

Karabük İlinde Manda Sütlerinde Aflatoksin M1 Düzeylerinin Belirlenmesi

İlkay BURAN^{1*}, Mehmet ÖZDEMİR²¹ Karabük Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, Karabük, Türkiye² Karabük Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı, Karabük, Türkiye

Öz: Sütlerde kalıntı şeklinde bulunan AFM1 insanlarda büyüme bozukluğuna, bağışıklık sisteminin baskılanmasına ve kanser meydana gelmesine sebep olmaktadır. Bu çalışma, çiğ manda sütlerinde AFM1 konsantrasyonlarını izlemek, Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği ve Avrupa standartları tarafından belirlenen maksimum izin verilen sınırlarla karşılaştırmak amacıyla yapılmıştır. Karabük merkez, Eflani, Safranbolu ve Yenice ilçelerinde bulunan aile tipi küçük süt işletmelerinden Kasım 2023 ve Ocak 2024 tarihleri arasında 90 adet manda sütü örnekleri materyal olarak toplanmıştır. Çalışmada, 90 adet çiğ manda sütü örneklerinde ELISA yöntemi ile AFM1 varlığı analiz edilmiştir. Çiğ manda sütü örneklerinin tamamında AFM1 miktarı Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'nde belirtilen 0.05 µg/kg (50 ng/L) maksimum yasal limitin altında olduğu tespit edilmiştir. Karabük merkez ve ilçe bazında toplanan örneklerde kendi içinde istatistikî yönden farklılık önemli görülmüş olup Yenice ilçesi AFM1 seviyesi (2.18 ng/L) ortalama olarak daha yüksek değerde bulunmuştur ($p<0.05$). Hayvan yemlerinde ve sütlerde aflatoksin miktarlarının sıkı kontrol-izleme programları ile takip edilmesi gıda güvenliği ve toplum sağlığı açısından önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Çiğ manda sütü, Aflatoksin M1, ELISA testi, Karabük**Determination of Aflatoxin M1 Levels in Buffalo Milk in Karabük Province**

Abstract: AFM1, which is found in milk as residue, causes growth retardation, immune system suppression and cancer in humans. This study was conducted to monitor AFM1 concentrations in raw buffalo milk and compare them with the maximum permissible limits determined by the Turkish Food Codex regulation and European standards. Buffalo milk samples were collected as material from family-type small dairy farms located in Karabük center, Eflani, Safranbolu and Yenice districts between November 2023 and January 2024. In the study, the presence of AFM1 was analyzed in 90 raw buffalo milk samples by ELISA method. It was determined that the amount of AFM1 in all raw buffalo milk samples was below the maximum legal limit of 0.05 µg/kg (50 ng/L) specified in the Turkish Food Codex Regulation. The difference in the samples collected from Karabük center and districts was found to be statistically significant, and the AFM1 level (2.18 ng/L) in Yenice district was found to be higher on average ($p<0.05$). It is recommended that aflatoxin levels in animal feeds and milk be monitored with strict control-monitoring programs in terms of food safety and public health.

Keywords: Raw buffalo milk, Aflatoxin M1, ELISA test, Karabük**GİRİŞ**

Temel bir besin kaynağı olan süt tüketimi insan nüfusunun sürekli artışına paralel olarak artmaktadır. Süt ve süt ürünleri, yaşamın her aşamasında insan sağlığı için son derece önemli bir besindir. Süt ve süt ürünlerinin mikotoksinler dahil kalıntı şeklinde zararlı maddeler içermemesi gerekir. Mikotoksinler, mantar aktivitesi sonucu üretilen ikincil metabolitlerdir. Nem ve sıcaklık koşulları nedeniyle küf ve toksinler, dünyanın diğer kuru bölgelerine kıyasla tropikal ve subtropikal bölgelerde yaygın bir şekilde gıda maddelerinde üremektedir (Pizzutti ve ark., 2014). Bu nedenle, bu tür toksinler mısır, pirinç, buğday, soya fasulyesi, arpa ve mısır gibi çeşitli tarıma dayalı ürünlerde bulunur. Bunun dışında mantar büyümesi hasat, toplama, taşıma ve işlemeyi içeren tüm üretim süreci boyunca aktif kalır (Alborzi ve ark., 2006; Kabak ve ark., 2012). Mikotoksinler aflatoksinler, okratoksinler, fumonisinler, patulin, trikotesenler ve zearalenon gibi ana grupları içeren geniş bir ailenin parçasıdır (İqbal ve ark., 2014) ancak bunlar arasında insan sağlığı ve tarımsal ekonomi açısından en büyük öneme sahip olanı aflatoksin grubudur (Kumar ve ark., 2021).

