

1-1-2000

## Fungal Contamination and the Incidence of Ochratoxin-A In Some Cerealsand Products

NURAL KARGÖZLÜ

MEHMET KARAPINAR

Follow this and additional works at: <https://journals.tubitak.gov.tr/biology>



Part of the [Biology Commons](#)

---

### Recommended Citation

KARGÖZLÜ, NURAL and KARAPINAR, MEHMET (2000) "Fungal Contamination and the Incidence of Ochratoxin-A In Some Cerealsand Products," *Turkish Journal of Biology*. Vol. 24: No. 3, Article 16. Available at: <https://journals.tubitak.gov.tr/biology/vol24/iss3/16>

This Article is brought to you for free and open access by TÜBİTAK Academic Journals. It has been accepted for inclusion in Turkish Journal of Biology by an authorized editor of TÜBİTAK Academic Journals. For more information, please contact [academic.publications@tubitak.gov.tr](mailto:academic.publications@tubitak.gov.tr).

## Bazı Tahıl ve Ürünlerinde Okratoksin-A ve Fungal Kontaminasyon\*

Nural KARAGÖZLÜ

C.B.Ü. Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Manisa-TÜRKİYE

Mehmet KARAPINAR

E.Ü. Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 14.12.1998

**Özet:** Aşurelik buğday, mısır, mısır unu, yulaf gevreği, yulaf ezmesi, yulaf unu ve müsliden oluşan toplam 100 adet gıda örneğinde okratoksin-A taraması yapılmış ve örneklerin fungal yükleri saptanmıştır. Analiz edilen 100 örnekten 1 adet aşurelik buğday, 2 adet mısır ve 1 adet yulaf ezmesi olmak üzere toplam 4 örnekte 0.27-9.84 ppb düzeyleri arasında değişen okratoksin-A varlığı saptanmıştır. Yapılan fungal yük analizleri sonucunda ise okratoksin-A saptanan 4 örnekten 2'sindeki küf sayısının 20-<10/g olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Okratoksin-A, mikotoksin, fungal yük, tahıl ürünleri, kontaminasyon.

### Fungal Contamination and the Incidence of Ochratoxin-A In Some Cereals and Products

**Abstract:** One hundred samples (wheat, corn, corn flour, oat, oat flour, muesli) were analysed for ochratoxin-A and fungal contamination. Ochratoxin-A was detected in four samples at the level of 0.27-9.84 ppb in one wheat, two corn and one oat flour samples. Total mould and yeast counts were detected to be 20-<10/g in two of the four samples which were contaminated with ochratoxin-A.

**Key Words:** Ochratoxin-A, Mycotoxin, fungal count, cereal products, contamination.

### Giriş

Mikotoksinler, küflerin salgıladığı ikincil metabolitler olup, insan ve hayvanlarda patolojik veya istenmeyen fizyolojik değişikliklere neden olurlar. Mikotoksikozis ise mikotoksinlerle kontamine olmuş gıda ve yemlerin tüketilmesiyle ortaya çıkan hastalıklardır (1, 2).

Mikotoksinler çeşitli bitkisel ve hayvansal orjinli gıdalarda yaygın olarak bulunmaktadır ve bitkisel ürünlerde hasat öncesinde olduğu gibi hasat sonrasında da oluşabilmektedir. Süt ve süt ürünleri, et, yumurta gibi hayvansal ürünlerdeki mikotoksin varlığı ise çoğunlukla mikotoksin oluşmuş hayvan yemlerinin tüketilmesinden kaynaklanmaktadır (3).

\* Bu çalışma Nural Karagözlü'nün doktora tezinin bir bölümü olup E. Ü. Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir.

Günümüzde yaklaşık 300 farklı mikotoksinin varlığı bilinmektedir ve bu mikotoksinlerin çoğu *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium* ve *Rhizopus* gibi küf cinslerince sentezlenmektedirler. Günümüze kadar yapılan araştırmaların çoğunluğu aflatoksin ve trikotesenler üzerinde yoğunlaşmış; okratoksin (OT), patulin, sitrinin, sterigmatosistin, zearalenon ve siklopiazonik asit gibi ikinci grup mikotoksinlerle ilgili çalışmalar son yıllarda artmıştır (1, 4, 5, 6, 7, 8, 9).

Okratoksin A (OT-A) ve daha az toksik dekloro analogu olan Okratoksin B ilk kez 1965 yılında Güney Afrika'lı kimyacılar tarafından tanımlanmış ve D.B. Scott tarafından sorgum tanelerinden izole edilen *Aspergillus ochraceus* K-804 suşundan izole edilmiştir (4, 10). İnsanlarda Balkan endemik nefropatisi, domuzlarda Danimarka böbrek nefropatisi ve ayrıca kümes hayvanlarındaki önemli bir sağlık sorununun muhtemel kaynağının OT-A olduğu belirlenmiştir. Günümüzde artık OT-A, 10'dan fazla ülkede doğal bir kontaminant olarak kabul edilmektedir (8). OT'in dünyanın çeşitli ülkelerinde baklagillerde, hububatlarda ve diğer bitkisel ürünlerde, hayvan yemlerinde, hayvan etlerinde ve insan dokularındaki varlığı saptanmıştır. OT-A bitkisel ürünler içerisinde özellikle mısır, buğday, arpa, sorgum, yulaf, baklagiller, yer fıstığı ve karışık yemlerde bulunan en önemli mikotoksinlerden biri olarak kabul edilmektedir. Ayrıca domuz dokularında da yaygın olduğu ve OT-A düzeyinin hayvansal ürünlerde hububatlardakilerden daha fazla olduğu bildirilmiştir (4, 5, 11).

