



Investigation of Mycotoxin Levels and GMO Presence in Corn Produced in Turkey

Sanem Argın^{1*}, Sibel Şimşek Yazıcı²

^{1*}Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Yeditepe University, 34755 İstanbul, Turkey

Corresponding author, E-mail: sanem.argin@yeditepe.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2811-2202>

²R & D and Analysis Center Laboratories (YÜ-AGAM) Yeditepe University, 34718 İstanbul, Turkey, E-mail: sibel.simsek@yeditepe.edu.tr

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 08/07/2018 Accepted : 31/10/2018</p> <p>Keywords: Corn GMO Aflatoxin Mycotoxin Fumonisin</p>	<p>In Turkey, there is a continuous increase in the annual production of corn. Nevertheless, consumers' perception of corn becomes more negative each day, since corn is the most genetically modified product worldwide, after soybean. While the potential negative effects of genetically modified corn are being debated, the greatest threat to human health in corn is the presence of mycotoxins. In this study, corn samples were collected from 634 fields in 552 villages of 24 cities in Turkey, and the presence of GMO, aflatoxin B1, total aflatoxins, fumonisin B1, fumonisin B2, T-2 toxin, HT-2 toxin, zearalenone and deoxynivalenol was investigated. No transgenic element was found in any of the corn samples. The total aflatoxin levels of the corn samples were found to be below the Turkish Food Codex limit and, among the total of 634 samples, only one sample exceeded the Turkish Food Codex limit for aflatoxin B1. Moreover, no T-2 toxin, HT-2 toxin, zearalenone and deoxynivalenol were detected in the samples. The total amounts of fumonisins were also found to be below the Turkish Food Codex limit. These results show that domestically produced corn meets the standards for food safety.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(1): 54-60, 2019

Türkiye’de Üretilen Mısırlarda Mikotoksin Düzeylerinin ve GDO Varlığının Araştırılması

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 08/07/2018 Kabul : 31/10/2018</p> <p>Anahtar Kelimeler: Mısır GDO Aflatoksin Mikotoksin Fumonisin</p>	<p>Ülkemizde mısır üretimindeki artış bir yandan sürerken, bir yandan da dünyada mısırın soyadan sonra en çok genetiği değiştirilmiş ürün olması nedeniyle tüketicinin mısır ile ilgili algısı her geçen gün daha olumsuz olmaktadır. Genetiği değiştirilmiş mısırın potansiyel olumsuz etkileri tartışılmakta iken, mısırdaki insan sağlığı için gözden kaçmaması gereken en büyük tehdit mikotoksinlerdir. Bu çalışmada, Türkiye'nin 24 ilinde bulunan 552 köyün 634 tarlasından toplanan mısır numuneleri GDO, aflatoksin B₁, toplam aflatoksin, fumonisin B₁, fumonisin B₂, T-2 toksin, HT-2 toksin, zearalenon ve deoksinivalenol yönünden incelenmiştir. Tarama yapılan mısır numunelerinin hiçbirinde transgenik elemente rastlanmamıştır. Analiz edilen 634 numunenin sadece bir tanesinde Türk Gıda Kodeksi limitinin üzerinde aflatoksin B₁ miktarına rastlanmış, numunelerin toplam aflatoksin değerleri Türk Gıda Kodeksi limitinin altında çıkmıştır. Paçal oluşturulan numunelerin hiçbirinde T-2 toksin, HT-2 toksin, zearalenon ve deoksinivalenol tespit edilmezken, fumonisin tespit edilen numunelerin toplam fumonisin miktarı Türk Gıda Kodeksi limitinin altında bulunmuştur. Bu sonuçlar, yerli üretim mısırların gıda güvenliği açısından uygun standartları sağladığını göstermektedir.</p>



Giriş

Mısır, farklı sanayilerde (yem, gıda, kozmetik, otomotiv, tekstil vb.) kullanım alanı bulmasından ötürü yüksek ekonomik değere sahip bir bitki olup; gıda sanayinde bebek mamasından salata soslarına, cıpten çikolataya kadar yüzlerce farklı üründe doğrudan ya da dolaylı olarak kullanılmaktadır. TÜİK verilerine göre son 10 yılda (2007-2017) Türkiye’de mısır ekilen alan 5.175.000 dekadardan 6.390.844 dekara; mısır üretimi de 3.535.000 tondan 5.900.000 tona yükselmiştir. Ülkemizde mısır üretimindeki artış bir yandan sürerken, bir yandan da dünyada mısırın soyadan sonra en çok genetiği değiştirilmiş ürün olması (GMO Compass Veritabanı, 2018) nedeniyle tüketicinin mısır ile ilgili algısı her geçen gün daha olumsuz hale gelmektedir. Dünyada genetiği değiştirilmiş mısır üretimine yönelimin sebebi, böcek zararlarını azaltarak hem verimi arttırmak, hem de pestisit kullanımını azaltmaktır (Özcan, 2009). Böceklerin danelere verdiği zararların azaltılması, dolaylı olarak mikotoksin oluşumunu da daha aza indirmektedir (Dowd, 1995; 2000).

