

Bitkisel yağlarda mikotoksin varlığı

Nuray CAN^{1,2}, Serap DURAKLI VELİOĞLU²

Cite this article as:

Can, N., Duraklı Veliöğlu, S. (2023). Bitkisel yağlarda mikotoksin varlığı. *Food and Health*, 9(3), 262-281. <https://doi.org/10.3153/FH23024>

¹ İstanbul Aydın Üniversitesi, Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu, Aşçılık Programı, İstanbul, Türkiye

² Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye

ORCID IDs of the authors:

N.C. 0000-0002-2410-9487

S.D.V. 0000-0002-9161-6286

Submitted: 15.03.2023

Revision requested: 13.04.2023

Last revision received: 27.04.2023

Accepted: 28.04.2023

Published online: 04.07.2023

Correspondence:

Serap DURAKLI VELİOĞLU

E-mail: svelioglu@nku.edu.tr



© 2023 The Author(s)

Available online at

<http://jfhscscientificwebjournals.com>

ÖZ

Bitkisel yağlar, yağlı tohum ve meyvelerden elde edilen yağlardır. Gıda, ilaç ve kimya sanayinde yaygın olarak kullanılan bitkisel yağlar, son yıllarda tüketiciler tarafından daha fazla tercih edilir hale gelmiştir. Bunun en önemli sebebi yüksek enerji verme, esansiyel yağ asidi kaynağı olma, yağda çözünen vitaminleri taşıma, antioksidan aktivite gösteren bileşikler içerme gibi faktörlere bağlı olarak sağlık ile ilişkilendirilmeleridir. Öte yandan bitkisel yağlar çeşitli yollarla bazı kontaminantlar ile bulaşabilmektedir. Bitkisel yağlar, uygun olmayan koşullara maruz kalan ham maddeler yoluyla mikotoksinlerle kontamine olabilir. Bu çalışmada bitkisel yağlarda mikotoksinlerin varlığına dair yapılmış çalışmalar incelenmiş olup, bitkisel yağların aflatoksinler, fumonisin, okratoksin, deoksinivalenol, zearalenon gibi mikotoksinler ile değişik seviyelerde kontamine olduğu görülmüştür. Buradan hareketle bitkisel yağlarda kontaminasyonun önlenmesi için tedbirlerin alınması, özellikle hammaddelerde oluşabilecek küf gelişimi ve mikotoksin oluşumunun önüne geçilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bitkisel yağ, Soğuk pres yağ, Mikotoksin, Toksikjenik küf, Mikrobiyal kalite

ABSTRACT

Mycotoxins in vegetable oils

Vegetable oils are obtained from oil seeds and fruits and are widely used in the food, pharmaceutical, and chemical industries. In recent years, consumers' interest in vegetable oils has increased. The most important reason is that they are associated with health due to factors such as providing high energy, being a source of essential fatty acids, carrying fat-soluble vitamins, and containing compounds with antioxidant activity. On the other hand, they may contain some contaminants, such as mycotoxins. Vegetable oils can be contaminated with mycotoxins through raw materials exposed to unsuitable conditions. In this review, studies on the presence of mycotoxins in vegetable oils were examined. As a result, it has been observed that vegetable oils can be contaminated with mycotoxins such as aflatoxins, fumonisin, ochratoxin, deoxyvalenol, and zearalenone at different levels. It was concluded that contamination should be prevented and measures should be taken against mould growth and mycotoxin formation in raw materials.

Keywords: Vegetable oil, Cold press oil, Mycotoxin, Toxigenic moulds, Microbial quality

Giriş

Yağlar, üç değerlikli bir alkol olan gliserin ($C_3H_5(OH)_3$) ile yağ asitlerinin (R-COOH) esterleşmesinden meydana gelmekte olup, yapılarına göre katı yağlar, yarı katı yağlar ve sıvı yağlar; fonksiyonlarına göre organ yağları ve depo yağları; buldukları yere göre ise bitkisel ve hayvansal yağlar olarak sınıflandırılmaktadır (Demirci, 2012). Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği'nde bazı yağların tanımları yer almaktadır. Buna göre sadece bitkisel kaynaklardan elde edilen ve temel olarak yağ asitleri gliseridlerinden oluşan yağ, bitkisel yağ adını almaktadır. Çözücü ekstraksiyonu ve/veya mekanik yöntemle elde edilen ve doğrudan tüketime uygun olmayıp, rafinasyon veya teknik amaçlı kullanıma uygun olan yağ, ham yağ olarak tanımlanmaktadır. Rafine yağ, doğal trigliserid yapısında değişikliğe yol açmadan rafine edilen yağ olarak ifade edilmektedir. Mekanik yöntemle ve ısı uygulaması ile elde edilen ve sadece su ile yıkama, çöktürme, filtrasyon ve santrifüj işlemleri ile saflaştırılmasına izin verilen yağ, natürel yağ olarak adlandırılmaktadır. Soğuk preslenmiş natürel yağ ifadesi ise doğrudan tüketime uygun olan, ısı işlem olmaksızın sadece mekanik yöntemle elde edilen yağı tanımlamaktadır (Anonim, 2012).

Gıda ve Tarım Örgütü ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından paylaşılan ve bilimsel araştırma sonuçlarına dayanan bir raporda, yağlardan sağlanan kaloringin diyetdeki tüm kaloringin %15-30'unu oluşturması ve bunun büyük bir bölümünün bitkisel sıvı yağlardan karşılanması tavsiye edilmektedir (Taşan ve Geçgel, 2007). Esansiyel yağ asidi kaynağı olmaları, yağda çözünen vitaminleri taşımaları, antioksidan etkileri gibi faktörler, tüketicilerin bitkisel sıvı yağ tüketimine olan ilgisinin artmasına yol açmıştır (İmer ve Taşan, 2018). Bununla birlikte, tüm gıdalarda olduğu gibi bitkisel yağların da bazı kontaminantlara maruz kalması, gıda güvenliği yönünden başta tüketiciler olmak üzere, resmi makamlar ve bilim insanları için bir endişe kaynağıdır. Kontaminantlar, gıdaya kasıtlı olarak eklenmemiş fakat yetiştirme, işleme, üretim, hazırlama, taşıma, paketlenme ve depolama işlemleri sırasında ortaya çıkabilecek maddelerdir. Bunlar, örneğin çevresel kimyasallar gibi dış kaynaklı olabileceği gibi, üretim sırasında yağ asitlerinin ya da diğer bileşenlerin bozulmasıyla oluşan ürünler gibi içsel kaynaklı da olabilmektedir (Matthäus ve ark., 2016).

Yağ hammaddelerinin de aralarında yer aldığı tarımsal ürünlerin, küfler ile kontamine olabildikleri bilinmektedir (Tabuc ve ark., 2009). Bu durum bitkisel yağlarda potansiyel mikotoksin tehlikesine işaret etmektedir (Bhat ve Reddy, 2017). Mikotoksinler, tahıllar, meyveler, kuru yemişler, baharatlar, bitki çayları ve yağlı tohumlar gibi ürünlerde gelişen küfler tarafından üretilen sekonder metabolitlerdir (D'Mello ve

MacDonald, 1997; Wilson ve ark., 2002; Can ve Duraklı Velioğlu, 2017). Sağlık üzerindeki olumsuz etkileri yapılan çalışmalarla gösterilmiş olan mikotoksinlerin gıdalarla birlikte alınmasının karaciğer ve sindirim sistemi ile ilgili hastalıklara ve kansere yol açabildiği ifade edilmektedir (Fung ve ark., 2004).

Bitkisel yağlarda görülebilen başlıca kimyasal kontaminantlar arasında mikotoksinlerin yer aldığı gösteren çeşitli çalışmalar mevcuttur (Finoli ve ark., 2005; Bao ve Trucksess, 2010; Qian ve ark., 2015; Ma ve ark., 2016). Bitkisel yağlara uygulanan rafinasyon işlemi mikotoksinlerin uzaklaştırılmasında kısmen etkili olmakla birlikte, soğuk pres yağlar gibi bazı bitkisel yağlara ısı işlem uygulanmamaktadır (Brühl, 1996). Bunun sonucunda bitkisel yağların tüketilmesiyle birlikte mikotoksinlerin vücuda alınması ve zararlı etkilerine maruz kalınması tehlikesi ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, bazı yağ hammaddelerinde ve bitkisel yağlarda küflerin ve mikotoksinlerin varlığını tespit etmeye yönelik dünyada ve ülkemizde yapılmış çalışmalar derlenmiştir.

Bitkisel Yağ Hammaddelerinde Toksik Küfler ve Mikotoksinler

Gıdaların ve tarımsal ürünlerin doğal mikroflorasını oluşturabildiği gibi, bu ürünlere sonradan da bulaşabilen mikroorganizmalar arasında küfler, önemli bir yer tutmaktadır. Ürünlerde gelişerek bozulmalara, istenmeyen değişikliklere yol açabilmesinin yanı sıra küfler uygun şartlarda toksik metabolitler üretebilmektedir (Elden Taydaş ve Aşkın, 1995; Can ve Duraklı Velioğlu, 2018).

Yağlı tohumlar ve meyveler, hasat öncesini ve sonrasını kapsayan süreçte toksin üreten çok sayıda küf ile kontaminasyona açıktır (Abdolmaleki ve ark., 2021). Yağ bitkilerinde yaygın florayı, aralarında toksijenik türlerin de bulunduğu *Aspergillus*, *Fusarium* ve *Penicillium* oluşturmaktadır (Şahin ve ark., 1999; Demir ve ark., 2002; Demirci, 2008). Bu durum yağ bitkilerinin mikotoksinler ile kontamine olması ve mikotoksinlerin yağ taşıması riskini doğurmaktadır (Markaki, 2010). Nitekim fındık, yer fıstığı, ceviz, badem, ayçiçeği tohumu, keten tohumu, aspir, pamuk tohumu, susam ve kolza tohumları gibi yağ hammaddelerinin mikotoksinlerle bulaşabildiği, özellikle aflatoksinler açısından riskli oldukları bildirilmektedir (Öksüztepe ve Erkan, 2016; Bhat ve Reddy, 2017).

Yer fıstığı muhtemelen küf, mikotoksin ve özellikle de aflatoksin kontaminasyonu yönünden en yaygın çalışılan yağlı tohum olup, yer fıstığının aflatoksinlerin yanı sıra fumonisin,

okratoksin, zearalenon ve siklopiozonik asit ile kontamine olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Lansden ve Davidson, 1983; Sangare-Tigori ve ark., 2006). Yer fıstığında mikotoksin kontaminasyonu, topraktan bulaşan küfler yoluyla yetiştirme aşamasında ya da hasat sonrası depolama sırasında gerçekleşebilmekle birlikte hasat öncesi kontaminasyon daha büyük bir tehdittir. Kurutulmuş-kavrulmuş yer fıstıklarının da önemli düzeyde aflatoksin içerdiği bilinmektedir (Bhat ve Reddy, 2017). Aflatoksin üreticisi *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. parasiticus*, ve *A. nominus* yer fıstığında karşılaşılan en yaygın küfler arasındadır (Li ve ark., 2009).

Ayçiçeği tohumlarının, sitrinin, aflatoksin, alternariol, alternariol monometil eter ve tenuazonik asit gibi mikotoksinleri üretebilen *Fusarium verticillioides*, *Penicillium chrysogenum*, *Alternaria alternata*, *Aspergillus* spp., *Cladosporium* spp., *Drechslera* spp. ve *Curvularia* gibi küfleri barındırabildiği Pozzi ve ark. (2005) tarafından ortaya konulmuştur. Nahar ve ark. (2005), aralarında toksijenik türlerin yer aldığı *Aspergillus ochraceus*, *Cladosporium cladosporioides*, *Emmericella nidulans*, *Alternaria alternata*, *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. terreus*, *Fusarium pallidoroseum*, *F. solani*, *Penicillium* spp. ve *Rhizopus stolonifer* gibi çok sayıda küfün ayçiçeği tohumunda bulunduğunu bildirmektedir. Banu ve Mutumary (2005), ayçiçeği tohumunda, yağlı kek ve yağsız kekinde, çözücü ile ekstrakte edilmiş yağında ve rafine yağında küf oluşumunu incelemiştir. En baskın küflerin tohumda *A. flavus*, yağlı ve yağsız kekke *R. stolonifer*, çözücü ile ekstrakte edilmiş yağında *A. flavus* ve *A. japonicus* olduğu belirlenirken, rafine yağında küf kontaminasyonu bulunmamış, bunun sebebinin rafinasyon sürecinde uygulanan yüksek sıcaklık olabileceği belirtilmiştir. Diğer taraftan toksijenik küfler ile bulaşmasının bir sonucu olarak ayçiçeği tohumlarının alternariol ve alternariol monometil eter gibi mikotoksinleri içerdiği gösterilmiştir (Pozzi ve ark., 2005). Aflatoksin, ayçiçeği tohumlarında tespit edilen bir diğer mikotoksin çeşididir. Mohammed ve ark. (2018), toplam aflatoksin (aflatoksin B₁ [AFB₁] + aflatoksin B₂ [AFB₂] + aflatoksin G₁ [AFG₁] + aflatoksin G₂ [AFG₂]) düzeyinin 243 µg/kg ve AFB₁ düzeyinin 218 µg/kg'a ulaştığını belirledikleri ayçiçeği tohumu örneklerinin bir kısmının AFB₁ seviyesinin Avrupa Komisyonu/Avrupa Birliği tarafından yağlı tohumlarda bulunmasına izin verilen maksimum limiti (2 µg/kg) aştığını bildirmiştir.