Aflatoksinler (AF), esas olarak *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* ve nadiren *Aspergillus nominus* tarafından üretilen düşük molekül ağırlıklı ikincil metabolitler olarak salınır. Ayrıca çeşitli tarım ürünleri, gıda maddeleri ve mahsuller aflatoksinlerle kontamine olabilir. Küflü yem ve yem ham maddeleri ile hayvanlar tarafından alınan bu toksinler biyotransformasyon yoluyla hayvansal ürünlerde bulunabilirler (Creppy, 2002). Kontamine gıda maddeleri ile beslenen insanlarda önemli sağlık riskleri oluşturmaktadır. Gıda güvenliği açısından en önemli mikotoksinler *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* tarafından üretilen aflatoksinler AFB1, AFB2, AFG1 ve AFG2'dir. Bu toksinler hayvanlar ve insanlar için akut ve kronik toksinler olarak kategorize edilir (da Rocha, 2014). Olumsuz etkileri göz önüne alındığında, hayvanlar AFB1'e insanlara kıyasla ciddi

***Sorumlu Yazar:** ilkayburan@karabuk.edu.tr**Geliş Tarihi:** 5 Kasım 2024**Kabul Tarihi:** 19 Mart 2025

Bu çalışma KBÜBAP-23-DS-127 kod numaralı proje kapsamında Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir.

şekilde maruz kalmaktadır. Hayvanlar AFB1 ile kirlenmiş yem tükettiklerinde, hepatik mikrozomal karma işlevli oksidaz sistemi tarafından biyotransformasyonla sütle atılan AFM1'e dönüşür (Ghanem ve Orfi, 2009, Kos ve ark., 2014). AFM1 kalıntılarının çiğ ve işlenmiş sütte varlığı yeterince stabildir, bu nedenle süt toksinleri olarak bilinirler (Mohammadi, 2011). Sütteki AFM1 kontaminasyon seviyesini; hayvanların türü, sağım şekli ve dönemi, laktasyon süreci ve toplanan süt miktarı, coğrafi konum ve mevsimsel dönem belirler. Yaz mevsimi döneminde yeşil ve taze otlarla beslenme hem yemlerde AFB1 düzeyinin azalmasına hem de çiğ sütlerde AFM1 düzeyinde azalmaya sebep olmaktadır (Galvano ve ark., 1996; Creppy, 2002).

Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) 1993 yılında AFB1'i en akut ve son derece toksik bir bileşik olan kanserojen olarak tanımlamıştır (IARC, 1993). Ayrıca, AFM1, aflatoksin B2 ve G1 ile insanlarda DNA hasarı, gen mutasyonları, kromozomal anomaliler, immünoşüpresyon ve hücre dönüşümüne neden olabilir (Iqbal, 2014; Zinedine ve ark., 2007).

AFM1, pastörizasyon veya ultra yüksek sıcaklık (UHT) işlemleri sırasında bozulmaz; bu nedenle, gıda düzenleme otoriteleri tarafından belirlenen maksimum kalıntı seviyelerine uygun olarak çiğ süt ve işlenmiş süütün etkili bir şekilde kontrol edilmesi önemli hale gelir. AFM1 için yasal sınır Codex Alimentarius'ta 500 ng/kg, Avrupa Komisyonu'nun (EC) maksimum kalıntı sınırı, süt ürünlerindeki AFM1 konsantrasyonu için 50 ng/kg ve süt bazlı bebek mamaları için 25 ng/kg'dır (EC, 2006). Suriye (200 ng/L), ABD, Çin ve Brezilya gibi diğer ülkelerdeki maksimum kalıntı seviyeleri daha yüksektir (FAO, 2003). ABD'de (FDA, 2005), Çin'de (Xiong ve ark., 2013) ve Brezilya'da (Shundo ve ark., 2009) 500 ng/L'dir. Türkiye'de toplam aflatoksin M1 miktarı karma yemlerde maksimum 50 ppb ile olurken, aflatoksin M1 için limit değerler Türk Gıda Kodeksi (TGK) Yönetmeliği kapsamında sütlerde maksimum 0.05 ppb, peynirde 0.25 ppb iken, bebek mamalarında 0.02 ppb olarak bildirilmiştir (Yurt ve Uluçay, 2017).