Genetiği değiştirilmiş mısırın insan sağlığı üzerine potansiyel olumsuz etkileri tartışılmakta iken, mısırdan insan sağlığı açısından gözden kaçmaması gereken en büyük tehdit mikotoksinlerdir. Mikotoksinler, farklı mantar (küf) cinslerinin oluşturduğu, insan ve hayvan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olan toksinlerdir. Mısırdan sıkça rastlanan mikotoksinler, *Aspergillus* küfleri tarafından üretilen aflatoksinler ve *Fusarium* küfleri tarafından üretilen fumonisinler, zearalenon ve deoksinivalenoldür (Jay ve ark., 2005; Davis ve Diener 1987; Dowd, 1995; Kendra ve Dyer, 2007). Tablo 1’de bu mikotoksinlerin Türk Gıda Kodeksi (TGK) limitleri yer almaktadır.

Aflatoksinler, Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından kanserojen (Grup 1) olarak sınıflandırılmıştır (IARC, 2002). Aflatoksinler arasında en yüksek toksisiteye sahip olanı, aflatoksin B₁’dir (Creepy 2002). Bu nedenle mısırdaki miktarı ayrıca takip edilir. Aflatoksin B₁’in primer karaciğer kanserinin en güçlü faktörü olduğu düşünülmektedir (Mc Connell ve Garner, 1994; Guerre ve ark., 1997; IARC, 2002). *A. flavus* aflatoksin B₁ ve B₂’yi üretirken, *A. parasiticus* B₁ ve B₂’nin yanı sıra G₁ ve G₂ toksinlerini de üretmektedir.

Aflatoksin B₁ ve B₂, UV ışık altında mavi floresans; G₁ ve G₂ yeşil floresans vermektedir (Jay ve ark., 2005). Laboratuvarımızda ışık mikroskopu ile görüntülenen *A. flavus* ve toksini Şekil 1a’da verilmiştir.

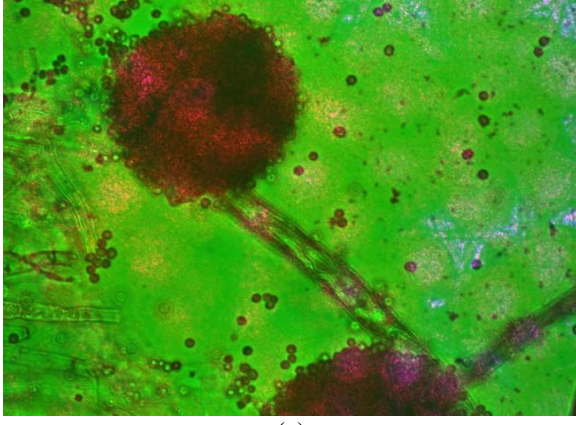
Mevcut en az 15 çeşit fumonisinden, en iyi bilinenleri FB₁, FB₂, FB₃, FB₄, FA₁, FA₂ ve FA₃ toksinleridir (Jay ve ark. 2005). Ülkemizde, işlenmemiş mısırdan majör toksinlerden fumonisin B₁ (FB₁) ve fumonisin B₂ (FB₂) toksinlerinin toplam değeri takip edilir (Tablo 1). Yapısal benzerlik gösteren bu iki toksin, diğer mikotoksinlerden farklı olarak suda çözünür ve birçok mikotoksin gibi sıcaklığa oldukça dayanıklıdır (Jay ve ark. 2005). Fumonisin B₁ ve B₂, Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından 2B sınıfı (potansiyel) kanserojen olarak sınıflandırılmıştır (IARC, 2002). Laboratuvarımızda ışık mikroskopu ile görüntülenen *Fusarium* küfleri Şekil 1b’de verilmiştir.

Zearalenon (ZON), deoksinivalenol (DON) ve T-2, kanserojen olduklarına dair yeterli kanıt olmadığı için Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından Grup 3 olarak değerlendirilmektedir (IARC, 1993). Zearalenon, en az 5 farklı tipi olan bir toksin olmakla beraber genellikle *F. graminearum* ve *F. tricinctum* tarafından üretilir (Jay ve ark., 2005). Yapısı bir östrojen olan 17β-oestradiol’e benzemekte olup, tüketildiğinde östrojen seviyelerinde dengesizlik ve üreme bozuklukları yarattığı saptanmıştır (Minervini ve Dell’Aquila, 2008; Tatay ve ark., 2013). Kusmaya (vomitting) sebep olması nedeniyle aynı zamanda vomitoksin olarak da adlandırılan, deoksinivalenol (DON), potansiyel toksisitesi sebebiyle gıda ve yemlerde sıkça takip edilen bir başka mikotoksindir. Moleküler seviyede, protein sentezini inhibe etmek yoluyla hücre fonksiyonlarına zarar verir (Petska ve Smolinski, 2005). Aynı zamanda hayvanlarda barsak ve bağışıklık sistemi problemlerine de sebep olabilmektedir (Byrden, 2012; Pinton ve ark., 2012).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye genelinde üretilen mısırların GDO analizlerini yaparak tüketicinin aklını karıştıran genetiği değiştirilmiş mısır ile ilgili sorulara ışık tutmak ve ülkemizde üretilen mısırlardaki mikotoksin miktarlarını tespit ederek işlenmemiş mısırları gıda güvenliği açısından değerlendirmektir.

