

Endüstriyel Olarak Üretilmiş Eritme Peynirlerde Aflatoksin M1 Kalıntılarının Araştırılması: Ankara İli Örneği

Investigation of Aflatoxin M1 Residues in Industrially Produced Processed Cheese: The Example of Ankara Province

Hande Mortaş¹, Süleyman Köse², Saniye Bilici³

Geliş tarihi/Received: 01.02.2022 • Kabul tarihi/Accepted: 20.04.2022

ÖZET

Amaç: Süt ve süt ürünleri yenilebilir hayvan dokuları arasında en fazla aflatoksin kalıntısı içeren besin grubudur. *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* gibi küf türleri tarafından üretilen yüksek düzeyde toksik sekonder metabolitlerden aflatoksin B1 ile kontamine olmuş yemler ile beslenen hayvanların sütlerinde aflatoksin M1 düzeylerinin arttığı bilinmektedir. Isıl işlem uygulamalarına dirençli olan aflatoksin M1'in süt ürünlerinde konsantrasyonlarının mevzuata uygunluğunun değerlendirilmesi halk sağlığı açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada, ambalajlı eritme peynirlerdeki aflatoksin M1 düzeylerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Ankara'da bulunan perakendeciler ve toptancılarda satılan ambalajlı eritme peynirleri bizzat araştırmacılar tarafından toplanmıştır. Çalışma kapsamında farklı markalardan 83 adet ambalajlı eritme peyniri (32 tost peyniri, 7 burger peyniri, 17 krem peynir, 11 üçgen peynir ve 16 dil vb. diğer peynirler) değerlendirmeye alınmıştır. Peynirlerdeki aflatoksin M1 düzeyleri kantitatif ELISA yöntemiyle analiz edilmiştir.

Bulgular: Çalışma kapsamında değerlendirmeye alınan ambalajlı eritme peynirlerinin aflatoksin M1 içeriğinin ortalama 14.42 ± 12.69 ppt olduğu, eritme peynir çeşitlerinden en yüksek ortalama değerin tost (18.82 ± 16.43 ppt) ve dil vb. diğer peynirlerde (19.79 ± 10.06 ppt) bulunduğu saptanmıştır. Çalışmada değerlendirilen 83 adet ambalajlı eritme peynirlerinden yalnızca birinin (%1.2) mevzuatta belirtilen limiti aştığı saptanmıştır.

Sonuç: Ankara'da satışa sunulan ambalajlı eritme peynirlerinin tamamına yakınının, mevzuatta belirlenen aflatoksin M1 limitlerini aşmadığı gösterilmiştir. Aflatoksin M1'in sağlık üzerine kanıtlanan olumsuz etkileri sebebiyle günlük maruziyetin azaltılması önemlidir. Bu doğrultuda, gelecekte yapılacak çalışmalarda diğer süt ve ürünlerinde de aflatoksin M1 düzeylerinin değerlendirilmesi önerilir.

Anahtar kelimeler: Aflatoksin M1, eritme peyniri, krem peynir

ABSTRACT

Aim: Milk and dairy products are the food group that contain the most aflatoxin residues among edible animal tissues. It is known that aflatoxin M1 levels increase in the milk of animals fed with feed contaminated with aflatoxin B1, one of

1. Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara, Türkiye • <https://orcid.org/0000-0001-6356-5226>

3. Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara, Türkiye • <https://orcid.org/0000-0002-0698-6021>

2. **İletişim/Correspondence:** Artvin Çoruh Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Artvin, Türkiye
E-posta: suleyman.kose@windowslive.com • <https://orcid.org/0000-0003-1914-2140>

the highly toxic secondary metabolites produced by mold species such as *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* in agricultural products. It is important for public health to evaluate the compliance to the legislation of the concentrations of aflatoxin M1 in dairy products, which are resistant to heat treatment applications. In this study, it was aimed to investigate the levels of aflatoxin M1 in packaged processed cheeses.

Material and Method: Packaged processed cheeses sold at retailers and wholesalers in Ankara were collected by the researchers themselves. Within the scope of the study, 83 packaged processed cheeses from different brands (32 toast cheese, 7 burger cheese, 17 cream cheese, 11 triangle cheese and 16 tongue etc. other cheeses) were evaluated. Aflatoxin M1 levels in cheeses were analyzed by quantitative ELISA method.