Türkiye'de gıda olarak tüketilen bitkisel ürünlerdeki mikotoksin kalıntılarıyla ilgili çalışmalar Antep fıstığında ve kuru incirlerde aflatoksin ve aflatoksijenik küflerin saptanmasıyla hız kazanmakla beraber (12, 13, 14, 15) genelde aflatoksinlerle sınırlı kalmış; okratoksinlerle ilgili araştırmalar 1990'lı yıllarda başlamıştır. Ancak bu çalışmaların sayısı da Türkiye'deki OT-A problemini açıkça ortaya koyacak kadar çok değildir ve yapılan bu çalışmalar da genelde daha önceki çalışmalarla aflatoksin içeriği açısından dikkatleri üzerine çeken gıda maddelerinde yoğunlaşmıştır (9, 16, 17, 18, 19, 20).

Çeşitli bitkisel ve hayvansal gıdalarda oldukça yaygın olan OT'lerin gıda ve yemlerde izin verilen maksimum miktarlarını içeren limitler son yıllarda çeşitli ülkelerin yönetmeliklerinde yer almaya başlamıştır. Dünyada 77 ülkede mikotoksinlerle ilgili çeşitli yönetmelikler mevcut olup, sekizinde bir veya birden fazla üründe OT-A ile ilgili standart, üç ülkede ise tavsiye niteliğinde kararlar vardır. Bu ülkelerdeki OT-A'ya ait limitler Tablo 1'de verilmiştir. OT-A için belirtilen ve tavsiye edilen limitler bebek mamaları ve çocuk gıdalarında 1-5 ppb, diğer gıdalarda 3-50 ppb ve yemlerde 5-1000 ppb arasındadır. Avrupa Birliğinde ise OT-A düzeyinin bebek mamalarında 1 ppb ve hububatlarda ise 5 ppb olması gerektiği belirtilirken (6), 1997 yılında Avrupa Topluluğu'na dahil ülkelerde tüm gıdalar için OT-A miktarının 4-5 ppb olarak sınırladığı bildirilmiştir (7).

Türkiye'de ise 1997 yılında yürürlüğe giren Türk Gıda Kodeks Yönetmeliğinde (21) gıdalarda mikotoksinlerden sadece aflatoksin, patulin ve ergot alkaloidlerinin miktarına ilişkin değerlere yer verilmiştir.

Yapılan bu çalışmada birçok yayında buğday, yulaf, mısır gibi gıdaların okratoksijenik küflerin üremesine ve OT-A sentezine uygun gıdalar arasında yer aldığı ve Türkiye'de söz konusu

Ülke	Ürün	Maksimum tolere edilebilir miktar (ppb)	Düşünceler
Brezilya	Pirinç, arpa, kuru baklagiller, mısır	50	
Çekoslovakya	Aşağıdakiler dışındaki tüm gıdalar	20	
	Bebek mamaları (tüketime hazır ürünlerdeki miktar)	1	
	Çocuk gıdaları	5	
Danimarka	Domuz böbreği	25	OT-A içeriği >25 µg/kg ise tüm karkas red edilir.
	Domuz böbreği	10	OT-A içeriği 10-25 µg/kg ise böbrek, karaciğer ve diğer iç organlar red edilir.
	Domuz böbreği	< 10	Sadece böbrek red edilir.
Fransa	Hububatlar	30	Öneri niteliğinde
Macaristan	Tüm gıdalar	20	
İsrail	Yemlik tahıllar	300	
Hollanda	Hububatlar	3	Öneri niteliğinde
Romanya	Tüm gıdalar ve tüm yemler	5	
İsveç	Tüm domuz yemleri	100	
	Tüm kanatlı yemleri	1000	
İngiltere	Hububatlar	10	Endüstriyel öneri
Yunanistan	Kahve	20	

Tablo 1. Bazı ülkelerde OT-A için izin verilen maksimum tolere edilebilir miktarlar (8).

ürünlerde OT-A kontaminasyonunu ortaya koyacak fazla sayıda çalışma olmadığı göz önüne alınarak; aşurelik buğday, mısır, mısır unu, yulaf ve müsli gibi gıda ürünlerinde OT-A taraması yapılmış ve örneklerin fungal yükleri de saptanarak, OT-A içeriği ile fungal yük arasında ilişki araştırılmıştır.

## Materyal ve Metot

### Gıda Örnekleri

Çalışmada OT-A dağılımının araştırılması amacıyla 39 adet aşurelik buğday, 22 adet mısır, 20 adet mısır unu, 6 adet yulaf ezmesi, 3 adet yulaf unu, 1 adet yulaf gevreği ve 9 adet yulaf müsli

(yulaf ezmesi, buğday ezmesi, arpa ezmesi, buğday kepeği, çeşitli kurutulmuş meyveler, fındık-fıstık parçaları, çikolata parçaları ve kakao tozu içeren örnekler) olmak üzere toplam 100 adet gıda örneği deney materyali olarak kullanılmıştır.

39 adet aşurelik buğday örneğinin 7'si, 22 adet mısır örneğinin 4'ü, 20 adet mısır unu örneğinin 5'i ve 3 adet yulaf unu örneğinin 2'si ile yulaf ezmesi, yulaf gevreği ve müsli örneklerinin hepsi paketlenmiş orijinal ambalajlarında İzmir'in çeşitli marketleri ve bakkallarından satın alınmıştır. Geriye kalan mısır örneklerinin 18'i, mısır unu örneklerinin 15'i ve aşurelik buğday örneklerinin 32'si ve yulaf unu örneklerinin 1'i ise açıkta satıldığı şekliyle İzmir ve çevre ilçelerdeki çeşitli semt pazarı ve baharatçılardan en az 250'şer gram olmak üzere satın alınmıştır.