Süütün AFM1 kontaminasyonu önemli bir endişe kaynağıdır. Süt ve süt ürünleri insan diyetinde önemli bir yere sahiptir ve bir yandan daha büyük diyet alımı/vücut ağırlığı oranı, daha düşük detoksifikasyon kabiliyetleri nedeniyle özellikle savunmasız olan bebekler ve çocuklar tarafından, diğer yandan bağışıklık ve metabolik sistemleri aflatoksin M1'in toksik etkisine daha duyarlı olan yaşlı insanlar tarafından çok fazla tüketilmektedir (Fakhri ve ark., 2019). Üstelik AFM1

nispeten ısıya dayanıklıdır ve süt endüstrisinde kullanılan ısı işlem (pastörizasyon 72–75 °C veya ultra yüksek sıcaklıkta işleme (UHT 120–150 °C) ve diğer teknolojiler (membran ayırma teknolojileri) AFM1'i önemli ölçüde azaltmaz veya etkisiz hale getirmez (Prandini ve ark., 2009). AFM1 yoğurt, peynir, süt tozu, dondurma ve normal krema dahil olmak üzere süt ve süt ürünlerinde bulunur. Aynı zamanda, süt ve süt ürünleri bebek beslenmesinde önemli bir rol oynadığından aflatoksin kontaminasyonu halk sağlığı açısından aşırı derecede kritiktir (Galvano ve ark., 1996). Bu nedenle çocuklar yetişkinlerden aflatoksinlere karşı daha hassas grupta değerlendirilmektedir.

Bu araştırma tüketiciler için sağlık tehlikesi riskini tahmin etmek amacıyla, Karabük merkez ve ilçelerinde yetiştiriciliği yaygın olan işlenmemiş manda sütü örneklerindeki AFM1 kontaminasyonunu değerlendirmek için ilk çalışma özelliğini taşımaktadır. Karadeniz ikliminden karasal iklime geçiş sahasındaki Karabük, süt mandası yemine AFB1'in artmasına ve bunun sonucunda da sütte AFM1 konsantrasyonlarının yükselmesine neden olabilir. Bu amaçla çalışmanın kapsamı Karabük merkez ve ilçelerinde sonbahar, kış mevsimlerinde çiğ manda sütlerinde AFM1 konsantrasyonlarını izlemek, TGK yönetmeliği ve Avrupa standartları tarafından belirlenen maksimum izin verilen sınırlarla karşılaştırmak ve bu süt ürünleriyle ilişkili gıda güvenliği etkilerine ışık tutmaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Karabük il ve ilçelerinde bulunan aile tipi küçük süt işletmelerinden Kasım 2023 ve Ocak 2024 tarihleri arasında 90 adet çiğ manda sütü örnek materyal toplanması gerçekleştirilmiştir. Süt örneklerinin temin edilmesinde Karabük merkez, Safranbolu, Yenice ve Eflani ilçelerinde yerinde tespit yapmak kaydıyla Çizelge 1'de verilen bilgiler ışığında 3,5 yaş üzeri sağlıklı dişi sağmal olan mandalar seçilmiştir. Ovacık ve Eskipazar ilçelerinde sağım şartlarına uygun mandalar bulunamadığından örnekleme bu ilçeler çalışmaya dahil edilememiştir. Örnek seçimi Karabük merkez ve ilçelerinde 1139 manda içinden dişi ve laktasyon döneminde olan mandalar arasından olmuştur. Süt örnekleri steril kapaklı falkon tüpler (50 mL) içerisinde toplandıktan sonra +4 °C'lik soğuk zincir altında Karabük Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı laboratuvarlarına getirilerek -20 °C'de muhafaza edilmiştir.

Çizelge 1.Karabük il geneli hayvan varlığının ilçelere göre dağılımı (Anonim, 2023a)

	Sığır			Manda	Toplam
Merkez/İlçeler	Kültür	Melez	Yerli		
Eflani	1215	11112	1011	184	13522
Eskipazar	2419	9190	6	60	11675
Merkez	1445	2201	873	127	4646
Ovacık	565	2390	565	21	3541
Safranbolu	704	8043	489	184	9420
Yenice	390	4953	971	563	6877
Genel Toplam	6738	37889	3915	1139	49681

Yöntem

Örneklerin Hazırlanması

Homojen olarak karıştırılmış her bir süt örneğinden 5 ml süt alınarak 10°C'de, 3500 devirde 10 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Analiz kitinde yer alan bilgiler ışığında santrifüj sonrası ayrılan süpernatantdan örnek alımı gerçekleştirilmiştir.