Mısır, toksijenik küf ve mikotoksin kontaminasyonu yönünden yaygın şekilde incelenen yağ hammaddelerinden biridir. Mısırın, *A. flavus*, *F. verticillioides* (syn. *Fusarium moniliforme*) ve *Fusarium proliferatum* gibi çeşitli toksijenik küfler ile bulaşabildiği bilinmektedir (Demirci, 2008). Adejumo ve ark. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada mısırdan *F. ver-*

ticillioides (%71), *F. sporotrichioides* (%64), *F. graminearum* (%32), *F. pallidoroseum* (%15), *F. compactum* (%12), *F. equiseti* (%9), *F. acuminatum* (%8), *F. subglutinans* (%4) ve *F. oxysporum* (%1) izole edilmiştir. 180 mısır örneğinin incelendiği bu çalışmada 66 örnekte trikotesen, deoksinivalenol (DON), 3, monoasetildeoksinivalenol ve diacetoxyscirpenol saptanmıştır. Çeşitli araştırmacılar tarafından mısırın yüksek düzeyde DON (9.6-745.1 µg/kg), zearalenon (ZEA) (0-230.8 µg/kg), moniliformin (21-699 µg/kg), fumonisin (26-774 µg/kg), aflatoksin (0-126.5 µg/kg) içerebildiği ortaya konmuştur (Abbas ve ark., 2002; Adejumo ve ark., 2007; Broggi ve ark., 2007; Trung ve ark., 2008).

Yağ hammaddelerinden biri olan aspir tohumları, *Alternaria carthami*, *Fusarium* spp., *A. flavus*, ve *Penicillium* spp. gibi toksijenik küfleri barındırabilmekte ve DON, vomitoksin; T-2 toksin ve trikotesen ile kontamine olabilmektedir (Miller ve ark., 2001). Kolza tohumunun *Aspergillus niger*, *A. clavatus*, *A. vesicolor*, *Fusarium oxysporum*, *F. avenaceum*, *Penicillium expansum*, *P. palitans*, *P. roquefortii*, *P. viridicatum*, *Alternaria alternata* ve *Rhizo-mucor pusillus* gibi türleri içerebildiği, ayrıca *Cladosporium*, *Alternaria*, *Penicillium* ve *Fusarium*'un en baskın küfler olduğu, ilaveten DON (164-183 µg/kg) ve aflatoksin ile kontamine olabildiği bildirilmektedir (Kačergius ve ark. 2005; Brazauskienė ve ark., 2006).

Aspergillus niger, *A. flavus*, *A. ochraceus*, *A. tamarii*, *Penicillium citrinum*, *Fusarium* spp. ve *Alternaria* türleri susamda bulunabilmektedir (Bhat ve Reddy, 2017). *A. flavus* ile inoküle edilen susam tohumunun 20 günlük inkübasyon sonucu 25 µg/kg aflatoksin B₁ içerdiği gösterilmiştir (Mbah ve Akueshi, 2009). Susamın jüt, polipropilen ve hermetik çuvalarda depolanmasının fungal gelişim ve mikotoksin oluşumu üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada 6 aylık depolamanın ardından susam tohumlarının *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Fusarium* türleri ile kontamine olduğu ve kontamine olmuş susam tohumları oranının jüt çuvalarda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde tohumların aflatoksin, fumonisin, DON ve okratoksin A (OTA) içerdiği belirlenmiş ve jüt çuvalarda depolanan tohumlarda mikotoksin miktarı daha yüksek bulunmuştur (Alemayehu ve ark., 2023). Pirinç tohumu ve kepeği de toksijenik küfler ve aflatoksinleri içerebilmektedir (Jayaraman ve Kalyanasundaram, 2009; Sempre Ferre, 2016). Kepek ve tohumundan yağ elde edilen yulaf küf ve DON, nivalenol, T-2 toksin, HT-2 toksin ve ZEA kontaminasyonu bildirilmektedir (Müller ve ark., 1998; Krysińska-Traczyk ve ark., 2007). Sacchi ve ark. (2009), yulaf örneklerinin *Alternaria alternata* ve *Aspergillus flavus* en baskın türler olmak üzere *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Arthrimum*, *Acremonium*, ve *Curvularia* gibi toksijenik küfleri barındırdığını saptamış ve iki örnekte 105.0-108.0 µg/kg fumonisin B₁ (FB₁) tespit etmiştir.

Colletotrichum, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium* cinsleri keten tohumunda bulunabilen küflerdir (Kumud ve ark., 1997). Keten tohumunda küf kontaminasyonu genellikle kapsüllerin olgunlaşması sırasında nem ve sıcaklık gibi hava koşullarına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bir çalışmada, keten tohumlarında hasat ve depolama sırasında küf florasının *Alternaria* (*A. alternata*, *A. linicola*, *A. dianthi* ve *A. pluriseptata*), *Fusarium* spp. ve *Penicillium* spp. tarafından oluşturulduğu bildirilmiş, tohumlarda DON bulunmuş ve 8 aylık depolama sonrası aflatoksin (2.5 µg/kg) ve OTA (1.2 µg/kg) oluşumu gösterilmiştir (Gruzdeviené ve ark., 2006). Benzer bir çalışmada Sahay ve ark. (2006) tarafından keten tohumlarında *A. flavus*'un en baskın küf olduğu belirlenmiş ve incelenen 105 örnekten 46'sının 120-810 µg/kg aflatoksin B₁ içerdiği saptanmıştır. Keten tohumlarında mikotoksin kontaminasyonuna yönelik bir başka çalışmada *Alternaria* toksinleri alternariol (104 µg/kg), alternariol monometil eter (30 µg/kg) tespit edilmiştir (Králová ve ark., 2006). Soyanın çeşitli toksijenik küfler ile bulaşabildiği ve aflatoksin, trikotesen gibi mikotoksinleri üreten küflerin gelişimini desteklediği ifade edilmektedir (Bhat ve Reddy, 2017).

Fındık, badem, ceviz, Antep fıstığı, kaju, kestane, Avustralya fıstığı gibi yemişler genellikle hasat öncesi veya depolama sırasında küf kontaminasyonuna uğrayabilmektedir. Hasat öncesi yemişler açılmış bir kabukta olgunlaştığında hava ve böcek kaynaklı küf sporları ile bulaşmasının yanı sıra, hasat sonrası kabuk ayırma, yıkama ve sınıflandırma gibi aşamalarda küf kontaminasyonu oluşabilmektedir. *Aspergillus* spp, *Penicillium* spp. bu ürünlerde en sık karşılaşılan küflerdir (Demir ve ark., 2002; Fernane ve ark., 2010). Sung ve ark. (2021), inceledikleri yemişlerin %35'inde aflatoksin, fumonisin ve zearalenone tespit etmiştir. Ayrıca aflatoksin, DON, OTA ve beauvericin kontaminasyonu bildirilmektedir (Pour ve ark., 2010; Rubert ve ark., 2012).

Zeytinler de uzun süre toprak ve zemin ile temas, jüt çuvalarda bekletme, yetersiz havalandırma gibi küflerin gelişimine uygun koşullara sıklıkla maruz kalabilmektedir (Ferracane ve ark., 2007; Markaki, 2010). Yapılan çalışmalar zeytinlerde *Cladosporium*, *Alternaria*, *Geotrichum*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Trichoderma* küflerinin bulunabildiğini, *Aspergillus* ve *Penicillium* türlerinin ise en sık rastlanan küfler olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca bunlar arasında *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. ochraceus* *P. citrinum*, *P. expansum* gibi toksijenik küflerin yer aldığı da bildirilmektedir (Yassa ve ark., 1994; Eltem ve Öner, 1995; Eltem, 1996; Adlouni ve ark., 2006; Heperkan ve ark., 2006; Roussos ve ark., 2006). Buna bağlı olarak zeytinlerin aflatoksin, okratoksin, patulin, sitrinin, penisilik asit gibi mikotoksinler ile kontamine olduğunu

gösteren çalışmalar mevcuttur (Oral ve Heperkan, 1999; Korkluoğlu ve ark., 2000; Leontopoulos ve ark., 2003; Finoli ve ark., 2005; Dazkır, 2010). Bu durum, kontamine zeytinlerden elde edilen zeytinyağında mikotoksin bulaşması olabileceğini düşündürmektedir. Meyvedeki küf kontaminasyonuna ilaveten, zeytinyağı üretimi sırasında yeterince temizlenmemiş presleme sistemindeki kek kalıntılarında oluşabilecek küf gelişimi de mikotoksin kontaminasyonu için risk yaratabilmektedir (Karaca ve Yemiş, 2008). Zeytinyağlarına uygulanabilen rafinasyon işleminin aflatoksin gibi bazı mikotoksinleri yağdan kısmen uzaklaştırdığı bilinmekle birlikte zeytindeki aflatoksinlerin %18-47'sinin zeytinyağına geçtiği bildirilmektedir. Ayrıca rafinasyon işleminin soğuk pres yağlara ve natürel sızma zeytinyağı gibi natürel yağlara uygulanmadığını vurgulamak gerekmektedir (Letutour ve ark., 1983; Ferracane ve ark., 2007).

Bitkisel Yağlarda Mikotoksinler

Dünya çapında en çok ihtiyaç duyulan bitkisel maddelerden biri olan bitkisel yağlar, geniş uygulama alanına sahip olduğundan çeşitli ürünlerde kullanılmaktadır. Bitkisel yağlar iklim, toprak, hasat, depolama ve işleme koşulları gibi dış etkenlerin yanı sıra materyalin çeşidine göre de değişebilen düzeyde safsızlık ve bulaşan içeren doğal hammaddelerden elde edilmektedir. Yağların üretiminde kullanılan hammaddeler, çoğu zaman küf gelişimi ve mikotoksin üretimine olanak sağlayan koşullarda haftalarca depolanmaktadır (Bordin ve ark., 2014). Buna bağlı olarak bitkisel yağlarda mikotoksinlerin değişen seviyelerde bulunabildiği çeşitli çalışmalarda gösterilmiş olup, bu çalışmaların bazıları Tablo 1'de özetlenmiştir. Ülkemizde bazı ürünlerde bulunabilecek maksimum mikotoksin limitleri yönetmelik ile düzenlenmiş olup, Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan yer fıstığı, diğer yağlı tohumlar ve bunların işlenmiş ürünlerinde bulunmasına izin verilen maksimum aflatoksin B₁ miktarı 5 µg/kg ve toplam aflatoksin miktarı 10 µg/kg'dır. Aynı yönetmelikte rafine mısır yağında zearalenon için maksimum limit 400 µg/kg olarak belirlenmiştir (Anonim, 2011).

Aflatoksin, bitkisel yağlarda varlığı araştırılan başlıca mikotoksindir. Ji ve ark. (2022), yerfıstığı, mısır, susam, zeytin, soya, kolza, ayçiçek, pirinç kepeği, pamuk tohumu, kamelya ve palm yağından oluşan 63 örnekte HPLC-FLD ile aflatoksin analizi gerçekleştirmiş ve örneklerin 25'inde (%39.7) 1.10-88.3 µg/kg aflatoksin tespit etmiştir. Satış noktalarından temin edilen 11 yer fıstığı yağı örneğinin 9'unun (%81.8) 1.74-17.5 µg/kg aflatoksin içerdiğini belirleyen araştırmacılar mısır yağında da yüksek seviyede aflatoksin bulunduğunu, yer fıstığı ve mısırın yanı sıra susam ve zeytinin de aflatoksin