#### **Okratoksin-A Standardı**

Kristal formundaki OT-A standardı (Sigma O-1877) 1 mg/1 ml olacak şekilde benzen:asetik asit (99:1) çözgen karışımında çözülerek standart toksin çözeltisi hazırlanmıştır (22). Çalışmanın çeşitli aşamalarında kullanılan farklı konsantrasyona sahip toksin çözeltileri de yine aynı çözgen karışımında hazırlanmıştır. Standart toksin çözeltileri buzdolabının buzluk kısmında muhafaza edilmiştir.

#### **OT-A Analizleri**

##### **Ekstraksiyon**

Gıda örneklerinde OT-A analizinde, Anon (1995)'in arpalarda OT analizi için önerdiği ve Damoglou ve arkadaşlarının (1984) uyguladıkları yöntem kullanılmıştır (23, 24).

##### **HPLC'de Kantitatif Analiz**

OT-A analizi için elde edilen örnek ekstraktları ve OT-A standartlarının HPLC'ye (Hewlett Packard Series 1050) enjeksiyonu ile analizleri yapılmıştır. Çalışmada mobil faz olarak metanol (Riedel de Haën, 34860): 0.01M *o*-fosforik asit (Merck, Art 563) (58:42 v/v) karışımı kullanılmıştır. HPLC ile yapılan çalışmalarda Langseth ve arkadaşlarının (1989) çalışma şartlarından yararlanılmıştır (25).

HPLC'nin çalışma şartları aşağıda verilmiştir;

Kolon:  $\mu$  Bondapak C<sub>18</sub> (3.9x300mm, 125 A°, 10  $\mu$ m) HPLC kolon (Waters, Chromatograph Division 1 Milipore Corporation) (Supelco).

Dedektör: Floresans dedektör (Em: 465 nm, Ex: 340 nm) (Waters 470 Scanning Fluorescence Detector) (Supelco)

Mobil faz akış hızı: 1 ml/dk

Enjekte edilen örnek miktarı: 5  $\mu$ l

Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan OT-A standardının ve örneklerinin enjeksiyonu sonucunda elde edilen kromatogramlarda, alıkonma zamanları ve pik alanları dikkate alınarak örneklerdeki OT-A miktarları ppb olacak şekilde hesaplanmıştır.

### Gıda Örneklerinde Maya ve Küf Sayılarının Belirlenmesi

Çalışmada OT-A analizleri yapılmak üzere satın alınan 100 adet gıda örneğinin ayrıca toplam maya ve küf yükleri de saptanmıştır. Bu amaçla küf ve maya sayımları Speck (1976)'ya göre yapılmıştır (26).

### Araştırma Bulguları ve Tartışma

Toksin analizleri sonucunda toplam 100 adet gıda örneğinden dördünde 0.27-9.84 ppb düzeyleri arasında değişen OT-A varlığı saptanmıştır. Örneklerdeki OT-A miktarları Tablo 2'de verilmiştir.

OT-A saptanan bir adet aşurelik buğday ve iki adet mısır örneği pazar yerlerinden açıkta satın alınan; bir adet yulaf ezmesi örneği ise orjinal ambalajında satın alınan örneklerdir.

Daha öncede belirtildiği gibi Türk Gıda Kodeks Yönetmeliğinde aflatoksin, patulin ve ergot alkaloidleri dışındaki mikotoksinlerle ilgili herhangi bir sınır değer bulunmamaktadır (21). Dünyada ise toplam 11 ülkede çeşitli gıda ve yemlerde OT-A ile ilgili yönetmelikler mevcuttur. Bu ülkelerden Çekoslovakya'da bebek ve çocuk gıdaları için 1-5 ppb arasında, diğer ülkelerde ise insan gıdası olan ürünler için 3-50 ppb olarak maksimum tolere edilebilir miktarlar belirlenmiştir (Tablo 1) (8). Çalışmamızda bazı örneklerde belirlenen OT-A miktarları, Çekoslovakya'nın koyduğu sınırlar altında kalmakla beraber, 1997 yılında Avrupa Birliğine dahil ülkelerde tüm gıdalar için OT-A miktarının 4-5 ppb olarak sınırlandırıldığı göz önüne alındığında (7), mısır (örnek 1) ve yulaf ezmesindeki OT-A miktarları Avrupa Birliğinin koyduğu limiti aşmaktadır.

Taydaş (1993) çalışmasında 127 adet taze, kuru, toz ve pul kırmızı biber örneğinin 70'inde (% 55.12) 0.55-126.81 ppb arasında OT-A saptandığını bildirmiştir (9). Bu sonuçlar Türkiye'deki kırmızı biberlerin aflatoksin yanında OT-A açısından da sorun teşkil edebilecek ürünler olduğunu göstermektedir.

Diğer yandan Ege Bölgesi'nden temin edilen 45 adet kuru incirde OT-A analizinin yapıldığı bir çalışmada ise örneklerin hiçbirisinde OT-A bulunmazken (27); bir başka çalışmada 1988 üretim sezonunda toplanan 282 incir örneğinin 16 adedinde OT-A bulunmuş ve miktarın iz ile 62.9 ppb arasında değiştiği saptanmıştır (16).