Tablo 1 Mısırdaki mikotoksinler için Türk Gıda Kodeksi limitleri
Table 1 The Turkish Food Codex limits for mycotoxins in corn

Mikotoksin	TGK limitleri (µg/kg)
Aflatoksin B ₁	5,0
Aflatoksin B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂	10,0
(Mısır, doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan)	
Fumonisinler FB ₁ + FB ₂	4000
(İşlenmemiş mısır, ıslak öğütülecekler hariç)	
Zearalenon (ZON)	350
(İşlenmemiş mısır, ıslak öğütülecekler hariç)	
Deoksinivalenol (DON)	1750
(İşlenmemiş mısır, ıslak öğütülecekler hariç)	



(a)



(b)

Şekil 1 Işık mikroskobu (Zeiss Axio Observer) görüntüleri (a) *Aspergillus flavus* ve aflatoksin (100x), (b) *Fusarium* küfleri (1000x)

Figure 1 Light microscope (Zeiss Axio Observer) images (a) *Aspergillus flavus* and aflatoxin (100x), (b) *Fusarium* (1000x).

Materyal ve Metot

Numune Toplama

27 Temmuz-25 Ekim 2016 tarihleri arasında, Türkiye'nin 24 ilinde bulunan 552 köyün 634 tarlasından toplanan mısır numuneleri (Tablo 2), toplandıkları gün depolanmadan laboratuvarımıza sevk edilmiştir. Mısır numuneleri, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'ndan yetkili Yeditepe Üniversitesi Ar-Ge ve Analiz Merkez Laboratuvarları'nın (YÜ-AGAM) numune kabul ve raporlamadan sorumlu ekibi tarafından toplanmıştır. Aflatoksin B₁, toplam aflatoksin ve GDO testleri her bir numune (634 numune) için yapılmıştır. Fumonisin B₁, fumonisin B₂, toplam fumonisin, T-2 toksin, HT-2 toksin, zearalenon ve deoksinivalenol miktarları ise, paçal yapılarak hazırlanan numunelerde analiz edilmiştir. Analizler iki paralel olarak çalışılmıştır.

GDO Analizi

GDO tarama testi ISO 24276, ISO 21569, EUROFINs ve GMO SCREENING KIT prosedürleri ile yapılmıştır. GDO Tarama analizi DNA esaslı olup, Real-Time PCR ile 35S/NOS/FMV gen bölgelerinin varlığının/yokluğunun gösterilmesidir. Bu metot kapsamında mısır numunelerinde 35S promotor, FMV promotor, NOS terminatör geni elementlerinin varlığı/yokluğu tespit edilmiştir.

Öncelikle homojenize edilmiş numunenin izolasyonu yapılmıştır. İzolasyon için Eurofins GeneSpin DNA İzolasyon Kiti kullanılmıştır. Ekstraksiyona başlamadan önce kit içerisinde bulunan solüsyonlar, üretici firmanın talimatlarına göre karıştırılmış, yeni solüsyon C4 olarak kodlanarak 45°C'de 5 dakika inkübe edilmiştir. Bütün solüsyonlar hazırlandıktan sonra ekstraksiyona başlanılmıştır. Homojenize edilen 0,2 g numune iki paralel olarak alınmış, üzerlerine liziz solüsyonu ve proteinaz K solüsyonu eklenerek vortekslenmiştir. Tüpler 65°C'de en az 30 dakika inkübe edildikten sonra, RNA'ca zengin numunelere RNase (10mg/ml) eklenip, 30 dakika oda koşullarında bekletilmiştir. Daha sonra 10 dakika boyunca 10.000 g'de santrifüj (Centurion Scientific, K24R) edilip, belirlenen miktar yeni bir tüpe alınarak 70°C'ye ısıtılmıştır. Peletin üzerindeki supernatantın tamamı, 2 ml'lik tüpe aktarılıp, üzerine aynı hacimde C4

solüsyonu ve aynı hacimde etanol eklendikten sonra, karışım 30 saniye vortekslenmiştir. Karışım spin kolona aktarılmış; DNA'nın filtreye bağlanması, yıkanması, inhibitörlerden arındırılması işlemleri uygulanmıştır. Çöktürme işlemi ile DNA'nın filtreden ayrılması sağlanmıştır. İzolasyonu yapılan DNA'nın saflığı ve konsantrasyonu spektrofotometre (Biochrom, Libra S60) ile kontrol edilmiştir. Bitkiye özgün gen bölgelerine ait primer dizileri kullanılarak bitki DNA'sına ait bölge çoğaltılmış ve çoğalmanın varlığı Real Time PCR (BIORAD, C1000 Touch) ile ölçülmüştür.