üreten küf istilasına karşı daha duyarlı olduğunu gözlemlediklerini bildirmiştir. Çalışma sonucunda yer fıstığına ait 4, susam, mısır ve zeytinyağına ait 1'er örnekte tespit edilen aflatoksin düzeyinin, Avrupa Birliği tarafından AFB₁ ve toplam aflatoksin için sırasıyla 2 µg/kg ve 4 µg/kg olarak belirlenen maksimum limitleri aştığı ortaya konmuştur. Waqas ve ark. (2021), Pakistan'da yerel ve ithal tohumlardan Soxhlet aparatı kullanarak elde ettikleri ayçiçek, soya, kanola, mısır ve hardal yağında AFB₁ ve toplam aflatoksin düzeyini araştırmıştır. Toplam 393 örneğin HPLC ile incelendiği çalışmada yerel tohumlardan elde edilen yağ örneklerinin aflatoksin düzeyi daha yüksek bulunmuştur. Bu örneklerde ortalama AFB₁ ve toplam aflatoksin miktarı sırasıyla ayçiçek yağında 8.7-15.1 µg/kg, soya yağında 14.29-25.61 µg/kg, kanola yağında 7.41-11.80 µg/kg, mısır yağında 6.34-8.83 µg/kg ve hardal yağında 7.71-13.43 µg/kg olarak belirlenmiştir. Yer fıstığı ve susam yağları aflatoksinler açısından sıklıkla incelenen yağlar arasındadır. Deng ve ark. (2018), 52 yer fıstığı yağı örneğinden 43'ünde 0.5-69.4 µg/kg düzeyinde AFB₁ saptamıştır. Yer fıstığı yağının AFB₁ varlığı yönünden incelendiği bir diğer çalışmada 427 örnekten 80'inin (%18.7) 20.1-234.8 µg/kg AFB₁ içerdiği bulunmuştur (Qi ve ark., 2019). Poormohammadi ve ark. (2021) HPLC-FLD ile analiz ettikleri yer fıstığı yağında 0.56-30.95 µg/kg, susam yağında 0.03-13.11 µg/kg toplam aflatoksin tespit etmiştir. Aynı çalışmada araştırmacılar, 18 örnekte toplam aflatoksin, 16 örnekte AFB₁ miktarının Avrupa Birliği tarafından izin verilen maksimum limitleri aştığını bildirmiştir. Chen ve ark. (2019), HPLC-MS/MS ile analiz ettikleri yer fıstığı yağı örneklerinin 134.03 µg/kg'a varan düzeyde toplam aflatoksin içerdiğini belirlemiştir. Bao ve Trucksess (2010) zeytinyağı, yer fıstığı yağı ve susam yağında RPLC/FLD ile AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂ analizi gerçekleştirmiştir. Araştırmacılar, 2 yer fıstığı yağında 6.0 ve 8.5 µg/kg, bir susam yağında yaklaşık 0.1 µg/kg aflatoksin tespit etmiştir. Elzupir ve ark. (2010), 21 yer fıstığı, 14 susam, 19 ayçiçeği ve 27 karışım tohum yağını HPLC ile AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂ kontaminasyonu yönünden analiz etmiştir. Pozitif sonuç veren 80 örnekte toplam aflatoksin konsantrasyonu 0.43-339.9 µg/kg arasında değişirken, tüm susam yağı örneklerindeki toplam aflatoksin düzeyi Gıda ve İlaç Dairesi'nin belirlediği kabul edilebilir sınırın (20 µg/kg) üzerinde bulunmuştur. Yang ve ark. (2011), 31 yer fıstığı, 7 soya, 5 mısır, 1 ayçiçeği ve 31 karışım yağında LC-MS/MS ile AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂ kontaminasyonunu incelemiştir. Araştırmacılar, soya, mısır ve ayçiçeği yağlarında aflatoksin tespit edilmediğini bildirmiştir. Yer fıstığı örneklerinin AFG₂ içermediği, 0.01-2.72 µg/kg AFB₁, AFB₂, AFG₁ içerdiği bulgulanmıştır. Karışım yağlarda ise AFB₂, AFG₁, AFG₂ bulunmazken, 6 örnekte 0.14-0.24 µg/kg AFB₁ saptanmıştır.

Bitkisel yağ örneklerinde AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ kontaminasyonunu belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada 25 bitkisel yağ örneği HPLC ile analiz edilmiştir. Örneklerde AFG₁ ve AFG₂'ye rastlanmadığını bildiren araştırmacılar, 7 örnekte 0.27-0.89 µg/kg düzeyinde AFB₁ ve AFB₂ bulunduğu sonucunu ortaya koymuştur (Ma ve ark., 2013). Idris ve ark. (2010), ham ve rafine edilmiş toplam 56 yer fıstığı, susam ve pamuk yağında HPLC ile AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂ varlığını incelemiştir. Örneklerde AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ kontaminasyonu saptanmamış, 1 yer fıstığı ve 7 susam yağında 0.2-0.8 µg/kg AFB₁ tespit edilmiştir. Aflatoksin tespit edilen örneklerin tamamının rafine edilmemiş ham yağlardan oluştuğuna dikkat çeken araştırmacılar, bu yağların aflatoksin kontaminasyonu için daha uygun olabileceğini vurgulamıştır. Hindistan cevizi, palm, ayçiçek, susam, zeytin, soya ve mısır yağlarına ait toplam 59 örnekte aflatoksin kontaminasyonu ELISA ile incelenmiş ve Hindistan cevizi yağı dışında kalan örneklerin hiçbirinde 0.8 µg/kg olan tespit limitinin üstünde aflatoksin bulunmamıştır. Aflatoksin içerdiği belirlenen 12 hindistan cevizi yağı örneğinde HPLC ile yapılan analiz sonucunda 1.76-60.92 µg/kg AFB₁, 0.13-3.43 µg/kg AFB₂, 0.15-8.35 µg/kg AFG₁ ve 2.25-72.70 µg/kg AFG₂ saptanmıştır (Karunarathna ve ark., 2019). Bitkisel yağlarda aflatoksinlerin, zaman zaman yasal düzenlemeler ile belirlenen maksimum limitleri de aşan, farklı düzeylerde bulunabildiği çeşitli çalışmalar ile gösterilmiştir. Bununla birlikte mısır, yer fıstığı, soya, kanola, pirinç, ceviz ve badem yağı gibi bazı yağlarda aflatoksin tespit edilmediğini bildiren çalışmalar da mevcuttur (Yu ve ark., 2019a; Yu ve ark., 2019b; Zhang ve ark., 2020).

Mısır yağlarının başta ZEA olmak üzere, fumonisin ve DON ile kontamine olduğu görülmektedir. Escobar ve ark. (2013), 25 rafine mısır yağı ve 25 mısır yağı margarini örneğinde fumonisin, DON ve ZEA varlığını ters fazlı sıvı kromatografisi ile incelemiş ve UPLC/MS/MS ile doğrulamıştır. Rafine mısır yağı örneklerinden birinde 7 µg/kg FB₁, ikisinde 106-216 µg/kg DON, sekizinde 0-67 µg/kg ZEA saptanmış, fumonisin B₂ (FB₂) ise hiçbir örnekte tespit edilmemiştir. Margarin örneklerinde ise FB₂ ve DON tespit edilmezken, %8'inde 109 µg/kg'a varan FB₁'in ve %24'ünde 86 µg/kg'a varan ZEA'nın bulunduğu bildirilmiştir. Üzüm çekirdeği, keten tohumu, mısır, zeytin, yer fıstığı, kabak çekirdeği, kolza, pirinç, susam, soya, ayçiçeği, buğday rüşeymi, devedikeni, ceviz ve karışım salata yağlarına ait 44 örnekte ZEA varlığının HPLC ile araştırıldığı bir çalışmada, 4 mısır yağı örneğinde 57-117 µg/kg ZEA saptanmıştır (Siegel ve ark., 2010). Çin'de yapılan benzer bir çalışmada yerel satıcılardan temin ettikleri 16 mısır, 6 yer fıstığı, 6 kolza, 6 soya ve 6 ayçiçeğine ait 40 yağ örneğinde 5 türevi ile birlikte ZEA mikotoksinlerinin varlığını GC-MS yöntemi ile araştıran Qian ve ark. (2015), 9 mısır

örneğinde 5.2-184.6 µg/kg ve 1 kolza örneğinde 40.7 µg/kg ZEA tespit etmiştir. Mısır yağına ait 50 örneğin incelendiği bir çalışmada örneklerin aflatoksin içermediğini belirleyen araştırmacılar, 5 örnekte 49.16-69.13 µg/kg ZEA, 8 örnekte 5.69-9.68 µg/kg FB₁ ve 42 örnekte 32.64-101.41 µg/kg FB₂ bulunduğunu ortaya koymuştur. Aynı çalışmada incelenen palm, ayçiçek ve pirinç kepeği yağlarında bu mikotoksinler tespit edilmezken 1 adet soya yağında 59.31 µg/kg ZEA bulunmuştur (Junsai ve ark., 2021). Zhang ve Xu (2019), bitkisel yağlarda 12 mikotoksinin eşzamanlı tespiti için kararlı izotop seyreltme LC-tandem MS (LC-MS/MS) yöntemini geliştirmiş ve bu yöntemi kullanarak inceledikleri mısır yağında 37-390 µg/kg ZEA, 7-10 µg/kg T-2 toksin, 3 µg/kg FB₂ ve 1 µg/kg fumonisin B₃ tespit etmiştir. Aynı yöntemle inceledikleri yer fıstığı yağında ise 17 µg/kg AFB₁ ve 3 µg/kg AFB₂ saptamışlardır. ZEA ve alternariol mikotoksinlerinin eşzamanlı tespitinde kullanılmak üzere bir yöntem geliştiren ve bu yöntemi mısır ve ayçiçek yağlarına uygulayan Moya-Cavas ve ark. (2023), mısır yağının 45 µg/kg ZEA ve ayçiçek yağının 21 µg/kg alternariol içerdiğini bildirmiştir. Ayçiçek yağı (34 adet), ham ayçiçek yağı (3 adet), soya yağı (3 adet) ve mısır yağında (1 adet) aflatoksin, ZEA ve metaboliti α -zearalenol varlığının araştırıldığı bir çalışmada 1 ayçiçek yağı örneğinde 0.7 µg/kg AFB₂ ve 2 µg/kg ZEA belirlenmiştir. Ham ayçiçek yağı örneklerinde 0.5-2.0 µg/kg AFG₂ tespit eden araştırmacılar, soya ve mısır yağı örneklerinde hiçbir mikotoksine rastlanmadığı sonucunu ortaya koymuştur (Hidalgo-Ruiz ve ark., 2019).

Soğuk Pres Yağlarda Mikotoksinler

Son yıllarda tüketilen gıdalar ile insan sağlığı arasında yakın bir ilişki olduğunun ortaya konulması, tüketicileri “doğal”, “organik” ve “daha az işlenmiş” gıda arayışına yönlendirmiştir. Bu durum soğuk pres yağların da dahil olduğu natürel yağlara olan talebin artmasına yol açmıştır (Matthäus, 2008). Kendine özgü özelliklere ve lezzete sahip olan soğuk pres yağlar, değerli biyoaktif maddeler içermektedir. Sağlık açısından önemli doymamış yağ asitlerini bileşiminde bulundurmasının yanı sıra tokoferol ve fenolik bileşikler gibi doğal antioksidanlarca rafine yağlara oranla daha zengindir. Doğal minör bileşenlerinin içeriğinden kaynaklanan duyuşsal özellikleri ve sağlık üzerine olumlu etkileri, soğuk pres yağların tüketiciler tarafından giderek daha fazla değer görmesini sağlamaktadır (Prescha ve ark., 2014). Bunun sonucu olarak, önceleri ilaç ve kozmetik endüstrisinde kullanım alanı bulunan soğuk pres yağlar mutfaklara girmiş ve besin olarak tüketilmesi yaygınlaşmıştır (İmer ve Taşan, 2018).

Soğuk pres yağların üretimi incelendiğinde, yabancı maddelerden arındırılan hammaddenin preslerde sıkma işleminin

maksimum 40°C sıcaklıkta gerçekleştirilmesinin ardından basit bir filtreleme işleminin yapıldığı ve üretimde organik çözücüler gibi kimyasal kirleticilerin kullanılmadığı görülmektedir (Geçgel ve ark., 2017). Bu durum, faydalı bileşenlerin korunmasını sağlamakla birlikte soğuk pres yağları, bu laşmış hammaddeden elde edilmesi halinde mikotoksin açısından riskli hale getirmektedir. Literatürde bunu ortaya koyan çeşitli çalışmalar mevcut olup, bu çalışmalardan bazıları Tablo 2’de özetlenmiştir.

Soğuk pres yağlarda mikotoksin varlığını araştıran bazı çalışmalarda yağdaki mikotoksin miktarının yanı sıra yağın elde edildiği hammadde ve hammaddedeki yağın ayrılmasının ardından geriye kalan kekteki mikotoksin düzeyi de ortaya konmuştur. Bu çalışmalarda hammaddedeki mikotoksinlerin bir kısmının yağa geçtiği, mikotoksin çeşidine bağlı olarak değişen düzeyde bir kısmının ise kekte kaldığı gösterilmiştir. Sidhu ve ark. (2009), *Madhuca indica* Gmel. tohumunda, bu tohumdan elde edilen soğuk pres yağda ve kekinde ELISA ile aflatoksin düzeyini araştırmıştır. Tohumlarda 282.36 µg/kg AFB₁ ve 315.51 µg/kg toplam aflatoksin, soğuk pres yağında 201.57 µg/kg AFB₁ ve 220.66 µg/kg toplam aflatoksin, geri kalan kekte ise 74.35 µg/kg AFB₁ ve 87.55 µg/kg toplam aflatoksin tespit eden araştırmacılar yağ ve kekteki aflatoksin oranının 7:3 olduğunu saptamıştır. Xu ve ark. (2018), 10 mısır özü örneğinde, örneklerden solvent ekstraksiyonu ve soğuk pres yoluyla elde ettikleri mısır özü yağında ve geriye kalan kekte DON miktarını incelemiştir. Mısır özünde 310.5-2684.4 µg/kg, solvent ekstraksiyonu ile elde edilen yağlarda 69.7-293.6 µg/kg ve soğuk pres ile elde edilen yağlarda 30.4-254.4 µg/kg DON tespit edilmiştir. Araştırmacılar tarafından, solvent ile ekstrakte edilmiş yağ ve soğuk pres yağdaki DON içeriğinin 6 örnekte önemli bir farklılık göstermediği bildirilmiştir. Solvent ekstraksiyonu ve soğuk pres ile yağ eldesinin ardından geriye kalan kekte sırasıyla 209.8-2311.8 µg/kg ve 281.7-2317.7 µg/kg olan DON düzeyinin soğuk pres kekinde, soğuk pres yağdan 8.4-15.7 kat fazla olduğu ve DON’un keke geçme eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Bu görüşü destekleyen ve Smeu ve ark. (2022) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, ayçiçeği ve kolza tohumu, ceviz, susam ve üzüm çekirdeğinin de aralarında yer aldığı ürünlerden soğuk pres yağ eldesinin ardından geriye kalan pres keki gibi yan ürünlerdeki aflatoksin, DON ve ZEA düzeyi incelenmiştir. Bazı örneklerde aflatoksin ve ZEA tespit edilmezken, DON tüm örneklerde tespit edilmiştir. Örneklerin aflatoksin düzeyi 0.23-1.51 µg/kg, ZEA düzeyi 1.03-79.22 µg/kg olurken DON düzeyi 25.57-980.09 µg/kg olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Bitkisel yağlarda mikotoksinlerin araştırılmasına yönelik çalışmalar**Table 1.** Studies on the investigation of mycotoxins in vegetable oils