Yapılan bir başka çalışmada ise UV lamba altında floresan veren ve vermeyen 25'şer adet incir deney materyali olarak kullanılmış ve bu incirlerde aflatoksin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> ve OT-A

Örnek Çeşidi	Örnek numarası	Okratoksin-A miktarı (ppb)
Aşurelik buğday (açıkta satın alınan)	1	0.27
Mısır (açıkta satın alınan)	1	9.84
Mısır (açıkta satın alınan)	2	1.79
Yulaf ezmesi (orjinal ambalajında satın alınan)	1	4.19

Tablo 2. Gıda örneklerindeki OT-A miktarları.

analizleri yapılmıştır. Floresan vermeyen incirlerin hiçbirisinde aflatoksin bulunmazken sadece 1 örnekte 10 ppb düzeyinde OT-A saptanmıştır. Floresan veren örneklerde ise toplam 14 örnekte alfatoksin saptanmıştır. Alfatoksin saptanan örneklerden 2'sinde 105-4655 ppb OT-A saptanırken, hiç aflatoksin içermeyen 11 örnekten birinde 20.150 ppb OT-A saptanmıştır (17).

Diğer yandan Özkazanç ve arkadaşları (1992) 1986-1989 yılları arasında Türkiye'nin 7 farklı coğrafik bölgesindeki 25 ayrı yem fabrikasından aldıkları toplam 302 adet karma yem, yem hammaddesi ve gıda örneklerinde çeşitli mikotoksinleri aradıkları çalışmalarında örneklerin % 31.65'inde mikotoksin saptamışlardır (18). Mikotoksin saptanan bu örneklerin % 11.2'sinde aflatoksin G<sub>1</sub>, % 0.3'ünde aflatoksin G<sub>2</sub> ve % 18.2'sinde ise OT-A'ya rastlamışlardır. OT-A saptanan örneklerde ise örneklerin % 21.4'ünde 10-20 ppb arasında, % 23.4'ünde 20-40 ppb arasında, % 55.2'sinde ise 40 ppb'den fazla OT-A saptanmıştır.

Kaya ve ark. (1990) yapmış oldukları tarama çalışmasında yem hammaddesi olarak kullanılan 20'si mısır, 9'u soya fasulyesi, 11'i pamuk tohumu küspesi ve 11'i de ayçiçek küspesi olmak üzere toplam 51 örnekte aflatoksin B<sub>1</sub>, aflatoksin B<sub>2</sub>, aflatoksin G<sub>1</sub> ve OT-A varlığını belirlemişlerdir (19). Çalışma sonunda 1 mısır ve 6 ayçiçek küspesi örneğinde OT-A, 1 pamuk tohumu küspesinde aflatoksin saptanmış, OT-A miktarının mısırdaki 260 ppb, ayçiçeği küspesinde ise 200-800 ppb arasında ve ortalama 438 ppb olduğu belirlenmiştir.

Türkiye ve Yunanistan'tan İngiltere'ye ihraç edilen 1997 yılı ürünü 20 çekirdeksiz kuru üzüm örneğinden 17 tanesinde OT-A varlığı tespit edilmiştir. Örneklerden 9 tanesinde 0.2-4 ppb, 4 tanesinde 4-10 ppb ve 4 tanesinde ise 10-18.1 ppb arasında OT-A saptandığı belirtilmiştir (7).

Bursa Gıda Teknolojisi Araştırma Enstitüsü bünyesinde gerçekleştirilen bir çalışmada fındık ve mamulleri, Antep fıstığı, susam ve tahin, mısır ve mamulleri, yer fıstığı ve mamulleri, incir ve kırmızı biber örneklerinden oluşan toplam 1414 gıda örneğindeki OT-A analizleri sonucunda toplam 38 örnekte, maksimum OT-A miktarları 10-110 ppb arasında saptanmıştır. Gıda örneklerindeki en fazla OT-A kontaminasyonu 60 örneğin 20 tanesinde (% 33.3) maksimum 110 ppb olarak saptanan kırmızı biberde belirlenmiştir. Aynı çalışmada 41 mısır ve mamulünde ise OT-A saptanmadığı bildirilmiştir (20).

1974-1981 yılları arasında Yugoslavya'nın nefropati görülen Orta Posavina ve nefropati görülmeyen Kuzey Posavina bölgesindeki tarlalardan toplanan 1850 mısır ve buğday örneğinde yapılan toksin analizlerinde en fazla kontaminasyonun 1979-1980 yıllarında olduğu, nefropatik bölgeden 1979 yılında alınan örneklerde 0.01-68.9 ppm; 1980 yılında alınanlarda ise 0.01-4.7 ppm arasında OT-A saptandığı bildirilmiştir. Aynı çalışmada nefropatik bölgedeki silolardan alınan buğday ve mısır örneklerinde ortalama OT-A miktarının nefropati görülmeyen bölgeden alınan örneklerdeki toksin miktarından daha fazla olduğu ve toksin içeren örneklerin % 25'inin 2-5 ppm, % 12.5'inin 5-20 ppm ve % 7.5'inin ise 7.5 ppm'den fazla OT-A içerdiği belirtilmiştir (28).

Diğer yandan Brezilya'nın Campinas bölgesinden Mayıs 1985-Haziran 1986 tarihleri arasında toplanan kuru fasulye, pirinç, mısır gibi toplam 296 örnekte yapılan mikotoksin taraması sonucu; örneklerin 5 tanesi 32-160 ppb arasında olmak üzere toplam 14 tanesinde OT-A belirlenmiştir (11).

Bir araştırmada 100 adet buğday, arpa, yulaf ve karışık yem örneklerinde yapılan OT-A analizinde örneklerin 54'ünde maksimum 1300 ppb olmak üzere toksin saptanmıştır (25).

