

Dökme ve Ambalajlı Baharatlık Kırmızı Biberlerin Aflatoksin Kontaminasyonunun Belirlenmesi

Ahmet Levent İNANÇ[✉]

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

<https://orcid.org/0000-0002-7363-5096>

✉: linanc@ksu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Kahramanmaraş ilinde satışa sunulan dökme ve ambalajlı pul kırmızıbiberlerin aflatoksin açısından gıda güvenlikleri araştırılmıştır. Kırmızıbiberlerdeki aflatoksin miktarları HPLC cihazı ile belirlenmiştir. Dökme örneklerin toplam aflatoksin ve aflatoksin B₁ içerikleri sırasıyla 2.75±0.02-71.10±0.64 ve 0.26±0.01-53.01±0.57 µg kg⁻¹, ambalajlı örneklerde ise 0-42.01±0.36 ve 0-36.01±0.27 µg/kg aralıklarında bulunmuştur. Yasal sınırlar göz önünde bulundurulduğunda, dökme tipi örneklerin %42'si en çok 10 µg kg⁻¹ toplam aflatoksin sınırı ve %70'i en çok 5 µg kg⁻¹ aflatoksin B₁ sınırı içerisinde bulunduğu belirlenmiştir. Ambalajlı örneklerin ise sırasıyla %68'i ve %62'i bu sınırın içerisinde. Örneklerin toplam aflatoksin veya aflatoksin B₁ içeriklerinin en az birinin yasal sınırı aşması baz alındığında, dökme örneklerin %60'nun, ambalajlı örnekleri ise %36'nın sınır dışı olduğu tespit edilmiştir. Tüm örneklerin (dökme ve ambalajlı) aflatoksin düzey dağılımları için veriler belirli aralıklarda gruplandırılmıştır. Toplam aflatoksin içeriği bakımından yasal sınırı yaklaşık 10 katına kadar aşan grupta dökme kırmızıbiber örneklerine rastlanılmıştır. Çalışmadaki veriler, baharatlık kırmızıbiberlerin hasat, üretim veya satış aşamalarında yanlış uygulamaların yapıldığının bir göstergesidir. Satış şeklinin de önemli olduğu çalışmadan çıkarılacak diğer bir sonuçtur.

Gıda Mühendisliği

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 10.08.2023

Kabul Tarihi : 19.10.2023

Anahtar Kelimeler

Aflatoksin

Ambalajlı Gıda

Ambalajsız Gıda

HPLC

Kırmızı biber

Determination of Aflatoxin Contamination of Bulk and Packed Spice Red Peppers

ABSTRACT

In the present study, the food safety of the bulk and packed spice red peppers offered for sale in Kahramanmaraş was investigated in terms of aflatoxin. Aflatoxin amounts in the red peppers were determined by HPLC. It was determined that the total aflatoxin and aflatoxin B₁ contents of the bulk samples were 2.75±0.02-71.10±0.64 and 0.26±0.01-53.01±0.57 µg kg⁻¹, respectively, and 0-42.01±0.36 and 0-36.01±0.27 µg kg⁻¹ in the packed samples. Considering the legal limits, it was determined that 42% of the bulk type samples were within the maximum 10 µg kg⁻¹ total aflatoxin limit and 70% were within the maximum 5 µg kg⁻¹ aflatoxin B₁ limit. On the other hand, 68% and 62% of packaged products are within this limit, respectively. Since at least one of the total aflatoxin or aflatoxin B₁ contents of the samples exceeded the legal limit, it was determined that 60% of the bulk samples and 36% of the packed samples were off-limits. The present data for aflatoxin level distributions of all samples (bulk and packed) are grouped within certain ranges. It was found that bulk red pepper samples were in the group that exceeded the legal limit approximately 10 times in terms of total aflatoxin content. The data in the study is an index that incorrect applications are made during the harvest, production or sale stages of spicy red peppers. Another conclusion to be drawn from the study is that the form of packaging is also important.

Food Engineering

Research Article

Article History

Received : 10.08.2023

Accepted : 19.10.2023

Keywords

Aflatoxin

HPLC

Packed food

Unpacked food

Atıf Şekli: İnanç A.L. (2024). Dökme ve Ambalajlı Baharatlık Kırmızı Biberlerin Aflatoksin Kontaminasyonunun Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (3), 695-703. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1341076>.
To Cite : İnanç A.L. (2024). Determination of Aflatoxin Contamination of Bulk and Packed Spice Red Peppers. *KSU J. Agric Nat* . 27 (3), 695-703. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1341076>

GİRİŞ

Kırmızıbiber, Solanaceae familyasına ait olan *Capsicum annuum* L. türüne dahil tek yıllık olarak yetişen ve Türkiye’de de üretilen çok önemli tarımsal ürünlerden biridir. Türkiye’nin her bölgesinde tüketilen ve ekonomisinde önemli yeri olan bir baharat çeşididir. Dünyada en çok baharat kullanan ülkeler arasında Türkiye ilk sıralardadır. Tüketilen baharatlar içerisinde ilk sırayı kırmızıbiber almaktadır (Akbay ve ark., 2012). Ekonomik değerinin yanında, A ve C vitaminlerince oldukça zengindir (Doymaz & Pala, 2002). Ayrıca, kalsiyum, fosfor ve potasyum maddelerini de içermekte ve insan vücudundaki zararlı kimyasallara karşı mücadele etmektedir (Çuhadar, 2008). Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği’ne göre “Pul Kırmızıbiber, Capsicum (Solanaceae) cinsine giren bitkilerin tam olgunlaşmış meyvelerinin tekniğine uygun olarak sapları alındıktan sonra kurutulup, su ile tavlanylup, farklı boyutlarda öğütülerek ya da parçalanarak pul haline getirilmiş, yemeklik bitkisel sıvı yağ ve yemeklik tuz karıştırılmış hali” olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2013).