| Yağın türü | Mikotoksin | Örnek sayısı | Pozitif örnek | Miktar (µg/kg) | Yöntem | Kaynak |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------|-------------------------------|
| Mısır* Üzüm çekirdeği Keten tohumu Zeytin, Yer fıstığı Kabak çekirdeği Kolza, Pirinç, Susam, Ceviz Karışım salata, Soya, Ayçiçeği Devedikeni, Buğday ruşeymi | Zearalenon | 44 | 4* | 57-117 | HPLC | Siegel ve ark. (2010) |
| Mısır Yer fıstığı Kolza Soya Ayçiçeği | Zearalenon | 40 | 9 - 1 - - | 5.2-184.6 - 40.7 - - | GC-QqQ MS | Qian ve ark. (2015) |
| Mısır | Zearalenon | 1 | 1 | 460 | HPLC | Lauren ve Ringrose (1997) |
| Mısır Ayçiçeği Karışım | Zearalenon | 104 | 104 | 22.5-70.78 2.24-2.67 0.63-4.45 | HPLC | Sadeghi ve ark. (2016) |
| Mısır | Zearalenon Deoksinivalenol HT-2 Toksin T-2 Toksin | | | 386-651 45-51 5-10 23-58 | HPLC | Schollenberger ve ark. (2008) |
| Rafine Mısır | Fumonisin B ₁ Fumonisin B ₂ Deoksinivalenol Zearalenon | 25 | 1 0 2 8 | 0-77 0 106-216 0-67 | HPLC | Escobar ve ark. (2013) |
| Mısır Soya Buğday ruşeymi | Zearalenon | 38 20 11 | 38 14 10 | ?-921 0-41.4 0-46.2 | HPLC | Kappenstein ve ark. (2005) |
| Buğday ruşeymi | Zearalenon Deoksinivalenol | 25 | 25 | <8-44 <22-163 | HPLC | Giménez ve ark. (2013) |
| Mısır | Fumonisin B ₁ Fumonisin B ₂ Fumonisin B ₃ | 20 | 0 | <10 | HPLC | Patel ve ark. (1997) |
| Soya Mısır Ayçiçeği | Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ Aflatoksin G ₂ | 7 5 1 | 0 | 0 | LC-MS/MS | Yang ve ark. (2011) |
| Karışım yağ | Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ Aflatoksin G ₂ | 31 | 6 0 0 0 | 0.14-0.24 | LC-MS/MS | Yang ve ark. (2011) |
| Bitkisel yağ | Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ Aflatoksin G ₂ | 7 | 0 | - | LC-MS/MS | Fan ve ark. (2015) |
| Bitkisel yağ | Aflatoksin | 245 | 9 | 0.1-5.8 | HPLC | Anonim (2001) |

| | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------|------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------|
| Bitkisel yağ | Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ Aflatoksin G ₂ | 25 | 7 | 0.27-0.89 | HPLC | Ma ve ark. (2013) |
| Yer fıstığı | Aflatoksin B ₁ | 57 | 56 | 0-40 | | Opadokun (1992) |
| Yer fıstığı | Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ Aflatoksin G ₂ | 31 | 15 6 3 0 | 0.15-2.72 0.15-0.36 0.01-0.02 0 | LC-MS/MS | Yang ve ark. (2011) |
| Yer fıstığı | Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ Aflatoksin G ₂ | 63 | 45 | 0.11-24 0.1-21 0-7.1 0 | HPLC | Salau ve ark. (2017) |
| Ayçiçeği Yer fıstığı* Soya* Mısır Keten tohumu Zeytin | Zearalenon Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ | 62 | 6* | <0.04-42.5 <0.05-11.0 <0.04-4.56 <0.04-0.59 | HPLC- MS/MS | Zhao ve ark. (2017) |
| Yer fıstığı-soya | Aflatoksin B ₁ | 39 | 39 | 0.2-114.4 | ELISA | Sun ve ark. (2011) |
| Ham yer fıstığı | Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ Aflatoksin G ₂ | 3 | 3 | 26.1 18.1 18.5 13.2 | TLC | Abalaka (1984) |
| Rafine yer fıstığı | Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ Aflatoksin G ₂ | 3 | 1 0 0 1 | 6.6 - - 4.8 | TLC | Abalaka (1984) |
| Yer fıstığı Pamuk tohumu | Aflatoksin B ₁ | | | >98 >65 | TLC | Abalaka ve Elegbede (1982) |
| Ham Pirinç kepeği Rafine Pirinç kepeği | Aflatoksin B ₁ | 20 20 | 15 6 | 236-956 İz-28 | TLC | Jayaraman ve Kalyanasundaram (2009) |
| Yer fıstığı Susam Rafine Pamuk | Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ Aflatoksin G ₂ | 56 | 1 7 0 0 | 0.6 0.2-0.8 - - | HPLC | Idris ve ark. (2010) |
| Yer fıstığı Susam | Aflatoksin Aflatoksin B ₁ | 2 1 | 2 1 | 6-8.5 0.1 | RPLC/FLD | Bao ve Trucksess (2010) |
| Susam Yer fıstığı Ayçiçeği Karışım tohum | Toplam aflatoksin | 81 | 80 | 41.2-339.9 5.7-100.0 0.6-175.7 0.4-45.7 | HPLC | Elzupir ve ark. (2010) |

Tablo 2. Soğuk pres yağlarda mikotoksinlerin araştırılmasına yönelik çalışmalar**Table 2.** Studies on the investigation of mycotoxins in cold pressed oils

| Yağın türü | Mikotoksin | Miktar ($\mu\text{g}/\text{kg}$) | Yöntem | Kaynak |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| Mahua tohumu | Aflatoksin B ₁ Aflatoksinler | 201.57 220.66 | ELISA | Sidhu ve ark. (2009) |
| Mısır özü | Deoksinivalenol | 30.4-254.4 | HPLC | Xu ve ark. (2018) |
| Yer fıstığı | Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ Aflatoksin G ₂ | 5.98-105.71 1.02-36.33 - - | HPLC-FLD | Şahin ve ark. (2021) |
| Yer fıstığı | Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ Aflatoksin G ₂ | 1.09-11.10 0.08-0.09 - - | HPLC | Ji ve ark. (2020) |
| Ayçiçeği | Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ Aflatoksin G ₂ | 1.20-2.55 0.37-0.79 0.94-2.01 0.25-0.42 | HPLC-FLD | Var ve Uçkun (2021) |
| Ayçiçeği | Tenuazonik asit Altenuen Alternariol Tentoksin Alternariol metil eter | 12.8 - - 7.1 - | LC-ID-MS/MS | Tölgyesi ve ark. (2020) |
| Ayçiçeği* Kolza tohumu | Tentoksin Dihidrotentoksin | 0.64-6.73 4.48* | LC-MS/MS | Liu ve Rychlik (2013) |
| Susam | Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ Aflatoksin G ₂ | 0.63-1.04 <0.1-0.19 - - | HPLC | Akbari ve ark. (2021) |
| Susam | Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ Aflatoksin G ₂ | 0.2-1.2 0.1-0.2 0.1-0.6 - | HPLC | Ramezani ve ark. (2022) |
| Kabak çekirdeği | Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ Aflatoksin G ₂ | - - - - | UHPLC- MS/MS | Arslan ve ark. (2017) |

Tablo 3. Zeytinyağında mikotoksinlerin araştırılmasına yönelik çalışmalar**Table 3.** Studies on the investigation of mycotoxins in olive oil

| Yağın türü | Mikotoksin | Örnek sayısı | Pozitif örnek | Miktar (µg/kg) | Yöntem | Kaynak |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------|---------------------------|----------|--------------------------------|
| Zeytinyağı | Aflatoksin B ₁ | | | 5-10 | | Toussaint ve ark. (1977) |
| Zeytinyağı | Aflatoksin B ₁ | 50 | 36 | 0.0028-0.0463 | HPLC | Daradimos ve ark. (2000) |
| Zeytinyağı | Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ Aflatoksin G ₂ | 35 | 3 | <0.04 - - - | LC-MS/MS | Cavaliere ve ark. (2007) |
| Zeytinyağı | Aflatoksin B ₁ Aflatoksin B ₂ Aflatoksin G ₁ Aflatoksin G ₂ | 50 | 2 | 0.10 | RP-HPLC | Yorulmaz ve Bircan (2013) |
| Zeytinyağı | Zearalenon | | | 0 | HPLC | Siegel ve ark. (2010) |
| Zeytinyağı | Aflatoksin B ₁ Oktratoksin A | 30 | 1 25 | 0.03 0.36-2.10 | HPLC | Dazkır (2010) |
| Zeytinyağı | Aflatoksin B ₁ Oktratoksin A | 30 | 3 24 | 0.5-2.4 0.1-17 | HPLC | Ferracane ve ark. (2007) |
| Zeytinyağı | Aflatoksin B ₁ Oktratoksin A | 50 | 12 44 | <0.056-0.06 0.06-1.030 | HPLC | Papachristou ve Markaki (2004) |
| Zeytinyağı | Aflatoksin B ₁ Oktratoksin A | 60 | 0 3 | - <40 | TLC | Letutour ve ark. (1983) |
| Zeytinyağı | Aflatoksinler Oktratoksin A | 28 | 13 | 0.006-0.04 0.052-0.244 | HPLC | Finoli ve ark. (2005) |

Soğuk pres yöntemi ile elde edilen yağlardaki mikotoksin düzeyinin diğer ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen yağlardaki mikotoksin düzeyi ile karşılaştırıldığı çalışmaların çoğunda soğuk pres yöntemi ile elde edilen yağların daha yüksek miktarda mikotoksin içerdiği belirlenmiştir. Şahin ve ark. (2021) tarafından farklı ekstraksiyon yöntemlerinin yer fıstığından yağa aflatoksinlerin geçişine etkisini incelemek amacıyla gerçekleştirilen çalışmada yağlardaki AFB₁ ve AFB₂ miktarı üzerine farklı işleme yöntemlerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Sıcak presleme ile ekstraksiyon ve rafinasyon işlemlerini kapsayan endüstriyel yöntemle elde edilen yağlarda AFB₁ ve AFB₂ tespit edilmemiştir. AFB₁ miktarı solvent ekstraksiyonu ile elde edilen yağlarda 2.51-96.97 µg/kg, kavrulmuş fıstıkların soğuk presyonu ile elde edilen yağlarda 4.33-128.68 µg/kg, soğuk pres yağlarda 5.98-105.71 µg/kg olurken AFB₂ miktarı solvent ekstraksiyonu ile elde edilen yağlarda 0.46-17.22 µg/kg, kavrulmuş fıstıkların soğuk presyonu ile elde edilen yağlarda 0.84-33.0 µg/kg, soğuk pres yağlarda 1.02-36.33 µg/kg olarak bulunmuştur. Buna göre yer fıstıklarından solvent ekstraksiyonu, kavrulmuş yer fıstığının soğuk preslenmesi ve soğuk pres yöntemleri ile elde edilen yağlara AFB₁ geçiş oranları sırasıyla %9.0-79.8; %11.3-75.3; %9.3-77.6 ve AFB₂ geçiş oranları sırasıyla %10.1-83.3; %18.4-86.2; %10.5-92.0 olarak tespit edilmiştir.