Results: Mean aflatoxin M1 content of packaged cheeses evaluated within the scope of the study was 14.42 ± 12.69 ppt, and toast (18.82 ± 16.43 ppt) and tongue etc. (19.79 ± 10.06 ppt) had the highest mean value among the processed cheese varieties. It was determined that only one (1.2%) of the 83 packaged processed cheeses evaluated in the study exceeded the legislative limit.

Conclusion: It has been shown that almost all of the packaged processed cheeses offered for sale in Ankara do not exceed the aflatoxin M1 limits set in the legislation. Due to the proven negative effects of aflatoxin M1 on health, it is very important for human health to reduce daily exposure levels. From this point of view, it is very important to evaluate aflatoxin M1 levels in other dairy products in future studies.

Keywords: Aflatoxin M1, processed cheese, cream cheese

GİRİŞ

Aflatoksin M1 (AFM1), süt üretimi yapabilen hayvanların ve insanların karaciğerinde aflatoksin B1 (AFB1)'in hidroksilasyonu ile üretilen bir metabolittir (1). AFM1, Uluslararası Kanseri Araştırmaları Ajansı tarafından 1. sınıf insan kanserojeni olarak sınıflandırılmıştır (2). Küfler, hasat öncesi veya hasat sonrası optimum sıcaklık, nem ve su aktivitesi koşullarını elde ettiklerinde depolanan tahıl ürünlerine kontamine olabilmekte ve bu da mikotoksin üremesinde artışa neden olmaktadır. AFB1 ile kontamine olmuş yem ile beslenen süt üretimi yapabilen hayvanların meme bezlerinden üretilen sütte AFB1'in hidroksillenmiş metaboliti olan AFM1 bulunmaktadır (3). Toksisitesi ve özellikle çocuklar üzerindeki etkisi nedeniyle, Avrupa Komisyonu AFM1 için izin verilen maksimum seviyeyi süt ve bebek mamasında sırasıyla $0.05 \mu\text{g/kg}$ ve $0.025 \mu\text{g/kg}$ olarak belirlemiştir. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre AFM1 için belirlenen limitler de Avrupa Komisyonu ile uyumludur (4). AFM1'in de diğer aflatoksinler gibi yüksek sıcaklıklarda çok kararlı olduğu ve sütteki AFM1 konsantrasyonunun,

pastörizasyon ve ultra yüksek sıcaklık (UHT) işlemleri gibi ısı işlemlerden önemli ölçüde etkilenmediği bildirilmektedir (5). Ayrıca AFM1 miktarının hammaddesi olan sütteki konsantrasyonuna göre peynirde üç kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (6). Yine peynirlerde AFM1 düzeyinin araştırıldığı bir çalışmada 50 adet Van otlu peyniri ve 25 adet beyaz peynir değerlendirildiğinde, peynirlerin %45'inin mevzuatta belirlenen limitlerin üzerinde AFM1 içerdiği bulunmuştur (7).

Türkiye'de en sevilen süt ürünleri arasında yoğurttan sonra ikinci sırada peynir çeşitlerinin geldiği bildirilmektedir (8). Ülkemizde ilk akla gelen peynir çeşidi doğal olarak beyaz peynirdir. Fakat özellikle Orta Doğu bölgesinde ilk tercih edilen peynir çeşidi olan eritme peynirinin günümüz hızlı tüketim alışkanlıkları ile birlikte yavaş yavaş hayatımıza girdiği ve diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de tüketiminin arttığı bildirilmektedir. Ekonomik avantajlarından dolayı eritme peynirinin blok, dilimlenebilen ve sürülebilen çeşitleri, evlerde ve restoranlarda aranan ürünler arasında yer almaktadır (9).

Eritme peynirler, hammadde olarak tadı normalden keskinliğine kadar değişkenlik gösteren farklı nitelikteki peynirlerin ticari eritme tuzları kullanılarak bir dizi işlemden geçirilmesi sonucunda elde edilmektedir (10). Türkiye piyasasında farklı tipte eritme peynirler bulunmaktadır. Bunlar genellikle blok tipi eritme peynirler, krem tipi eritme peynirler, çeşnili eritme peyniri ve konserve tipi eritme peynirler olarak sıralanmaktadır. Eritme peyniri teknolojisi ile ticari kalitesini kaybetmiş ama duyu özellikleri normal olan peynirlerin değerlendirilmesi, gıda endüstrisi tarafından bir avantaj olarak görülmektedir. Ayrıca küçük paketlemelere imkân sağlaması, sürülebilir yumuşak kıvamda olması, farklı oranlarda peynirlerin kombinasyonlarıyla farklı tatların elde edildiği peynirlerin üretilmesi ve yüksek ısı işlem uygulaması ile depolama ömrünün daha uzun olması gibi özelliklere sahiptir (11). Türkiye’de olgunlaştırılmış veya taze olmak üzere çeşitli peynir türlerindeki AFM1 düzeylerinin araştırıldığı sınırlı çalışma olmasının yanı sıra geniş yelpazede tüketime sunulan eritme peynirlerdeki AFM1 düzeylerini araştırarak bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Eritme peynir endüstrisindeki hızlı gelişim ve tüketici tercihlerindeki artış nedeniyle mevcut literatür değerlendirilmiş olup bilginin dahilinde eritme peynirlerdeki AFM1 düzeylerinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmaması sebebiyle bu çalışmada Ankara piyasasında satılan farklı eritme peynirlerinde AFM1 düzeylerinin araştırılması amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Örnek Toplama