Mikotoksinler; mantarlar tarafından üretilir ve insanlar ve hayvanlar için toksik oldukları bilinmektedir. Yaygın mikotoksinler arasında aflatoksinler, okratoksinler, zearalenon, patulin, sterigmatosistin, sitrinin, ergot alkaloidleri, deoksinivalenol, fumonisinler, trikotesenler, Alternaria toksinleri, tremorjenik mikotoksinler, fusarinler, 3-nitrokloropropiyonik asit ölüm de dahil olmak üzere hem hayvanlar hem de insanlar üzerinde çeşitli sağlık riskleri bulunur (Awuchi et al., 2021). Genel olarak, mikotoksinlerin oluşumu en fazla 20-30°C’ler arasında, 3.5-5.5 pH’larda ve 0.85- 0.90 veya üzerindeki su aktivitesinde olmaktadır (Şahin & Korukluoğlu, 2000). Bugüne kadar 400 mikotoksin tanımlanmış olmasına rağmen bunlardan beş veya altı tanesi çok önemlidir (Jard et al., 2011; Anklam & Stroka, 2002; Park, 2002). Mikotoksin üreten mantarlar, bitkiyi hasat öncesi dönemde veya hasat sonrasında enfekte edebilirler. Pek çok cins mantar büyüme, gelişme ve mikotoksin üretimi için belli koşullara ihtiyaç duyar. Bu koşullar özetle; nem, sıcaklık, substrat tipi ve besinsel faktörler, atmosfer oksijen ve karbon dioksit düzeyleri, diğer mantar türlerinin varlığı, coğrafi konum, genetik şartlar olarak sıralanabilir (Steyn & Stander, 1999; Concon, 1988). Küf bulaşısı, gelişimi ve mikotoksin üretimi; işleme, depolama, nakliye veya satış yerlerinde oluşabilmektedir. Isı ve yüksek nem içeriği küf gelişiminde ani artışlara neden olabilmektedir (Omaye, 2004).

Aflatoksinler, en toksik mikotoksinler arasında yer almakta olup en önemli üreticileri *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus*’ tur (Bennet & Papa, 1988). Aflatoksin kelimesi 3 kelimenin birleşiminden oluşmaktadır, *Aspergillus* cinsi için a, *Flavus* türü için fla ve toksin zehir anlamına gelmektedir (Hossein & Gürbüz, Y., 2015). 20 farklı aflatoksin tanımlanmış olmasına rağmen (Sherif et al., 2009.), tarımsal ürünlerde en sık rastlanan aflatoksinler B₁, B₂, G₁ ve G₂’dir (Şen & Nas., 2010). Uluslararası Kansere Araştırma Vakfı (IARC) tarafından Grup I karsinojen olarak sınıflandırılmıştır (Coşkun & Ünsal, 2020). Bu gruptan en toksik ve en karsinojenik olanı aflatoksin B₁’dir (Koutsias et al., 2021). Aflatoksinler mısır, yerfıstığı, ceviz, Brezilya fıstığı, keten tohumu, karbonhidrat içeriği yüksek olan diğer gıdalar ve hatta bitki ve baharatların sık görülen bulaşılardandır (Farber et al., 1997; Steyn & Stander, 1999; Vidyasagar et al., 1997). Bileşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)’nun bildirdiğine göre dünya tarım ürünlerinin %25’i mikotoksinlerle kontamine olmuştur (Anonymous, 2021).

Bugün gelinen noktada insanları bu toksik grubun etkilerinden korumak amacıyla mikotoksinlerin gıda ve yemlerde bulunabilecek (tolere edilebilir) en yüksek miktarları yasal düzenlemelerle belirlenmekte, her ülkenin limit (sınır) değerleri farklı olsa da uluslararası ticarete belli normlara yaklaşmak için çaba sarf edilmektedir (Tunail, 2000).

Aflatoksin kontaminasyonun önlenemediği durumlarda üründen aflatoksinin uzaklaştırılması ve detoksifikasyon için fiziksel, kimyasal ve biyolojik birçok yöntem uygulanmaktadır. Fakat, uygulanan yöntemlerin hiçbiri tam olarak sağlıklı sonuç vermemektedir. Aflatoksin üründen tam olarak uzaklaştırılmamakta veya uzaklaştırılsa bile bir yan etki bırakmaktadır (Özkaya & Temiz, 2003; Arslanğray, 2015).

Mevcut çalışmada HPLC analiz yöntemi ile Kahramanmaraş’ta perakende satışa sunulmuş pul kırmızıbiberlerin aflatoksin B₁ ve toplam aflatoksin kontaminasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Materyal

Kahramanmaraş ilinin farklı satış noktalarından 1 kg’lık 50 adet ambalajlı ve 1 kg 50 adet dökme baharatlık pul kırmızıbiber satın alınmıştır. Dökme biber, perakende satış yapan yerlerin 10 veya 25 kg’lık gibi torbalı ürünleri satın aldıktan sonra tezgahlarda kaba dökülen açıkta kırmızıbiberlerdir. Açıkta satılan kırmızıbiberlerde, kırmızıbiberi

tanıtıcı ambalaj, paket, doküman, bildirim, etiket gibi hiçbir yazı, bilgi, ticari marka, marka adı, resimli unsur veya işaret bulunmamaktadır. Ambalajlı kırmızıbiberlerde ise üretim bilgileri mevcuttur. Örnekler numaralandırılarak kodlanmıştır. Dökme örnekler rastgele 1-50, ambalajlı örnekler ise 51-100 arasında numaralandırılmıştır.

Yöntem

Kırmızıbiberlerdeki aflatoksin (B_1 , B_2 , G_1 , G_2) miktarlarının belirlenmesinde AOAC 999.07 (Anonymous, 2000) analiz metodu kullanılmıştır. Gıda maddelerinde aflatoksin tayini için kullanılan HPLC analiz yöntemine göre örnekler uygulanan ön işlemlerden sonra örnekleme, ekstraksiyon, ekstraktın temizlenmesi, immunoafinite ve HPLC'ye enjeksiyon işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Işıktan korumak için koyu renkli ambalajlara konarak alınan örnekler öğütülerek homojen hale getirilmiştir. Blender kabına (1000 mL) 50 g örnek 0.01 g hassasiyetle terazide tartılmıştır. Üzerine 5 g NaCl (Merck; Darmstadt, Almanya) ilave edilerek, 40 mL saf su ve 160 mL metanol (Merck; Darmstadt, Almanya) eklenmiştir. 30 dk. çalkalayıcıda karıştırılarak, cam huni kullanılarak kaba filtre kağıdından ve Whatman No:4 filtre kağıdından geçirilmiş ve sonra membran filtreden geçirilerek ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Immunoafinite (R-Biopharm Aflaprep P07) kolonu önceden 10 mL fosfatlı tamponlanmış tuz (PBS) çözeltisi geçirilerek şartlandırılmıştır. 20 mL'lik enjektöre 2 mL ekstrakt alınmış ve üzerine 10 mL PBS ve 10 mL saf su ilave edilmiştir. Kolondan saniyede 1 damla akacak şekilde geçirilmiştir. Daha sonra 2 kez 10 mL saf su geçirilerek yıkama yapılmıştır. Akış hızı en fazla 5 mL dk^{-1} 'ya ayarlanmıştır. Kolondan birkaç kez hava geçirilip su tamamen çıkarılmıştır. Tüm metanol 15 mL'lik koyu renkli vialde toplanmıştır. Saf su (1 mL) ile işlem tekrarlanmış ve su aynı vialde alınmıştır (toplam hacim 2 mL'dir). Vortekste iyice karıştırılmış ve 2 mL'lik vialde alınmıştır.