Sonuç olarak sırasıyla endüstriyel yöntem ve solvent ekstraksiyonu yağa aflatoksin geçişini azaltma üzerine en etkili birinci ve ikinci yöntem olurken soğuk pres en az etkili yöntem olarak belirlenmiştir. Ji ve ark. (2020), kabuklu ve kabuksuz yer fıstığından solvent ekstraksiyonu, soğuk pres ve sıcak pres yoluyla elde ettiği ham yer fıstığı yağlarında aflatoksin düzeyini araştırmıştır. AFB₁'in yer fıstığı ve yer fıstığı yağında en sık rastlanan aflatoksin olduğu, AFB₁ ve toplam aflatoksin miktarlarının yağda, elde edildiği yer fıstığına kıyasla daha düşük miktarda bulunduğu, solvent ekstraksiyonu ile elde edilen yağların presleme ile elde edilen yağlardan daha az aflatoksin içerdiği ve sıcak presleme ile elde edilen yağların soğuk presleme ile elde edilen yağlardan daha az aflatoksin içerdiği bildirilmiştir. Yer fıstığındaki aflatoksinlerin %5-20 oranında ekstraksiyon ile elde edilen yağa geçtiği, kabuk soyma işleminin ardından bu oranın azaldığı tespit edilmiştir. Var ve Uçkun (2021), aflatoksin içermeyen ayçiçeği tohumlarına 5 ve 10 µg/kg aflatoksin ekleyerek ekstraksiyon yöntemlerinin yağa aflatoksin geçişini üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırmacılar aflatoksinlerin yağa transferi üzerine eklenen aflatoksin miktarı ve uygulanan ekstraksiyon yöntemlerinin etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğunu bildirmiştir. 5 µg/kg ve 10 µg/kg aflatoksin eklenmiş ay çekirdeğinden elde edilen yağda tutulan toplam aflatoksin miktarı

soğuk preste sırasıyla 2.76 µg/kg (%55.2) ve 5.77 µg/kg (%57.7), kavrulmuş tohumların preslenmesi ile 1.87 µg/kg (%37.4) ve 4.69 (%46.9) µg/kg, solvent ekstraksiyonunda 0.91 (%18.2) ve 1.96 (%19.6) µg/kg olarak belirlenmiştir. Yağa aflatoksin geçişini azaltan en etkili yöntemin solvent ekstraksiyonu olduğu ortaya konmuştur. Diğer taraftan, soğuk pres ayçiçek yağının *Alternaria* toksinleri ile bulaşabildiği çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir. Puntsher ve ark. (2019), soğuk pres ayçiçeği yağı örneklerinin 2.9 µg/kg'a varan düzeyde alternariol, 2.9 µg/kg'a varan düzeyde alternariol monometil eter ve 458 µg/kg'a varan düzeyde tenuazonik asit içerdiğini ortaya koymuştur. Örneklerin %69'unun alternariol, %75'inin alternariol monometil eter ve tenuazonik asit, %81'inin tentoksin, %31'inin altertoksin I ve %19'unun alterperyleneol ile kontamine olduğunu bulgulayan araştırmacılar, inceledikleri rafine edilmiş yağların, soğuk preslenmiş yağlara kıyasla önemli ölçüde daha düşük kontaminasyon gösterdiğini bildirmiştir. Benzer bir çalışmada bir soğuk pres ayçiçek yağı örneğinde *Alternaria* toksinlerinden olan tenuazonik asit (12.8 µg/kg) ve tentoksin (7.1 µg/kg) tespit eden araştırmacılar, rafine edilmiş iki ayçiçek yağı örneğinde ise 4.5-5.0 µg/kg düzeyinde tentoksin saptamıştır (Tölgyesi ve ark., 2020). *Alternaria* toksinlerinin tespit edilmesi amacıyla yapılan bir başka çalışmada, Liu ve Rychlik (2013), 1 adet soğuk pres kolza tohumu yağında 0.64 µg/kg tentoksin bulunduğunu, dihidrotentoksin ise bulunmadığını belirlemiştir. Aynı çalışmada 3 adet soğuk pres ayçiçek yağı örneğinde 6.73 µg/kg'a varan düzeyde ve ortalama 4.83 µg/kg tentoksin ile 4.48'e varan düzeyde ve ortalama 2.54 µg/kg dihidrotentoksin tespit edilmiştir.

Susam yağı da mikotoksin kontaminasyonunu tespit etmek üzere incelenen ürünler arasındadır. Akbari ve ark. (2021), soğuk pres yöntemi ile susam yağı üretiminin farklı aşamalarından toplam 17 adet ham susam, 17 adet filtre edilmemiş yağ ve 17 adet filtre edilmiş yağ örneği ile geleneksel yöntemle susam yağı üretiminin farklı aşamalarından toplam 9 adet ham susam, 9 adet filtre edilmemiş yağ ve 9 adet filtre edilmiş yağ örneğinde aflatoksin B₁, B₂, G₁ ve G₂ düzeyini araştırmıştır. Kabuk soyma işleminin toplam aflatoksini %79.79 oranında azalttığı tespit edilen çalışmada, geleneksel ve soğuk pres yöntemlerinin ham susamdan elde edilen yağa sırasıyla %8.2 ve %70.22 oranında toplam aflatoksin aktarımına neden olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak araştırmacılar, susam yağının aflatoksin içeriğini azaltmada geleneksel yöntemin soğuk preslemeye göre daha etkili olduğunu bildirmiştir.

Öte yandan soğuk pres yağlarda mikotoksin tespit edilmeyen veya yasal düzenlemelerle belirlenen limitleri aşmayan oranda mikotoksin tespit edilen çalışmalar da bulunmaktadır. Ramezani ve ark. (2022), yerel satıcılardan geleneksel soğuk

pres susam yağı ve marketlerden ticari markalara ait endüstriyel soğuk pres susam yağı temin ederek bunların AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ düzeylerini incelemiştir. 10 endüstriyel susam yağı örneğinin 7'sinde (%70'inde) 0.1-0.7 µg/kg ve 20 geleneksel susam yağı örneğinin 13'ünde (%65'inde) 0.1-1.2 µg/kg düzeyinde aflatoksin belirlenmiştir. Endüstriyel ve endüstriyel olmayan susam yağı örnekleri arasında aflatoksin kontaminasyonu yönünden anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. AFB₁ ve toplam aflatoksin düzeylerinin tüm örneklerde İran (5 ve 15 µg/kg, sırasıyla) ve Avrupa Birliği (2 ve 4 µg/kg, sırasıyla) tarafından izin verilen yasal limitlerin altında olduğu ortaya konmuştur. Arslan ve ark. (2017), Anadolu'nun 4 farklı bölgesinden temin ettikleri kabak çekirdeklerini kullanarak soğuk pres yağ elde etmiş ve bu yağlarda aflatoksin B₁, B₂, G₁ ve G₂ kontaminasyonunu belirlemiştir. UHPLC-MS/MS yöntemiyle gerçekleştirilen analiz sonucunda kabak çekirdeği yağlarında aflatoksin kalıntısına rastlanmadığı bildirilmiştir.

Zeytinyağında Mikotoksinler

Zeytinler, bileşimleri ve çevre koşulları gibi faktörlere bağlı olarak hasattan itibaren son ürünün depolanmasına kadar geçen her aşamada çeşitli toksijenik küfler ve mikotoksinler ile bulaşabilmektedir. Bunun neticesinde kontamine zeytinlerden elde edilen zeytinyağında mikotoksin varlığı söz konusu olabilmektedir (Var ve ark., 2011). Tablo 3'te zeytinyağında mikotoksin kontaminasyonunu inceleyen çalışmalar özetlenmiştir.

Aflatoksin zeytinyağında incelenen başlıca mikotoksindir. Toussaint (1977) incelediği zeytinyağı örneklerinde 5-10 µg/kg düzeyinde AFB₁ bulmuştur. Poormohammadi ve ark. (2021), 10 zeytinyağı örneğini HPLC-FLD ile aflatoksin kontaminasyonu yönünden incelemiş ve 6 örnekte 0.9-11.45 µg/kg toplam aflatoksin tespit etmiştir. Pakistan'da yerel ve ithal zeytinlerden Soxhlet aparatı kullanılarak elde edilen zeytinyağı örneklerinde AFB₁ ve toplam aflatoksin düzeyinin incelendiği bir çalışmada örnekler HPLC ile analiz edilmiştir. İthal zeytinlerden elde edilen 20 yağ örneğinden 8'inde ortalama 4.38 µg/kg AFB₁ ve 7.47 µg/kg toplam aflatoksin bulunmuştur. Yerel zeytinlerden elde edilen 18 yağ örneğinden 8'inde ortalama 8.51 µg/kg AFB₁ ve 12.78 µg/kg toplam aflatoksin belirlenmiştir (Waqas ve ark. 2021). Bununla birlikte zeytinyağındaki aflatoksin seviyesinin genellikle düşük düzeyde olduğu bildirilmektedir. AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ varlığının 15 natürel sızma, 15 natürel ve 5 ham zeytinyağı örneğinde LC-MS/MS ile incelendiği bir çalışma sonucunda 3 natürel zeytinyağı örneğinde metot tayin limiti olan 0.04 µg/kg'ın altında AFB₁ tespit edilmiştir (Cavaliere ve ark., 2007). Daradimos ve ark. (2000) AFB₁ kontaminasyonunu tespit etmek amacıyla inceledikleri 50 zeytinyağı örneğinden

14 tanesinde aflatoksin tespit etmediklerini, geri kalan örneklerde ise 0.0028-0.0463 µg/kg düzeyinde AFB₁ saptadıklarını bildirmiştir. Zeytinyağlarında aflatoksin kontaminasyonunu belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bir diğer çalışmada 50 adet zeytinyağı örneğinde AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ varlığı RP-HPLC ile incelenmiştir. Örneklerin %96'sında hiçbir aflatoksin bulaşısı olmadığı, yalnızca iki örnekte ortalama 0.10 µg/kg AFB₁ bulunduğu ortaya konmuştur (Yorulmaz ve Bircan, 2013). Nabizadeh ve ark. (2018), rafine edilmemiş 15 zeytinyağı örneğinde AFB₁, AFG₁ ve AFG₂'ye rastlamadığını, örneklerin 2'sinde 0.2-0.4 µg/kg AFB₂ saptadığını, rafine edilmiş örneklerde ise aflatoksin tespit etmediğini bildirmiştir. Zeytinin bileşiminde yer alan çeşitli fenolik bileşiklerin bu toksinin üretimini kısıtlayıcı yönde etki etmesi, aflatoksinin zeytinyağında düşük düzeyde tespit edilmesinin nedenleri arasında gösterilmektedir. Bu fenolik bileşiklerden bazıları küf gelişimini engellemekle birlikte aflatoksin üretimini sınırlandırmaktadır. Örneğin, esas olarak kafeik asit ve daha az miktarda kateşin ve kumarinleri içeren bir zeytin ekstraktının, *Aspergillus flavus* gelişimini durdurmaksızın aflatoksin üretimini %90 oranında engellediği ifade edilmektedir (Paster ve ark., 1988). Benzer şekilde oleuropein, misel kitlesi yönünden değerlendirildiğinde, *A. parasiticus* küfünün gelişimini teşvik ederken aflatoksin üretimini %83-93 oranında azaltmıştır (Gourama ve Bullerman, 1987).

Okratoksin, zeytinyağında incelenen bir diğer mikotoksindir. Letutour ve ark. (1983), 60 ham çiftlik zeytinyağı örneğinde AFB₁ ve OTA varlığını TLC ile incelemiş ve 3 örnekte iz miktarda OTA tespit edildiğini, hiçbir örnekte ise AFB₁ bulunmadığını bildirmiştir. Finoli ve ark. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada 28 natürel sızma zeytinyağı örneğinde aflatoksin ve OTA kontaminasyonu incelenmiştir. Örneklerin %54'ünde mikotoksin tespit edilememiştir. Bir örnekte AFB₁ ve OTA'nın birlikte bulunduğu bildirilen çalışmada, örneklerin aflatoksin düzeyleri 0.006-0.04 µg/kg, OTA düzeyleri 0.052-0.244 µg/kg olarak belirlenmiştir. 30 sızma zeytinyağı örneğinde HPLC ile AFB₁ ve OTA varlığını araştırdığı çalışmasında Dazkir (2010), 1 örnekte 0.03 µg/kg AFB₁, 25 örnekte ise 0.36-2.10 µg/kg OTA tespit etmiş ve AFB₁ bulunan örneğin aynı zamanda OTA içerdiğini ortaya koymuştur. Natürel zeytinyağlarında AFB₁ ve OTA kontaminasyonunun araştırıldığı bir çalışmada HPLC ile 30 adet örnek incelenmiştir. %80'inin OTA ile kontamine olduğu belirlenen örneklerin kontaminasyon seviyesi 0.1-17 µg/kg olarak bulunmuştur. Üç örnekte ise 0.5-2.4 µg/kg düzeyinde AFB₁ saptanmış olup, araştırmacılar tarafından örneklerin %10'unda iki mikotoksinin birlikte bulunduğu ortaya konmuştur (Ferracane ve ark., 2007). Natürel zeytinyağı örneklerinde AFB₁ ve OTA varlığını araştıran Papachristou ve Markaki (2004), 50 örneği

HPLC ile analiz etmiştir. OTA, incelenen 6 örnekte tespit edilemezken, geri kalan örneklerde 0.06-1.030 µg/kg düzeyinde bulunmuştur. On bir örnekte aflatoksin B₁ izine rastlanmış, 1 örnekte 0.06 µg/kg düzeyinde tespit edilmiştir.

