak işlenmekte, 6-9 aylık periyotlarda çuvallar içinde depolanmaktadır (Öztekın ve ark., 2006).

Ülkemizin toplam kırmızıbiber üretiminin yaklaşık % 80’i Gaziantep ve Kahramanmaraş illerinde yapılmaktadır. Bu miktarın büyük bir kısmı iç pazarda tüketilmekte ve geri kalan kısmı ise ihraç edilmektedir. Kırmızıbiber üretimi çoğu ülkede olduğu gibi Türkiye’de de ilkel şartlarda yapılmaktadır. Üretimi yapılan kırmızıbiberlere çeşitli katkı maddeleri eklenerek farklı sınıflarda kırmızı pul biber veya kırmızı toz biber elde edilmekte ve ardından paketlenerek piyasaya sunulmaktadır. Kırmızıbiberler toprakta yetişen bir sebze olduğundan dolayı, bu ürünlerde topraktan köken alan toksijenik mantar kontaminasyonuna ve bu mantarlardan kaynaklı toksin oluşumuna çok sık rastlanmaktadır (Dokuzlu, 2001; Akbay ve ark., 2012).

2.2. Mantarlar

Mikroorganizmalar, besin maddelerinin doğal florasında bulunabildiği gibi üretimden tüketime kadar olan aşamalardaki yetersiz hijyenik koşullar nedeniyle besinlere bulaşarak ürünlerde bozulmalara ve bu gıdaları tüketenlerde sağlık problemlerine de neden olabilmektedirler. Mantarlar da gıda maddelerindeki bu bozulmanın önemli bir kısmını oluşturmakta ve mantarlar ile kontamine olmuş gıdaların tüketilmesi insan sağlığını olumsuz şekillerde etkileyebilmektedir. Bazı mantar türleri özellikle mikotoksin adı verilen kimyasal metabolitler üreterek hayvanlarda ve insanlarda mutajenik, kanserojenik ve teratojenik etkilere yol açabilmektedirler (Dokuzlu, 2001; Kaya, 2002; Baysal, 2009).

Mantarlar ökaryotik olup gerçek bir çekirdeğe sahip olmaları, spor veya konidia (aseksüel, hareketli olmayan spor) oluşturmaları, klorofil içermemeleri, eşeysiz ve/veya eşeyli üremeleri, filamentöz yapı oluşturmaları ve hücre duvarları olması gibi özellikleri ile bitki, hayvan ve mikroorganizmalardan ayrılmaktadırlar (Ustaçelebi ve ark., 1999).

Mantarların toksik metabolitleri olan mikotoksinlerden kaynaklanan zehirlenmeler (mikotoksikozis) çok eski dönemlerden beri bilinmektedir. Millattan önce (MÖ) 600 yılında Asur tabletlerinde *Claviceps purpurea* sklerotialarıyla (ergotoksin) bulaşmış çavdar mahmuzu hastalığı olarak adlandırılan bir mikotoksikozis vakasından ve zararlı etkilerinden söz edilmiştir. MÖ 400 yılında da Yunanistan'da (Sparta) Aziz Antonius humması olarak adlandırılan toplu ergotizm vakalarına rastlanılmış, bu durum literatürlere bir sinir hastalığı olarak geçmiştir. Pirinçlerde de 1890 yılında bazı zararlı *Penicillium* türleri Japon bilim adamları tarafından tespit edilmiştir (Tunail, 2000).

Mantarlar, ham ve işlenmemiş çiğ gıdalarda uygun koşullar altında çoğalarak ürünün bozulmasına ve aynı zamanda da güçlü toksik metabolitleri ile insan ve hayvan sağlığının olumsuz şekillerde etkilenmesine neden olmaktadır (Girgin ve ark., 2001; Sabuncuoğlu ve ark., 2008).

2.3. Mikotoksinler ve Aflatoksinler

Mikotoksinler, bazı mantar cinslerinin (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* ve *Claviceps*) sekonder metabolizması sonucu meydana gelen farklı kimyasal yapıya/düşük molekül ağırlığına sahip ve güvenli gıdaların elde edilmesi açısından kontrol altına alınması gereken önemli doğal toksinler olarak adlandırılmaktadır (Girgin ve ark., 2001; Oruç, 2005).

İnsan beslenmesi açısından önemli olan fındık, Antep fıstığı, kuru incir, siyah zeytin, kırmızı toz ve pul biberlerin dışında süt ve süt ürünleri ile mısır başta olmak üzere diğer tahıl ürünleri ve hayvan yemleri de mikotoksinlerle kontamine olabilmektedir (Oruç, 2005).

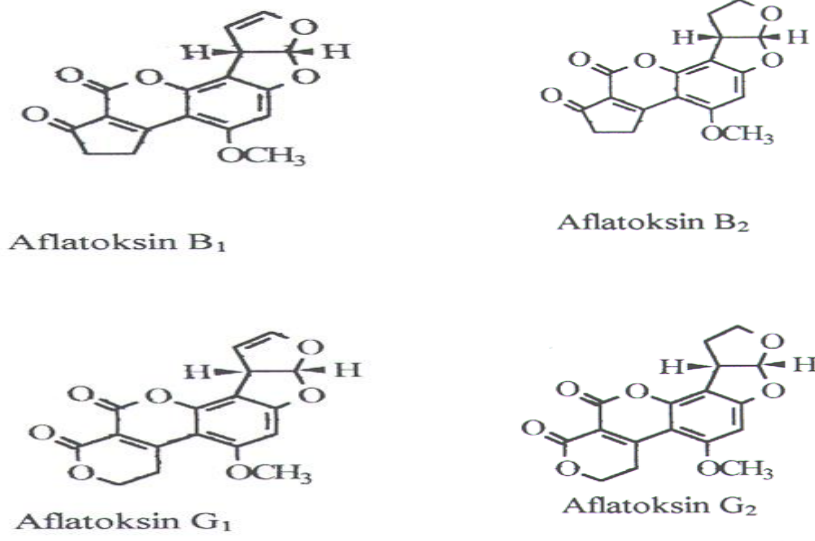
Bitkilere mikotoksin üreten mantarlar hasat öncesi ve/veya sonrası dönemde bulaşabilmektedir. Mantarların çoğunun büyümesi, gelişmesi ve mikotoksin üretmesi için belli koşullara ihtiyaçları vardır. Biberler başta olmak üzere baharatlarda mikotoksinler

nem, sıcaklık, atmosfer, oksijen ve karbon dioksit düzeyleri gibi uygun olmayan depolama koşullarına, besinsel ve genetik faktörler ile coğrafi konuma bağlı olarak oluşmaktadırlar. Toksin üretim miktarı, bazı eser metallerin varlığında, bitkisel ilaç uygulamalarında ve gıda katkı maddelerinin varlığında değişmektedir (Girgin ve ark., 2001; Toma ve Faqi Abdullah, 2013).

Gıdalarda bulunan başlıca önemli mikotoksinler; aflatoksin, okratoksin A, fumonisin citrinin, patulin, deoksinivalenol, zearalenon ve ergot alkaloidleridir. Aflatoksinler, fumonisinler ve okratoksinler dünya çapında halk sağlığı için en ciddi tehdidi oluşturan mikotoksinlerdir. Doğrudan gıdalarda oluşarak bu gıdaların tüketilmesiyle akut ve kronik sağlık problemlerine neden olabildikleri gibi, yemler ile hayvanlara ve onlardan da et ve süt gibi hayvansal ürünlere geçerek bunları tüketen insanlarda sağlık sorunlarına yol açabilmektedirler (Reddy ve ark., 2010).

Mikotoksin terimi ilk defa 1962 yılında İngiltere'nin Londra şehri yakınlarında veteriner hekimler tarafından tespit edilen ve hindilerin X salgını diye kayıtlara geçen yaklaşık 100.000 hindi civcivinin öldüğü bir salgın hastalıkta kullanılmıştır. Daha sonra bu gizemli hindi X hastalığının *Aspergillus flavus*'un ikincil metabolitleri olan aflatoksinlerle kontamine yer fıstığı rasyonuna bağlı olarak oluştuğu keşfedilmiştir (Bennett ve Klich, 2003).

Aspergillus cinsine ait özellikle de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* ve *Aspergillus nomius* türü mantarların toksijenik suşlarının oluşturduğu metabolitlere aflatoksin adı verilmektedir. Birçok aflatoksin türü olmasına rağmen içlerinde en önemli olanları AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂, AFM₁ ve AFM₂'dir (Bennett ve Klich, 2003; Yu ve ark., 2004; Yu ve ark., 2018).



Şekil 1. Bazı aflatoksinlerin kimyasal yapıları (Girgin ve ark., 2001)

2.4. Mikotoksinlerin Hayvan Sağlığı Üzerine Etkileri

Aflatoksinler tarafından zehirlenmenin şiddeti hayvanın yaşına, cinsiyetine, türüne, maruz kalma dozuna ve süresine bağlı olarak değişmektedir. Yemde bulunan vitaminler, mineraller ve antibiyotikler zehirlenmenin şiddetini değiştiren faktörler arasında yer almaktadır. Yemlerin bileşiminde bulunan protein miktarı aflatoksin zehirlenmesiyle yakından ilgilidir. Zehirlenmeden tüm organlar etkilenebilir, ancak en çok etkilenen organ karaciğerdir. Aflatoksinler yem ve yem maddelerinin doğal kirleticilerdir (Dalvi, 1986; Kaya, 2002). Kanatlılar bu toksinlere karşı en hassas olan hayvanlar olarak ilk sırada yer almaktadırlar ve kanatlılar arasında ördekler en hassas kanatlı hayvanlar olmasına rağmen, bildircinların da yemde bulunan aflatoksinlerden kolaylıkla etkilenebileceği bildirilmiştir (Ostrowski-Meissner, 1983; Parlat ve ark., 2001).

Mantarların hayvanlar üzerindeki etkisine mikozis, bu mantarların toksinlerinin oluşturduğu etkiye de mikotoksikozis denilmektedir. Mikotoksinler ile kontamine olmuş yemlerle beslenen hayvanlarda akut, kronik ve latent karakterli zehirlenme formları görülebilmektedir. Akut karakterde olan mikotoksikozis formu, hayvanların yemlerle beraber yüksek dozlarda toksini vücuduna alması ile ortaya çıkmaktadır. Alınan mikotoksin türüne bağlı olarak karaciğer, böbrek ve dalakta hiperplazi, hemoraji, ishal,

iştah kaybı, kusma, ödem ve koma gibi belirtiler ortaya çıkmakta, hattâ hastalık ölümle sonuçlanmaktadır. Kronik ve latent mikotoksikozis formu ise, hayvanların düşük dozlarda toksin içerikli yemlerle uzun süre beslenmesi ile ortaya çıkmaktadır. Bu durumda hayvanların yemden yararlanması düştüğü için canlı ağırlıklarında azalma, yumurta veriminde düşme ve bağışıklığın zayıflaması sonucu enfeksiyonlara karşı dayanıklılığın azalması gibi ekonomik açıdan da birtakım olumsuzluklarla karşılaşmaktadır. Kronik ve latent olanlara akut karakterden daha sık rastlanmaktadır (Basmacıoğlu ve Ergül, 2003).

2.5. Mikotoksinlerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Aflatoksin ile kontamine olmuş yemlerle beslenen hayvanlardan elde edilen ürünlerle ve aflatoksin ile kontamine olmuş gıdalarla insanlara bulaşan aflatoksinler akut veya kronik toksisiteye neden olabilmektedir. Toksisite miktarı, insanların yaş, cinsiyet, beslenme ve immün sisteminin durumuna göre değişmektedir. Aflatoksinler kanserojenik, teratojenik, hepatotoksik ve mutajenik özellikleri nedeniyle karaciğer kanseri de dâhil olmak üzere Reye sendromu, Hint çocukluk sirozu, kronik gastrit, Kwashiorkor ve özellikle Afrika ve Asya ülkeleri başta olmak üzere dünyanın çeşitli bölgelerinde belirli mesleki solunum hastalıklarına sebep olmaktadır. Bu sebeple gıda güvenliği açısından aflatoksin kontaminasyonunun önemi büyüktür. Aflatoksin miktarı yüksek olan gıdaların uzun süre tüketilmesi halk sağlığı açısından problemler oluşturabileceği gibi aynı zamanda ihracat durumlarında da sorunlar oluşturarak, ülke ekonomilerinde kayıplara neden olabilmektedir (Yentür ve Er, 2012; Adeyeye, 2016).