GDO tarama analizi Eurofins Gene Scan GMO Screen RT 35S/NOS/FMV IPC Kiti ile yapılmıştır. Mastermiks reaktifleri çözüldükten sonra vortekslenmiş ve karışım kullanım öncesi santrifüj edilmiştir. Plakanın her kuyucuğuna Mastermiks eklendikten sonra, DNA solüsyonları ve kontrol solüsyonlar kuyucuklara sırasıyla eklenmiştir. Negatif kontrol tüpüne stabilizasyon buffer ilave edilmiş, plaka optik kapak filmle kapatılmış ve düşük hızda santrifüj (Centurion Scientific, K24R) edilmiştir.

Mikotoksin Analizleri

Aflatoksin B1 ve Toplam Aflatoksin Tayini: Aflatoksin tayinleri için Modifiye AOAC 991.31 metodu ve kalibrasyon eğrisi için R-Biopharm-P22-1000 µg/ml toplam aflatoksin standardı kullanılmıştır. Kısaca; 50 gram iyi örneklenmiş ve öğütülmüş numunenin üzerine 5 gram NaCl, 100 ml su ve 150 ml metanol ilave edildikten sonra karıştırılmış, süzgeç kağıdından geçirilerek süzülmüş ve süzüntüden 5 ml alınarak üzerine 15 ml PBS konup karıştırılmıştır. Hazırlanan numune çözeltisi şartlandırılmış immünoafinite kolona (R-Biopharm-P07) transfer edilmiştir. Örnek geçişinden sonra 20 ml su geçirilerek kolon yıkanmıştır. Hava ile kurutulan kolondan HPLC saflığında metanol geçirildikten sonra su ile aynı işlem tekrarlanmıştır. Hazırlanan numune, 0,45 mikronluk filtreden süzülüp standartlarla (R-Biopharm-P22-1000 µg/ml toplam aflatoksin (250 µg/ml aflatoksin B1-B2-G1-G2) birlikte aynı koşullarda HPLC cihazına (Agilent 1100 Series) enjekte edilmiştir.

Tablo 2 Numunelerin toplandıkları iller; köy, tarla ve numune sayıları

Table 2 The cities where the samples were collected from; the number of villages, fields and samples

Bölge	İl	Köy sayısı	Tarla sayısı	Paçal yapılan bölge (paçal sayısı)
Akdeniz	Mersin	34	34	Tarsus (1)
	Adana	122	122	1.Seyhan (1) 2.Ceyhan (2) 3.Karataş (1) 4.Yüreğir (1) 5. Kozan/İmamoğlu/Ceyhan (1)
	Hatay	11	22	Hatay (1)
Güneydoğu Anadolu	Kahramanmaraş	5	5	Kilis, Antep, Adıyaman, Kahramanmaraş (1)
	Kilis	2	2	
	Gaziantep	1	2	
	Adıyaman	1	3	
	Şanlıurfa	55	59	1.Harran (1) 2.Ceylanpınar (1) 3.Viranşehir (1)
	Mardin	57	58	1.Nusaybin (1) 2.Derik/Kızıltepe (1)
	Batman	4	5	Batman, Siirt (1)
	Siirt	6	7	
İç Anadolu	Diyarbakır	44	48	Diyarbakır (2)
	Konya	101	149	1.Karapınar, Hotamış, İsmil (4) 2. Bor (Niğde), Ereğli (1) 3. Çumra, Karaman (1) 4.Karaman Merkez (1)
	Niğde	1	1	
Doğu Anadolu	Iğdır	4	4	Iğdır (1)
Marmara	Kırklareli	4	4	Kırklareli (1)
	Sakarya	26	26	Sakarya (1)
	Bursa	20	20	Bursa (1)
Karadeniz	Amasya	4	4	Amasya (1)
	Samsun	3	3	Samsun (1)
	Tokat	2	2	Tokat (1)
Ege	Aydın	16	19	Aydın (1)
	İzmir	17	18	İzmir (1)
	Manisa	12	13	Manisa (1)
Toplam	24	552	634	34

Fumonisin B1-B2 tayini: Kalibrasyon eğrisi için Trilogy-TSL 202-100/30 µg/ml Fumonisin B1 ve B2 standardı kullanılmıştır. 2,5 gr iyi örneklenmiş ve öğütülmüş numune, üzerine metanol:su eklenerek 20 dakika çalkalanıp, 5 dakika santrifüjlenmiştir. 500 µl üst fazdan alınarak 500 µl mobil faz ile birleştirilmiştir. Hazırlanan numune, 0,45 mikronluk filtreden süzülükten sonra standartlarla (Trilogy-TSL 202-100/30 µg/ml) birlikte aynı koşullarda LC MS/MS cihazına (Thermo TSQ VANTAGE EMR-Ultimate 3000) enjekte edilmiştir.