Örneklerin HPLC (Shimadzu LC-20 AT, floresan dedektör adapteli (Shimadzu RF-20A) cihazına enjeksiyonundan önce kalibrasyon eğrisi hazırlanmış ve standart solüsyonu kullanarak kontrol edilmiştir. Standart enjeksiyon sonucu kabul edilebilir bir sonuç ise örneklerin enjeksiyonu yapılmıştır. Her bir örnekten 1 defa olmak üzere 100 μ L enjeksiyon yapılmıştır. Örnek (50 g) 200 mL'ye seyreltilmiş, bu karışımdan 2 mL alınmıştır. Örnek (0.5 g) 1 mL metanol ve 1 mL saf su ile seyreltilmiştir (seyreltme faktörü: 4). Cihaza seyreltme faktörü yazılarak ve çıkan pikin integrasyonu alınarak sonuç μ g kg^{-1} olarak bulunmuştur. Cihazın çalışma koşulları, pompa akış hızı 1 mL dk^{-1} , detektör eksitasyon dalga boyu 360 nm, emisyon dalga boyu 430 nm, Kobra Cell

akım kaynağı 100 μ A şeklindedir. Karma aflatoksin standart çözeltisinden (CRM46304, Supelco) metanol içerisinde aflatoksin standart çözeltileri hazırlanarak her bir aflatoksinin beş noktalı kalibrasyon eğrileri çizilmiştir. Örneklerdeki aflatoksiner, alıkonma süreleriyle tanımlanmış ve pik alanlarının kalibrasyon eğrilerindeki alanlarla karşılaştırılmasıyla miktarları belirlenmiştir. Aflatoksin B_1 , B_2 , G_1 ve G_2 'in tutulma süreleri sırasıyla 40.0, 29.5, 23.7 ve 17.7 dk'dır. Her gaz muamelesi için üç tekrar yapılmıştır. Değişik aflatoksin konsantrasyonlarına (sırasıyla 0.025-0.5, 0.0073-0.150, 0.248-0.5 ve 0.0068-0.140 μ g L^{-1} aflatoksin B_1 , B_2 , G_1 ve G_2) sahip kalibrasyon eğrilerinden tespit (LOD) ve miktar (LOQ) limitleri belirlenmiştir. Eğrilerden, standart sapmalar sırasıyla 3,25 ve 9.95 ile çarpılıp kalibrasyon eğrisinin eğimine bölünerek LOD ve LOQ değerleri hesaplanmıştır. Aflatoksin B_1 , B_2 , G_1 ve G_2 için LOD değerleri sırasıyla 0.015, 0.015, 0.025 ve 0.04 μ g L^{-1} ve LOQ değerleri sırasıyla 0.048, 0.049, 0.076 ve 0.12 μ g L^{-1} olarak belirlenmiştir. Genişletilmiş belirsizlik $k=2$ (%95 güven aralığında), geri kazanım oranları; aflatoksin B_1 : %95 ve toplam aflatoksin: %92.

İstatistik Analizler

Örnek ortalamalarının arasında istatistiksel farklılıkların belirlenmesinde T-testi uygulanmıştır. Farklılıkları belirtmek için Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. İstatistiksel farklılıklar %5 önem seviyesine göre belirlenmiştir. Analizler 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Veriler SPSS Statistics 27 paket programı (IBM, ABD) kullanılarak değerlendirilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Dökme pul kırmızıbiber örneklerin toplam aflatoksin (AF_{toplam}) ve aflatoksin B_1 (AF_{B_1}) miktarları Çizelge 1'de verilmiştir. En yüksek AF_{toplam} ($71.10 \pm 0.64 \mu$ g kg^{-1}) 27 nolu örnekte, en düşük ($2.75 \pm 0.02 \mu$ g kg^{-1}) ise 30 nolu örnekte görülmüştür. Örneklerin AF_{B_1} içerikleri 0.26 ± 0.01 - $53.01 \pm 0.57 \mu$ g kg^{-1} arasında bulunmuştur. Çizelge 2'de ambalajlı pul kırmızıbiber örneklerin AF_{toplam} ve AF_{B_1} verilmiştir. Örneklerin ikisinde aflatoksin miktarı tespit edilemeyen düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu tespit edilemeyen değerler 0 kabul edilirse, örneklerin AF_{toplam} miktarları $0-42.01 \pm 0.36 \mu$ g kg^{-1} aralığında, AF_{B_1} miktarlarının ise $0-36.01 \pm 0.27 \mu$ g kg^{-1} aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'ne (Anonim, 2013) göre baharatlık kırmızıbiberlerde bulunabilecek en yüksek AF_{toplam} için 10μ g kg^{-1} ve AF_{B_1} için 5μ g kg^{-1} sınır değerleri baz alındığında, örneklerde tespit edilen aflatoksin değerlerin herhangi birisinin iki sınır değerden yüksek olması gıda güvenliği açısından o ürünün uygun olmayan örnek kategorisinde değerlendirilmekte veya risk kabul

edilmektedir. Bu açıdan, dökme tip örneklerin 30'unun, ambalajlı tip örneklerin 18'inin uygun olmayan örnek olduğu belirlenmiştir.