Türkiye’de ilk defa 1967 yılında Kanada’ya ihraç edilmiş olan fındıklarda aflatoksine rastlanmıştır. Sonraki yıllarda Amerika Birleşik Devletleri’ne ihraç edilen fıstıklarda ve Almanya’ya ihraç edilen kırmızıbiberlerde de aflatoksine rastlanması, aflatoksin araştırmalarına olan ilginin artmasına sebep olmuştur (Özmenteşe, 2002).

Aflatoksinler en fazla mısır, yerfıstığı, ceviz, Brezilya fıstığı, keten tohumu, bitki ve baharatlar gibi karbonhidrat içeren gıdalarda görülmektedirler. Aflatoksinler, gıdalarda tarlada ekili dönemden başlayarak büyüme ve hasat dönemlerinde, nakliye sırasında, kötü depolama koşullarında ve üretim sırasında mantarlar tarafından oluşturulmakta ve bu mantarların gelişimi mevsimsel etkiler ile ortamdaki nem, sıcaklık

koşulları, küf oluşumu ve böcek tahribatına bağlı olarak değişebilmektedir (Girgin ve ark., 2001; Musa ve ark., 2010).

2.6. Konuyla İlgili Yapılan Çalışmalar

Dünya’da ve Türkiye’de farklı baharatlar ile kırmızı pul biberlerdeki aflatoksin düzeyleri incelenerek, bu düzeylerin halk sağlığı açısından potansiyel bir risk oluşturup oluşturmadığının belirlenmesi amacı ile çeşitli çalışmalar yapılmış ve bazı çalışmaların bulguları aşağıda özetlenmiştir.

Elden-Taydaş ve Aşkın (1995), Gaziantep ve Kahramanmaraş illerinde inceledikleri 33’er adet taze ve kuru kırmızıbiber, 31 adet kırmızı toz biber ve 30 adet kırmızı pul biber olmak üzere toplam 127 örneğin 83’ünde (% 65.3) 1.25-28.50 ppb arasında değişen düzeylerde AFB₁ tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Ayrıca inceledikleri 30 adet kırmızı pul biber örneğinin tamamında da 1.25-15.99 ppb arasındaki düzeylerde AFB₁ tespit edildiğini belirtmişlerdir.

El-Kady ve ark. (1995) Mısır’da farklı satış yerlerinde satışa sunulan 24 farklı türdeki toplam 120 baharat örneğinin 16’sında TAF düzeyinin 8-35 µg/kg arasında değişen düzeylerde belirlendiğini bildirmişlerdir.

Fufa ve Urga (1996) Etiyopya’nın Addis Ababa şehrinde yaptıkları bir çalışmada, perakende mağazalardan ve açık pazarlardan toplanan 60’ar adet öğütülmüş kırmızıbiber ve Shiro örneklerinin sırasıyla 8’inde (% 13.33) ve 5’inde (% 8.33) AFB₁ düzeyinin 100-500 ppb ve 250-525 ppb arasında olduğunu tespit edildiğini bildirmişler, ayrıca öğütülmüş kırmızıbiberlerin ortalama kontaminasyon düzeyinin Shiro’dan daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Macdonald ve Castle (1996), İngiltere’de aralarında kırmızı toz biberlerinde bulunduğu 8 farklı baharattan oluşan toplam 157 örneğin 9’unda (% 5.73) 10 µg/kg’ın üzerinde TAF bulunduğunu belirtmişlerdir.

Yıldırım ve ark. (1997) Sakarya ve Bursa illerinde marketlerden toplanan 34 adet kırmızıbiber örneğinin 8 (% 23.50)’inde 1.6-15 ppb aralığında değişen düzeylerde TAF belirlendiğini bildirmişlerdir.

Ağaoğlu (1999), Van ilinde açıkta satılan 40 adet kırmızı pul biber örneğinin tamamında değişik düzeylerde AFB₁ belirlendiğini, örneklerin 17'sinde (% 42.5) 1.10-5.00 ppb, 16'sında (% 40) 5.01-10.00 ppb, 5'inde (% 12.5) 10.01-20.00 ppb ve 2'sinde de (% 5) 20.01-44.00 ppb arasında AFB₁ tespit edildiğini bildirmiştir.

Karagöz (1999), Ankara'da satılan 25 adet kırmızı pul biber numunesinin 23'ünde (% 92) 1.2-14.8 ppb arasında ve 25 adet kırmızı toz biber örneklerinin de 20'sinde (% 80) 1.3-19.8 ppb arasında AFB₁ tespit edildiğini bildirmiştir.

Dokuzlu (2001), Bursa İl Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü'ne gelen 30 adet kırmızı toz biber örneğinin 14 (% 46.66)'ünde aflatoxin belirlendiğini, bunların 13'ünün (5-25 ppb) AFB₁ ve 1'inin de (15 ppb) aflatoxin B₁+G₁ olduğu belirtilmiştir.

Martins ve ark. (2001) Lizbon'daki süpermarket ve etnik dükkânlardan aldıkları 12 farklı tipte baharatın (5'er adet kakule, acı biber, karanfil, köri, zencefil, hardal, safran, 8 adet biber, 7'şer adet kimyon, beyaz biber, 10 adet hindistan cevizi, 12 adet kırmızıbiber) HPLC ile aflatoxin miktarını inceledikleri çalışmada paketlenmiş baharatların 34'ünde (% 43.0) AFB₁ tespit edildiğini, tüm acı biber örneklerinde ise AFB₁ miktarının 2-32 µg/kg arasında belirlendiğini bildirmişlerdir.

Reddy ve ark. (2001) Hindistan'da biber yetiştirilen bölgelerdeki depolama alanlarından toplanan 182 adet kırmızıbiber örneğinin % 59'unun AFB₁ içerdiğini ve bunlardan % 18'inde AFB₁ düzeyinin 30 ppb üzerinde olduğunu bildirmişlerdir.

Erdogan (2004), Erzurum'da çeşitli baharat perakendecilerinden topladığı 44 adet kırmızı pul biber, 28 adet kırmızı toz biber ve 20 adet isot örneğini ince tabaka kromatografisi (TLC) kullanarak aflatoxin kontaminasyon düzeyini incelediği çalışmada; 8 (% 18.2) kırmızı pul biber, 3 (% 10.7) kırmızı toz biber ve 1 (% 5) isot örneğinde aflatoxin (B+G) tespit edildiğini, tüm örneklerde 1.1-97.5 ppb arasında aflatoxin (B+G) bulunduğunu ve en yüksek aflatoxin düzeyinin kırmızı pul biberlerde belirlendiğini bildirmiştir.

Fazekas ve ark. (2005) Macaristan'da genellikle ticari satış yerlerinden topladıkları 91 adet baharat numunesini (70 adet öğütülmüş kırmızıbiber, 6 adet karabiber, 5 adet beyaz biber, 5 adet baharat karışımı, 5 adet kırmızıbiber) inceledikleri

çalışmada, öğütülmüş kırmızıbiber örneklerinin 18'inin 0.14-15.7 $\mu\text{g kg}^{-1}$ arasında AFB₁ ve 10'unun ise 0.22-1.25 $\mu\text{g kg}^{-1}$ arasında AFB₂ içerdiğini, 7 örnekte AFB₁ düzeyinin maksimum seviyenin (5 $\mu\text{g kg}^{-1}$) üstünde olduğunu, kırmızıbiber örneklerinin 2'sinin 0.75-8.1 $\mu\text{g kg}^{-1}$ arasında AFB₁ ve 1'inin ise 0.71 $\mu\text{g kg}^{-1}$ düzeyinde AFB₂ içerdiğini bildirmişlerdir.

Colak ve ark. (2006) İstanbul'un farklı market ve pazarlarından topladıkları 84 baharat örneğindeki (30'ar adet kırmızı pul ve toz biber, 24 adet karabiber) aflatoksin kontaminasyonunu inceledikleri çalışmada, 30 kırmızı pul biber örneğinin 13'ünde 1.9-35.5 $\mu\text{g/kg}$ arasında AFB₁ ve 17'sinde (% 56.7) 0.7-46.8 $\mu\text{g/kg}$ arasında TAF tespit edildiğini, toplam 36 örnekteki (% 42.9) TAF düzeyinin ise 0.3-46.8 $\mu\text{g/kg}$ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Dinçoğlu ve Karaçal (2006), İzmit'te farklı satış pazarlarından alınan 192 adet baharat örneğinden (57 adet kimyon, 50 adet kırmızı pul biber, 45 adet toz biber ve 40 adet siyah pul biber) AFB₁ ve TAF düzeylerini ELISA yöntemiyle incelemişlerdir. 25'i kırmızı pul biber (% 32.05), 47'si siyah pul biber (% 60.26), 4'ü kimyon (% 5.13) ve 2'si toz biber (% 2.56) olmak üzere toplam 78 adet örnekte (% 40.63) AFB₁ tespit edildiğini ve bunların 7'sinin (3.65) yasal sınır olan 5 ppb'nin üzerinde olduğunu belirtmişlerdir. 35'i kırmızı pul biber (% 26.52), 69'u siyah pul biber (% 52.27), 18'i kimyon (% 13.64) ve 10'u toz biber (% 7.58) olmak üzere toplam 132 adet örnekte (% 68.75) TAF belirlendiğini ve bunların 11'inin (5.73) yasal sınır olan 10 ppb'nin üzerinde olduğunu belirtmişlerdir.

Kanbur ve ark. (2006) Kayseri'de tüketime sunulan 50 adet kırmızıbiber örneğinde AFB₁ varlığını Enzyme Immuno Assay (EIA, Enzim İmmuno Assay) metoduyla inceledikleri çalışmada, örneklerin tamamında 1.48-70.05 ppb aralığında AFB₁ tespit edildiğini ve 3 örnekte (% 6) ise Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'ne göre baharatlarda bulunmasına izin verilen düzeyin (5 ppb) daha üstünde AFB₁ içerdiğini belirtmişlerdir.

Shundo ve ark. (2009), Brezilya'da 70 adet kırmızıbiber örneğinin % 82.9'unda aflatoksin bulunduğunu, AFB₁'in 0.5-7.3 $\mu\text{g/kg}$ arasında ve ortalama 3.4 $\mu\text{g/kg}$ düzeyinde (% 61.4) tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Santos ve ark. (2010), İspanya’da HPLC cihazı kullanılarak 64’ü paprika ve 35’i chilli olmak üzere toplam 99 adet kırmızı toz biber örneğinde yaptıkları çalışmada, paprika örneklerinin 38’inde (% 59) ve chilli örneklerinin ise 14’ünde (% 40) aflatoksin ile kontamine olduğunu bildirmişler, ayrıca tüm örneklerdeki aflatoksin düzeyinin yasal sınırın altında kaldığını ifade etmişlerdir.