Zeytinyağında mikotoksin kontaminasyonunu inceleyen çalışmalar daha çok aflatoksin ve okratoksin üzerine yoğunlaşmakla birlikte son yıllarda *Alternaria* toksinleri, zearalenon ve fumonisin de incelenen mikotoksinler arasında yer almaktadır. Yirmi natürel zeytinyağı örneğinde tenuazonik asit, tentoksin, alternariol ve alternariol monometil eter olmak üzere 4 farklı *Alternaria* toksininin incelendiği bir çalışmada 12 örneğin incelenen mikotoksinlerden en az birini içerdiği gösterilmiştir. Örneklerin %60'ında bulunan alternariol monometil eter en yaygın tespit edilen mikotoksin olurken onu sırasıyla örneklerin %25 ve %20'sinde bulunan alternariol ve tenuazonik asit izlemiştir. Tentoksine ise hiçbir örnekte rastlanmadığını bildiren araştırmacılar, örneklerin 4.40 µg/kg'a varan düzeyde tenuazonik asit, 7.53 µg/kg'a varan düzeyde alternariol ve 13.7 µg/kg'a varan düzeyde alternariol monometil eter içerdiğini belirlemiştir (Lin ve ark., 2022). Natürel zeytinyağı ve organik zeytinyağında alternariol tespit edilen bir başka çalışmada HPLC-FLD ile gerçekleştirilen analiz sonucunda natürel zeytinyağında 24 µg/kg, organik zeytinyağında 28 µg/kg alternariol saptanmıştır (Moya-Cavas ve ark., 2023). Zeytinyağı (35 adet), natürel sızma zeytinyağı (33 adet), ham zeytinyağı (31 adet), rafine zeytinyağı (11 adet), pirina yağı (15 adet) ve ham pirina yağına (28 adet) ait toplam 153 örneğin UHPLC-QqQ-MS/MS ile analiz edildiği bir çalışmada örneklerin hiçbirinde AFB₁ ve AFB₂ tespit edilmemiştir. Natürel sızma zeytinyağı örneklerinin %18'inde 0.8-1.9 µg/kg AFG₁, rafine zeytinyağı örneklerinin %9'unda 1.1 µg/kg AFG₂ ve ham pirina yağı örneklerinin %82'sinde 1.4-6.8 µg/kg AFG₂ bulunmuştur. Aynı çalışmada örneklerde ZEA ve metaboliti α -zearalenol varlığı da araştırılmış ve α -zearalenol hiçbir örnekte tespit edilmemiştir. Ancak zeytinyağı örneklerinin %51'inde 1.1-21.1 µg/kg, natürel sızma zeytinyağı örneklerinin %3'ünde 1.3 µg/kg, ham zeytinyağı örneklerinin %55'inde 0.6-25.6 µg/kg, rafine zeytinyağı örneklerinin %73'ünde 0.7-20.2 µg/kg, pirina yağı örneklerinin %7'sinde 0.7 µg/kg ve ham pirina yağı örneklerinin %7'sinde 0.6 µg/kg ZEA saptanmıştır. Araştırmacılar, örneklerde belirlenen ZEA miktarı her ne kadar Avrupa Komisyonu tarafından belirlenen 400 µg/kg sınır değerinin altında olsa da, rafinasyon işleminin son üründe bu bileşikler giderebileceği veya en az indirebileceği bilinmesine rağmen rafine zeytinyağı örneklerinin çoğunun (%73) ZEA içermesini dikkat çekici bulmuştur (Hidalgo-Ruiz ve ark., 2019). Elli adet zeytinyağı örneğinin incelendiği bir başka çalışmada 12 örnekte 29.17-208.54 µg/kg ZEA, 2 örnekte 17.25-57.79 µg/kg FB₁, 11 örnekte

13.25-71.42 µg/kg FB₂, 20 örnekte 0.23-0.92 µg/kg beauvericin ve 18 örnekte 1.11-2.32 AFB₂ tespit edilmiştir (Junsai ve ark., 2021).

Sonuç

Tarımsal gıda ürünlerine yaygın olarak toksijenik küfler ve mikotoksinler bulaşabilmektedir. Toksik küfler ile bulaşmış yağ bitkilerinde uygun koşullar oluştuğunda, küfler tarafından mikotoksinlerin üretimi yetiştirme aşamasında meydana gelebileceği gibi, yağlı tohum ve meyvelerin yüksek sıcaklık ve nem değerlerinde depolanması da mikotoksin oluşumuna yol açabilmektedir. Rafinasyon işlemi, mikotoksinleri yağlardan kısmen uzaklaştırmakla birlikte soğuk pres yağlar ve natürel yağlara bu işlem uygulanmamaktadır. Dolayısıyla bu ürünlerin söz konusu kontaminantlar ile bulaşması, artan tüketimleri göz önüne alındığında insan sağlığı açısından tehlike yaratabilir. Bu durumu engellemek için iyi üretim uygulamaları ile iyi hijyen uygulamalarına bağlı kalınarak bitkisel yağlarda üretimin her aşaması kontrol altında tutulmalıdır. Yağ hammaddelerinin yetiştirilmesi, depolanması ve işlenmesi sırasında küf kontaminasyonunu minimum düzeyde tutacak önlemler alınmalı ve mikotoksin üretimine uygun koşulların oluşumunun önüne geçilmelidir.

Diğer taraftan bitkisel yağlar ve hammaddelerinde toksijenik küf kontaminasyonu, mikotoksin varlığı, bulaşmanın hangi aşamalarda meydana geldiği ve nasıl önlenebileceği, dekontaminasyon yolları gibi alanlarda yapılacak ayrıntılı çalışmaların konuya farklı bir yaklaşım sunabileceği düşünülmektedir.

Etik Standartlar ile Uyumluluk

Çıkar çatışması: Yazarlar bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Etik izin: Araştırma niteliği bakımından etik izne tabii değildir.

Finansal destek: -

Teşekkür: -

Açıklama: -

Kaynaklar

Abalaka, J.A. (1984). Aflatoxin distribution in edible oil-extracting plants and in poultry feed mills. *Food and Chemical Toxicology*, 22(6), 461-463.
[https://doi.org/10.1016/0278-6915\(84\)90330-2](https://doi.org/10.1016/0278-6915(84)90330-2)

Abalaka, J.A., Elegbede, J.A. (1982). Aflatoxin distribution and total microbial count in an edible oil extracting plant 1: Preliminary observations. *Food and Chemical Toxicology*, 20(1), 43-46.

[https://doi.org/10.1016/s0278-6915\(82\)80007-0](https://doi.org/10.1016/s0278-6915(82)80007-0)

Abbas, H.K., Williams, W.P., Windham, G.L., Pringle, H.C., Xie, W., Shier, W.T. (2002). Aflatoxin and fumonisins contamination of commercial corn (*Zea mays*) hybrids in Mississippi. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 5246-5254.

<https://doi.org/10.1021/jf020266k>

Abdolmaleki, K., Khedri, S., Alizadeh, L., Javanmardi, F., Oliveira, C.A.F., Mousavi Khaneghah, A. (2021). The mycotoxins in edible oils: An overview of prevalence, concentration, toxicity, detection and decontamination techniques. *Trends in Food Science & Technology*, 115, 500-511.

<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.057>

Adejumo, T.O., Hettwer, U., Karlovsky, P. (2007). Occurrence of *Fusarium* species and trichothecenes in Nigerian maize. *International Journal of Food Microbiology*, 116, 350-357.

<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.02.009>

Adlouni, C.E., Tozlovanu, M., Naman, F., Faid, M., Pfohl-Leskowicz, A. (2006). Preliminary data on the presence of mycotoxins (ochratoxin a, citrinin and aflatoxin B₁) in black table olives "Greek style" of Moroccan origin. *Molecular Nutrition & Food Research*, 50, 507-512.

<https://doi.org/10.1002/mnfr.200600055>

Akbari, N., Sami, M., Esfandiari, Z., Tarrahi, M.J. (2021). Effect of sesame oil extraction by traditional and cold press methods on total aflatoxin content. *Academic Journal of Health Sciences*, 36(3), 22-28.

<https://doi.org/10.3306/AJHS.2021.36.03.22>

Alemayehu, S., Abera, F.A., Ayimut K.M., Darnell, R., Mahroof, R., Harvey, J., Subramanyam, B. (2023). Effects of storage duration and structures on sesame seed germination, mold growth, and mycotoxin accumulation. *Toxins*, 15(1), 39-55.

<https://doi.org/10.3390/toxins15010039>

Anonim (2001). Aflatoxin in Foods. Risk Assessment Studies Report No.5 Chemical Hazards Evaluation. Food and Environmental Hygiene Department, HKSAR.

Anonim (2011). Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği, Resmî Gazete Sayı: 28157 (3. Mükerrer).

Anonim (2012). Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği (Tebliğ No: 2012/29), Resmî Gazete Sayı: 28262.

Arslan, F.N., Akın, G., Yılmaz, İ. (2017). Physicochemical characteristics, pesticide residue and aflatoxin contamination of cold pressed pumpkin seed (*Cucurbita pepo L.*) oils from central Anatolia region of Turkey. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A- Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik*, 18(2), 468-483.

<https://doi.org/10.18038/aubtda.286649>

Banu, N., Muthumary, J.P. (2005). Mycobiota of sunflower seeds and samples collected from a vegetable oil refinery located in Tamilnadu, India. *Mycological Progress*, 4, 195-204.

<https://doi.org/10.1007/s11557-006-0123-7>

Bao, L., Trucksess, M.W. (2010). Determination of aflatoxins B₁, B₂, G₁, and G₂ in olive oil, peanut oil, and sesame oil. *Journal of AOAC International*, 93(3), 936-942.

<https://doi.org/10.5740/jaoacint.13-129>

Bhat, R., Reddy, K.R.N. (2017). Challenges and Issues concerning mycotoxins contamination in oil seeds and their edible oils: Updates from last decade. *Food Chemistry*, 215, 425-437.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.161>

Bordin, K., Sawada, M.M., Rodrigues, C.E.d, da Fonseca, C.R., Oliveira, C.A.F. (2014). Incidence of aflatoxins in oil seeds and possible transfer to oil: A review. *Food Engineering Reviews*, 6, 20-28.

<https://doi.org/10.1007/s12393-014-9076-9>

Brazauskienė, I., Petraitiene, E., Mankevičienė, A. (2006). Effects of genotype and environmental factors on rape seed contamination with mycotoxins and mycotoxin-producing fungi. *Ekologija*, 3, 14-20.

Broggi, L.E., Pacin, A.M., Gasparovic, A., Sacchi, C., Rothermel, A., Gallay, A., Resnik, S. (2007). Natural occurrence of aflatoxins, deoxynivalenol, fumonisins and zearalenone in maize from Entre Rios Province, Argentina. *Mycotoxin Research*, 23, 59-64.

<https://doi.org/10.1007/BF02946026>

Brühl, L. (1996). Determination of transfatty acids in cold pressed oils and in dried seeds. *Fett/Lipid*, 98, 380-383.

<https://doi.org/10.1002/lipi.19960981107>

Can, N., Duraklı Veliöğlu, S. (2017). Tekirdağ'da satışı sunulan ıhlamur (*Tilia spp.*) ve kuşburnu (*Rosa canina*) örneklerinde aflatoxin varlığının araştırılması. *Gıda*, 42(3), 287-296.

<https://doi.org/10.15237/gida.GD16087>

Can, N., Duraklı Veliöğlu, S. (2018). Bitki çaylarında mikrobiyal kalite ve mikotoksin varlığı. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(3), 362-380.

<https://doi.org/10.18185/erzifbed.413371>

Cavaliere, C., Foglia, P., Guarino, C., Nazzari, M., Samperi, R., Laganá, A. (2007). Determination of aflatoxins in olive oil by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 596,141-148.

<https://doi.org/10.1016/j.aca.2007.05.055>

Chen, L., Molla, A.E., Getu, K.M., Ma, A., Wan, C. (2019). Determination of aflatoxins in edible oils from China and Ethiopia using immunoaffinity column and HPLC-MS/MS. *Journal of AOAC International*, 102(1), 149-155.

<https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0106>

D'Mello, J.P.F., MacDonald, A.M.C. (1997). Mycotoxins. *Animal Feed Science Technology*, 69, 155-166.

[https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)81630-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)81630-6)

Daradimos, E., Marcaki, P., Koupparis, M. (2000). Evaluation and validation of two fluorometric hplc methods for the determination of aflatoxin B₁ in Olive Oil. *Food Additives and Contaminants*, 17 (1), 65-73.

<https://doi.org/10.1080/026520300283603>

Dazkır, G. (2010). Zeytin ve zeytinyağında mikotoksin varlığı, siyah zeytinde *A. carbonarius* ve *P. verrucosum* Tarafından okratoksin A oluşturulmasına sıcaklığın etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi.

Demir, C., Şimşek, O., Hamzaçebi, H. (2002). Fındıkta küf florası ve aflatoxin oluşumunun araştırılması. *Gıda*, 27 (4), 291-295.

Demirci, M. (2012). Gıda Kimyası. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 40, ss. 292. ISBN: 9786058026407

Demirci, Ş. (2008). Mısırdaki Mikotoksin Problemi. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.