Dökme ve ambalajlı örneklerin ortalama AF_{toplam} ve AF_{B1} miktarları arasında istatistiksel olarak fark

bulunmuştur ($p<0.5$). Dökme örneğin ortalama AF_{toplam} miktarı ambalajlı örneğe göre daha yüksek bulunurken, ambalajlı örnekte ortalama AF_{B1} miktarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1)

Çizelge 1. Dökme ürünlerin aflatoksin kontaminasyonu*
Table 1. The aflatoxin contamination of the bulk products

Örnek	AF_{toplam}	AF_{B1}	Örnek	AF_{toplam}	AF_{B1}
1	22.96 ±0.35	4.71 ±0.03	26	17.99 ±0.14	5.53 ±0.04
2	57.86 ±0.79	43.37 ±0.47	27	71.10 ±0.64	53.01 ±0.57
3	17.34 ±0.17	0.26 ±0.01	28	9.05 ±0.09	3.87 ±0.03
4	8.96 ±0.06	3.22 ±0.02	29	5.73 ±0.05	1.00 ±0.01
5	12.48 ±0.08	3.01 ±0.03	30	2.75 ±0.02	1.15 ±0.01
6	20.76 ±0.15	5.95 ±0.03	31	7.65 ±0.06	1.58 ±0.01
7	23.05 ±0.18	4.41 ±0.03	32	6.83 ±0.05	0.48 ±0.01
8	6.82 ±0.07	1.98 ±0.01	33	19.57 ±0.16	3.87 ±0.03
9	8.02 ±0.08	4.21 ±0.03	34	3.31 ±0.03	1.98 ±0.02
10	9.79 ±0.09	4.89 ±0.03	35	18.48 ±0.14	12.31 ±0.09
11	16.48 ±0.12	7.25 ±0.06	36	5.60 ±0.03	3.67 ±0.02
12	18.68 ±0.13	3.91 ±0.02	37	20.11 ±0.14	13.63 ±0.09
13	19.44 ±0.14	3.95 ±0.03	38	36.01 ±0.28	9.51 ±0.08
14	37.38 ±0.22	14.52 ±0.09	39	11.35 ±0.10	6.21 ±0.05
15	20.13 ±0.13	9.65 ±0.09	40	18.44 ±0.15	6.11 ±0.05
16	8.17 ±0.08	2.98 ±0.03	41	9.99 ±0.09	0.36 ±0.01
17	10.35 ±0.08	1.00 ±0.01	42	3.77 ±0.02	1.42 ±0.01
18	9.01 ±0.08	1.01 ±0.01	43	6.89 ±0.05	3.04 ±0.02
19	22.62 ±0.14	2.07 ±0.02	44	1.93 ±0.01	0.34 ±0.01
20	15.38 ±0.09	1.25 ±0.01	45	2.89 ±0.02	1.11 ±0.01
21	8.72 ±0.07	0.68 ±0.01	46	14.33 ±0.09	3.89 ±0.02
22	14.27 ±0.14	1.26 ±0.01	47	17.44 ±0.14	6.35 ±0.04
23	3.62 ±0.04	0.65 ±0.01	48	26.11 ±0.17	21.9 ±0.14
24	27.11 ±0.17	3.63 ±0.02	49	17.00 ±0.10	1.22 ±0.01
25	9.31 ±0.06	7.93 ±0.05	50	11.21 ±0.09	2.88 ±0.02
<i>Üst Sınır**</i>	≤ 10	≤ 5			

Yönetmeliğe uygun olmayan örnek

*Veriler, üç tekerrürün ortalama değerlerini ve standart hatalarını ifade etmektedir. AF_{toplam} : toplam aflatoksin ($\mu\text{g kg}^{-1}$), AF_{B1} : aflatoksin B₁ ($\mu\text{g kg}^{-1}$)

**Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre (29 Aralık 2011 tarih ve 28157-3. Mükerrer sayılı Resmî Gazete)

TE: tespit edilemedi

Tüm örneklerin (dökme ve ambalajlı) aflatoksin düzey dağılımları için çizelgelerdeki veriler belirli aralıklarda gruplandırılmıştır. En yüksek değerler ölçü alınarak AF_{toplam} için $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ birim aralığında 8 grup ve AF_{B1} için $5 \mu\text{g kg}^{-1}$ birim aralığında 11 grup oluşmuştur. Örnekler ise yüzde olarak ifade edilmiştir. Şekil 2'de AF_{toplam} ile % örnek sayısı ilişkisi gösterilmiştir.

İlk grup, hem dökme (%42) hem de ambalajlı (%68) örnek yüzdesi en fazla olan grup çıkmıştır. Daha sonra sırasıyla 2, 3 ve 4. gruplar gelmektedir. Grup 6, 7 ve 8'de ambalajlı örneklere rastlanılmamıştır. Dökme örnekler grup 5 ve 7'de bulunmamışlardır. Grup 8'te dökme örneğin %2 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Ambalajlı ürünlerin aflatoksin kontaminasyonu*

Table 2. The aflatoxin contamination of the packed products

Örnek	AF _{toplam}	AF _{B1}	Örnek	AF _{toplam}	AF _{B1}
51	1.97 ±0.02	1.69 ±0.01	76	0.53 ±0.01	0.53 ±0.01
52	0.37 ±0.01	0.37 ±0.01	77	3.5 ±0.03	3.01 ±0.03
53	0.26 ±0.01	0.26 ±0.01	78	3.98 ±0.03	3.87 ±0.03
54	14.55 ±0.12	13.22 ±0.10	79	TE	TE
55	38.44 ±0.25	31.01 ±0.20	80	35.98 ±0.38	33.45 ±0.32
56	2.27 ±0.02	1.95 ±0.01	81	1.58 ±0.01	1.58 ±0.01
57	1.41 ±0.01	1.41 ±0.01	82	0.48 ±0.01	0.48 ±0.01
58	2.01 ±0.02	1.98 ±0.02	83	1.36 ±0.01	0.87 ±0.01
59	39.33 ±0.31	34.21 ±0.24	84	TE	TE
60	7.54 ±0.05	6.89 ±0.05	85	15.22 ±0.13	12.31 ±0.09
61	1.52 ±0.01	1.52 ±0.01	86	4.01 ±0.03	3.67 ±0.02
62	4.22 ±0.03	3.91 ±0.03	87	25.44 ±0.19	20.11 ±0.14
63	5.21 ±0.04	3.95 ±0.02	88	42.01 ±0.36	36.01 ±0.27
64	4.82 ±0.03	4.52 ±0.03	89	7.58 ±0.07	6.21 ±0.05
65	28.11 ±0.17	23.65 ±0.14	90	3.11 ±0.02	2.11 ±0.02
66	12.33 ±0.08	9.98 ±0.06	91	13.41 ±0.09	9.99 ±0.06
67	25.97 ±0.17	21.00 ±0.14	92	2.03 ±0.02	1.42 ±0.01
68	20.58 ±0.14	18.01 ±0.12	93	7.36 ±0.05	6.89 ±0.05
69	1.22 ±0.01	1.01 ±0.01	94	0.34 ±0.01	0.34 ±0.01
70	1.51 ±0.01	1.25 ±0.01	95	3.11 ±0.02	2.89 ±0.02
71	0.70 ±0.01	0.68 ±0.01	96	4.87 ±0.03	3.89 ±0.03
72	1.26 ±0.01	1.26 ±0.01	97	19.22 ±0.12	17.44 ±0.10
73	4.11 ±0.03	3.62 ±0.03	98	26.35 ±0.20	26.11 ±0.20
74	28.11 ±0.2	27.11 ±0.17	99	3.14 ±0.02	1.22 ±0.01
75	10.05 ±0.08	9.31 ±0.06	10	5.01 ±0.03	2.88 ±0.02
			0		
Üst Sınır**	≤10	≤5			