Bir başka çalışmada ise toplam 127 buğday, arpa, un, yulaf gevreği ve hububat bazlı çocuk gıdasında yapılan OT-A analizi sonucunda örneklerin 84 tanesinde <1 ppb, 24 tanesinde 1-5 ppb, 14 tanesinde 5-20 ppb ve 5 tanesinde ise >20 ppb düzeylerinde OT-A bulunduğu bildirilmiştir (4).

Toplam 108 örneğin analiz edildiği bir çalışmada 67 buğday, kepek, yulaf, ev tipi un, 20 makarna, şehriye, bisküvi ve kahvaltılık hububat ve 21 müsli örneği incelenmiştir. Buğday, kepek, yulaf ve un örneklerinin 64'ünde <4 ppb, 1 kepek, 1 bisküvilik un ve ev tipi unda sırasıyla 4.2, 6.4 ve 5.3 ppb OT-A saptanmıştır. 21 adet müsli örneğinin ise 5 tanesinde 0.6-1.7 ppb arasında OT-A tespit edildiği ve müslinin içeriğinde kullanılan kuru üzüm örneğinin 6.5 ppb OT-A içerdiği belirtilmiştir (29).

Diğer yandan kuru kayısı, kakao tozu, kuru üzüm, şarap, domuz salamı, kuru fasulye gibi 313 adet ticari üründe yapılan OT-A analizlerinde örneklerin 235'inde (% 75) <0.2 ppb, 53'ünde (% 17) 0.2-4 ppb, 27'sinde ise >4 ppb OT-A saptandığı bildirilmiştir. OT-A içeriği >4 ppb olarak saptanan örneklerin 25 tanesinin şarap üretiminde kullanılan kuru üzüm örnekleri olduğu bildirilmiştir. Aynı araştırmada analiz edilen 153 hububat örneğinde ise OT-A'ya rastlanılmadığı da belirtilmiştir (30).

Çalışmamızda gıda örneklerinde OT-A analizlerinin yanı sıra, fungal kontaminasyon düzeyi de belirlenerek; OT-A miktarı ile küf yükleri arasında ilişki de araştırılmıştır. Bu kapsamda aşurelik buğday; mısır ve mısır unu; yulaf ezmesi, yulaf gevreği, yulaf unu ve müsli örneklerindeki maya ve küf sayıları ile toplam fungal sayım sonuçları sırasıyla Tablo 3, 4 ve 5'de verilmiştir.

Daha önce değinildiği gibi; OT-A varlığı saptanan bir adet buğday örneği ile iki adet mısır örneği ve bir adet yulaf ezmesi örneğindeki OT-A miktarları 0.27-9.84 ppb arasındadır (Tablo 2). OT-A varlığı saptanan bu örneklerdeki küf sayıları ise <10-2.6x10<sup>4</sup>/g arasında değişmektedir (Tablo 3, 4, 5). OT-A miktarları ile küf sayılarını gösteren tablolar karşılaştırmalı olarak incelendiğinde; örneklerdeki OT-A içeriği ile toplam küf yükü arasında direk bir korelasyon olmadığı görülmektedir. Örneğin 9.84 ppm ile en yüksek OT-A içeriğine sahip 1 numaralı mısır örneğindeki küf sayısı 2.6x10<sup>4</sup>/g iken, 4.19 ppm OT-A içeren yulaf ezmesi örneğindeki küf sayısı <10/g'dir. Bu durumda söz konusu örneklerde daha önceden okratoksin sentezleyen küflerin bulaşıp, toksin oluşturduğu ve herhangi bir nedenle küflerin canlılıklarını sürdürmedikleri düşünülebilir. Nitekim; Smith ve Moss (1985) da bir gıdada küflerin bulunmamasının o gıdada toksin bulunmayacağına güvencesi olmadığını, küfün toksin ürettikten sonra ortamdaki varlığını sürdüremeyebileceğini, ancak toksinin üründe kalacağını belirtmiştir (31).

Küf sayısı açısından buğday örneklerinin % 16.7'sinde, mısır örneklerinin % 54.5'inde, mısır unu örneklerinin % 85'inde, yulaf unu örneklerinin % 33.3'ünde müsli örneklerinin ise % 33.3'ünde 1x10<sup>2</sup>/g'in üzerinde sayım sonuçları elde edilmiştir (Tablo 3, 4, 5). Bu kapsamda en fazla küf kontaminasyonu mısır unu ve mısırdaki saptanmıştır. Mısır örneklerindeki küf sayısı <10-2.7x10<sup>4</sup>/g, mısır unu örneklerinde ise 2.0x10<sup>3</sup>-3.0x10<sup>5</sup>/g düzeyleri arasında belirlenmiştir. Nitekim mısır, özellikle böceklerden kaynaklanan hasarlanmalar sonrasında nem ve sıcaklık