Bu çalışmada, Ankara piyasasında satışa sunulan ambalajlı eritme peynirlerinde AFM1 düzeyleri araştırılmıştır. Bu amaçla araştırma kapsamında Aralık 2021-Ocak 2022 tarihleri arasında 83 adet ambalajlı eritme peyniri, Ankara piyasasında eritme peyniri satışı yapan perakendecilerden ve toptancılardan her biri farklı markalardan olmak üzere bizzat araştırmacılar tarafından toplanmıştır.

Örneklem sayısının belirlenmesinde G*Power 3 programı kullanılmış ve %80 güven aralığında 60 numuneye ulaşılmasının yeterli olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, Ankara piyasasında bulunan küçük, orta ölçekli ve zincir marketlerde bulunan diğer eritme peynirlerin de dahil edildiği evren içinden, belirlenen numune sayısına göre örnekleme yapılarak numuneler toplanmıştır. Toplanan eritme peynirlerin etikette belirtilen tarihe göre raf ömrünün ilk 2/3’lük diliminde olmasına dikkat edilerek ve aynı parti numarasından yalnızca bir numune alınarak analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya dahil edilen eritme peynirlerin üretim tarihi beyanı ambalaj üzerinde yer almadığı için üretim tarihine göre bir dahil edilme/dışlama kriteri belirlenmemiştir. Ankara piyasasında satışa sunulan ambalajlı eritme peynirlerinin tost peynirleri, burger peynirleri, krem peynirler, üçgen peynirler ve bazı markaların ürettiği dil, örgü vb. diğer peynirlerden oluştuğu tespit edilmiş olup bu peynirler üretici firma beyanı dikkate alınarak eritme peynir kategorisine dâhil edilmiştir. Araştırma kapsamında alınan eritme peyniri örneklerinin çeşitleri Tablo 1’de belirtilmiştir. Piyasadan toplanan 83 numune, AFM1 analizi yapılana kadar 4°C’de depolanarak, en fazla 15 gün içinde analiz edilmesi sağlanmıştır.

Tablo 1. Araştırma kapsamında değerlendirilen farklı markalardaki ambalajlı eritme peynir çeşitleri

Eritme Peynirleri	Alınan Örnek Sayısı
Tost peynirleri	32
Burger peynirleri	7
Krem peynirler	17
Üçgen peynirler	11
Diğer peynirler	16
TOPLAM	83

Aflatoksin M1 Analizleri

Çalışmada, AFM1 analizinde kantitatif ELISA yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada ambalajlı eritme peynirlerdeki AFM1 düzeylerini tayin etmede HELICA Aflatoxin M1 kiti kullanılmıştır.

Eritme peynirlerden alınan 1 gram numune falkon tüpleri içine alınarak 5 mL dilüe edilmemiş metanol eklenerek 5 dk boyunca karıştırılmıştır. Daha sonra metanol ile karışmış olan eritme peyniri numunesi 5000 g'de 5 dakika boyunca santrifüj edilerek berraklaştırılmasını takiben süpernatant çıkarılmıştır. Bu süpernatantın 0.5 mL'si bir cam tüpe transfer edilmiştir. İçeriğindeki metanol hava akımıyla buharlaştırılmıştır. Bu prosedür, tüpün iç kısmında yarı katı viskoz bir materyalin birikmesiyle sonuçlanmıştır. Elde edilen bu numunenin 2 x 200 µl'si ELISA analizinde kullanılmıştır. ELISA test aşamaları üretici prosedürüne (Helica Biosystems, Inc.) uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Numuneler dublike çalışılmıştır. Mikroplaka absorbans okuyucu kullanılarak her bir kuyunun optik yoğunluğu (OD) 450 nm'de okunarak kaydedilmiştir. Bu amaçla Magellan veri toplama yazılımı kullanılmıştır (12).