Yönetmeliğe uygun olmayan örnek

*Veriler, üç tekerrürün ortalama değerlerini ve standart hatalarını ifade etmektedir. AF_{toplam}: toplam aflatoksin (µg kg⁻¹), AF_{B1}: aflatoksin B₁ (µg kg⁻¹)

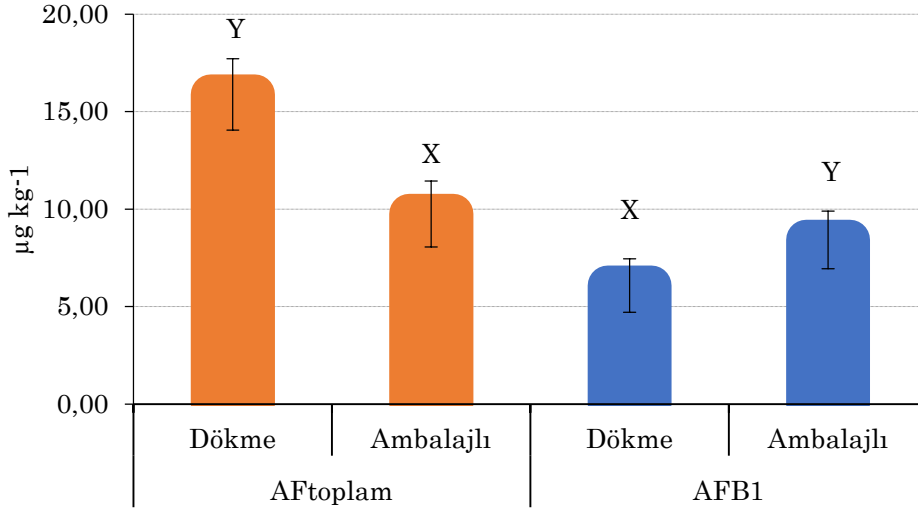
**Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre (29 Aralık 2011 tarih ve 28157-3. Mükerrer sayılı Resmî Gazete)

TE: tespit edilemedi

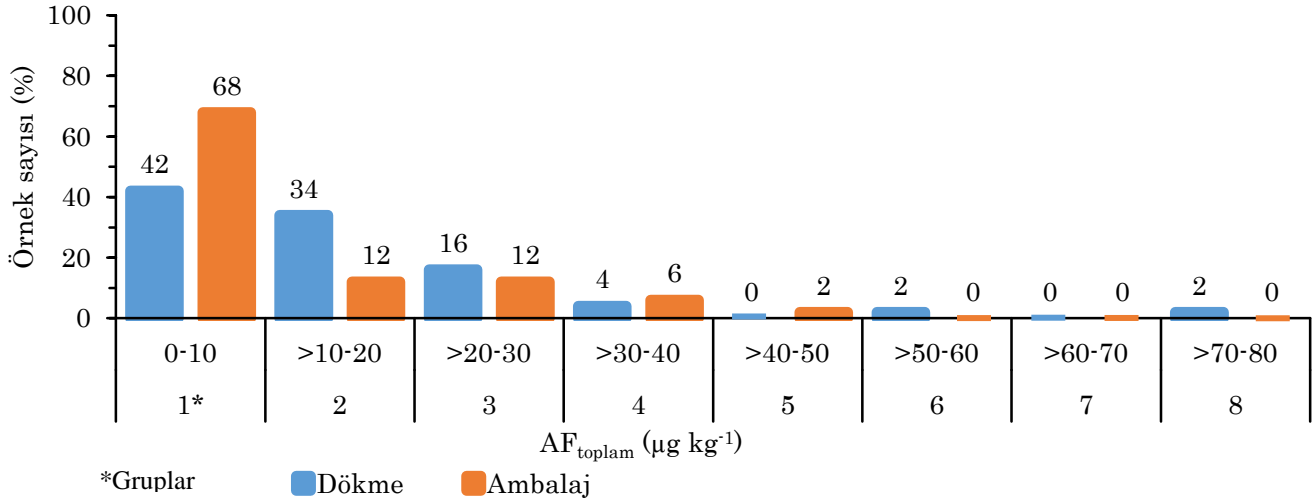
AF_{B1} grupları açısından % örnek sayısı dağılımları Şekil 3'de verilmiştir. Dökme örneklerin %70'i ve ambalajlı örneklerin %62'si grup 1'de yer almıştır. Dökme örneklere 5. grupta rastlanılmamıştır.