Set ve Erkmen (2010), Öğütülmüş kırmızıbiberlerdeki AFB₁ düzeylerini HPLC metodu ile inceledikleri çalışmada, paketlenmemiş 71 örneğin 19’unda ve paketlenmiş 37 örneğin 1’inde AFB₁ düzeyinin 5 ppb’den yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Yogendrarajah ve ark. (2014), Sri Lanka’da biber ve karabiber tüketimine bağlı olarak mikotoksinlerin kantitatif risk değerlendirmesinin belirlenmesi amacıyla kuzey ve güney bölgelerinde 249 hane hakkında baharat tüketimini anket uygulayarak inceledikleri araştırmada, kuzey bölgesinde biber tüketiminin güney bölgesine göre daha fazla oranda olduğunu belirtmişlerdir. Biber tüketimine bağlı ortalama AFB₁ maruziyetinden kaynaklanan hepatoselüller karsinom (HCC) riskini sırasıyla kuzey ve güney bölgelerinde 0.046 ve 0.028 vaka/yıl/100.000 olarak tespit edildiğini bildirmişler, ayrıca biber yoluyla AFB₁ maruziyetinin hem yüksek mikotoksin konsantrasyonu hem de yüksek tüketim nedeniyle büyük bir halk sağlığı sorunu olarak düşünülmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Karaaslan ve Arslanğray (2015), Şanlıurfa’daki açık pazar, perakende mağazalar, süpermarketler ve arı kovanlarından rastgele topladıkları 42 kırmızı toz biber örneğinde AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ düzeyini HPLC metodu ile inceledikleri çalışmada, TAF düzeyi 16 örnekte 2.5 µg/kg’ın altında, 13 örnekte 2.5-10 µg/kg arasında ve 13 örnekte de Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Komisyonu’nun belirlediği sınırlardan (10 µg/kg) daha yüksek düzeylerde aflatoksin belirlendiği ifade edilmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereç

Bu çalışmada; Van piyasasında ambalajlı ve ambalajsız olarak satışı sunulan kırmızı pul biberlerin her birinden 25'er adet olmak üzere toplam 50 örnek en az 200 g olacak şekilde aseptik şartlarda alınarak soğuk zincirde (+4°C) laboratuvara getirilmiş ve analizleri yapılmıştır.

3.2. Yöntem

İncelenen kırmızı pul biber örneklerindeki AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ ile toplam aflatoksin düzeyleri Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı'nda bulunan High Performance Liquid Chromatography (HPLC) cihazı (Shimatzu Promince serisi HPLC, otomatik enjektör, pompa ve floresance dedektörü, yazıcı/integratör) kullanılarak belirlenmiştir.

Kırmızı pul biberlerde AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ düzeylerinin tespitinde kullanılan yöntem, bu aflatoksinlere özgü monoklonal antikorların bağlanmış olduğu bir destek katıyla doldurulmuş olan immunoafinite kolonla numuneden toksin ekstrakte edilmesi prensibine dayanmaktadır. Numune kolondan geçirildiğinde; AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ antikorlar tarafından tamamen tutulmakta ve bir antijen-antikor kompleksi oluşmaktadır. Numuneye ait diğer bileşenler yıkamayla uzaklaştırıldıktan sonra, kolondan saf su ve metanol geçirilerek AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ elue edilmiştir (AOAC, 2005).

İyice öğütülmüş kırmızı pul biber örneklerinden yaklaşık olarak 25 g tartıldıktan sonra 5 g NaCl ve 100 ml % 80'lik metanol ilave edilerek blender ile 3 dk karıştırıldı (AOAC, 2005). AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ antijeni içeren immunoafinite kolondan 10 ml fosfat tampon çözeltisi (sigma) geçirildi. Whatman No: 1 filtre kâğıdından süzülen karışımdan 5 ml alındı ve deiyonize saf su (Milipour 18.2) ile 15 ml'ye seyreltilerek Aflaprep AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ antijeni içeren immunoafinite kolondan geçirildi. Daha sonra kolon 20 ml deiyonize saf su, enjektörle verilen boş hava, 1 ml metanol ve 1 ml deiyonize saf su ile yıkandı ve bir tüp içine alınan bu son karışım vorteks yardımıyla

homojenize edildi. Vortekslenen son çözelti 1.5 ml'lik HPLC vialine alınarak HPLC cihazında kobra cell (100 μ A'ya ayarlanmış) ile hassasiyeti artırılmış sistemde İnertsil ODS-3 (250 mm x 4.6 mm, 5 μ m) HPLC kolonunda okuma yapıldı.

3.2.1. Kırmızı pul biberlerde aflatoksin ekstraksiyonu ve HPLC'de okuma

Kırmızı pul biber örneklerinden 25'er g tartılmış (Şekil 2) ve aşağıdaki gösterildiği gibi analiz işlemleri sırasıyla yapılmıştır.



Şekil 2. Aflatoksin analizi yapılacak kırmızı pul biber örneklerinin tartımı.

Tartılarak alınan 25 g kırmızı pul biber örneği üzerine 5 g NaCl, daha sonra bu karışıma 100 ml'den oluşan % 80 metanol ve % 20 saf su karışımı eklenmiş ve tüm karışımlar 3'er dk olmak üzere blender ile homojenize edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Örnek ekstraktının hazırlanma aşamasındaki karıştırma işlemi.

Homojenizasyon sonrası elde edilen son karışım Whatman No: 1 filtre kâğıdından geçirilerek süzümüştür (Şekil 4).



Şekil 4. Örnek ekstraktının hazırlanma aşamasındaki süzümleme işlemi.

Süzme işlemi gerçekleştirirken, hazırlanan 10 ml fosfat tampon çözeltisi (sigma) AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ antijeni içeren immünoafinite kolondan geçirilmiştir.

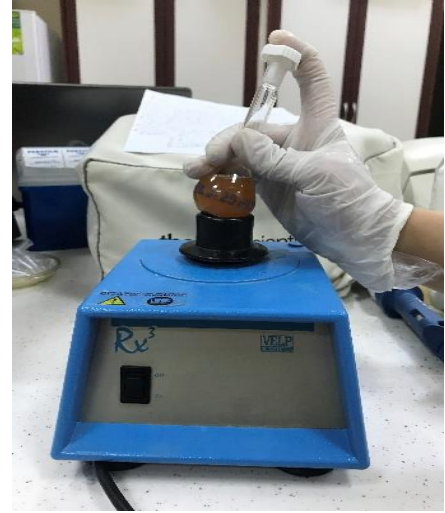


Şekil 5. AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ antijeni içeren immunoafinite kolondan fosfat tamponu çözeltisi (sigma) geçirme işlemi.

Süzülme işlemi bittikten sonra otomatik pipetle 5 ml örnek balon jöje içerisine alınmış ve 15 ml deiyonize saf su (Milipour18.2) ile seyreltilerek vorteks yardımıyla homojenize edildikten sonra (Şekil 6), Aflaprep AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ antijeni içeren immunoafinite kolondan geçirilmiştir (Şekil 7).



A)



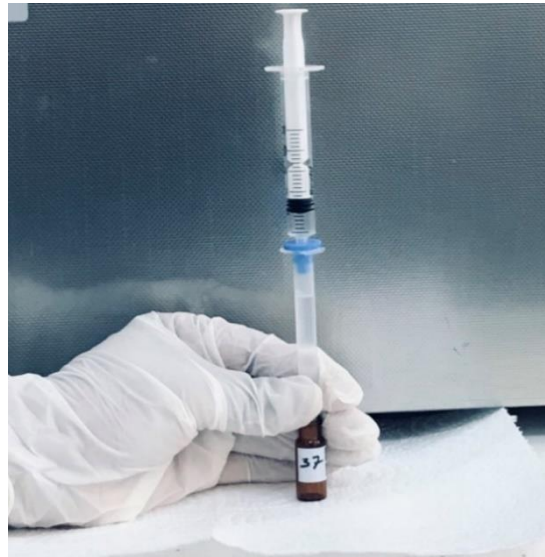
B)

Şekil 6. A) Pipetle ekstraktın alınması, B) Vorteksle homojenizasyon.

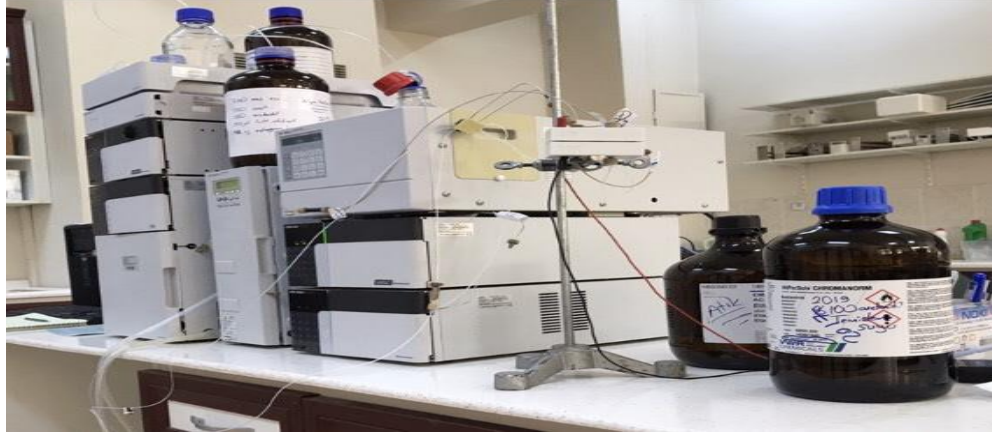


Şekil 7. Örnek ekstraktının immunoafinite kolondan geçirilmesi.

Karışım kolondan geçirildikten sonra kolon 20 ml deiyonize saf su ile tekrar yıkandı, yıkama işleminden sonra enjektörle boş hava kolondan geçirildi, 1 ml metanol ve ardından 1 ml deiyonize saf su ile kolon bir kez daha yıkandı. Bir tüpe alınan karışım vorteks yardımıyla homojenize edildikten sonra çözelti 1.5 ml'lik HPLC vialine alındı (Şekil 8) ve 100 uA'ya ayarlı kobra cell ile hassasiyeti arttırılmış HPLC cihazına (Shimatzu) 100 µl enjekte edilerek okumalar gerçekleştirildi (Şekil 9).



Şekil 8. Örnek ekstraktının vialle aktarımı.



Şekil 9. Kobra cell bağlı HPLC cihazında okuma.

Kırmızı pul biberlerde AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ düzeylerinin tespitinde kullanılan HPLC cihazının çalışma şartları Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. HPLC cihazının çalışma şartları.

HPLC çalışma şartları	
Kolon materyali	Inertsil ODS-3, (250 x 4.6 mm, 5 µm)
Kolon sıcaklığı	30°C
Mobil faz	Metanol 300ml, Asetonitril 200 ml, Su 760 ml,
1 L mobil faz	350 µl 4 M HNO ₃ ve 132 mg KBr ilaveli
Akış hızı	1 ml/dakika
Detektör	Florosans detektör (exc: 360 nm, emis: 440 nm)
Enjeksiyon hacmi	100 µl

3.2.2. HPLC cihazının kalibrasyonu

HPLC’nin kalibre edilmesi için Van Tarım İl Müdürlüğünden hazırlanmış Stok Çözelti B₁, B₂, G₁ ve G₂ kullanılmıştır.