Verilerin İstatistiksel Değerlendirmesi

Farklı eritme peynir numunelerindeki AFM1 insidansına ilişkin veriler tanımlayıcı istatistiklerle analiz edilmiştir. Tanımlayıcı veriler sunulurken merkezi eğilim ölçütlerinden ortalama, medyan; sayı ve yüzde değerlendirmelerinden; yayılım

ölçütlerinden ise standart sapma ve çeyrek değerler arası genişlik (IQR) ölçütlerinden yararlanılmıştır. Parametrik koşullar sağlanmadığı için, bağımsız gruplar arasındaki parametrelerin istatistiksel olarak farklılıkları değerlendirilirken Kruskal Wallis testi ve çoklu grup karşılaştırmalarında post hoc testlerinden Tamhane's T2 testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık için 0.05 ve 0.01 anlamlılık düzeyleri kullanılmıştır.

BULGULAR

Eritme peynirlerdeki AFM1 düzeylerine ilişkin değerler Tablo 2'de peynir çeşitlerine göre verilmiştir. Eritme peynirlerde ortalama 14.42±12.69 ppt AFM1 düzeyleri olduğu tespit edilmiştir. En yüksek değer 76.11 ppt olduğu bulunurken en düşük değerin ise 0.35 ppt olduğu bulunmuştur. Eritme peynir çeşitlerine göre AFM1 düzeylerine bakıldığında ise tost peynirlerinde (18.82±16.43) krem (8.13±5.64) ve üçgen peynirler (6.69±3.49) ile karşılaştırıldığında anlamlı derecede daha yüksek AFM1 bulunduğu, dil vb diğer peynirlerde (19.79±10.06) ise burger (9.40±4.16), krem (8.13±5.64) ve üçgen peynirlerden (6.69±3.49) daha yüksek düzeyde AFM1 olduğu saptanmıştır (p<0.05).

Tablo 2. Eritme peynirlerdeki aflatoksin M1 düzeyleri (ppt)

Eritme Peynirler	$\bar{X} \pm SS$	M (IQR)	Alt Değer	Üst Değer
Tost peynirleri	18.82±16.43 ^{a,c}	18.61 (14.0)	0.35	76.11
Burger peynirleri	9.40±4.16 ^{a,b}	10.43 (4.07)	2.08	15.58
Krem peynirler	8.13±5.64 ^b	6.85 (7.15)	4.17	18.99
Üçgen peynirler	6.69±3.49 ^b	7.28 (5.26)	3.16	11.70
Diğer peynirler	19.79±10.06 ^c	21.38 (13.63)	3.78	37.68
Eritme peynirler	14.42±12.69	10.78 (14.61)	0.35	76.11

^{a, b, c} Gruplar arasındaki istatistiksel olarak farkları p<0.05 anlamlılık düzeyinde ifade etmektedir.

Tablo 3. Eritme peynirlerdeki aflatoksin M1 düzeylerinin mevzuat limitini aşma durumu

Eritme Peynirler	$\bar{X} \pm SS$ (µg/kg)	M (IQR) (µg/kg)	AFM1 > 0.05 µg/kg Numune sayısı (%)
Tost peynirleri	0.019±0.016	0.019 (0.01)	1 (1.2)
Burger peynirleri	0.001±0.004	0.010 (0.00)	-
Krem peynirler	0.008±0.006	0.007 (0.01)	-
Üçgen peynirler	0.007±0.003	0.007 (0.01)	-
Diğer peynirler	0.019±0.010	0.021 (0.01)	-
Eritme peynirler	14.42±12.69	10.78 (14.61)	76.11

^{a, b, c} Gruplar arasındaki istatistiksel olarak farkları p<0.05 anlamlılık düzeyinde ifade etmektedir.

Mevzuata göre süt ürünlerinde bulunmasına izin verilen AFM1 üst değeri 0.05 µg/kg (50 ppt) göz önünde bulundurularak eritme peynir çeşitlerinde bu limitleri aşan numuneler Tablo 3'te sunulmuştur. Yalnızca tost peynirlerinden bir adet numunenin (%1.2) mevzuat limitini aştığı belirlenmiştir.