Bazı Tahıl ve Ürünlerinde Okratoksin-A ve Fungal Kontaminasyon

Örnek numarası	Maya sayısı/g	Küf sayısı/g	Toplam küf-maya sayısı/g
Buğday 1**	<10	2.0x10	2.0x10
Buğday 2	9.0x10	7.5x10	1.7x10 <sup>2</sup>
Buğday 3	<10	1.0x10	1.0x10
Buğday 4	<10	1.6x10 <sup>2</sup>	1.6x10 <sup>2</sup>
Buğday 5	<10	3.5x10	3.5x10
Buğday 6	<10	4.0x10	4.0x10
Buğday 7	<10	6.5x10	6.5x10
Buğday 8	<10	2.5x10	2.5x10
Buğday 9	<10	8.0x10	8.0x10
Buğday 10	<10	2.5x10	2.5x10
Buğday 11	<10	9.0x10	9.0x10
Buğday 12	1.0x10	1.3x10 <sup>2</sup>	1.4x10 <sup>2</sup>
Buğday 13	<10	2.0x10	2.0x10
Buğday 14*	<10	3.0x10	3.0x10
Buğday 15	<10	<10	<10
Buğday 16	<10	<10	<10
Buğday 17	<10	1.0x10	1.0x10
Buğday 18	<10	<10	<10
Buğday 19	<10	<10	<10
Buğday 20	5.0x10	2.5x10 <sup>2</sup>	3.0x10 <sup>2</sup>
Buğday 21*	<10	1.0x10	1.0x10
Buğday 22*	<10	2.0x10	2.0x10
Buğday 23	<10	1.5x10	1.5x10
Buğday 24	<10	2.0x10	2.0x10
Buğday 25	<10	4.0x10	4.0x10
Buğday 26	<10	4.0x10 <sup>2</sup>	4.0x10 <sup>2</sup>
Buğday 27	<10	1.0x10	1.0x10
Buğday 28	<10	1.0x10	1.0x10
Buğday 29	<10	3.0x10	3.0x10
Buğday 30	<10	1.0x10	1.0x10
Buğday 31*	<10	1.0x10	1.0x10
Buğday 32*	<10	<10	<10
Buğday 33*	<10	2.0x10 <sup>2</sup>	2.0x10 <sup>2</sup>
Buğday 34*	<10	<10	<10
Buğday 35	1.0x10	9.0x10 <sup>2</sup>	9.0x10 <sup>2</sup>
Buğday 36	5.0x10	8.0x10	1.3x10 <sup>2</sup>
Buğday 37	<10	<10	<10
Buğday 38	<10	<10	<10
Buğday 39	<10	<10	<10

\* Orjinal ambalajında satın alınan örnekler.

\*\* Okratoksin A saptanan örnekler.

Tablo 3. Aşurelik buğday örneklerinin maya, küf ve toplam fungal yükleri.

Örnek çeşidi ve numarası	Maya sayısı/g	Küf sayısı/g	Toplam küf-maya sayısı/g
Mısır 1**	5.6x10 <sup>2</sup>	2.6x10 <sup>4</sup>	2.7x10 <sup>4</sup>
Mısır 2**	<10	7.2x10 <sup>3</sup>	7.2x10 <sup>3</sup>
Mısır 3	8.0x10	1.8x10 <sup>3</sup>	2.0x10 <sup>3</sup>
Mısır 4	5.0x10	1.6x10 <sup>4</sup>	1.6x10 <sup>4</sup>
Mısır 5	<10	3.1x10 <sup>2</sup>	3.1x10 <sup>2</sup>
Mısır 6	1.0x10	2.5x10 <sup>2</sup>	2.6x10 <sup>2</sup>
Mısır 7	1.0x10	2.7x10 <sup>4</sup>	2.7x10 <sup>4</sup>
Mısır 8	2.8x10	1.9x10 <sup>2</sup>	2.2x10 <sup>2</sup>
Mısır 9	<10	<10	<10
Mısır 10	<10	1.5x10	1.5x10
Mısır 11*	1.0x10	6.2x10 <sup>2</sup>	6.3x10 <sup>2</sup>
Mısır 12	<10	4.0x10	4.0x10
Mısır 13	<10	1.0x10	1.0x10
Mısır 14	3.2x10 <sup>2</sup>	6.4x10 <sup>3</sup>	6.7x10 <sup>3</sup>
Mısır 15	<10	7.5x10	7.5x10
Mısır 16	<10	6.0x10	6.0x10
Mısır 17	<10	6.5x10	6.5x10
Mısır 18*	<10	2.6x10 <sup>2</sup>	2.6x10 <sup>2</sup>
Mısır 19*	1.0x10	1.8x10 <sup>3</sup>	1.8x10 <sup>3</sup>
Mısır 20	<10	1.0x10 <sup>3</sup>	1.0x10 <sup>3</sup>
Mısır 21	<10	<10	<10
Mısır 22	<10	<10	<10
Mısır unu 1*	1.2x10 <sup>2</sup>	2.7x10 <sup>3</sup>	2.7x10 <sup>3</sup>
Mısır unu 2	<10	1.2x10 <sup>2</sup>	1.2x10 <sup>2</sup>
Mısır unu 3	<10	2.0x10	2.0x10
Mısır unu 4	1.5x10	7.4x10 <sup>3</sup>	7.4x10 <sup>3</sup>
Mısır unu 5	<10	6.0x10	6.0x10
Mısır unu 6	<10	3.1x10	3.1x10
Mısır unu 7	3.5x10	4.1x10 <sup>2</sup>	4.5x10 <sup>2</sup>
Mısır unu 8	1.0x10	2.2x10 <sup>3</sup>	2.2x10 <sup>3</sup>
Mısır unu 9*	3.5x10	1.1x10 <sup>2</sup>	2.1x10 <sup>2</sup>
Mısır unu 10*	1.0x10	2.3x10 <sup>4</sup>	2.3x10 <sup>4</sup>
Mısır unu 11*	<10	5.7x10 <sup>3</sup>	5.7x10 <sup>3</sup>
Mısır unu 12	<10	3.0x10 <sup>5</sup>	3.0x10 <sup>5</sup>
Mısır unu 13	1.0x10	4.0x10 <sup>3</sup>	4.0x10 <sup>3</sup>
Mısır unu 14	<10	5.0x10 <sup>3</sup>	5.0x10 <sup>3</sup>
Mısır unu 15	1.0x10	9.0x10 <sup>2</sup>	9.1x10 <sup>2</sup>
Mısır unu 16	2.5x10	1.0x10 <sup>5</sup>	1.0x10 <sup>5</sup>
Mısır unu 17	1.0x10	2.5x10 <sup>4</sup>	2.5x10 <sup>4</sup>
Mısır unu 18	4.5x10	2.2x10 <sup>5</sup>	2.2x10 <sup>5</sup>
Mısır unu 19*	2.6x10 <sup>2</sup>	2.1x10 <sup>4</sup>	2.1x10 <sup>4</sup>
Mısır unu 20*	6.0x10 <sup>2</sup>	2.3x10 <sup>3</sup>	2.9x10 <sup>3</sup>

\* Orjinal ambalajında satın alınan örnekler.