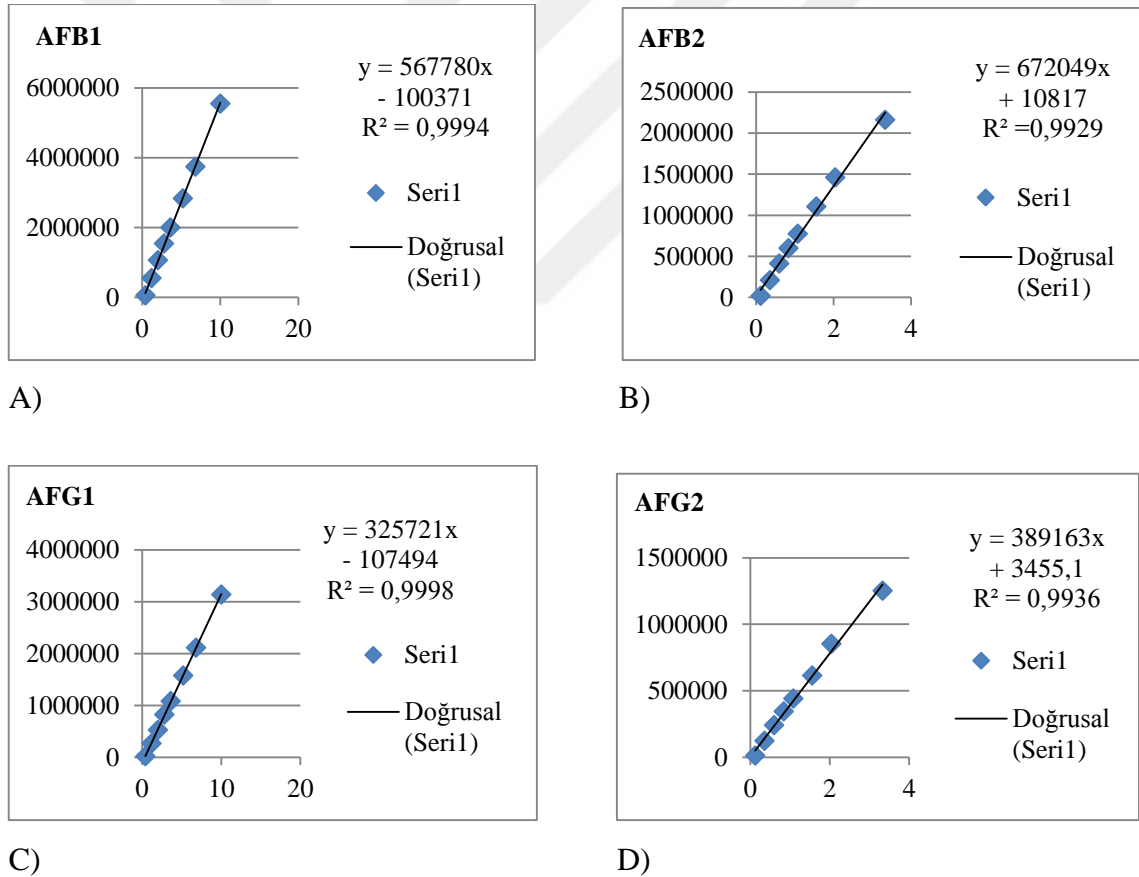
3.2.3. Standart kalibrasyon seviyelerinin hazırlanması

Van Tarım İl Laboratuvarından alınan hazır kalibrasyon stok çözelti konsantrasyonları aşağıda tabloda 2’de belirtilen miktarlarda alınarak 8 noktalı kalibrasyon eğrileri hazırlanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ kalibrasyon standart seviyelerinin hazırlanması.

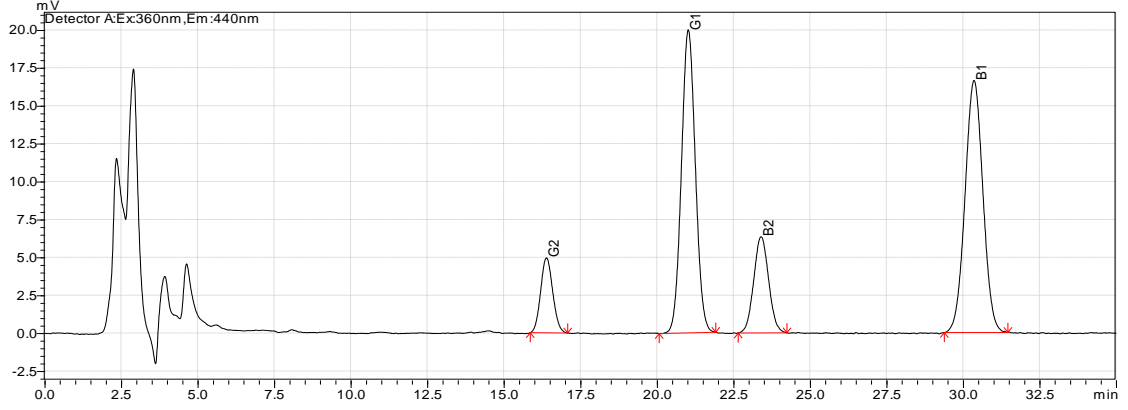
Standart seviyeleri	Karma standartta her bir aflatoksin için final konsantrasyonu (ng/ml)			
	AFB ₁	AFB ₂	AFG ₁	AFG ₂
1	0.40	0.12	0.40	0.12
2	1.20	0.36	1.20	0.36
3	2.00	0.60	2.00	0.60
4	2.80	0.84	2.80	0.84
5	3.60	1.08	3.60	1.08
6	5.20	1.56	5.20	1.56
7	6.80	2.04	6.80	2.04
8	10.00	3.33	10.00	3.33

Hazırlanan bu standartlardan kalibrasyon eğrilerinin çizilmesi için 100 µl HPLC sistemine enjekte edilmiş ve standartların kalibrasyon eğrileri Şekil 10'da gösterilmiştir.

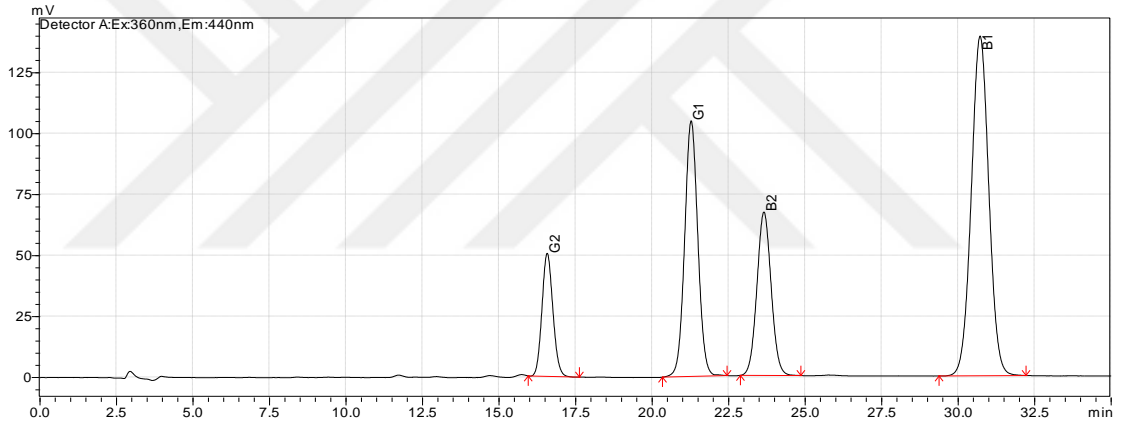


Şekil 10. Aflatoksin standart kalibrasyon eğrileri, A) AFB₁, B) AFB₂, C) AFG₁, D) AFG₂.

HPLC cihazına enjekte edilen standart ve kırmızı pul biberin HPLC kromatogram görüntüleri Şekil 11 ve Şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 11. HPLC cihazına enjekte edilen 8. seviye standart aflatoxin kalibrasyon pikleri.



Şekil 12. HPLC cihazına enjekte edilen kırmızı pul biber örneğinin aflatoxin kromatogram pikleri.

3.2.4. Aflatoksin düzeylerinin hesaplanması

Numune ekstraktından HPLC'ye enjeksiyon yapılarak numune kromatogramındaki piklerle standart pikin alıkonma zamanı karşılaştırıldı ve numunede toksin olduğuna karar verildiği durumlarda, standart grafikten enjekte edilen numunedeki aflatoksin (B₁, B₂, G₁, G₂) düzeyleri aşağıdaki formüle göre hesaplandı.

$$\text{Formül C} = A / [(M / V_{\text{ext}}) * (V_{\text{col}} / V_{\text{fin}}) * V_{\text{inj}}]$$

A:Numune ekstraktına ait pikin kalibrasyon grafiğinden hesaplanan miktar (ng)

M: Örnek miktarı (g)

V_{ext}: Ekstraksiyon hacmi (ml)

V_{col}: Immunoafinite kolondan geçen solvent volümü (ml)

V_{inj}: Enjekte edilen numunenin hacmi (ml)

V_{fin}: Elde edilen eluatın çözüldüğü son hacim (ml)

3.3. İstatistiksel Analizler

Araştırmada elde edilen verilerin frekans dağılımları, t-testi ve korelasyon analizleri yapıldı (SAS, 2014).

4. BULGULAR

Ambalajlı olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin düzeyleri Tablo 3'te, ambalajsız olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin düzeyleri Tablo 4'te, ambalajlı ve ambalajsız olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin düzeyleri Tablo 5'te sunulmuştur.

Kırmızı pul biber örneklerinde aflatoksin miktarlarına ait % frekans dağılımları Tablo 6'da, ambalajlı ve ambalajsız olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örnek grupları arasındaki farkın istatistiksel olarak önem seviyeleri ise Tablo 7'de görölmektedir.

Ambalajlı olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin tipleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları Tablo 8'de, ambalajsız olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin tipleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları Tablo 9'da, ambalajlı ve ambalajsız olarak satışa sunulan tüm kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin tipleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları ise Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 3. Ambalajlı olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin düzeyleri (ppb).

Örnek No	AFB ₁	AFB ₂	AFG ₁	AFG ₂	TAF
1.	2.1568	0.0319	1.3177	ND	3.5063
2.	1.3620	ND	1.3180	ND	2.6800
3.	7.6795	0.3365	1.3954	ND	9.4114
4.	3.7783	0.0639	1.3196	ND	5.1617
5.	3.7611	0.0620	1.3198	ND	5.1428
6.	1.1101	ND	1.3696	ND	2.4797
7.	6.3079	0.2419	1.3565	ND	7.9063
8.	2.8468	0.2136	1.3408	ND	4.4012
9.	2.5850	0.0615	1.3535	ND	4.0000
10.	1.0454	0.0326	1.3199	ND	2.3978
11.	1.8937	0.0279	1.3200	ND	3.2415
12.	3.4866	0.0511	1.3200	ND	4.8577
13.	1.6338	ND	1.3370	ND	2.9708
14.	4.4309	0.1050	1.3621	ND	5.8980
15.	2.8168	0.3371	1.3200	ND	4.4738
16.	3.2872	0.2596	1.3200	ND	4.8667
17.	2.1655	0.0265	1.3200	ND	3.5119
18.	3.0542	0.2012	1.3447	ND	4.6001
19.	2.1173	0.0262	1.3487	ND	3.4921
20.	7.4758	0.4682	1.3199	ND	9.2639
21.	0.7070	ND	1.3198	ND	2.0267
22.	2.5727	0.0170	1.3199	ND	3.9096
23.	1.7063	0.0060	1.3199	ND	3.0321
24.	0.7210	ND	1.3198	ND	2.0407
25.	1.3492	0.0393	1.3200	ND	2.7084
Minimum	0.7070	ND	1.3177	ND	2.0267
Maksimum	7.6795	0.4682	1.3954	ND	9.4114
Ortalama	2.8820	0.1043	1.3329	ND	4.3192
Standart hata	0.3801	0.0264	0.0042	ND	0.4032

ND: Non detect; AFB₁: Aflatoksin B₁, AFB₂: Aflatoksin B₂, AFG₁: Aflatoksin G₁, AFG₂: Aflatoksin G₂, TAF: Toplam aflatoksin

Ambalajlı olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin düzeyleri incelendiğinde; AFB₁ düzeyinin 0.7070-7.6795 arasında ve ortalama 2.8820±0.3801 ppb, AFB₂ düzeyinin ND-0.4682 arasında ve ortalama 0.1043±0.0264 ppb, AFG₁ düzeyinin 1.3177-1.3954 arasında ve ortalama 1.3329±0.0042 ppb, AFG₂ düzeyinin ND ve TAF düzeyinin 2.0267-9.4114 arasında ve ortalama 4.3192±0.4032 ppb olduğu görülmektedir (Tablo 3).

Tablo 4. Ambalajsız olarak satışı sunulan kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin düzeyleri (ppb).