TARTIŞMA

Yeterli ve dengeli beslenmenin önemli parametrelerinden birisi olan süt ve süt ürünleri tüketiminin sağlıklı beslenen ülkelerde yüksek olmasının yanı sıra ülkeler için bir gelişmişlik göstergesi olduğu da ifade edilmektedir (13). Yapılan çalışmalarda ülkemizde en çok tüketilen süt ürünlerinin yoğurt ve peynir olduğu bildirilmektedir (8,14). Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması-2017 verilerine göre peynir (41.9 g/gün) en çok tüketilen süt ürünü olan yoğurttan sonra ikinci sırada yer almıştır (15). Süt üretiminin önemli bir kısmının peynir sektörüne ayrıldığı ve tüketici kitlesinin her gruptan insanı kapsadığı düşünüldüğünde peynir üretiminde, gıda kalite standartları ve gıda güvenliğine uygunluğunun denetlenmesi ve hassasiyetle takip edilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Özellikle peynirin kaliteli bir süttten elde edilmesi gerekliliği yanında, sütte toksin oluşturan küf kontaminasyonu riskinin de bulunmaması gerekmektedir (16).

Sütün kazein fraksiyonu için AFM1'in tercihli afinitesi göz önüne alındığında, peynir üretimi sırasında pıhtıda yüksek toksin konsantrasyonu oluşması açısından risk olduğu bildirilmiştir (17). Peynirde AFM1 konsantrasyonunun süt ile karşılaştırıldığında 3-5 kat daha yüksek olduğu (5) hayvanların kontamine yemlerden maruz kaldığı AFB1'in yaklaşık %0.3-6.2'sinin AFM1'e metabolize edilerek süte geçtiği, bu oranların mevsimsel olarak değişkenlik gösterdiği ve çevresel koşullardan da etkilendiği ortaya konulmuştur (18). Kış mevsiminde yapılan bir çalışmada, inek sütlerinde ortalama 0.089±0.004 µg/L AFM1 olduğu gösterilmiştir (19). Bu çalışmada, Ankara ilinde satışa sunulan eritme peynirleri AFM1 içeriği yönünden araştırılarak kış mevsiminde satışa

sunulan peynirlerdeki konsantrasyon düzeyleri araştırılmıştır. Kış mevsiminde satışa sunulan eritme peynirlerin ortalama 14.42±12.69 ppt (0.014±0.013 µg/kg) düzeyinde AFM1 içerdiği bulunmuştur. Çalışma kapsamında değerlendirilen eritme peynirlerinin tamamı ambalajlı ürünlerden seçilmiştir. Bununla birlikte etiket bilgilerinde üretim sezonu ile ilgili net bir bilgiye ulaşılamamıştır.

AFM1 düzeylerini belirleme yöntemleri arasında sıklıkla kullanılanlar ince tabaka kromatografisi (thin layer chromatography-TLC), yüksek performanslı sıvı kromatografisi (high performance liquid chromatography-HPLC) ve ELISA (enzyme-linked immuno sorbent assay) olarak sıralanmaktadır. ELISA, hızlı ve basit olması, maliyet etkinliği gibi çeşitli avantajları sebebiyle rutin tarama için sıklıkla kullanılmakta ve peynirdeki AFM1 konsantrasyonlarının analizi için yararlı ve güvenilir bir yöntem olarak belirtilmektedir (20,21). Bu çalışmada da peynirlerin AFM1 içeriklerinin değerlendirilmesinde diğer çalışmalara benzer olarak (22-27) ELISA yöntemi kullanılmıştır.

Peynirlerde AFM1 bulunmasının nedenleri arasında peynirin yapıldığı sütte AFM1 kalıntısı olması, *Aspergillus* spp. gibi küflerin peynir üzerinden üreyerek aflatoksin üretmesi, peynir üretiminde kullanılan sütü zenginleştirmede kullanılan süt tozunda AFM1 varlığıdır (28,29). Peynir üretimi aşamasında uygulanan depolama ve olgunlaştırma gibi aşamalardan ise AFM1 düzeyinin etkilenmediği pek çok çalışmada gösterilse de (30-32) olgunlaşma aşamasında ortalama %9.8 oranında AFM1 konsantrasyonunda azalma olduğu da gösterilmiştir (33). Gurbay ve ark. (34) tarafından Ankara'da yapılan bir çalışmada üretim teknolojisi olgunlaştırma işlemi uygulanmış olan 39 peynirde AFM1 içerikleri araştırılmıştır. Bu peynirlerin 11 tanesinde AFM1 saptanmış olup konsantrasyonunun ise 0.078-0.188 µg/kg arasında değiştiği gösterilmiştir. Çalışmamızda, eritme peynirlerinde AFM1 düzeyleri ortalama 14.42±12.69 ppt olarak tespit edilmiş, en yüksek değerin 76.11 ppt, en düşük değerin ise 0.35 ppt olduğu bulunmuştur. Çalışmada herhangi bir olgunlaşma