Zearalenone (ZON) Tayini: ZON tayini için R Biopharm metodu (Application Note Easi Extract Zearalenone Baby Food Ref No: A4 RP91.V1 Modifiye Metod) ve kalibrasyon eğrisi için Trilogy TSL 401-25 µg/ml zearalenone standardı kullanılmıştır. Kısaca; 25 g iyi örneklenmiş ve öğütülmüş numune tartılarak asetonitril ilave edilmiş ve karıştırıldıktan sonra filtre kağıdından süzümüştür. 20 ml filtrat, 80 ml PBS çözeltisi ile karıştırılmış, bu çözeltinin 25 ml'si, immünoafinite kolondan (R-Biopharm-RP90) geçirilmiştir. Ardından kolon PBS çözeltisi ile yıkanıp, hava geçirilerek içerisinde sıvı kalmaması sağlanmıştır. Kolondan asetonitril geçirilerek eluat bir tüpte toplanmış, ardından su geçirilerek aynı tüpe alınmıştır. Elde edilen çözelti

homojenize edilip, 0,45 mikronluk filtreden süzülükten sonra HPLC cihazına (Thermo Scientific-Ultimate 3000) standartlarla (Trilogy TSL 401-25 µg/ml) birlikte enjekte edilmiştir.

Deoxynivalenol (DON) Tayini: DON tayini için R Biopharm metodu (Application Note for Analysis of Deoxynivalenol in Cereal Using Water Extraction in Conjunction with DONPREP Ref No: A1-P50.V5-Modifiye Metod) ve kalibrasyon eğrisi için Trilogy TSL 317-100 µg/ml deoxynivalenol standardı kullanılmıştır. Kısaca; 25 g iyi örneklenmiş ve öğütülmüş numune üzerine PEG ve 200 ml su eklendikten sonra 30 dakika çalkalanmıştır. Bu karışım süzgeç kağıdından geçirildikten sonra, süzüntüden 20 ml alınıp immünoafinite kolona (R-Biopharm-P50B) transfer edilmiştir. Daha sonra kolondan PBS geçirilerek kolon iyice yıkanmış, yıkanan kolon hava geçirilerek kurutulmuş ve HPLC saflığındaki metanol ile analit alınarak azot gazı altında uçurulmuştur. Daha sonra vialdeki kalıntı mobil faz ile çözülerek 0,45 mikronluk filtreden süzülüp, standartlarla (Trilogy-TSL317-100 ug/ml) birlikte aynı koşullarda HPLC cihazına (Agilent 1100 Series) enjekte edilmiştir.

HT2-T2 Tayini: Beş gram iyi örneklenmiş ve öğütülmüş numunenin üzerine MeOH:H₂O ekstraksiyon solventi ilave edilerek karıştırılıp, santrifüjlenmiştir. Üst faz mobil faz ile 1:1 oranında karıştırılıp filtrelendikten sonra LC MS/MS cihazına (Thermo TSQ VANTAGE EMR-Ultimate 3000) standartlarla birlikte aynı koşullarda enjekte edilmiştir.

Sonuçlar

Bu çalışmada, farklı coğrafi bölgelerimizde bulunan 634 tarladan (Tablo 2) numune toplanmış ve hiçbirinde GDO tespit edilmemiştir (Tablo 3). Yapılan aflatoksin analizlerinin sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Analiz

edilen 634 numunenin sadece bir tanesinde Türk Gıda Kodeksi limitinin üzerinde aflatoksin B1 miktarına rastlanmış, numunelerin toplam aflatoksin değerleri Türk Gıda Kodeksi limitinin altında çıkmıştır. Paçal oluşturulan numunelerin hiçbirinde T-2 toksini (raporlama limiti: 50 µg/kg), HT-2 toksini (raporlama limiti: 50 µg/kg), zearalenon (raporlama limiti: 15 µg/kg) ve deoksinivalenol (raporlama limiti: 40 µg/kg) tespit edilemezken; fumonisin tespit edilen numunelerin sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Hazırlanan 34 paçal numuneden onüçünde fumonisin tespit edilmiş, toplam fumonisin miktarı Türk Gıda Kodeksi limitinin altında bulunmuştur.