Örnek No	AFB ₁	AFB ₂	AFG ₁	AFG ₂	TAF
1.	63.2059	3.3360	2.7108	ND	69.2526
2.	6.3636	0.1282	1.3481	ND	7.8399
3.	52.4868	2.7343	2.5988	0.0217	57.8415
4.	18.2613	0.7753	1.6352	ND	20.6717
5.	69.7169	3.6320	2.3724	0.0180	75.7391
6.	11.8381	0.6890	1.3871	ND	13.9142
7.	10.4113	0.2462	1.3199	ND	11.9773
8.	7.1782	0.4603	1.3200	ND	8.9584
9.	45.3701	2.2221	5.8991	0.0827	53.5740
10.	3.3494	1.3333	1.4485	0.1021	6.2332
11.	14.2478	0.8853	1.3721	ND	16.5052
12.	9.5995	0.9741	1.3815	0.0226	11.9776
13.	3.3726	0.1172	1.3506	ND	4.8404
14.	3.6230	0.1283	1.3200	ND	5.0713
15.	11.0932	0.6075	1.5152	0.0047	13.2205
16.	2.8354	0.1523	1.3198	ND	4.3075
17.	16.2751	1.1046	4.7499	0.0640	22.1936
18.	14.1247	0.8971	1.4818	ND	16.5035
19.	16.0301	0.9956	1.4097	ND	18.4354
20.	83.5592	4.8818	2.1972	0.0383	90.6764
21.	18.3975	0.5474	1.3197	ND	20.2646
22.	0.9391	ND	1.3198	ND	2.2589
23.	4.8667	1.0830	6.9474	0.9177	13.8148
24.	67.5812	3.9700	4.2063	0.0732	75.8306
25.	21.4014	1.7772	1.5591	ND	24.7376
Minimum	0.9391	ND	1.3197	ND	2.2589
Maksimum	83.5592	4.8818	6.9474	0.9177	90.6764
Ortalama	23.0451	1.3471	2.2196	0.0538	26.6656
Standart hata	4.9362	0.2705	0.3115	0.0365	5.3027

ND: Non detect; AFB₁: Aflatoksin B₁, AFB₂: Aflatoksin B₂, AFG₁: Aflatoksin G₁, AFG₂: Aflatoksin G₂, TAF: Toplam aflatoksin

Ambalajsız olarak satışı sunulan kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin düzeyleri incelendiğinde; AFB₁ düzeyinin 0.9391-83.5592 arasında ve ortalama 23.0451 ± 4.9362 ppb, AFB₂ düzeyinin ND-4.8818 arasında ve ortalama 1.3471 ± 0.2705 ppb, AFG₁ düzeyinin 1.3197-6.9474 arasında ve ortalama 2.2196 ± 0.3115 ppb, AFG₂ düzeyinin ND-0.9177 arasında ve ortalama 0.0538 ± 0.0365 ppb ve TAF düzeyinin 2.2589-90.6764 arasında ve ortalama 26.6656 ± 5.3027 ppb olduğu görülmektedir (Tablo 4).

Tablo 5. Ambalajlı ve ambalajsız olarak satışa sunulan tüm kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin düzeyleri (ppb).

Aflatoksin tipi	n	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart hata
AFB ₁	50	0.7070	83.5592	12.9636	2.8420
AFB ₂	50	ND	4.8818	0.7257	0.1612
AFG ₁	50	1.3177	6.9474	1.7762	0.1666
AFG ₂	50	ND	0.9177	0.0269	0.0185
TAF	50	2.0267	90.6764	15.4924	3.0779

ND: Non detect; AFB₁: Aflatoksin B₁, AFB₂: Aflatoksin B₂, AFG₁: Aflatoksin G₁, AFG₂: Aflatoksin G₂, TAF: Toplam aflatoksin

Ambalajlı ve ambalajsız olarak satışa sunulan örneklerde belirlenen aflatoksin düzeyleri incelendiğinde; AFB₁ düzeyinin 0.7070-83.5592 arasında ve ortalama 12.9636±2.8420 ppb, AFB₂ düzeyinin ND-4.8818 arasında ve ortalama 0.7257±0.1612 ppb, AFG₁ düzeyinin 1.3177-6.9474 arasında ve ortalama 1.7762±0.1666 ppb, AFG₂ düzeyinin ND-0.9177 arasında ve ortalama 0.0269±0.0185 ppb, TAF düzeyinin 2.0267-90.6764 arasında ve ortalama 15.4924±3.0779 ppb olduğu görülmektedir (Tablo 5).

Tablo 6. Kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin miktarına ait frekans dağılımı (%).

	n	ND	< 5 ppm	5-10 ppm	10 > ppm
AFB ₁ Ambalajlı	25	-	22 (% 88)	3 (% 12)	-
AFB ₁ Ambalajsız	25	-	6 (% 24)	16 (% 64)	3 (% 12)
AFB ₂ Ambalajlı	25	5 (% 20)	20 (% 80)	-	-
AFB ₂ Ambalajsız	25	1 (% 4)	24 (% 96)	-	-
AFG ₁ Ambalajlı	25	-	25 (% 100)	-	-
AFG ₁ Ambalajsız	25	-	23 (% 92)	2 (% 8)	-
AFG ₂ Ambalajlı	25	25 (% 100)	-	-	-
AFG ₂ Ambalajsız	25	15 (% 60)	10 (% 40)	-	-
TAF Ambalajlı	25	-	19 (% 76)	6 (% 24)	-
TAF Ambalajsız	25	-	3 (% 12)	4 (% 16)	18 (% 72)

ND: Non detect; AFB₁: Aflatoksin B₁, AFB₂: Aflatoksin B₂, AFG₁: Aflatoksin G₁, AFG₂: Aflatoksin G₂, TAF: Toplam aflatoksin

Tablo 6 incelendiğinde; ambalajlı kırmızı pul biber örneklerinin 3 (% 12)'ünün AFB₁ düzeyi açısından, ambalajsız kırmızı pul biber örneklerinin ise 19 (% 76)'unun AFB₁ ve 18 (% 72)'inin de TAF düzeyi açısından yasal sınırı aştığı görülmektedir.

Tablo 7. Ambalajlı ve ambalajsız olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örnek grupları arasındaki farkın istatistiksel olarak önem seviyeleri (t-testi).

Aflatoksin tipi	Ambalaj tipi	n	P	Önem seviyesi
AFB ₁	Ambalajlı	25	0.0004	P<0.001
	Ambalajsız	25		
AFB ₂	Ambalajlı	25	0.0001	P<0.001
	Ambalajsız	25		
AFG ₁	Ambalajlı	25	0.0089	P<0.01
	Ambalajsız	25		
AFG ₂	Ambalajlı	25	0.1535	-
	Ambalajsız	25		
TAF	Ambalajlı	25	0.0003	P<0.001
	Ambalajsız	25		

Tablo 8. Ambalajlı olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin tipleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n: 25).

Aflatoksin tipi	AFB ₁	AFB ₂	AFG ₁	AFG ₂	TAF
AFB ₁	1.0000				
AFB ₂	0.7929***	1.0000			
AFG ₁	0.4425*	0.2591	1.0000		
AFG ₂	-	-	-	1.0000	
TAF	0.9992***	0.8156***	0.4444*	-	1.0000

AFB₁: Aflatoksin B₁, AFB₂: Aflatoksin B₂, AFG₁: Aflatoksin G₁, AFG₂: Aflatoksin G₂, TAF: Toplam aflatoksin, *: P<0.05, **: P<0.01, ***: P<0.001

Tablo 9. Ambalajsız olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin tipleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n: 25).

Aflatoksin tipi	AFB ₁	AFB ₂	AFG ₁	AFG ₂	TAF
AFB ₁	1.0000				
AFB ₂	0.9635***	1.0000			
AFG ₁	0.3133	0.3722	1.0000		
AFG ₂	-0.0979	0.0337	0.7124***	1.0000	
TAF	0.9978***	0.9701***	0.3743	-0.4072	1.0000

AFB₁: Aflatoksin B₁, AFB₂: Aflatoksin B₂, AFG₁: Aflatoksin G₁, AFG₂: Aflatoksin G₂, TAF: Toplam aflatoksin, *: P<0.05, **: P<0.01, ***: P<0.001

Tablo 10. Ambalajlı ve ambalajsız olarak satışa sunulan tüm kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin tipleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n: 50).

Aflatoksin tipi	AFB ₁	AFB ₂	AFG ₁	AFG ₂	TAF
AFB ₁	1.0000				
AFB ₂	0.9714***	1.0000			
AFG ₁	0.4421**	0.4956***	1.0000		
AFG ₂	0.0231	0.1420	0.7236***	1.0000	
TAF	0.9983***	0.9769***	0.4926***	0.0740	1.0000

AFB₁: Aflatoksin B₁, AFB₂: Aflatoksin B₂, AFG₁: Aflatoksin G₁, AFG₂: Aflatoksin G₂, TAF: Toplam aflatoksin, *: P<0.05, **: P<0.01, ***: P<0.001

5. TARTIŞMA SONUÇ

Bu çalışmada; Van piyasasında ambalajlı ve ambalajsız olarak satışa sunulan kırmızı pul biberlerin her birinden 25'er adet olmak üzere toplam 50 adet örnekte AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂ ve TAF düzeyleri incelenmiştir.

Ülkemizde (Anonim, 2011) ve Avrupa Birliğinde (Anonymus, 2010) kırmızıbiberde (*Capsicum* spp., bunların kurutulmuş meyveleri, tatlı ve acı kırmızıbiberlerin bütün ve toz hali dahil) en yüksek AFB₁ düzeyi 5 ppb, TAF (B₁+B₂+G₁+G₂) düzeyi ise 10 ppb olarak belirtilmiştir.

Yapılan analizlerde ortalama AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂, ve TAF düzeyleri ambalajlı olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örneklerinde sırasıyla 2.8820±0.3801, 0.1043±0.0264, 1.3329±0.0042, ND ve 4.3192±0.4032 ppb, ambalajsız olarak satışa sunulan kırmızı pul biber örneklerinde ise 23.0451±4.9362, 1.3471±0.2705, 2.2196±0.3115, 0.0538±0.0365 ve 26.6656±5.3027 ppb olarak bulunmuştur (Tablo 3, 4).

Kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen aflatoksin miktarlarına ait frekans dağılımı incelendiğinde; ambalajlı örneklerin 3 (% 12)'ünün AFB₁ düzeyi açısından, ambalajsız örneklerin ise 19 (% 76)'unun AFB₁ ve 18 (% 72)'inin TAF düzeyi açısından yasal sınırı aştığı görülmektedir (Tablo 6).

Örneklere tespit edilen aflatoksin tiplerinin düzeyleri arasında istatistiksel olarak bir ilişki olup olmadığını ortaya koymak amacıyla yapılan korelasyon analizlerinde; bütün örnek gruplarında (ambalajlı, ambalajsız ve tüm örneklerin yer aldığı grup) AFB₁ düzeyi ile AFB₁ ve TAF düzeyleri arasında P<0.001 seviyesinde önemli bir ilişki tespit edilmiştir. Buna ek olarak ambalajlı örnek grubundaki AFB₁ düzeyi ile AFG₁ düzeyi arasında P<0.05 seviyesinde, tüm örnekleri içeren gruptaki ortalama AFB₁ düzeyi ile de AFG₁ düzeyi arasında P<0.01 seviyesinde önemli bir ilişki bulunmuştur. Yine bütün örnek gruplarında AFB₂ düzeyi ile TAF düzeyi arasında P<0.001 seviyesinde önemli bir ilişki belirlenirken, tüm örnekleri içeren grupta AFB₂ düzeyi ile AFG₁ düzeyi arasında P<0.001 seviyesinde önemli bir ilişki tespit edilmiştir. AFG₁ yönünden bakıldığında ise, ambalajlı grupta belirlenen AFG₁ düzeyi ile TAF düzeyi arasında P<0.05 seviyesinde, ambalajsız gruptaki AFG₁ düzeyi ile AFG₂ düzeyi arasında P<0.001 seviyesinde ve tüm

örneklerin yer aldığı grupta belirlenen AFG₁ düzeyi ile de AFG₂ ve TAF düzeyleri arasında P<0.001 seviyesinde önemli bir istatistiksel ilişki belirlenmiştir (Tablo 8, 9, 10).