prosedürü uygulanmamış eritme peynirlerinin analiz edilmiş olması, çalışma sonucunda elde edilen AFM1 varlığının peynir üretiminin yapıldığı sütün kontaminasyonundan kaynaklı olduğunu düşündürmektedir. Bu nedenle eritme peynir yapımında kullanılan hammaddenin sadece bakteriyolojik yönden değil küf kontaminasyonu yönünden de değerlendirilmesi güvenli gıda üretiminde bir gerekliliktir ve gıda kontrollerinde aflatoksin kontrolüne yönelik de denetimlerin yürütülmesi önemlidir.

Türkiye’de diğer birçok ülkede olduğu gibi gıdalarda aflatoksin kontaminasyonu ile ilgili yasal kısıtlamalar vardır. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği’ne göre AFM1 için belirlenen limitler Avrupa Komisyonu ile uyumlu olup izin verilen maksimum seviye süt ve bebek mamasında sırasıyla 0.05 µg/kg ve 0.025 µg/kg olarak bildirilmiştir (4). İtalya’da yapılan bir çalışmada inek sütlerinin %44’ünün Avrupa Komisyonu tarafından belirlenen limitleri aştığı ve ortalama 0.056 µg/L mikotoksin içerdiği bulunurken Türkiye’de UHT sütler üzerinden yapılan bir çalışmada %31’inin mevzuat limitlerini aştığı ve ortalama 0.067 µg/L mikotoksin içerdiği bulunmuştur. Aynı çalışmada kaşar peynirlerinde mevzuat limitlerini aşanların oranı %27.3 olarak tespit edilirken AFM1 konsantrasyonunun ortalama 0.050 µg/L olduğu bildirilmiştir (25). Brezilya’da yapılan bir çalışmada peynirlerdeki AFM1 düzeylerinin 0.02-6.92 µg/kg düzeylerinde olduğu gösterilmiştir (35). Türkiye’de yapılan çalışmalarda AFM1 konsantrasyon düzeyleri açısından mevzuat limitlerini aşan kaşar peynirleri %13-33 arasında bulunmuştur (24,36-38). Türkiye’de çeşitli peynirlerde yapılan diğer çalışmalarda, peynirlerin %65-89.5’inin mevzuat limitini aştığı gösterilmiştir (22-27). Avrupa ülkeleri ve Amerika’daki mikotoksin ilişkili mevzuatları değerlendiren bir yayında, krem peynirler örneklerinin %19.1’inin mevzuat kritik limitlerinin üzerinde AFM1 içerdiği bildirilmiştir (39). Çalışmamızda 83 adet eritme peyniri değerlendirilmiş ve peynirlerin tamamında AFM1’in tespit edildiği ancak mevzuat üzerinde AFM1 konsantrasyonuna sahip peynir oranının

%1.2 olduğu gösterilmiştir. Diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında belirlenen konsantrasyonlardaki farklılıkların sebeplerinin hijyen uygulamaları, depolama prosedürlerindeki farklılıklar, mevsimsel değişiklikler gibi faktörlere bağlı değişiklik gösterilebileceği söylenebilir.

Ankara’da satışa sunulan eritme peynirlerinin AFM1 varlığı ve konsantrasyonları hakkında durum saptamasına yönelik veri sağlayıcı nitelikte olan bu çalışma sonuçlarına göre, analiz edilen örneklerin AFM1 düzeylerinin tamamına yakınının mevzuata uygun olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, aflatoksinlerin sağlık üzerine olumsuz etkileri nedeniyle izlenebilirliğin önemli olduğu, gıdaların ve hayvan yemlerinin üretimden tüketime kadar her aşamasında aflatoksin yönünden analitik yöntemlerle değerlendirilerek kontrollerinin sağlanması gerektiği, toplumdaki duyarlı gruplardan biri olan bebek ve çocukların besin örüntüsünde süt ve süt ürünlerinin daha fazla miktarlarda tüketildiği düşünüldüğünde AFM1 maruziyetine ilişkin ileri çalışmaların yürütülmesi gerekliliği önerilmektedir.