\*\* Okratoksin A saptanan örnekler.

Tablo 4. Mısır ve mısır unu örneklerinin maya, küf ve toplam fungal yükleri.

Örnek çeşidi ve numarası	Maya sayısı/g	Küf sayısı/g	Toplam küf-maya sayısı/g
Yulaf ezmesi 1*,**	<10	<10	<10
Yulaf ezmesi 2*	<10	<10	<10
Yulaf ezmesi 3*	<10	<10	<10
Yulaf ezmesi 4*	<10	2.0x10	2.0x10
Yulaf ezmesi 5*	<10	2.0x10	2.0x10
Yulaf ezmesi 6*	<10	1.0x10	1.0x10
Yulaf gevreği 1*	<10	<10	<10
Yulaf unu 1	<10	9.0x10 <sup>2</sup>	9.0x10 <sup>2</sup>
Yulaf unu 2*	<10	4.5x10	4.5x10
Yulaf unu 3*	<10	8.0x10	8.0x10
Müsli 1*	<10	<10	<10
Müsli 2*	<10	1.0x10	1.0x10
Müsli 3*	2.3x10	2.7x10 <sup>3</sup>	2.7x10 <sup>3</sup>
Müsli 4*	<10	1.7x10 <sup>3</sup>	1.7x10 <sup>3</sup>
Müsli 5*	<10	1.0x10	1.0x10
Müsli 6*	<10	<10	<10
Müsli 7*	<10	2.0x10	2.0x10
Müsli 8*	<10	8.5x10 <sup>2</sup>	8.5x10 <sup>2</sup>
Müsli 9*	<10	<10	<10

\* Orjinal ambalajında satın alınan örnekler.

\*\* Okratoksin A saptanan örnekler.

Tablo 5. Yulaf ezmesi, yulaf gevreği, yulaf unu ve müsli örneklerinin maya, küf ve toplam fungal yükleri.

koşulları gibi faktörler uygun olduğu takdirde, ayrıca erken hasat sonrasında yeterli kurutma yapılmaması durumunda küf kontaminasyonu ve mikotoksin sentezi için diğer gıdalara göre daha hassas bir gıda olarak değerlendirilmektedir (2, 32, 33). Bu çerçevede araştırmamızda en fazla küf kontaminasyonunun mısır unu ve mısırdaki saptanmış olması; ayrıca OT-A saptanan 4 örnekte 2'sinin mısır olması Türkiye'deki mısırlarda da küf ve mikotoksin kontaminasyonunun bir sorun olduğunu göstermektedir.

Yapılan bu araştırma ile çeşitli yayınlarda OT-A sentezine hassas gıda gurupları içinde yer aldığı bildirilen buğday, mısır, mısır unu, yulaf unu, yulaf ezmesi gibi ürünlerin Türkiye'deki durumu değerlendirilmeye çalışılmıştır. Analiz edilen 100 örnekte sadece 4 adedinde 0.27-9.84 ppb düzeyleri arasında OT-A saptanmış olması ve saptanan OT-A miktarının bazı ülkelerin koyduğu OT-A limitinin altında yer alması Türkiye'de söz konusu gıdaların diğer ülkelerde belirtildiği kadar önem arz eden gıdalar olmadıklarını düşündürmektedir. Daha önceden de belirtildiği gibi yurdumuzda OT-A ile ilgili tarama çalışmaları oldukça az sayıdadır. Ancak yapılan bu araştırmalar, Türkiye'de de OT-A probleminin var olduğunu göstermekte ve okratoksinlerle ilgili tarama çalışmalarının örnek sayısının artırılarak devam etmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