Tablo 3 Aflatoksin analizleri ve GDO tarama testi sonuçları

Table 3 The results of aflatoxin analysis and GMO screening tests

Yapılan Analizler	Sonuç	Tespit edilen miktar (µg/kg)
Aflatoksin B ₁ Raporlama limiti: 0,5 µg/kg Geri kazanım % =0,8992	Çalışılan 634 numuneden sadece 1 tanesinde Aflatoksin B ₁ tespit edilmiştir. Değer, Türk Gıda Kodeksi limitinin üzerindedir.	Numune 1: 6,93 Numune 2: --
Toplam Aflatoksin Raporlama limiti: 0,5 µg/kg Geri kazanım % =0,1332	Çalışılan 634 numuneden sadece 2 tanesinde toplam aflatoksin miktarı raporlama limitinin üzerinde tespit edilmiştir. Değerler, Türk Gıda Kodeksi limitinin altındadır.	Numune 1: 7,61 Numune 2: 0,82
GDO Tarama Testi 10 DNA Kopya 35S Promoter NOS Terminatör FMV Promoter	Çalışılan 634 numunede GDO tespit edilmemiştir. Tespit edilemedi. Tespit edilemedi. Tespit edilemedi.	--

Tablo 4 Paçal olarak hazırlanan numunelerde fumonisin analizi sonuçları

Table 4 The results of fumonisin analysis of blended corn samples

Yapılan Analizler	Sonuç	Tespit edilen miktar (µg/kg)
Fumonisin B ₁ Raporlama limiti: 40 µg/kg Geri kazanım % =0,95	Hazırlanan 34 paçal numuneden 13 tanesinde Fumonisin B ₁ toksini tespit edilmiştir.	En yüksek: 936,92±164,24 En düşük: 51,48±9,04
Fumonisin B ₂ Raporlama limiti: 12 µg/kg Geri kazanım % =1,018	Hazırlanan 34 paçal numuneden 12 tanesinde Fumonisin B ₂ toksini tespit edilmiştir.	En yüksek: 250,27±44,75 En düşük: 17,68±3,61
Toplam Fumonisin	Tespit edilen toplam Fumonisin miktarları Türk Gıda Kodeksi limitinin altındadır.	En yüksek: 1187,19±208,98 En düşük: 51,48±9,04

Tartışma

Türkiye'de tüketiciler henüz transgenik ürünleri kullanmaya hazır olmamakla birlikte, bu konuyla ilgili bilgilendirmeye ihtiyaç duymaktadırlar. Mısır, dünya genelinde GDO tartışmalarının odak noktalarından biri olan bir ürün olduğu için, ülkemizde üretilen mısırlardaki durumun ne olduğunun saptanması tüketici refahı için önem taşımaktadır. Bu çalışmada, farklı coğrafi bölgelerimizde bulunan 634 tarladan numune toplanmış ve hiçbirinde GDO tespit edilmemiştir. Bu durum, transgenik ürünler tüketmek istemeyen tüketiciyi rahatlatacak bir sonuç olarak görülebilir. Ancak, nadir de olsa süpermarketlerden temin edilen işlenmiş gıda ürünlerinde genetiği değiştirilmiş mısır içeren ürünler tespit edilebilmektedir. Örneğin, Gürakan ve arkadaşlarının çalışmasında (2011) Türkiye'nin farklı şehirlerinden 2004 yılında toplanmış 31 ürün taranmış ve transgenik elementlere rastlanmıştır. Ürünlerin toplanma

tarihi, yürürlüğe giren GDO yönetmeliği (2009) ve biyogüvenlik yasasından (2010) önce olduğu için, bu sonuç, yerli üretim dışında, Türkiye'ye genetiği değiştirilmiş mısır çeşitlerinin üretiminin yapıldığı ülkelerden mısır ithal ediliyor (Ulusal Hububat Konseyi Mısır Raporu, 2012) olmasıyla açıklanabilir. 2013 yılına ait başka bir çalışmada ise regülasyonlar sonrası Türkiye pazarında transgenik mısır bazı ürünlerin sayısında düşüş olmakla birlikte sıfırlanmadığı raporlanmıştır (Arun ve ark., 2013). Çalışmamızda yerli üretim mısırdaki transgenik elementlere rastlanmamış olmamız, Arun ve arkadaşları (2013) tarafından transgenik element taşıdığı tespit edilen ürünlerde de ithal mısır bulunduğunu düşündürmektedir.