Yazarlık katkısı • Author contributions: Çalışmanın tasarımı: SB, HM, SK; Çalışma verilerinin elde edilmesi: SB, HM, SK; Verilerin analiz edilmesi: HM; Makale taslağının oluşturulması: HM, SK, SB; İçerik için eleştirel gözden geçirme: SB; Yayınlanacak versiyonun son onayı: HM, SK, SB. • Study design: SB, HM, SK; Data collection: SB, HM, SK; Data analysis: HM; Draft preparation: HM, SK, SB; Critical review for content: SB; Final approval of the version to be published: HM, SK, SB.

Çıkar çatışması • Conflict of interest: Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler. • The authors declare that they have no conflict of interest.

Teşekkür • Acknowledgement: Yazarlar, çalışmanın yürütülmesi sırasındaki desteklerinden ötürü Samet Ece’ye ve Diagen Biyoteknolojik Sistemler A.Ş.’ye teşekkür eder. • The authors thank Samet Ece and Diagen Biyoteknolojik Sistemleri A.Ş. for their support during the conduct of the study.

KAYNAKLAR

1. Shuiba NS, Makahleh A, Salhimid SM, Saada B. Determination of aflatoxin M1 in milk and dairy products using highperformance liquid chromatography-fluorescence with post columnphotochemical derivatization. *J Chromatogr A*. 2017;1510:51-6.
2. International Agency for Research on Cancer (IARC). Aflatoxins. IARC Monograph on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon; World Health Organization, IARC;2002: 171-300.
3. Prandini A, Tansini G, Sigolo S, Filippi L, Laporta M, Piva G. On the occurrence of aflatoxin M1 in milk and dairy products. *Food Chem Toxicol*. 2009;47:984-91.
4. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. Ankara; 2011.
5. Iqbal SZ, Asi MR, Jinap S. Variation of aflatoxin M1 contamination in milk and milk products collected during winter and summer seasons. *Food Control*. 2013;34:714-8.
6. Bakırcı İ. A study on the occurrence of aflatoxin M in milk and milk M in white cheese and butter consumed in İstanbul, Turkey. *Food Control*. 2001;12:47-51.
7. Dağoğlu G, Keleş O, Yıldırım M. Peynirlerde aflatoksin düzeylerinin ELISA testi ile araştırılması. *İ Ü Vet Fak Derg*. 1995; 21(2):313-7.
8. Şahinöz S, Özdemir M. Üniversite öğrencilerinin süt ve süt ürünleri tüketim alışkanlıkları ve etkileyen faktörler. *GÜSBD*. 2017;6(4):106-12.
9. Doruk İ. Farklı Proses Tekniklerinin Eritme Peyniri Yapımında Ürün Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi [Yüksek Lisans tezi]. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ; 2018.
10. Üçüncü M. A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi (Cilt: I). İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri; 2004. s. 50-80.
11. Boran OS. Yağı azaltılmış eritme peyniri üretiminde inülin kullanımıyla peynirin fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi [Yüksek Lisans tezi]. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Malatya; 2012.
12. Helica Biosystems Inc. Aflatoxin M1 ELISA Quantitative catalog For the quantitative detection of Aflatoxin M1 in milk, milk powder and cheese. Available at: <https://www.hygiena.com/wp-content/uploads/2021/02/Helica-Aflatoxin-M1-Low-Matrix-High-Sensitivity-ELISA-Kit-Insert.pdf> Accessed April 7, 2022.
13. Çetinkaya, A. Kafkas Üniversitesi öğrencilerinin içme sütü ve süt ürünlerini tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Vet Bil Derg*. 2010;5(2):73-84.
14. Uzunöz M, Gülşen M. Üniversite Öğrencilerinin Süt ve Süt Ürünleri Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*. 2007;3:15-21.
15. T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü. Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA). Ankara; 2019.
16. Bulca S, Bircan C. Peynirlerde aflatoksin M1 varlığı ve aflatoksin M1 konsantrasyonu üzerine etki eden faktörler. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2013;10(1):31-8.
17. Sengun IY, Yaman DB, Gonul SA. Mycotoxins and mould contamination in cheese: a review. *World Mycotoxin J*. 2008;1(3):291-8.
18. Unusan N. Occurrence of aflatoxin M1 in UHT milk in Turkey. *Food Chem Toxicol*. 2006;44(11):1897-900.
19. Asi MR, Iqbal SZ, Ariño A, Hussain A. Effect of seasonal variations and lactation times on aflatoxin M1 contamination in milk of different species from Punjab, Pakistan. *Food Control*. 2012;25(1):34-8.
20. Colak H, Hampikyan H, Ulusoy B, Ergun O. Comparison of a competitive ELISA with an HPLC method for the determination of aflatoxin M1 in Turkish White, Kasar and Tulum cheeses. *Eur Food Res Technol*. 2006;223(6):719-23.
21. Fallah AA, Jafari T, Fallah A, Rahnama M. Determination of aflatoxin M1 levels in Iranian white and cream cheese. *Food Chem Toxicol*. 2009;47(8):1872-5.
22. Oruc HH, Sonal S. Determination of aflatoxin M1 levels in cheese and milk consumed in Bursa, Turkey. *Vet Hum Toxicol*. 2001;43(5):292-3.
23. Aycicek H, Yarsan E, Sarimehmetoglu B, Cakmak O. Aflatoxin M1 in white cheese and butter consumed in İstanbul, Turkey. *Vet Hum Toxicol*. 2002;44(5):295-6.
24. Sarimehmetoglu B, Kuplulu O, Celik TH. Detection of aflatoxin M1 in cheese sample by ELISA. *Food Control*. 2004;15(1):45-9.
25. Tekinşen KK, Eken HS. Aflatoxin M1 levels in UHT milk and kashar cheese consumed in Turkey. *Food Chem Toxicol*. 2008;46(10):3287-9.
26. Var I, Kabak B. Detection of aflatoxin M1 in milk and dairy products consumed in Adana, Turkey. *Int J Dairy Technol*. 2009;62(1):15-8.
27. Ardic M, Karakaya Y, Atasever M, Durmaz H. Determination of aflatoxin B1 levels in deep-red ground pepper (isot) using immunoaffinity column combined with ELISA. *Food Chem Toxicol*. 2008;46(5):1596-9.