Tüm örnek gruplarında TAF ile AFB₁, AFB₂ ve AFG₁ arasında farklı düzeylerde ve pozitif yönde bir istatistiksel ilişkinin varlığı, örneklerde belirlenen TAF seviyesinin AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ aflatoxin tiplerinin miktarlarının toplamından oluşmasına bağlanabilir. Tüm gruplarda TAF düzeyi ile AFG₂ düzeyi arasında istatistiksel yönden önemli düzeyde bir korelasyonun olmaması, tüm örnek gruplarında AFG₂ düzeyinin çok düşük düzeylerde olmasına ya da hiç tespit edilememesine bağlı olabilir (Tablo 3, 4, 5).

Diğer yandan örneklerde belirlenen aflatoxin tiplerinin miktarları arasında gözlenen pozitif korelasyonlar, bir aflatoxin tipinin örneklerde oluşabildiği şartlarda diğer aflatoxin tiplerinin de sentezlenebildiğini veya bir küf türünün birden fazla aflatoxin tipini üretebildiğini akla getirmektedir. Nitekim *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus pseudotamarii*'nin AFB₁ ve AFB₂, *Aspergillus parasiticus* ve *Aspergillus nomius*'un da AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂'yi aynı anda üretebildiği bildirilmiştir (Yoko ve ark., 2001; Yu ve ark., 2004). Son yıllarda birden fazla aflatoxin tipi üreten çok sayıda yeni *Aspergillus* türleri de tespit edilmiştir (Baranyi ve ark., 2015).

Bu araştırmada incelenen 25 adet ambalajlı kırmızı pul biber örneğinin tamamında 0.7070-7.6795 ppb arasında AFB₁ belirlenmiş, bunlardan 3 (% 12) kırmızı pul biber örneğinde (6.3079-7.6795 ppb) AFB₁ düzeyinin yasal sınır olan 5 ppb'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Martins ve ark. (2001) paketlenmiş farklı çeşitlerdeki baharatların 34'ünde (% 43.0) AFB₁ belirlendiğini, acı biber örneklerinin tamamında 2-32 µg/kg düzeylerinde AFB₁ tespit edildiğini bildirmişlerdir. Bu araştırmada ambalajlı kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen AFB₁ bulunma oranlarının Martins ve ark. (2001)'nin bulgularından daha yüksek olduğu, ancak bulunma düzeyleri yönünden değerlendirildiğinde belirlenen aflatoxin düzeylerinin daha düşük seviyede olduğu görülmektedir. Yapılan diğer bir araştırmada (Set ve Erkmen, 2010) paketlenmiş öğütülmüş kırmızıbiber örneklerinin sadece 1'inde (% 2.70) AFB₁ düzeyinin yasal sınır olan 5 ppb'den yüksek olduğu bildirilmiştir. Bu araştırmada incelenen ambalajlı kırmızı

pul biber örneklerinde yasal sınırı aşan AFB₁ oranı (% 12) Set ve Erkmen (2010)'in bulgularından daha yüksek bulunmuştur.

Ambajlı kırmızı pul biber örneklerinin 20 (% 80)'sinde 0.0060-0.4682 ppb düzeylerinde AFB₂ belirlenmiş olup, 5 (% 20) örnekte AFB₂'ye rastlanmamıştır. İncelenen ambalajlı kırmızı pul biber örneklerinin tamamında 1.3177-1.3954 ppb arasında AFG₁ belirlenirken, örneklerin hiçbirinde AFG₂'ye rastlanmamıştır. Ambalajlı kırmızı pul biber örneklerinin tamamında TAF düzeyinin halk sağlığı açısından risk oluşturmayacak şekilde yasal sınır olan 10 ppb'nin altında olduğu belirlenmiştir.

Yıldırım ve ark. (1997) marketlerden toplanan kırmızı biber örneklerinde yasal sınır olan 10 ppb'yi aşan düzeylerde TAF tespit edildiğini bildirmişler ve bunun bir halk sağlığı riski oluşturabileceğini ifade etmişlerdir. Bu araştırmada ambalajlı kırmızı pul biber örneklerinin hiçbirinde yasal sınır olan 10 ppb'nin üzerinde TAF belirlenmemesi incelenen ürünlerin bu açıdan potansiyel bir halk sağlığı sorunu oluşturmaması yönünden önemlidir.

İncelenen 25 adet ambalajsız kırmızı pul biber örneklerinin tamamında 0.9391-83.5592 ppb arasında AFB₁ tespit edilmiş, 19 (% 76) örnekte 6.3636-83.5592 ppb arasında değişen düzeylerde halk sağlığı açısından risk oluşturacak yasal sınır olan 5 ppb'nin üzerinde AFB₁ içerdiği belirlenmiştir.

Bu araştırmada ambalajsız kırmızı pul biber örneklerinde yasal sınır olan 5 ppb'nin üzerinde belirlenen AFB₁ bulunma oranı (% 76), Set ve Erkmen (2010)'in paketlenmemiş ve öğütülmüş kırmızı biberlerde belirledikleri % 26.76 oranından daha yüksektir.

Ağaoğlu (1999)'nun Van'da ambalajsız olarak tüketime sunulan 40 adet kırmızı pul biber örneklerinde tespit ettiği AFB₁ bulunma oranı (% 100) bu araştırmada belirlenen bulunma oranı ile benzer, bulunma düzeyi (1.10-44.00) ve yasal sınırı aşan örnekler açısından (% 57.5) daha düşüktür. Araştırmacının yapmış olduğu çalışma ile bu araştırma aynı bölgede yapılmış olmakla birlikte, araştırmalarda belirlenen sonuçlar arasındaki farklılıklar uygulanan yöntem ile incelenen örneklerin farklılıklarından kaynaklanmıştır.

Kanbur ve ark. (2006) inceledikleri kırmızıbiber örneklerinin tamamında 1.48-70.05 ppb aralığında AFB₁ tespit edildiğini ve 3 örnekte (% 6.0) belirledikleri düzeylerin yasal sınırı aştığını belirtmişlerdir. Yapılan bu araştırmada belirlenen AFB₁ bulunma oranı ve düzeyleri ile araştırmacıların bulguları paralellik göstermekle birlikte, yasal sınır açısından (% 76) çok yüksek olduğu görülmektedir.

Fazekas ve ark. (2005)'da Macaristan'da ticari satış yerlerinden alınan 70 adet öğütülmüş kırmızıbiber üzerine yaptıkları araştırmada, örneklerin 18 (% 25.71)'inin 0.14-15.7 µg kg⁻¹ arasında AFB₁ içerdiğini ve 7 örnekte (% 10) maksimum seviyenin (5 µg kg⁻¹) üzerinde AFB₁ belirlendiğini bildirmişlerdir. Araştırmacıların bildirdikleri bulguların, bu araştırmada elde edilen AFB₁ bulunma oranı ve düzeyleri ile yasal sınırı aşan örneklerin oranı açısından daha düşük olduğu görülmektedir.

Elden-Taydaş ve Aşkın (1995) Gaziantep ve Kahramanmaraş illerinde inceledikleri 127 örneğin 83'ünde (% 65.35) 1.25-28.50 ppb arasında değişen düzeylerde ve sadece 30 adet kırmızı pul biber örneğinin de tamamında 1.25-15.99 ppb arasındaki düzeylerde AFB₁ belirlendiğini bildirmişlerdir. Bu araştırmada ambalajsız kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen AFB₁ bulunma oranları (% 100) Elden-Taydaş ve Aşkın (1995)'in bulgularına paralellik gösterirken, belirlenme düzeyleri açısından daha yüksek olduğu görülmektedir.

Bu araştırmada ambalajsız örneklerde tespit edilen AFB₁ bulunma oranının (% 100), Hindistan'da biber yetiştirilen bölgelerdeki depolama alanlarından toplanan kırmızıbiber örneklerinin % 59'unda AFB₁ tespit edildiğini bildiren Reddy ve ark. (2001)'nin bulgularından daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu oranın yüksek olması, bu araştırmada incelenen ürünlerin nakliyesi, depolanması ve satış aşamalarındaki ortam koşulları ile genellikle hijyenik şartlara uyulmamasından kaynaklanmış olabilir. Araştırmacıların yaptıkları çalışmada AFB₁ bulunma oranının düşük olması (% 59) ise, inceledikleri örneklerin direkt olarak depolama alanlarından alınmış olmasından kaynaklandığını düşündürmektedir.

Ambalajsız kırmızı pul biber örneklerinin 24 (% 96)'ünde 0.1172-4.8818 ppb düzeylerinde AFB₂ belirlenmiş ve sadece 1 örnekte (% 4) AFB₂ tespit edilmemiştir. İncelenen örneklerin tamamında 1.3197-6.9474 ppb aralığında değişen düzeylerde AFG₁

ve 10 (% 40)'unda da 0.0047-0.9177 ppb arasındaki düzeylerde AFG₂ belirlenmiştir. İncelenen ambalajsız örneklerin 18 (% 72)'inde (11.9773-90.6764) ise TAF düzeyinin, halk sağlığı açısından risk teşkil eden yasal sınır olan 10 ppb'nin üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Fazekas ve ark. (2005) Macaristan'da ticari satış yerlerinden alınan 70 adet öğütülmüş kırmızıbiber örneğinin 10 (% 14.29)'unun 0.22-1.25 µg kg⁻¹ arasında AFB₂ içerdiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada ambalajsız kırmızı pul biber örneklerinde belirlenen AFB₂ bulunma oranı ve düzeylerinin, Fazekas ve ark. (2005)'nin bildirdikleri bulgulardan daha yüksek olduğu görülmektedir.

Ambalajlı ve ambalajsız kırmızı pul biber örnekleri birlikte değerlendirildiğinde, incelenen örneklerin tamamında 0.7070-83.5592 ppb aralığında AFB₁'e rastlanmış, bunların 22 (% 44)'sinde belirlenen AFB₁ düzeylerinin (6.3079 ppb-83.5592 ppb) halk sağlığı açısından risk oluşturabilecek yasal sınır olan 5 ppb'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada ambalajlı ve ambalajsız kırmızı pul biber örneklerinde tespit edilen AFB₁ bulunma oranı, Colak ve ark. (2006)'nın İstanbul'un farklı market ve pazarlarından, Dinçoğlu ve Karaçal (2006)'ın ise İzmit'te farklı satış pazarlarından aldıkları kırmızı pul biber örneklerinde belirledikleri AFB₁ bulunma oranlarından (sırasıyla % 43.33 ve % 50) daha yüksektir.

İncelenen ambalajlı ve ambalajsız toplam 50 adet kırmızı pul biber örneğinin 6 (% 12)'sında AFB₂ belirlenmezken, örneklerin 44 (% 88)'ünde 0.0060-4.8818 ppb arasında değişen düzeylerde AFB₂ tespit edilmiştir.

Ambalajlı ve ambalajsız kırmızı pul biber örneklerinin tamamında 1.3177-6.9474 ppb arasında değişen düzeylerde AFG₁ ve 10 (% 20)'unda da 0.0047-0.9177 ppb arasında AFG₂ belirlenmiştir.

Ambalajlı ve ambalajsız kırmızı pul biber örneklerinin 18 (% 36)'inde ise 11.9773-90.6764 ppb arasında belirlenen TAF düzeylerinin yasal sınır olan 10 ppb'nin üzerinde olduğu görülmektedir (Tablo 3, 4).

Bu araştırmada ambalajlı ve ambalajsız kırmızı pul biber örneklerinde tespit edilen AFB₁ bulunma oranı, Colak ve ark. (2006)'nın İstanbul'un farklı market ve pazarlarından, Dinçoğlu ve Karaçal (2006)'ın ise İzmit'te farklı satış pazarlarından aldıkları kırmızı pul biber örneklerinde belirledikleri TAF bulunma oranlarından (sırasıyla % 56.70 ve % 70) daha düşük, TAF bulunma düzeyleri Colak ve ark. (2006)'nın bulgularından (0.7-46.8 µg/kg) daha yüksektir.