Mısır, çok geniş bir yelpazeyi içeren farklı gıda ürünlerinde doğrudan ya da dolaylı olarak kullanıldığı için, hammaddenin içerdiği toksin miktarı, üretilecek ürünleri de gıda güvenliği açısından tehlikeye

sokmaktadır. Aflatoksinler, genellikle depolama sırasında çevrede bulunan *Aspergillus* küflerinin mısıra bulaşmasıyla oluşan toksinlerdir. Depolama koşullarının toksin oluşumu için optimum sıcaklık ve nemde olması gerekir. Bu sebeple hasat sonrası işlemlerin (kurutma, depolama ve sevkiyat) kontrollü koşullarda yapılması aflatoksin oluşumunu engellemek için önem taşımaktadır (Girgin, 2001; Ozay, 1989). Özellikle doğru depolama koşullarıyla aflatoksin miktarı minimumda tutulabilir. Çalışmamızda, tarladan toplanan mısır numuneleri depolanmadan laboratuvarımıza sevk edildiği için toplam aflatoksin değerlerinin TGK limitleri içinde çıkmış olması beklediğimiz bir bulgu olmuştur. Aflatoksini farklı yollarla inaktive etmek mümkünken (amonyak uygulaması, ozonlama vb.), fumonisinlerle kontamine olmuş yiyecek ve yemleri detoksifiye etmek mümkün değildir (Girgin, 2001). Fumonisinleri oluşturan *Fusarium* küfleri, mısır mikroflorasının doğal bir komponentidir (Nesic ve ark., 2014). Mısırlar tarladan toplanmadan önce havanın neminin artması fumonisin toksinlerinin oluşumuna sebep olur (Munkvold, 2003). Fumonisinler genellikle kırılan, çatlayan ve böcekler tarafından zarar gören danelerde oluşmaktadır (Dowd, 1995, Dowd, 2000). Türköz Bakırcı (2014), yaptığı çalışmada İzmir’de süpermarketlerden tedarik edilen 57 mısır bazlı üründe, fumonisin değeri TGK limitleri dışında olan 3 ürün tespit etmiştir. Buna karşılık, analiz edilen 67 üründe DON değeri TGK limitleri dışında olan ürüne rastlanmamıştır. Aflatoksin analizi ise sadece bir üründe yapılmış ve üründe aflatoksin tespit edilmemiştir. Ayrıca, analiz edilen 39 üründe ZON değeri TGK limitleri dışında olan ürüne rastlanmamıştır. Kısaca, Türköz Bakırcı’nın (2014) çalışmasında, işlenmiş mısır bazlı ürünlerde limit dışı değerlerde bulunan toksin, fumonisin olmuştur. Başka bir araştırmada ise İstanbul’dan temin edilen 100 üründe (20 adet bebek maması, 40 adet işlenmiş mısır ürünü, 20 adet mısır özü yağı, 20 adet mısır içerikli hayvan yemi) zearalenon analizi yapılmış, 1 adet bebek mamasında limit dışı değerlere rastlanmıştır (Çelik, 2010). Literatürdeki bu çalışmalarda da görüldüğü gibi, hammadde olarak kullanılan mısırdaki yüksek mikotoksin içeriği, son ürünün kalitesini etkilemektedir. Özellikle, fumonisinlerle kontamine olmuş yiyecekleri detoksifiye etmek mümkün olmadığı için (Girgin, 2001), fumonisin değerleri işlenmiş mısır bazlı ürünlerde limit dışı çıkabilmektedir. Öte yandan, aflatoksin miktarlarını herhangi bir inaktivasyon yöntemine gerek duymadan minimum düzeyde tutabilmek hedef olmalıdır.

Çalışmamızda, taraması yapılan 634 numunede transgenik elementlere rastlanmaması ve mikotoksin analizlerinde TGK limitleri ile uyumlu sonuçlar elde edilmesi, yerli üretim mısırların gıda güvenliği açısından uygun standartları sağladığını göstermektedir. Hasat sonrası işlemlerde gösterilecek özen, özellikle aflatoksin oluşumunu engelleyeceği için mısırdaki daha da güvenli bir hammadde haline getirecektir.