28. Lopez C, Ramos L, Ramadan S, Bulacio L, Perez J. Distribution of aflatoxin M1 in cheese obtained from milk artificially contaminated. *Int J Food Microbiol.* 2001;64(1-2):211-5.
29. Kamkar A, Karim G, Aliabadi FS, Khaksar R. Fate of aflatoxin M1 in Iranian white cheese processing. *Food Chem. Toxicol.* 2008;46(6):2236-8.
30. Van Egmond HP, Paulsch WE, Veringa HA, Schuller PL. The effect of processing on the aflatoxin M1 content of milk and milk products. *Arch Inst Pasteur Tunis.* 1977;54:381-90.
31. Govaris A, Roussi V, Koidis PA, Botsoglou NA. Distribution and stability of aflatoxin M1 during processing, ripening and storage of Teleme cheese. *Food Addit Contam.* 2001;18(5):437-43.
32. Oruc HH, Cibik R, Yilmaz E, Gunes E. Fate of aflatoxin M1 in Kashar cheese. *J Food Saf.* 2007;27(1):82-90.
33. Colak H. Determination of aflatoxin M1 levels in Turkish White and Kashar cheeses made of experimentally contaminated raw milk. *J Food Drug Anal.* 2007;15(2):163-8.
34. Gurbay A, Engin AB, Caglayan A, Sahin G. Aflatoxin M1 levels in commonly consumed cheese and yogurt samples in Ankara, Turkey. *Ecol Food Nutr.* 2006;45(6):449-59.
35. Prado G, Oliveira MS, Pereira ML, Abrantes FM, Santos LG, Veloso T. Aflatoxin M1 in samples of "Minas" cheese commercialized in the city of Belo Horizonte-Minas Gerais/Brazil. *Ciência e Tecnologia de Alimentos.* 2000;20:398-400.
36. Aycicek H, Aksoy A, Saygi S. Determination of aflatoxin levels in some dairy and food products which consumed in Ankara, Turkey. *Food Control.* 2005;16(39):263-6.
37. Günşen U, Büyükyörük I. Piyasadan temin edilen taze kasar peynirlerinin bakteriyolojik kaliteleri ile aflatoxin M1 düzeylerinin belirlenmesi. *Turk J Vet Anim Sci.* 2003;27(4):821-5.
38. Yapar K, Elmalı M, Kart A, Yaman H. Aflatoxin M1 levels in different type of cheese products produced in Turkey. *Med Weter.* 2008;64(1):53-5.
39. Creppy EE. Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. *Toxicol Lett.* 2002;127(1-3):19-28.