Ambalajlı örnekler ise grup 9, 10 ve 11'de bulunmamıştır. Genel olarak bakıldığında satışı sunulan dökme tipi kırmızı biberlerin ambalajlı olanlara göre daha fazla dağılım gösterdiği ve en yüksek gruplarda aflatoksin içerdiği görülmektedir. Bununla birlikte; dökme örnekler ambalajlı örneklerle karşılaştırıldığında, dökme örnekler daha

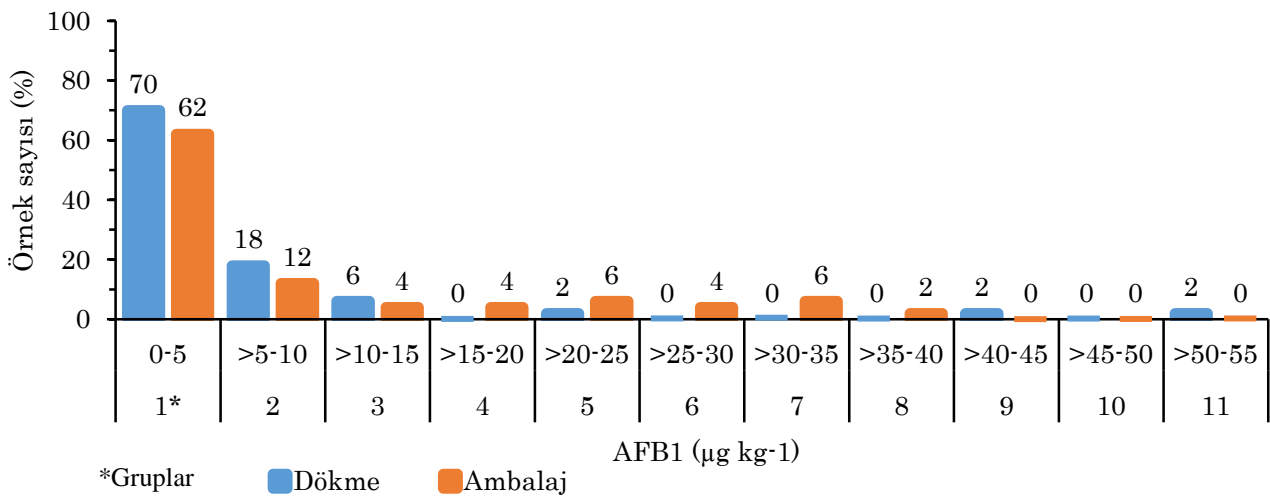
fazla risk oluşturmaktadır (Şekil 4). Burada; en az bir sınır değerini (toplam veya B₁) aşmış dökme biberlerin yüzdesi %60, ambalajlılar için %36 olduğu görülmektedir. Atasoy ve ark. (2017) analiz ettikleri isot örneklerinin %10'nunun AF_{B1} açısından yasal sınırları aştıklarını bildirmişlerdir. Daşbaşı (2022)'da yasal limitleri aşan yol kenarında satılan ev yapımı kırmızı biberlerin olduğunu belirlemiştir. Ambalajsız olarak satılan Van ilinde de benzer sonuçlar tespit edilmiştir (Yücel, 2022).



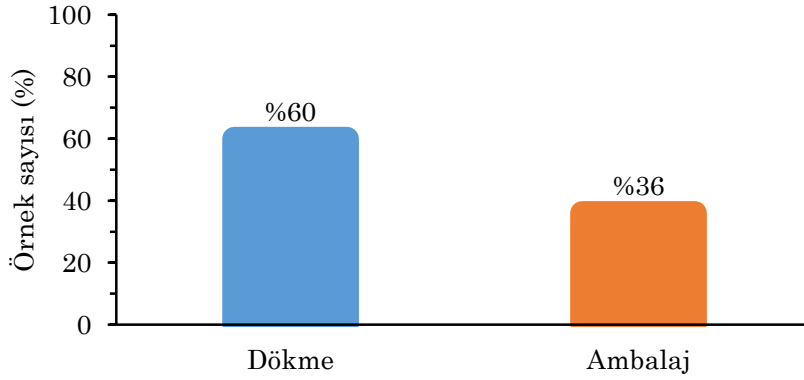
Şekil 1. Dökme ve ambalajlı örneklerin ortalama AF_{toplam} ve AF_{B1} miktarları
Figure 1. The mean AF_{total} and AF_{B1} amounts of the bulk and packed samples



Şekil 2. Örneklerin yüzdesel AF_{toplam} miktarlarına dağılımları
Figure 2. The percentage distributions of the samples to aflatoxin AF_{total} contamination



Şekil 3. Örneklerin yüzdesel AF_{B1} kontaminasyonlarına dağılımları
Figure 3. The percentage distributions of the samples to aflatoxin AF_{B1} contamination



Şekil 4. Sınır dışı örneklerin yüzdesel dağılımları

Figure 4 The percentage distribution of samples exceeding legal maximum limits

Baharatlık kırmızıbiberlerde aflatoksin oluşumu; hava veya topraktan bulaşan küflerin varlığından dolayı meyveler bitki üzerinde iken başlamaktadır. Hasat şekli de önemli ölçüde etkili olmaktadır, çünkü hasat işlemi ekonomik sebeplerden dolayı tek seferde yapılmaktadır. Erken olgunlaşmış meyveler, biber tarlasının tamamının hasadına karar verilene kadar bitki üzerinde bekletilmesi temel sebep olduğu söylenebilir. Bundan sonra aflatoksin içeriği zincirleme birbirini takip eden işlemlerle doğrudan ilişkili olabilmektedir (Ör; depolama, kurutma ve paketlenme gibi). En son satış yerleri ve satış şekli (ambalajlı veya dökme) de önemlidir. Çalışmada dökme tip örneklerin aflatoksin içerikleri ambalajlı tiplere göre daha yüksek bulunması, satış şeklinin önemini vurgulamaktadır. Yalnız bu satış şeklini etkileyen en büyük sebep satış yerlerinin çevresel şartlarıdır. Örneğin, bağıl nem ve sıcaklık değerlerine bağlı olarak balık pazarları gibi satış yerleri küf gelişimi için ideal ortamlardır. Dökme biberlerin AF_{B1} içeriklerinin grup 9 ve 11'deki gibi çok yüksek olması çevre şartlarının olumsuzluğunun göstergesi olabilir. Grup 1 (yasal sınır grubu)'den 8 ve 10 kat fazla olan grup 9 ve grup 11'de (bütün örneklerdeki en yüksek AF_{B1} içeriğine sahip gruplar) %2 düzeylerinde örnek bulunması oldukça ciddi bir gıda güvenliği sorununa işaretler.