Teşekkür

Niğasta Üreticileri Derneği (NÜD) üyelerine, çalışmaya sağladıkları destek için teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Arun ÖÖ, Yılmaz F, Muratoğlu K. 2013. PCR detection of genetically modified maize and soy in mildly and highly processed foods. *Food Control*, 32: 525-531. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.01.023.
- Bryden WL. 2012. Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implications for animal productivity and feed security. *Animal Feed Science and Technology*, 173:134-158. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2011.12.014.
- Creepy EE. 2002. Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. *Toxicology Letters*, 127:19-28. PMID 12052637.
- Çelik AB. 2010. İstanbul piyasasında satışa sunulan bazı mısır ve mısır ürünlerinde zearalenon düzeylerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. <http://acikerisim.nku.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/20.500.11776/554/0029470.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (21.06.2018).
- Davis ND, Diener UL. 1987. Mycotoxins. In: Beuchat, LR. *Food and Beverage Mycology*. İkinci Basım. NY: Van Nostrand Reinhold Publishing, pp: 517-570. ISBN 978-0-442-21084-7.
- Dowd PF. 1995. Sap beetles and mycotoxins in maize. *Food Additives and Contaminants*, 12: 497- 508. DOI: 10.1080/02652039509374336.
- Dowd PF. 2000. Indirect reduction of ear molds and associated mycotoxins in *Bacillus thuringiensis* corn under controlled and open field conditions: utility and limitations. *Journal of Economic Entomology*, 93: 1669-1679. DOI: 10.1603/0022-0493-93.6.1669.
- Girgin G, Başaran N, Şahin G. 2001. Dünya’da ve Türkiye’de İnsan Sağlığını Tehdit Eden Mikotoksinler, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 58: 97 – 118. https://www.journalagent.com/turkhiyjen/pdfs/THDBD_58_3_97_118.pdf (21.06.2018).
- GMO Compass. GDO Veritabanı. Genetically modified food and feed: authorization in the EU. https://ec.europa.eu/food/plant/gmo/authorisation/food_feed_en (21.06.2018).
- Guerre P, Burgat V, Galtier P. 1997. Dose-related increase in liver heme catabolism during rabbit aflatoxicosis. *Toxicology Letters*, 92: 101-108. PMID: 9295232.
- Gürakan GC, Aydın G, Yılmaz R. 2011. Qualitative detection of GM maize (Bt11) in food and feed sold commercially in Turkey by PCR based methods. *Indian Journal of Biotechnology*, 10: 143-146. <http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/10964/1/IJBT%2010%281%29%20143-146.pdf> (21.06.2018).
- International Agency for Research on Cancer (IARC). 1993. *Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. Volume 56. IARC, Lyon, France, 245-522. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol56/mono56.pdf> (21.06.2018).
- International Agency for Research on Cancer (IARC). 2002. *Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. Volume 82. IARC, Lyon, France, 171-366. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol82/mono82.pdf> (21.06.2018).
- Jay JM, Loessner MJ, Golden DA. 2005. Mycotoxins. In: *Modern Food Microbiology*. Springer Science+Business Media, NY, USA, pp: 709-726. 7th Edition. ISBN 978-0-387-23413-7.
- Kendra DF, Dyer RB. 2007. Opportunities for biotechnology and policy regarding mycotoxin issues in international trade. *International Journal of Food Microbiology*, 119:147-151. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.036.
- Mc Connell IR, Garner RC. DNA Adducts of Aflatoxins, sterigmatocystin and other mycotoxins. In: Hemminki K, Dipple A, Shuker DEG, Kadlubar FF, Segerbäck D, Bartsch H, eds. *DNA Adducts: Identification and Biological Significance*. Lyon: IARC Scientific Publications No.125, 1994: 49-55. PMID: 7806340.

- Minervini F, Dell'Aquila ME. 2008. Zearalenone and reproductive function in farm animals. *International Journal of Molecular Sciences*, 9:2570-2584. DOI: 10.3390/ijms9122570.
- Munkvold GP. 2003. Cultural and genetic approaches to managing mycotoxins in maize. *Annual Review of Phytopathology*, 41: 99-116. DOI: 10.1146/annurev.phyto.41.052002.095510.
- Nesic K, Ivanovic S, Nesic V. 2014. Fusarial toxins: Secondary metabolites of *Fusarium* fungi. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 228: 101-120. DOI: 10.1007/978-3-319-01619-1_5.
- Ozay G, Heperkan D. 1989. Mould and mycotoxin contamination of stored corn in Turkey. *Mycotoxin Research*, 5:81-89. DOI: 10.1007/BF03192126.
- Özcan S. 2009. Modern Dünyanın Vazgeçilmez Bitkisi Mısır: Genetiği Değiştirilmiş (Transgenik) Mısırın. *Tarımsal Üretime Katkısı, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 2: 1–34. ISSN: 1308-0040.
- Petska JJ, Smolinski AT. 2005. Deoxynivalenol: toxicology and potential effects on humans. *Journal of Toxicology and Environmental Health B*, 8:39-69. DOI: 10.1080/10937400590889458.
- Pinton P, Tsybulskyy D, Lucioli J, Laffitte J, Callu P, Lyazhri F, Grosiean F, Bracarense AP, Kolf-Clauw M, Oswald IP. 2012. Toxicity of deoxynivalenol and its acetylated derivatives on the intestine: differential effects on morphology, barrier function, tight junction proteins, and mitogen-activated protein kinases. *Toxicological Sciences*, 130:180-190. DOI: 10.1093/toxsci/kfs239.
- Tatay E, Meca G, Font G, Ruiz M-J. 2014. Interactive effects of zearalenone and its metabolites on cytotoxicity and metabolism in ovarian CHO-K1 cells. *Toxicology In Vitro*, 28:95-103. DOI: 10.1016/j.tiv.2013.06.025.
- Türköz Bakırcı G. 2014. Tahıl ve tahıl ürünlerinin aflatoksin, okratoksin A, zearalenon, fumonisin ve deoksinivalenol mikotoksinleri yönünden incelenmesi. *Akademik Gıda*, 12:46-56. ISSN: 1304-7582.
- Ulusal Hububat Konseyi Mısır Raporu 2012. uhk.org.tr (21.06.2018).