## Kaynaklar

1. Goto, T., Mycotoxins: current situation. *Food Reviews International*, 6 (2): 265-290, 1990.
2. Mirocha, C. J., Pathre, S. V., Christensen, C. M., Mycotoxins. "Advances in cereal science and technology", vol. 3. Ed. Y. Poreranz. s. 159-203. A.A.C.C. Inc. St. Paul-Minnesota, USA, 1980.
3. Coker, R. D., Analysis of Food Contaminants. Ed. J. Gilbert, Elsevier Applied Science Publishers Ltd. Printed Northern Ireland at the Univ. Press (Belfast) Ltd., 1984.
4. Fukal, L., A survey of cereals, cereal products, feedstuffs and porcine kidneys for ochratoxin A by RIA, *Food Additives and Contaminants*, 7 (2): 253-258, 1990.
5. Marquardt R. R., Frohlich, A., Abramson, D., Ochratoxin A: an important western Canadian storage mycotoxin, *Can. J. of Physiol. Pharmacol.* 68: 991-999, 1990.
6. Van Egmond, H. P., Analytical methodology and regulations for ochratoxin A, *Food Additives and Contaminants*, 13 (supplement): 11-13, 1996.
7. Anon, MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food), Survey of aflatoxins and ochratoxin A in cereals and retail products, *Food Surveillance Information Sheets*, 1997a.
8. Van Egmond, H. P., Worldwide regulations for Ochratoxin-A, *Mycotoxins, Endemic Nephropathy and Urinary Tract Tumours*, Ed. M. Castegnaro, R. Plestina, G. Dirheimer, I. N. Chernozemsky, H. Bartsch Lyon, International Agency for Research on Cancer, pp. 331-336, 1991.
9. Taydaş, E. E., Kırmızı biberlerde aflatoksin ve okratoksin oluşumu üzerinde araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 94s (yayınlanmamış), 1993.
10. Steyn, P. S., Ochratoxins and related dihydroisocoumarins. "Mycotoxins, production, isolation, separation and purification." Ed. V. Betina. s. 183-216. Elsevier Science, 1984.
11. Valente Soares, L. M., Rodriguez-Amaya, D. B., Survey of aflatoxins, ochratoxin A, zearalenone and sterigmatocystin in some Brazilian foods by using Multi-Toxin Thin Layer Chromatographic Method, *Journal of Association of Official Analytical Chemists*, 72 (1): 22-26, 1989.
12. Denizel, T., Jarvis, B., Rolfe, E. J., A field survey of Pistachio (*Pistacia vera*) nut production and storage in Turkey with particular reference to aflatoxin contamination, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 27 (11): 1021-1026, 1976a.
13. Denizel, T., Jarvis, B., Rolfe, E. J., Moisture-equilibrium relative humidity relationships in pistachio nuts with particular regard to control of aflatoxin formation, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 27 (11): 1027-1034, 1976b.
14. Denizel, T., A field study of the mycoflora of the major pistachio-producing area of Turkey in relation to potential aflatoxin-producing organisms, *Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych*, 189: 47-53, 1977.
15. Karapınar, M., Gönül, M., Gönül, Ş. E., Boyacıoğlu, D., Ege Bölgesi kuru incirlerinde küf florası ve aflatoksin dağılımı, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir, 1989.
16. Demir T., Özar, A. I., Gülsevrim, O., Çoksöyler, N., Aksoy, U., Düzbastılar, M., Ege Bölgesinde Incirlerde Görülen Aflatoksin, Okratoksin-A Oluşumu ile Önlenmesi Üzerinde Araştırma, Proje Nihai Raporu, KKG/B/03/F/052, (yayınlanmamış), 1990.

17. Derici, B., Kuru İncirlerde Aflatoksin ve Okratoksin Oluşumunun Bazı Besin Maddeleri ile İlişkileri Üzerinde Araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (yayınlanmamış), 1997.
18. Özkazaç, A. N., Russel-Sin, H., Şanlı, Y., Kaya, S., Türkiye'nin değişik bölgelerinde üretilen karma yem ve yem hammaddelerinin mikotoksinlerle kirlenme durumunun incelenmesi, Ankara Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 39 (1-2): 268-290, 1992.
19. Kaya, S., Yavuz, H., Akar, F., Bazı yağlı tohum küspelerinde mikotoksin kalıntıları, Ankara Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 37 (1): 173-180, 1990.
20. Anon, Gıdalarda Katkı, Kalıntı ve Bileşenlerin İzlenmesi, T. C. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Koordinatör kuruluş: Bursa Gıda Teknolojisi Araştırma Enstitüsü, Bursa, 107-130 s. 1996.
21. Anon, Türk Gıda Kodeks Yönetmeliği, T. C. Resmi Gazete, Sayı: 23172, 1997b.
22. El-Banna, A. A., Scott, P. M., Fate of mycotoxins during processing of foodstuffs III. Ochratoxin A during cooking of faba beans (*vicia faba*) and polished wheat, Journal of Food Protection 47 (3): 189-192, 1984.
23. Anon, Analytical Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International, 6<sup>th</sup> Edition, Virginia, U.S.A. 1995.
24. Damoglou, A. P., Downey, G. A., Shannon, W., The production of ochratoxin A and citrinin in barley, J. Sci. Food Agric., 35: 395-400, 1984.
25. Langseth, W., Ellingsen, Y., Nymo, U., Okland, E. M., High performance liquid chromatographic determination zearalenone and ochratoxin A in cereals and feed, Journal of Chromatography, 478: 269-274, 1989.
26. Speck, M. L., Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, American Public Health Assoc. Inc., Washington, D. C. 1976.
27. Pala, M., Özay, G., Aran, N., Kuru İncir Üretiminde Küf ve Mikotoksin Oluşumunun İncelenmesi, Alman Teknik İşbirliği Teşkilatı Projesi, 16s (yayınlanmamış), 1994.
28. Pepljnjak, S., Cvetnic, Z., The mycotoxicological chain and contamination of food by ochratoxin A in the nephropathic and non-nephropathic areas in Yugoslavia, Mycopathologia, 90: 147-153, 1985.
29. Anon, FSIS (Food Surveillance Information Sheets), Ochratoxin A in cereals and flour, and carry over into retail processed foods, FSIS Number: 95, 1996b.
30. Anon, FSIB (Food Safety Information Bulletin), Ochratoxin A and aflatoxins in cereals and retail products, Bulletin Number: 90, 1997c.
31. Smith, J. E., Moss, M. O., Mycotoxins: formation, analysis and significance, Printed in Great Britain, Sons. Ltd., 143p. (Taydaş, 1993'den alınmıştır) 1985.
32. Banward, G. Basic Food Microbiology, AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut. USA, 1981.
33. Frazier, W. C., Westhoff, D. C., Food Microbiology, Fourth edition, McGraw Hill Book Company, 1988.