Son yıllarda gıdalardaki toksinlerin detoksifikasyonu üzerinde yoğun çalışmalar bulunmaktadır. Pankaj et al. (2018) çeşitli gıdalardaki aflatoksin içeriklerinin azaltılması ile ilgili uygulamaları özetlemiştir. Konvensiyonel ısı uygulamaları ilk uygulamalardır. Mikrodalga, kimyasal (laktik asit, hidrojen peroksit, ozon veya ozonlaştırılmış su gibi), radyasyon (X, ultraviyole veya gama ışınları gibi), elektrolize su ve soğuk plazma uygulamaları da mevcuttur. Park ve ark. (2007) atmosfer basıncında mikrodalga argon plazması uygulayarak AF_{B1} 'in cam substrat üzerinde 5 saniyede tam bir bozunmasını rapor etmişlerdir. Fakat uygulamalar hala ekonomik değil ve genelde yeterli düzeyde başarı

sağlanamamıştır. Tüketicilerin gıda güvenliği açısından en geçerli uygulama devlet kontrolündeki denetimlerdir. Gıdalardaki sınır dışı aflatoksin içeriği sorunu sadece Türkiye'ye mahsus değildir, diğer birçok ülkede de aynı sorun mevcuttur (Koutsias et al., 2021; Tsehaynesh et al., 2021; Salari et al., 2012). Kırmızıbiber üzerine Türkiye kaynaklı benzer çalışmalarda vardır (Ağaoğlu,1999; Dokuzlu, 2001; Kanbur ve ark., 2006; Set & Erkmen, 2010; Arslanğray, 2015; Demir ve ark., 2019; Coşkun & Ünsal, 2020.). Malatya ilinde baharat ticareti yapan firmalardan temin edilen kırmızıbiber örneklerinde Aflatoksin B_1 $0.20-79.37\mu g\ kg^{-1}$ ve $AF_{toplamlam}$ $0.22-93.05\mu g\ kg^{-1}$ aralıklarında ölçülmüştür (Uğur, 2022). Kırmızı biberde Aflatoksin B_1 varlığının sistematik derlemesi ve meta-analizinde en düşük ve en yüksek AF_{B1} konsantrasyonları sırasıyla Kore ($0.14\mu g\ kg^{-1}$) ve Türkiye'de ($31.13\mu g\ kg^{-1}$) kırmızı biberlerinde olarak gözlemlenmiştir (Sevdin ve ark., 2021). Çukurova ve Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Satışa Sunulan kırmızı pul biber örneklerinin %28'inin (7 adet) AF_{B1} açısından standartlara uymadığı tespit edilmiştir. Biber örneklerin %16'sında (4 adet) $AF_{toplamlam}$ tespit edilmiştir (Hepsağ & Hayoğlu, 2022).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda, piyasada satışa sunulan pul kırmızıbiberlerde yasal sınırların üzerinde AF_{B1} ve $AF_{toplamlam}$ sonuçlarının belirlenmesi hasat, kurutma, işleme, paketlenme ve depolama ve satış aşamalarında yanlış uygulamaların yapıldığını göstermektedir. Satış şeklinin de önemli olduğu çalışmadan çıkarılacak diğer bir sonuçtur. Çünkü dökme biberlerde yasal sınırın yaklaşık 10 katına kadar aflatoksin bulunması bunun göstergesidir. Aflatoksin detoksifikasyon uygulamaları üzerine yoğun çalışmalar olmakla birlikte sanayiye uygulanabilirliği tartışmalıdır. Hâlen gıdalarda aflatoksin varlığı, halk sağlığı ve gıda güvenliği için potansiyel bir risk oluşturmaktadır. Bu nedenle ürünün tarladan sofraya kadar olan oluşum süreçlerinde aflatoksinin