- Deng, H., Su, X., Wang H. (2018). Simultaneous determination of aflatoxin B₁, bisphenol A, and 4-nonylphenol in peanut oils by liquid-liquid extraction combined with solid-phase extraction and ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Food Analytical Methods*, 11, 1303-1311.
<https://doi.org/10.1007/s12161-017-1113-x>
- Elden Taydaş, E., Aşkın, O. (1995). Kırmızı biberlerde aflatoksin oluşumu. *Gıda*, 20(1), 3-8.
- Eltem, R. (1996). Growth and aflatoxin B₁ production on olives and olive paste by moulds isolated from 'Turkish-style' natural black olives in brine. *International Journal of Food Microbiology*, 32, 217-223.
[https://doi.org/10.1016/0168-1605\(96\)01115-4](https://doi.org/10.1016/0168-1605(96)01115-4)
- Eltem, R., Öner, M. (1995). Salamura tipi sofralık siyah zeytinlerin küf florasının incelenmesi. *Turkish Journal of Biology*, 19, 11-17.
- Elzupir, A.O., Suliman, M.A., Ibrahim, I.A., Fadul, M.H., Elhussein, A.M. (2010). Aflatoxins levels in vegetable oils in Khartoum State, Sudan. *Mycotoxin Research*, 26, 69-73.
<https://doi.org/10.1007/s12550-010-0041-z>
- Escobar, J., Lorán, S., Giménez, I., Ferruz, E., Herrera, M., Herrera, A., Ariño, A. (2013). Occurrence and exposure assessment of *Fusarium* mycotoxins in maize germ, refined corn oil and margarine. *Food and Chemical Toxicology*, 62, 514-520.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.09.020>
- Fan, S., Li, Q., Zhang, X., Cui, X., Zhang, D., Zhang, Y. (2015). Simultaneous determination of aflatoxin B₁, B₂, G₁, and G₂ in corn powder, edible oil, peanut butter, and soy sauce by liquid chromatography with tandem mass spectrometry utilizing turbulent flow chromatography. *Journal of Separation Science*, 38, 1310-1317.
<https://doi.org/10.1002/jssc.201401376>
- Fernane, F., Cano-Sancho, G., Sanchis, V., Marín, S., Ramos, A.J. (2010). Aflatoxins and ochratoxin A in pistachios sampled in Spain: Occurrence and presence of mycotoxigenic fungi. *Food Additives and Contaminants*, 3(3), 185-192.
<https://doi.org/10.1080/19440049.2010.497257>
- Ferracane, R., Tafuri, A., Logienco, A., Galvano, F., Balzano, D., Ritieni, A. (2007). Simultaneous determination of aflatoxin B₁ and ochratoxin A and their natural occurrence in Mediterranean virgin olive oil. *Food Additives and Contaminants*, 24 (2), 173-180.
<https://doi.org/10.1080/02652030600986040>
- Finoli, C., Vecchio, A., Planeta, D. (2005). Mycotoxin Occurrence in extra virgin olive oils and in olives. *Industria Alimentari*, 44(447), 506-514.
- Fung, F., Clark, R.F. (2004). Health effects of mycotoxins: A toxicological overview. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology*, 42(2), 217-234.
<https://doi.org/10.1081/CLT-120030947>
- Geçgel, Ü., Yılmaz, M., Apaydın, D., Erol, H. (2017). Soğuk Pres tekniği ile elde edilen ceviz yağının fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Bahçe*, 46(Özel Sayı 2), 273-279.
- Giménez, I., Herrera, M., Escobar, J., Ferruz, E., Lorán, S., Herrera, A., Ariño, A. (2013). Distribution of deoxynivalenol and zearalenone in milled germ during wheat milling and analysis of toxin levels in wheat germ and wheat germ oil. *Food Control*, 34, 268-273.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.04.033>
- Gourama, H., Bullerman, L.B. (1987). Effects of oleuropein on growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus*. *Unknown Journal*, 20(5), 226-228.
- Gruzdevienė, E., Mankevičienė, A., Lugauskas, A., Repečkienė, J. (2006). The effect of environmental conditions on the variation of fungi and mycotoxin contents in oil flax seed. *Ekologija*, 3, 64-70.
- Heperkan, D., Meriç, B.E., Şişmanoğlu, G., Dalkılıç, G., Güler, F.K. (2006). Mycobiota, mycotoxigenic fungi, and citrinin production in black olives. In *Advances in Food Microbiology*, AD Hocking, JI Pitt, RA Samson, U Thrane, Ed., Springer, New York, pp. 203-210. ISBN: 9780387283913
https://doi.org/10.1007/0-387-28391-9_13
- Idris, Y.M.A., Mariod, A.A., Elnour, I.A., Mohamed, A.A. (2010). Determination of aflatoxin levels in Sudanese edible oils. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 2539-2541.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.05.021>
- İmer, Y., Taşan, M. (2018). Çeşitli soğuk pres yağların bazı mikro ve makro element içeriklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(01), 14-25.
- Jayaraman, P., Kalyanasundaram, I. (2009). Natural occurrence of aflatoxins and toxigenic fungi in rice bran oil and

de-oiled bran. *Indian Journal of Science and Technology*, 2(10), 35-37.

<https://doi.org/10.17485/ijst/2009/v2i10.8>

Ji, J., Jiang, M., Zhang, Y., Hou, J., Sun, S. (2022). Co-occurrence of aflatoxins in plant oil products from China. *Food Additives & Contaminants: Part B*, (15)4, 275-282.

<https://doi.org/10.1080/19393210.2022.2102084>

Ji, J., Liu, Y., Wang, D. (2020). Comparison of de-skin pretreatment and oil extraction on aflatoxins, phthalate esters, and polycyclic aromatic hydrocarbons in peanut oil. *Food Control*, 118, 107365.

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107365>

Junsai, T., Poapolathep, S., Sutjarit, S., Giorgi, M., Zhang, Z., Logrieco, A.F., Li, P., Poapolathep, A. (2021). Determination of multiple mycotoxins and their natural occurrence in edible vegetable oils using liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Foods*, 10(11), 2795-2806.

<https://doi.org/10.3390/foods10112795>

Hidalgo-Ruiz, J.L., Romero-González, R., Vidal, J.M.L., Frenich, A.G. (2019). A rapid method for the determination of mycotoxins in edible vegetable oils by ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, 288, 22-28.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.003>

Kačergius, A., Lugauskas, A., Levinskaitė, L., Varnaitė, R., Mankevičienė, A., Bakutis, B., Baliukoniene, V., Brukštie, D. (2005). Screening of micromycetes producing toxic substances under various conditions. *Botanica Lituanica*, 7, 65-75.

Kappenstein, O., Klaffke, H., Mehlitz, I., Tiebach, R., Weber, R., Lepschy, J., Wittkowski, R. (2005). Bestimmung von zearalenon in speiseölen mit GPC und LC-ESI-MS/MS. *Mycotoxin Research*, 21(1), 3-6.

<https://doi.org/10.1007/BF02954804>

Karaca, H., Yemiş, O. (2008). Mikotoksin kontaminasyonu: Zeytin ve Ürünlerinde Toksin Riski. I.Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi, 17-18 Mayıs 2008, Balıkesir.

Karunarathna, N.B., Fernando, C.J., Munasinghe, D.M.S. Fernando, R. (2019). Occurrence of aflatoxins in edible vegetable oils in Sri Lanka. *Food Control*, 101, 97-103.

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.02.017>

Korukluoğlu, M., Gürbüz, O., Uylaşer, V., Yıldırım, A., Şahin, İ. (2000). Gemlik Tipi Zeytinlerde Mikotoksin Kirliliğinin Araştırılması. Türkiye 1. Zeytincilik Sempozyumu, 6-9 Haziran, Bursa.

Králová, J., Hajšlová, J., Poustka, J., Hochman, M., Bjelková, M., Odstrčilová, L. (2006). Occurrence of *Alternaria* toxins in fibre flax, linseed, and peas grown in organic and conventional farms: Monitoring pilot study. *Czech Journal of Food Sciences*, 24, 288-296.

<https://doi.org/10.17221/3327-CJFS>

Krysińska-Traczyk, E., Perkowski, J., Dutkiewicz, J. (2007). Levels of fungi and mycotoxins in the samples of grain and grain dust collected from five various cereal crops in Eastern Poland. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 14, 159-167.

Kumud, K., Jitendra, S., Yadav, M.D. (1997). Fungi Associated with linseed seeds, their effect and chemical control. *Annals of Plant Protection Society*, 5, 179-183.

Lansden, J.A., Davidson, J.I. (1983). Occurrence of cyclopiazonic acid in peanuts. *Applied and Environmental Microbiology*, 45(3), 766-769.

<https://doi.org/10.1128/aem.45.3.766-769.1983>

Lauren, D.R., Ringrose, M.A. (1997). Determination of the fate of three *Fusarium* mycotoxins through wet-milling of maize using an improved HPLC analytical technique. *Food Additives and Contaminants*, 14(5), 435-443.

<https://doi.org/10.1080/02652039709374549>

Leontopoulos, D., Sifaka, A., Markaki, P. (2003). Black olives as substrate for *Aspergillus parasiticus* growth and aflatoxin B₁ production. *Food Microbiology*, 20, 119-126.

[https://doi.org/10.1016/S0740-0020\(02\)00080-1](https://doi.org/10.1016/S0740-0020(02)00080-1)

Letutour, B., Tantaoui-Elaraki, A., Ihlal, L. (1983). Simultaneous detection of aflatoxin B₁ and ochratoxin a in olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80 (4), 835-837.

<https://doi.org/10.1007/BF02787439>

Li, F.Q., Li, Y.W., Wang, Y.R., Luo, X.Y. (2009). Chinese Peanut Butter and Sesame Paste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 3519-3524.

<https://doi.org/10.1021/jf804055n>

Lin, H., Ni, L., Chen, H., Xu, W. (2022). A simple and versatile strategy for sensitive SIDA-UHPLC-MS/MS analysis

of *Alternaria* toxins in olive oil. *Analytica Chimica Acta*, 1232, 1-8.

<https://doi.org/10.1016/j.aca.2022.340451>

Liu, Y., Rychlik, M. (2013). Development of a stable isotope dilution LC-MS/MS method for the *Alternaria* toxins ten-toxin, dihydrotentoxin and isotentoxin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(12), 2970-2978.

<https://doi.org/10.1021/jf305111w>

Ma, F., Chen, R., Li, P., Zhang, Q., Zhang, W., Hu, X. (2013). Preparation of an immunoaffinity column with amino-silica gel microparticles and its application in sample cleanup for aflatoxin detection in agri-products. *Molecules*, 18, 2222-2235.

<https://doi.org/10.3390/molecules18022222>

Ma, F., Wu, R., Li, P., Yu, L. (2016). Analytical approaches for measuring pesticides, mycotoxins and heavy metals in vegetable oils: A review. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118, 339-352.

<https://doi.org/10.1002/ejlt.201400535>

Markaki, P. (2010). Occurrence of aflatoxin B₁ in the Greek virgin olive oil: estimation of the daily exposure. In *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention*, Victor R. Preedy, Ronald Ross Watson, Ed., Elsevier, USA, pp. 407-414.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374420-3.00045-0>

Matthäus, B. (2008). Virgin oils-The return of a long known product. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110, 595-596.

<https://doi.org/10.1002/ejlt.200800129>

Matthäus, B., Lacoste, F., Brühl, L. (2016). Contaminants in edible fats and oils-fresh news. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118, 337-338.

<https://doi.org/10.1002/ejlt.201600056>

Mbah, M.C., Akueshi, C.O. (2009). Aflatoxin in mould-infested sesame seeds. *African Journal of Biotechnology*, 8, 391-394.

Miller JD, Simon JW, Blackwell BA, Greenhalgh R, Taylor A (2001). Deoxynivalenol: A 25-year perspective on a trichothecene of agricultural importance. In *Fusarium* Paul E. Nelson memorial symposium, BA Summerell, JF Leslie, D Backhouse, WL Bryden, LW Burgess, Ed., MN: APS Press, St. Paul, pp. 310-319.

Mohammed, S., Munissi, J.J.E., Nyandoro, S.S. (2018). Aflatoxins in sunflower seeds and unrefined sunflower oils from Singida, Tanzania. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 11(3), 161-166.

<https://doi.org/10.1080/19393210.2018.1443519>

Moya-Cavas, T., Navarro-Villoslada, F., Urraca, J.L., Serrano L.A., Orellana, G., Moreno-Bondi M.C. (2023). Simultaneous determination of zearalenone and alternariol mycotoxins in oil samples using mixed molecularly imprinted polymer beads. *Food Chemistry*, 412, 340451.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135538>

Müller, H.M., Reimann, J., Schumacher, U., Schwadorf, K. (1998). Natural occurrence of *Fusarium* toxins in oats harvested during five years in an area of southwest Germany. *Food Additives and Contaminants*, 15(7), 801-806.

<https://doi.org/10.1080/02652039809374713>

Nabizadeh, S., Shariatifar, N., Shokoohi, E., Shoeibi, S., Gavahian, M., Fakhri, Y., Azari, A., Khaneghah, A.M. (2018). Prevalence and probabilistic health risk assessment of aflatoxins B₁, B₂, G₁, and G₂ in Iranian edible oils. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(35), 35562-35570.

<https://doi.org/10.1007/s11356-018-3510-0>

Nahar, S., Mushtaq, M., Hashmi, M.H. (2005). Seed-borne mycoflora of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 37, 451-457.

Opadokun, J.S. (1992). Occurrence of Aflatoxin in Nigeria Food Crops. First National Workshop on Mycotoxins, 29th November, 1990, University of Jos., Nigeria.

Oral, J., Heperkan, D. (1999). Penicilic acid and citrinin production in olives. Food Microbiology and Food Safety into The Next Millenium. Proceedings of the 17th International ICFMH Conference, ACJ Tuijtelaars, RA Samson, FM Rombouts, S Notermans, Ed., Veldhoven, The Netherlands, pp. 138-140.