Diğer araştırmalarda tespit edilen bulgular ile bu araştırmada elde edilen bulgular arasındaki farklılıkların, incelenen örneklerin ve araştırmalarda kullanılan yöntemlerin aynı olmaması ile araştırmaların yapıldığı bölgelerdeki coğrafî koşulların farklı olmasından kaynaklandığı düşünölmektedir. Bunun yanı sıra örneklerdeki rutubet oranındaki farklılıkların ve örneklere ısıll işlem gibi proseslerin uygulanıp uygulanmamasının da tespit edilen aflatoksin düzeylerindeki farklılığı açıklayan nedenler olabileceği düşünölmektedir. Kırmızı pul biberlerde bulunan kapsaikinoidler gibi antimikotik maddeler küflerin üremesini kısmen engellese de yüksek kontaminasyon düzeylerinde bu etki önemsiz olabilmekte, parçalanan biber tanelerinin yüzeyinin artması ve içerdikleri besin maddelerinin daha kolay kullanılabilir hale gelmesi küf üremesini teşvik etmektedir (Pesavento ve ark. 2016).

Yapılan bu çalışmada incelenen 25'er adet ambalajlı ve ambalajsız olmak üzere toplam 50 adet kırmızı pul biber örneğinde aflatoksinlerin (AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂ ve TAF) bulunma oranları ve tespit edilme düzeyleri farklılıklar göstermiştir. Ambalajlı olarak satışa sunulacak ürünlerin de paketlenmeden önce tamamen kurutulması, ambalaj materyallerinin nem geçirmeyen özelliklerde olması veya modifiye atmosfer uygulaması ile birlikte kullanılması gibi önlemler, oluşabilecek kontaminasyonların azaltılması ve ürünlerin raf ömrünün arttırılması yönünden göz ardı edilmemesi gereken uygulamalardır (Costa ve ark., 2019).

Kırmızı pul biberlerde aflatoksin oluşmasında taze kırmızıbiberin hasatı ve kurutulması öğütölmesi ile elde edilen kırmızı pul biberlerin depolanması, nakliyesi ve tüketime sunulması aşamalarında toksik etkisi olan küflerle kontamine olmasının etkili olduğu düşünölmektedir. Genellikle ürünlerin uygun olmayan nemli koşullarda depolanması aflatoksinin gelişmesi açısından önemli olmakla birlikte, incelenen

örneklerin üretimleri sırasında da teknolojik ve hijyenik kurallara tam olarak uyulmadığı anlaşılmaktadır.

Kırmızı pul biberlerde aflatoksin oluşmasında taze kırmızıbiberin hasatı ve kurutularak öğütülmesi ile elde edilen kırmızı pul biberlerin depolanması, nakliyesi ve tüketime sunulması aşamalarında aflatoksin üretebilen küflerle kontamine olmasının etkisi çok önemlidir (Yu ve ark., 2018). Hasat anından itibaren bütün üretim sürecinde ürünleri kontamine eden küfler ısı, rutubet, hava akımı gibi uygun şartlar altında hızla üreyerek aflatoksinleri sentezlemektedirler. Ürünlerin uygun paketleme materyalleri ile ambalajlanması küf kontaminasyonunu azaltarak aflatoksin kirliliğini azaltmaktadır (Elden Taydaş ve Aşkın, 1995; Costa ve ark., 2019). Bu çalışmada incelenen örneklerde farklı aflatoksin tiplerinin tespit edilmesi, özellikle de ambalajsız olan örneklerde daha yüksek düzeyde aflatoksin varlığının ve düzeyinin belirlenmesi, bu ürünlerin hasadı ve işlenerek muhafaza edilmeleri sırasında hijyenik ve teknolojik kurallara tam olarak uyulmadığını göstermektedir.

Her ne kadar kırmızı pul biberlerin baharat olarak kullanılmalarından dolayı günlük diyetlerdeki toplam tüketim miktarlarının düşük olmasından dolayı içerdikleri aflatoksinlerin günlük alım miktarları diğer ürün gruplarına göre yüksek olmasa da içerdikleri aflatoksinlerin güçlü etkilerinde dolayı aflatoksin içerip içermedikleri önemlidir (Pesavento ve ark., 2016). Bu çalışmada ambalajsız pul biber örneklerinde yasal sınırın üzerinde yüksek oranda AFB₁ (% 76) ve TAF (% 76) bulunmasından ve aynı şekilde ambalajlı kırmızı pul biber örneklerinde de düşük oranlarda olsa bile yasal sınırların üzerinde AFB₁ (% 12) tespit edilmesinden dolayı, bu ürünlerin halk sağlığı açısından potansiyel olarak önemli bir risk oluşturabileceği, diyetin diğer unsurlarında bulunan aflatoksin içeriği ile birlikte vücuda alınan toplam aflatoksin miktarını artırarak tüketici sağlığını tehlikeye atacağı kanaatine varılmıştır.

Günümüzde 100'den fazla ülke insan ve hayvan sağlığını korumak için gıdalardaki ve yemlerdeki mikotoksinlerin varlığı ile ilgili yasal mevzuat düzenlemeleri yaparak önlemler almaya çalışmaktadır. Avrupa Birliği, üzerinde önemle durduğu gıdalardaki bazı kirleticileri azaltma ve kabul edilebilir seviyelere indirme hedefi doğrultusunda aflatoksin kirliliği ile mücadeleye de büyük önem vermektedir. Bu amaçla gıda üretiminin her aşamasının aflatoksin düzeylerinin gerekli kontroller yapılarak

izlenmesi, elde edilen sonuçların gıda güvenliği ile ilgili kurumlara raporlanması ve aflatoksin düzeyleri konusunda izin verilen maksimum seviyeleri ortaya koyan ve gıda güvenliğini sağlamaya yönelik alınabilecek önlemleri belirleyen mevzuatın geliştirilmesi üzerinde titizlikle durulmaktadır. Bu konuda çıkarılan tüzükler ile (EC 401/2006, EC 1881/2006, EC 165/2010 ve EC 1058/2012 gibi) ve kurulan Gıda ve Yemler için Hızlı Alarm Sistemi (Rapid Alert System for Food and Feed/RASFF) gibi izleme sistemleri ile gıda güvenliğini tehlikeye atacak mikotoksinler gibi önemli kirleticilerin gıdalardaki varlığı ve düzeyi sürekli izlenmektedir (Baranyi ve ark., 2015; Keyney, 2015).

Aflatoksinlerin gıdalardaki varlığı ve düzeyleri ile ilgili yasal mevzuat ve limitler konusunda gelişmiş ülkeler ile gelişmekte olan ülkeler arasında hala önemli bir farklılık vardır (Ketney, 2015). Avrupa Birliği başta olmak üzere gelişmiş ülkeler, aldıkları tedbirler ile aflatoksin kirliliğini oldukça yüksek düzeylerde kontrol altına almışlardır. Ancak üretim zincirinin halen tam kontrol altına alınamaması, iklim değişikliği gibi nedenlerle aflatoksin üreten yeni küf türlerinin ortaya çıkması ve aflatksinlerle kirlenmiş gıdaların ithalatı gibi nedenlerle halen gelişmiş ülkelerde de sorun tam olarak çözülmüş görünmemektedir. Avrupa Birliği'nde bulunan hızlı alarm sistemi verilerinden halen birçok yem, gıda maddesi ve baharatlarda aflatoksin kirliliğinin önemli oran ve düzeylerde olduğu görülebilmektedir (RASFF, 2019).

Sonuç olarak, Van'da ambalajlı ve ambalajsız olarak tüketime sunulan kırmızı pul biberlerin aflatoksin düzeyleri yönünden genel olarak hijyenik kalitesinin yetersiz olduğu ve yasal sınırlar göz önünde bulundurulduğunda (Anonim, 2011; Anonymus, 2010) AFB₁ açısından 5 ppb'nin üzerinde (% 44) ve TAF açısından 10 ppb'nin üzerinde (% 72) aflatoksin içeren ürünlerin halk sağlığı açısından potansiyel bir risk oluşturabileceği kanısına varılmıştır. Hasat edilen kırmızıbiberlerin hızlı bir şekilde kurutulması, nem seviyelerinin düşük düzeylerde tutulması ve depolama şartlarının uygun olması ürünlerdeki aflatoksin oluşumunu kontrol altına alabilecek uygulamalardır. Mantarlarla kontamine olmamış tohumların kullanılması, vektörlerle mücadele, hasat sırasında mekanik hasarların önlenmesi, aşılamanın zamanında yapılması, elde edilen ürünün uygun paketleme materyali ile paketlenmesi, küf kontaminasyonunu azaltıcı ambalajlama/muhafaza tekniklerinin kullanılması ve üreticiler ile ürün satış elemanlarının eğitilmesi de satışa sunulan kırmızıbiberlerde aflatoksin oluşumunu

engelleyebilecek unsurlardır. Bütün bunların yanısıra hem ülkede üretilerek hemde dışardan ithal edilerek tüketime sunulan kırmızı pul biberlerin aflatoksin varlığı yönünden sürekli kontrol edilmesi ve izlenmesi gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- Adeyeye SAO. Fungal mycotoxins in foods: A review. *Cogent Food & Agriculture*. 2016;1-11.
- Ağaoğlu S. Van ilinde açıkta satılan kırmızı pul biberlerde aflatoksin B₁ varlığının araştırılması. *Van Tıp Dergisi*. 1999;6(4):28-30.
- Akbay C, Boz İ, Yıldız Tiryaki G, Candemir S, Arpacı BB. Kahramanmaraş ve Gaziantep illerinde kırmızıbiberin üretim yapısı ve kurutma yöntemleri. *KSÜ Doğa Bilim Dergisi*. 2012;15(2):1-10
- Akgül A. Baharat bilimi ve teknolojisi, Ankara: Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları; 1993;15:111-3.
- Anar Ş. Et ve et ürünleri teknolojisi. 2. Baskı. Bursa: Dora Yayınları; 2012.
- Anonim. Türk Standartları Enstitüsü (TSE). Kırmızı Biber-Acı Pul (Yaprak), TS 3706. Ankara: 2001.
- Anonim. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. RG 29 Aralık 2011, 28157 (3. Mükerrer). Ankara: 2011.
- Anonymous. Commission Regulation (EU) No 165/2010, Amending Regulation (EC) No 1881/2006 Setting maximum levels for certain contaminants in food stuffs as regards aflatoxins. *Official Journal of the European Union*. 2010;50:8-12.
- Anonymous. Herbs, spice and essential oils, post harvest operation in devoleping countreis. *Agriculture Education and Promotion Publisher. UNIDO and FAO*. [Internet]. 2005. [Erişim Tarihi, 23 Aralık 2018]. Erişim Adresi: <http://www.fao.org/3/a-ad420e.pdf>.
- Anonymous. International food standarts. *Codex Alimentarius*. [Internet]. 2015. [Erişim Tarihi, 28 Aralık 2018]. Erişim Adresi: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>.
- Asioli D, Aschemann-Witzel J, Caputo V, Vecchio R, Annunziata A, Næs T ve ark. Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. *Food Research International*, 2017;99:58-71.
- AOAC. International natural toxins. Aflatoxins. *Official Methods of Analysis of the International Association of Official Analytical Chemists* 2003.02, 2005.
- Baranyi N, Kocsube S, Varga J. Aflatoxins: Climate change and biodegradation. *Current opinion in food science*, 2015;5:60-6.
- Basmacıoğlu H, Ergül M. Yemlerde bulunan toksinler ve kontrol yolları. *Hayvansal Üretim Dergisi*. 2003;44(1):9-17.
- Baysal A. Beslenme. 12. Baskı, Ankara: Hatipoğlu Yayınları; 2009.
- Bennett JW, Klich M. Mycotoxins. *Clinical Micbiology Rev*. 2003;16(3):497-516.
- Cavus S, Tornuk F, Sarioglu K, Yetim H. Determination of mold contamination and aflatoxin levels of the meat products/ingredients collected from Turkey market. *Journal of Food Safety*. 2018;38(5):e12494.