oluşmaması için gerekli olan tedbirlerin önceden alınması gerekmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarın makale ile ilgili başka kişiler veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Ağaoğlu, S. (1999). Van ilinde açıkta satılan kırmızı pul biberlerde aflatoksin B1 varlığının araştırılması. *Van Tıp Dergisi*, 6(4), 28-30.
- Akbay, C., Boz, I., Tiryaki, G. Y., Candemir, S. & Arpacı, B. (2012). Kahramanmaraş ve Gaziantep illerinde kırmızıbiberin üretim yapısı ve kurutma yöntemleri. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 15(2), 1-10.
- Anklam, E. & Stroka, J. (2002). *The European perspective of mycotoxins and food safety. In Int. Workshop on Mycotoxin*. July 22-26, 2002. FDA and JIFSAN, University of Maryland, USA.
- Anonim (2013). *Türk Gıda Kodeksi, Baharat Tebliği (Tebliğ No:2013/12)*, 28614 sayılı Resmî Gazete, Ankara.
- Anonymous (2021). *Minimizing risks posed by mycotoxins utilizing the HACCP concept*. <https://www.fao.org/3/x2100t/x2100t08.htm> (Erişim Tarihi: 05.11.2021)
- Anonymous (2000). *Aflatoxin B1 and total aflatoxins in peanut butter, pistachio paste, fig paste, and paprika powder*. AOAC Official Method 999.07.
- Arslanğray, Y. (2015). Şanlıurfa'da geleneksel olarak üretilen pul biberlerde aflatoksin oluşum aşamalarının belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, Türkiye.
- Atasoy, A. F., Hayoğlu, İ., Korkmaz, A., Kara, E. & Yıldırım, A. (2017). Geleneksel ev isot baharatının aflatoksin içeriğinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(1), 35-40.
- Awuchi, C. G., Ondari, E. N., Ogbonna, C. U., Upadhyay, A. K., Baran, K., Okpala, C. O. R. & Guiné, R.P. (2021). Mycotoxins affecting animals, foods, humans, and plants: types, occurrence, toxicities, action mechanisms, prevention, and detoxification strategies-a revisit. *Foods*, 10(6), 1279, doi:10.3390/foods10061279.
- Bennett, J.W & K.E. Papa. 1988. *The aflatoxigenic Aspergillus*. In: D.S. Ingram and P.A. Williams (eds.) Genetics of plant Pathogenic Fungi. Academic Press, London, UK. 264-280.
- Concon, J. M. (1988). Food toxicology. Part A: Principles and concepts; Part B: Contaminants and additives. Marcel Dekker Inc.
- Coşkun, A. L. & Ünsal, F. (2020). Ticari olarak satışı yapılan baharatlar ve kuru meyvelerin bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 9(3), 99-111.
- Çuhadar, S. (2008). "Maraş Biberi" tescillendi. *Cumhuriyet Tarım Gıda Hayvancılık*, 4(45), 18.
- Daşbaşı, T. (2022). Analysis of aflatoxin types in red pepper flakes samples by HPLC. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 41, 126-131.
- Demir, P., Erkan, S., Öksüztepe, G. & İncili, G. K. (2019). Elazığ'da açıkta satılan baharatların mikrobiyolojik kalitesi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(3), 204-212, doi: 10.32707/ercivet.648568.
- Dokuzlu, C. (2001). Kırmızı toz biberlerde aflatoksin. *J. Fac. Vet. Med*, 20: 19-23.
- Doymaz, I. & Pala, M. (2002). Hot-air drying characteristics of red pepper. *J. Food Engineering*, 55(4), 331-335, doi:10.1016/S0260-8774(02)00110-3.
- Farber, P., Geisen, R. & Holzapfel, W. H. (1997). Detection of aflatoxigenic fungi in figs by a PCR reaction. *Int J Food Microbiology*, 36, 215-220, doi: 10.1016/s0168-1605(97)00040-8.
- Hepsağ, F. & Hayoğlu, İ. (2022). Çukurova ve Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Satışa Sunulan Kırmızı Pul Biber ve Kuru İncirler'de Aflatoksin B1 ve Toplam Aflatoksin (B1, B2, G1, G2) İçeriğinin Yüksek Performans Sıvı Kromatografi Yöntemi ile Belirlenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(3), 1393-1406.
- Hossein, A. & Gürbüz, Y. (2015). Aflatoxins in poultry nutrition. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi* 18(4), 1-5.
- Jard, G., Liboz, T., Mathieu, F., Guyonvarch, A. & Lebrihi, A. (2011). Review of mycotoxin reduction in food and feed: From prevention in the field to detoxification by adsorption or transformation. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 28, 1590-1609, doi: 10.1080/19440049.2011.595377.
- Kanbur, M., Liman, B. C., Eraslan, G. & Altinordulu, S. (2006). Quantitative analysis of aflatoxin B1 by enzyme immuno assay (EIA) in red pepper marketed in Kayseri. *The Journal of the Faculty of Veterinary Medicine*, 3(1), 21-24.
- Koutsias, I., Kollia, E., Makri, K., Markaki, P. & Proestos, C. (2021). Occurrence and risk assessment of aflatoxin B1 in spices marketed in Greece. *Analytical Letters*, 54(12), 1995-2008, doi: 10.1080/00032719.2020.1832509.
- Omaye, S. T. (2004). Food and nutritional toxicology. ISBN 9781587160714, CRC press.
- Özkaya, Ş. & Temiz, A. (2003). Aflatoksinler: kimyasal yapıları, toksisiteleri ve detoksifikasyonları. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 1(1), 1-2, <http://www.mikrobiyoloji.org/pdf/702030101.pdf>.
- Pankaj, S. K., Shi, H. & Keener, K. M. (2018). A review of novel physical and chemical decontamination technologies for aflatoxin in food. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 73-83, doi: 10.1016/j.tifs.2017.11.007.

- Park, B. J., Takatori, K., Sugita-Konishi, Y., Kim, I. H., Lee, M. H. & Han, D. W. (2007). Degradation of mycotoxins using microwave-induced argon plasma at atmospheric pressure. *Surface and Coatings Technology*, 201, 5733–5737, doi: 10.1016/j.surfcoat.2006.07.092.
- Park, D. L. (2002). Effect of processing on aflatoxin. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 504, 173-179, doi: 10.1007/978-1-4615-0629-4_17.
- Şahin, İ. & Korukluoğlu, M. (2000). Küf- Gıda-İnsan. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın no 155, Bursa, Türkiye, s.30.
- Şen, L. & Nas, S. (2010). Kuru incir, üzüm ve kırmızıbiberlerde mikotoksin varlığı. *Akademik Gıda*, 8(3), 24-32.
- Salari, R., Habib-Najafil, M. B., Boroushaki, M. T., Mortazavi, S. A. & Fathi-Najafi, M. (2012). Assessment of the microbiological quality and mycotoxin contamination of Iranian red pepper spice. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14 (SUPPL), 1511-1521.
- Set, E. & Erkmen, O. (2010). The aflatoxin contamination of ground red pepper and pistachio nuts sold in Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48(8-9), 2532-2537, doi: 10.1016/j.fct.2010.06.027.
- Sevdin, S., Çelik, E., Çömçe, A. N., Batar, N., & Özdemir, A. A. (2021). A Systematic meta-analysis of Aflatoxin B₁ presence in red pepper. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 32, 1162-1167.
- Sherif, S. O., Salama, E. E. & Abdel-Wahhab M. A. (2009). Mycotoxins and child health: the need for health risk assessment. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 212(4), 347-368, doi: 10.1016/j.ijheh.2008.08.002.
- Steyn, P. S. & Stander, M. A. (1999). Mycotoxins with special reference to the carcinogenic mycotoxins fumonisins. In: Ballantyne, B., Marrs, TC., Syversen, TLM., eds. *General and Applied Toxicology*. 2nd ed, United Kingdom: Macmillan Reference Ltd.: 2145-2176.
- Tsehaynesh, T., Abdi, M., Hassen, S. & Taye, W. (2021). *Aspergillus* species and aflatoxin contamination in pepper (*Capsicum annum* l.) in West Gojjam, Ethiopia. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 21(1), 17178-17194, doi: 10.18697/ajfand.96.18815.
- Tunail, N. (2000). *Funguslar ve Mikotoksinler*, ikinci baskı. Medisan Yayınevi, Ankara, Türkiye, s. 4-34.
- Uğur, T. (2022). Kırmızıbiber ve sumak baharatlarında aflatoxin tayini ve laboratuvar içi metod validasyonu. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, 10(2), 577-589.
- Vidyasagar, T., Sujatha, N. & Sashidhar, R. B. (1997). Determination of aflatoxin B₁-DNA adduct in rat liver by enzyme immunoassay. *Analyst*, 122, 609-13, doi: 10.1039/a607794c.
- Yücel, U. M. Determination of aflatoxin and heavy metal levels in some spices sold as unpackaged in van province and health risks assessment of heavy metals. *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi*, 11 (Supplement 1), 7-14.