Öksüztepe, G., Erkan, S. (2016). Mikotoksinler ve halk sağlığı açısından önemi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 5 (2), 190-195.

<https://doi.org/10.31196/huvfd.317381>

Papachristou, A., Markaki, P. (2004). Determination of ochratoxin A in virgin olive oils of Greek origin by immuno-

affinity column clean-up and high-performance liquid chromatography. *Food Additives and Contaminants*, 21(1), 85-92.

<https://doi.org/10.1080/02652030310001632547>

Paster, N., Juven, B.J., Harshemesh, H. (1988). Antimicrobial activity and inhibition of aflatoxin B₁ formation by olive plant tissue constituents. *Journal of applied bacteriology*, 64(4), 293-7.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1988.tb01874.x>

Patel, S., Hazel, C.M., Winterton, A.G.M., Gleadle, A.E. (1997). Surveillance of fumonisins in UK maize-based foods and other cereals. *Food Additives and Contaminants*, 14(2), 187-191.

<https://doi.org/10.1080/02652039709374513>

Poormohammadi, A., Bashirian, S., Moeini, E.S.M., Far-yabi, M.R. Mehri F. (2021). Monitoring of aflatoxins in edible vegetable oils consumed in Western Iran in Iran: A risk assessment study. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-11.

<https://doi.org/10.1080/03067319.2021.1938023>

Pour, R.S., Rasti, M., Zhigamian, H., Garmakhani, A.D. (2010). Occurrence of aflatoxins in pistachio nuts in Isfahan province Iran. *Journal of Food Safety*, 30, 330-340.

<https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2009.00210.x>

Pozzi, C.R., Braghini, R., Arcaro, J.R., Zorzete, P., Israel, A.L., Pozar, I.O., Denucci, S., Correa, B. (2005). Mycoflora and occurrence of alternariol and alternariol monomethyl ether in Brazilian sunflower from sowing to harvest. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(14), 5824-5828.

<https://doi.org/10.1021/jf047884g>

Prescha, A., Grajzer, M., Dedyk, M., Grajeta, H. (2014). The antioxidant activity and oxidative stability of cold-pressed oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91, 1291-1301.

<https://doi.org/10.1007/s11746-014-2479-1>

Puntscher, H., Cobankovic, I., Marko, D., Warth, B. (2019). Quantitation of free and modified *Alternaria* mycotoxins in European food products by LC-MS/MS. *Food Control*, 102, 157-165.

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.03.019>

Qi, N., Yu, H., Yang, C., Gong, X., Liu, Y., Zhu, Y. (2019). Aflatoxin B₁ in peanut oil from Western Guangdong, China,

during 2016-2017. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 12(1), 45-51.

<https://doi.org/10.1080/19393210.2018.1544173>

Qian, M., Zhang, H., Wu, L., Jin, N., Wang, J., Jiang, K. (2015). Simultaneous determination of zearalenone and its derivatives in edible vegetable oil by gel permeation chromatography and gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry. *Food Chemistry*, 166, 23-28.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.133>

Ramezani, M., Varidi, M., Hashemi, M., Rezaie, M. (2022). Evaluation of the physicochemical properties and aflatoxin levels of industrial and non-industrial sesame oil. *Iran. Journal of Chemical Engineering*. 41(10), 3363-3375.

Roussos, S., Zaouia, N., Salih, G., Tantaoui-Elaraki, A., Lamrani, K., Cheheb, M., Hassouni, H., Verhé, F., Per-raud-Gaime, I., Augur, C., Ismaili-Alaoui, M. (2006). Characterization of filamentous fungi isolated from Moroccan olive and olive cake: Toxinogenic potential of *Aspergillus* strains. *Molecular Nutrition & Food Research*, 50, 500-506.

<https://doi.org/10.1002/mnfr.200600005>

Rubert, J., Soler, C., Mañes, J. (2012). Occurrence of fourteen mycotoxins in tigernuts. *Food Control*, 25(1), 374-379.

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.11.004>

Sacchi, C., González, H.H.L., Broggi, L.E., Pacin, A., Resnik, S.L., Cano, G., Taglieri, D. (2009). Fungal contamination and mycotoxin natural occurrence in oats for race horses feeding in Argentina. *Animal Feed Science and Technology*, 152, 330-335.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.04.008>

Sadeghi, E., Shabani, M., Mahmoodi, M., Asadi, F., Sharafti, K., Mirzaei, N., Mohammadi, G. (2016). Evaluation of zearalenone mycotoxin in edible oils distributed in Kermanshah city by high performance liquid chromatography. *Acta Medica Mediterranea*, 32, 1457-1462.

Sahay, S.S., Prasad, T., Sinha, K.K. (2006). Postharvest incidence of aflatoxins in linum usitatissimum seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 53, 169-174.

<https://doi.org/10.1002/jsfa.2740530204>

Salau, I.A., Shehu, K., Muhammad, S., Umar, R.A. (2017). Determination of aflatoxin levels in groundnut oils marketed in Sokoto State, Nigeria. *International Research Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 4(1), 055-060.

Sangare-Tigori, B., Moukha, S., Kouadio, H.J., Betbeder, A.M., Dano, D.S., Creppy, E.E. (2006). Co-occurrence of aflatoxin B₁, fumonisin B₁, ochratoxin A and zearalenone in cereals and peanuts from Côte d'Ivoire. *Food Additives and Contaminants*, 23(10), 1000-1007.

<https://doi.org/10.1080/02652030500415686>

Schollenberger, M., Müller, H.M., Rüfle, M., Suchy, S., Drochner, W. (2008). Redistribution of 16 *Fusarium* toxins during commercial dry milling of maize. *Cereal Chemistry*, 85(4), 557-560.

<https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-4-0557>

Sempere Ferre, F. (2016). Worldwide occurrence of mycotoxins in rice. *Food Control*, 62, 291-298.

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.10.051>

Sidhu, O.P., Chandra, H., Behl, H.M. (2009). Occurrence of aflatoxins in mahua (*Madhuca indica* Gmel.) seeds: Synergistic effect of plant extracts on inhibition of *Aspergillus flavus* growth and aflatoxin production. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 774-777.

<https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.01.001>

Siegel, D., Andrae, K., Proske, M., Kochan, C., Koch, M., Weber, M., Nehlsa, I. (2010). Dynamic covalent hydrazone chemistry as a selective extraction and cleanup technique for the quantification of the *Fusarium* mycotoxin zearalenone in edible oils. *Journal of Chromatography A*, 1217, 2206-2215.

<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.02.019>

Smeu, I., Dobre, A.A., Cucu, E.M., Mustăţea, G., Belc, N., Ungureanu, E.L. (2022). Byproducts from the vegetable oil industry: The challenges of safety and sustainability. *Sustainability*, 14(4), 2039.

<https://doi.org/10.3390/su14042039>

Sun, G., Wang, S., Hu, X., Su, J., Zhang, Y., Xi, Y., Zhang, H., Tang, L., Wang, J.S. (2011). Co-contamination of aflatoxin B₁ and fumonisin B₁ in food and human dietary exposure in three areas of China. *Food Additives and Contaminants*, 28(4), 461-470.

<https://doi.org/10.1080/19440049.2010.544678>

Sung, J.H., Kim, K.C., Shin, S.W., Kim, J.E., Kwak, S.H., Baek, E.J., Lee, E.B., Kim, H.J., Lee, W.J., Lee, M.J., Park, Y.B. (2021). A study on mycotoxin contamination in nuts and seeds and their processed foods. *Journal of Food Hygiene and Safety*, 36(4), 316-323.

<https://doi.org/10.13103/JFHS.2021.36.4.316>

Şahin, I., Başoğlu, F., Korukluoğlu, M., Göçmen, D. (1999). Salamura siyah zeytinlerde rastlanan küfler ve mikotoksin riskleri. *Kükem Dergisi*, 22(2), 1-8.

Şahin, K., Bozdoğan, A., Yaşar, K., Eker, T., Kabak, B. (2021). Impact of different extraction processes on aflatoxin contamination in peanut oil. *Journal of Food Science and Technology*, 59, 2741-2750.

<https://doi.org/10.1007/s13197-021-05296-x>

Tabuc, C., Marin, D., Guerre, P., Sesan, T., Bailly, J.D. (2009). Molds and Mycotoxin Content of Cereals in Southeastern Romania. *Journal of Food Protection*, 72(3), 662-665.

<https://doi.org/10.4315/0362-028x-72.3.662>

Taşan, M., Geçgel, Ü. (2007). Bitkisel karışım sıvı yağların yağ asiti bileşimlerinin incelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1), 1-6.

Toussaint, G., Lafaverge, F., Walker, E.A. (1977). The use of high pressure liquid chromatography for determination of aflatoxin in olive oil. *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 3(4), 325-334.

Tölgyesi, Á., Kozma, L., Sharma, V.K. (2020). Determination of *Alternaria* toxins in sunflower oil by liquid chromatography isotope dilution tandem mass spectrometry. *Molecules*, 25(7), 1685-1700.

<https://doi.org/10.3390/molecules25071685>

Trung, T.S., Tabuc, C., Bailly, S., Querin, A., Guerre, P., Bailly, J.D. (2008). Fungal mycoflora and contamination of maize from Vietnam with aflatoxin B₁ and fumonisin B₁. *World Mycotoxin Journal*, 1, 87-94.

<https://doi.org/10.3920/WMJ2008.x010>

Var, I., Akbulut, E., Zorlugenç, B. (2011). Zeytin ve Zeytinyağında Mikotoksin Sorunu. 7. Gıda Mühendisliği Kongresi; 24-26 Kasım 2011, Ankara.

Var, I., Uçkun, O. (2021). Extraction methods' effects on aflatoxin concentration during sunflower oil processing: First Report. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 3(5), 136-143.

<https://doi.org/10.24018/ejfood.2021.3.5.384>

Waqas, M., Iqbal, S.Z., Razis, A.F.A., Pervaiz, W., Ahmad, T., Usman, S., Ali, N.B., Asi, M.R. (2021). Occurrence of aflatoxins in edible vegetable seeds and oil samples avai-

lable in pakistani retail markets and estimation of dietary intake in consumers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 8015-8026.

<https://doi.org/10.3390/ijerph18158015>

Wilson, D.M., Mubatanhema, W., Jurjevic, Z. (2002). Biology and Ecology of Mycotoxigenic Aspergillus Species as Related to Economic and Health Concerns. Mycotoxins and Food Safety, Ed: JV DeVries, MW Trucksess, LS Jackson. Springer Science, New York, 3-17.

https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0629-4_2

Xu, L.L., Wen, Y.Q., Liu, Y.L., Ma, Y.X. (2018). Occurrence of deoxynivalenol in maize germs from North China Plain and the distribution of deoxynivalenol in the processed products of maize germs. *Food Chemistry*, 266, 557-562.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.111>

Yang, L., Liu, Y., Miao, H., Dong, B., Yang, N., Chang, F., Yang, L., Sun, J. (2011). Determination of aflatoxins in edible oil from markets in Hebei Province of China by liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Food Additives and Contaminants: Part B*, 4(4), 244-247.

<https://doi.org/10.1080/19393210.2011.632694>

Yassa, I.A., Abdalla, E.A.M., Aziz, S.Y. (1994). Aflatoxin B₁ production by moulds isolated from black table olives. *Annals of Agricultural Science*, 39, 525-537.

Yorulmaz, A., Bircan, C. (2013). Aydın ilinde üretilen zeytinyağlarının aflatoksin içerikleri. *Tralleis Elektronik Dergisi*, 1(2013), 11-17.

Yu, L., Ma, F., Zhang, L., Li, P. (2019a). Determination of aflatoxin B₁ and B₂ in vegetable oils using Fe₃O₄/rGO magnetic solid phase extraction coupled with high-performance liquid chromatography fluorescence with post-column photochemical derivatization. *Toxins*, (11)11, 621-633.

<https://doi.org/10.3390/toxins11110621>

Yu, X., Li, Z., Zhao, M., Lau, S.C.S., Tan, H.R., Teh, W.J., Yang, H., Zheng, C., Zhang, Y. (2019b). Quantification of aflatoxin B₁ in vegetable oils using low temperature clean-up followed by immuno-magnetic solid phase extraction. *Food Chemistry*, 275, 390-396.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.132>

Zhang, H.X., Zhang, P., Fu, X.F., Zhou, Y.X., Peng, X.T. (2020). Rapid and sensitive detection of aflatoxin B₁, B₂, G₁ and G₂ in vegetable oils using bare Fe₃O₄ as magnetic sorbents coupled with high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Journal of Chromatographic Science*, 58(7), 678-685.

<https://doi.org/10.1093/chromsci/bmaa026>

Zhang, K., Xu, D. (2019). Application of stable isotope dilution and liquid chromatography tandem mass spectrometry for multi-mycotoxin analysis in edible oils. *Journal of AOAC International*, 102(6), 1651-1656.

<https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0252>

Zhao, H., Chen, X., Chen, S., Qu, B. (2017). Determination of 16 mycotoxins in vegetable oils using a QuEChERS method combined with high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34(2), 255-264.

<https://doi.org/10.1080/19440049.2016.1266096>