- Colak H, Bingöl EB, Hampikyan H, Nazlı B. Determination of aflatoxin contamination in red-scaled, red and black pepper by ELISA and HPLC. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2006;14(3):292-6.
- Costa J, Rodríguez R, Garcia-Cela E, Medina A, Magan N, Lima N, Santos C. Overview of fungi and mycotoxin contamination in capsicum pepper and in its derivatives. *Toxins*, 2019;11(1):27.
- Dalvi RR. An overview of aflatoxicosis of poultry: its characteristics, prevention and reduction. *Veterinary Research Communications*. 1986;10(1):429-43.
- Dinçoğlu AH, Karaçal F. İzmit bölgesinden elde edilen çeşitli baharat türlerindeki aflatoksin düzeylerinin saptanması. *Türkiye 9. Gıda Kongresi Bolu*. 2006;831-4
- Dokuzlu C. Kırmızı toz biberlerde alfatoksin. *Uludağ Üniversitesi Journal of Research in Veterinary Medicine*. 2001;20:19-23.
- Elden Taydaş E, Aşkın O. Kırmızıbiberlerde aflatoksin oluşumu. *Gıda*. 1995;20(1):3-8.
- El-Kady IA, El-Maraghy SSM, Eman Mostafa M. Natural occurrence of mycotoxins in different spices in Egypt. *Folia Microbiol (Praha)*. 1995;40(3):297-300.
- Erdogan A. The aflatoxin contamination of some pepper types sold in Turkey, 2004;56(4):321-5.
- Fufa H, Urga K, Screening of aflatoxins in shiro and ground red pepper in Addis Ababa, *Ethiop Med J*. 1996;34(4):243-9.
- Fazekas B, Tar A, Kovács M. Aflatoxin and ochratoxin A content of spices in Hungary. *Food Additive & Contaminants*. 2005;22(9):856-63.
- Gibson EL. Emotional influences on food choice: sensory, physiological and psychological pathways. *Physiology & Behavior*. 2006;89(1):53-61.
- 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.
- Iqbal SZ, Asi MR, Mehmood Z, Mumtaz A, Malik N. Survey of aflatoxins and ochratoxin A in retail market chilies and chili sauce samples. *Food Control*. 2017;81:218-23.
- İşleyici Ö. Başlıca önemli mikotoksinler, özellikleri ve mikotoksin oluşumunu etkileyen faktörler. *Türkiye Klinikleri Food Hygiene and Technology-Special Topics*. 2017;3(1):1-12.
- Kanbur M, Liman BC, Eraslan G, Altınordulu Ş. Kayseri’de tüketime sunulan kırmızıbiberlerde aflatoksin B₁’in enzim immunoassay (EIA) ile kantitatif analizi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2006;3(1):21-4.
- 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.
- Karagöz S. Türkiye’de bazı baharatlarda *Aspergillus flavus* üremesi ve aflatoksin oluşmasının saptanması [Yüksek Lisans Tezi]. Ankara: Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 1999.

- Kaya S. Mikotoksinler. Ed: Kaya S. Pirincci I. Bilgili A. Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji. 2. Baskı, Ankara: Medisan Yayın Serisi 53, 2002;544-73.
- Kavas A. Sağlıklı yaşam için doğru beslenme. 3. Basım, İstanbul: Literatür Yayıncılık; 2000.
- Ketney O. Food safety legislation regarding of aflatoxins contamination. ACTA Universitatis Cibiniensis, 2015;67(1):149-54.
- Kilic S, Cam IB, Tongur T, Kilic M. Health risk assessment of exposure to heavy metals and aflatoxins via dietary intake of dried red pepper from marketplaces in Antalya, Southern Turkey. Journal of Food Science. 2018;83(10):2675-81.
- Kumar P, Mahato DK, Kamle M, Mohanta TK, Kang SG. Aflatoxins: a global concern for food safety, human health and their management. Frontiers in microbiology, 2017;7:2170.
- Macdonald S, Castle L. AUK retail survey of aflatoxins in herbs and spices and their fate during cooking. Food Additives & Contaminants. 1996;13(1):121-8.
- Martins ML, Martins HM, Bernardo F. Aflatoxins in spices marketed in Portugal. Food Additives & Contaminants. 2001;18(4):315-9.
- Musa A, Yasemin Y, Alptekin T. Aflatoksinli biberlein hiperspektral görüntülerinin sınıflandırılması için yeni yaklaşımlar. DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 2010;12(3):17-33.
- Oruç HH. Mikotoksinler ve tanı yöntemleri. Uludağ Üniversitesi Journal of Research in Veterinary Medicine. 2005;24(1-2-3-4):105-10.
- Ostrowski-Meissner HT. Effect of contamination of diets with aflatoxins on growing ducks and chickens. Tropical animal health and production. 1983;15(3):161-8.
- Özmenteşe N. İstanbul piyasasından sağlanan süt ve süt ürünlerinin aflatoksin B₁ ve M₁ içerikleri yönünden yüksek basınçlı sıvı kromatografisi yöntemi ile araştırılması. [Doktora Tezi], Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2002.
- Özkan A, Bindak R, Erkmen O. Aflatoxin B₁ and aflatoxins in ground red chilli pepper after drying. Food Additives & Contaminants. 2015;8(3):227-33.
- Öztekin S, Işıkber AA, Dayısoylu KS, Duman AD, Soysal Y. Baharatlık kırmızıbiber üretiminde güncel uygulamalar ve sektörün sorunları. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi. 2006;2(3):231-7.
- Parlat SS, Ozcan M, Oguz H. Biological suppression of aflatoxicosis in Japanese quail (coturnix coturnix japonica) by dietary addition of yeast (saccharomyces cerevisiae). Research in Veterinary Science. 2001;71(3):207-11.
- Parthasarathy VA, Kandiannan K. Horticulture, vegetable science (Vegetables, Tubers & Spice Crops). Spices and condiments. Indian Institute of Spices Research (ICAR). 2007;673-012.
- Pesavento G, Ostuni M, Calonico C, Rossi S, Capei R, Nostro AL. Mycotic and aflatoxin contamination in Myristica fragrans seeds (nutmeg) and Capsicum annum (chilli), packaged in Italy and commercialized worldwide. Journal of Preventive Medicine and Hygiene. 2016;57(2):E102.

- RASFF. European Commission. Rapid Alert System for Food and Feed. [Internet]. 2019. [Erişim Tarihi, 2 Ağustos 2019]. Erişim Adresi: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/portal/?event=searchResultList>
- Reddy KRN, Salleh B, Saad B, Abbas HK, Abel CA, Shier WT. An Overview of mycotoxin contamination in foods and its implications for human health. *Journal of Toxicology Toxin Reviews*. 2010;29(1):3-26.
- Reddy SV, Mayi DK, Reddy MU, Thirumala-Devi K, Reddy DVR. Aflatoxins B1 in different grades of chillies (*Capsicum annum* L.) in India as determined by indirect competitive-ELISA. *Food Additives & Contaminants*. 2001;18(6):553-8.
- Sabuncuoğlu SA, Baydar T, Giray B, Şahin G. Mikotoksinler: Toksik etkileri, degradasyonları, oluşumlarının önlenmesi ve zararlı etkilerinin azaltılması. *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*. 2008;28(1):63-92.
- Santos L, Marín S, Sanchis V, Ramos AJ, Co-occurrence of aflatoxins, ochratoxin A and zearalenone in capsicum powder samples available on the Spanish market. *Food Chemistry*. 2010;122(3):826-30.
- SAS. SAS/STAT Software: Hnagen and Enhanced; Version 9.4, SAS, inst. Inc: Cary, nc, USA. 2014.
- Set E, Erkmén O. The aflatoxin contamination of ground red pepper and pistachio nuts sold in Turkey. *Food and Chemical Toxicology*. 2010;48:2532-7.
- Shundo L, Almeida AP, Alaburda J, Lamardo LCA, Navas SA, Ruvieri V ve ark. Aflatoxins and ochratoxin A in Brazilian paprika. *Food Control*. 2009;20:1099-102.
- Singh P, Cotty PJ. Aflatoxin contamination of dried red chilies: Contrasts between the United States and Nigeria, two markets differing in regulation enforcement. *Food Control*. 2017;80:374-9.
- Tauxe RV, Doyle MP, Kuchenmüller T, Schlundt J, Stein CE. Evolving public health approaches to the global challenge of foodborne infections. *International Journal of Food Microbiology*. 2010;139:16-28.
- Toma FM, Faqi Abdulla NQ. Isolation and identification of fungi from spices and medicinal plants. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*. 2013;5(3):131-8.
- Tunail N. *Funguslar ve mikotoksinler*. 2. Baskı. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü yayını; 2000;522.
- Udomkun P, Wiredu AN, Nagle M, Müller J, Vanlauwe B, Bandyopadhyay R. Innovative technologies to manage aflatoxins in foods and feeds and the profitability of application—A review. *Food Control*. 2017;76:127-138.
- Unusan N. Systematic review of mycotoxins in food and feeds in Turkey. *Food Control*. 2019;97:1-14.
- Ustaçelebi Ş, Mutlu G, İmir T, Cengiz AT, Tümbay E, Mete Ö. *Mantarların yapıları üreme özellikleri ve sınıflanması. Temel ve Klinik Mikrobiyoloji*. Ankara: Güneş Kitap Evi; 1999.
- Yentür G, Er B. Gıdalarda aflatoksin varlığının değerlendirilmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*. 2012;69(1):41-52.

Yıldırım T, Tanrıseven A, Özkaya S. Bursa ve Sakarya kırmızıbiberlerinde aflatoksin çalışması. *Gıda Teknolojisi*. 1997;2(6):60-3.

Yogendrarajah P, Jacxsens L, Lachat C, Walpita CN, Kolsteren P. Public health risk associated with the co-occurrence of mycotoxins in spices consumed in Sri Lanka. *Food and Chemical Toxicology*. 2014;74:240-8.

Yoko ITO, Peterson SW, Donald T, Tetsuhisa GOTO. *Aspergillus pseudotamarii*, a new aflatoxin producing species in *Aspergillus* section *Flavi*. *Mycological Research*, 2001;105(2): 233-9.

Yu J, Chang PK, Ehrlich, KC, Cary JW, Bhatnagar D, Cleveland TE ve ark. Clustered pathway genes in aflatoxin biosynthesis. *Applied and Environmental Microbiology*. 2004;70(3):1253-62.

Yu WJ, Liu HP, Zhang XW, Dong D, Jiang Y, Sun NX, Yuan JF. Postirradiation changes of the microbiological quality, aflatoxin, capsinoids, volatile oils, and the color of red pepper powder. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2018;42(2):e13522.

ÖZGEÇMİŞ

Siirt’de 1980 yılında doğdu. İlk, orta ve lise eğitimlerini Van’da tamamladı. 2003 yılında Dicle Üniversitesi Sağlık Yüksekokulu Hemşirelik Bölümün’den mezun oldu. 2003 yılında Van’da göreve başladı ve halen Van İl Sağlık Müdürlüğü Halk Sağlığı Hizmetleri Başkanlığı Kadın Sağlığı Birimi’nde hemşire ve eğitmen olarak görevini sürdürmektedir. 2013 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı.





T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü



LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih:05/08/2019

Tez Başlığı / Konusu: "Kırmızı Pul Biberlerde Aflatoksin (B₁, B₂, G₁, G₂) Varlığının Araştırılması"

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 28 sayfalık kısmına ilişkin, 01/07/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 8 (sekiz) dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Asiye DAYAN

Öğrencinin Adı Soyadı	Asiye DAYAN
Anabilim Dalı	: Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı
Öğrenci No	139301012
Programı	: <input checked="" type="checkbox"/> Yüksek Lisans <input type="checkbox"/> Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR
Prof. Dr. Yakup Can SANCAK

ENSTİTÜ ONAYI
Prof. Dr. UYGUNDUR
Sağlık Bilimleri Enstitüsü