Örneklerin Analiz Edilmesi:

Süt örneklerinde AFM1 düzeyi ELISA yöntemi ile ROMER LABS tarafından verilen prosedüre göre Elisa Test Kiti (AgraQuant® Aflatoksin M1, High Sensitivity 10002120) kullanılarak tespit edilmiştir (Hizo ve ark., 2024). Farklı konsantrasyonlarda AFM1 içeren standart solüsyonlar (0, 5, 10, 25, 50, 100 ppt) ve hazırlanan süt örneklerinin her birinden otomatik pipet yardımı ile 100 µL ELISA kuyucuklarına aktararak oda sıcaklığında 45 dk bekletilmiştir. İnkübasyon sonunda kuyucuklar yıkama solüsyonu ile beş kez yıkanmıştır. Bu kuyucukların her birine 100 µL konjugat ilave edilerek 15 dk oda koşullarında inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrası yıkama işlemi tekrar edilmiştir. Tüm kuyucuklara sırayla 100 µl substrat 8 uçlu pipet yardımıyla pipetlendikten sonra nazikçe karıştırılarak 15 dakika oda ısısında ve karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonrasında her bir kuyucuğa 100 µl stop solüsyonu ilave edilerek iyice karıştırılıp ELISA kiti 450 nm'de 60 dakika içinde okutularak sonuçlar Romer Labs Spreadsheet ile değerlendirilmiştir. AgraQuant® Aflatoksin M1, Elisa Test kitinin tespit limiti 5 ng/L ve özgülüğü aflatoxin M1 için %100 olarak belirtilmiştir.

İstatistiksel değerlendirmeler

AFM1 miktarı kantitatif ölçüm limitlerine göre pozitif örnekler istatistiksel analizler yönünden değerlendirmeye alınmıştır. Çiğ süt örneklerin AFM1 miktarlarının istatistiksel açıdan karşılaştırılmasında analiz yapılan parametrelere ait

genel ortalama miktarları hesaplanmıştır. Örnekler ait analiz verileri minimum ve maksimum olarak verilmiştir. Sonuçların istatistiksel değerlendirilmesinde varyans analiz tekniğinden yararlanılmış ve analizler Minitab programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Farklı grupların belirlenmesi için Anova-Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanarak $p<0.05$ düzeylerindeki farklılıklar değerlendirilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Yapılan bu araştırmada Aflatoksin M1 varlığı açısından ELISA tekniği ile incelenen çiğ manda sütlerinden analize alınan 90 adet örnekte (%100) AFM1 kontaminasyonuna ulaşılmamıştır. Çiğ süt örneklerinin Çizelge 2 ve Çizelge 3'de belirtildiği üzere tamamının Türk Gıda Kodeksi'nde (Anonim, 2023b) çiğ süt için verilen limitlerin (50 ng/L) altında olduğu anlaşılmıştır. Karabük merkezden alınan süt örneklerinde AFM1 düzeyi 1.35-1.92 ng/L, Eflani'de 1.92-2.08 ng/L, Safranbolu'da 1.86-2.22 ng/L ve Yenice ilçesinde de 1.45-2.62 ng/L olarak tespit edilmiştir. Örnekler ilçe bazında kendi içinde istatistiki açıdan önemli farklılıklar göstermiştir ($p<0.05$). Eflani ve Safranbolu'dan toplanan örneklerin ortalama değerlerinin (1.98 ng/L) aynı olduğu Karabük merkezde ise ortalamanın en düşük değerine (1.54 ng/L) sahip olduğu anlaşılmıştır. Çizelge 2'de belirtildiği üzere Karabük merkezden toplanan manda sütlerindeki AFM1 seviyesi istatistiki yönden kendi içinde daha çok benzerdir ($p<0.05$). Türk Gıda Kodeksi'nde belirtilen Aflatoksin M1 düzeyi Karabük ve ilçeleri arasında yöresel karşılaştırıldığında ortalama değer bakımından en yüksek Yenice ilçesinde olduğu tespit edilmiş olup bu durum yasal limitlerin altındadır. Çalışmamızdaki bu bulgular ışığında tüm çiğ manda sütü örneklerinde merkez ve ilçeler arasında istatistiksel durumun $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 2. Çiğ manda sütü örneklerinde aflatoksin M1 konsantrasyonu (ng/L) ($\bar{x} \pm S_x$), (n=2)*

Analiz edilen örnek	Örnek sayısı	Eflani	Karabük	Safranbolu	Yenice
Manda Sütü	1	1,98±0,01 ^{cd}	1,88±0,00 ^a	1,98±0,01 ^{cde}	2,22±0,01 ^{efghij}
	2	2,05±0,00 ^{ab}	1,39±0,01 ^b	1,90±0,10 ^e	2,26±0,01 ^{efghij}
	3	2,08±0,01 ^a	1,35±0,01 ^b	1,87±0,00 ^e	2,30±0,00 ^{defgh}
	4	1,93±0,01 ^{def}	1,37±0,01 ^b	1,92±0,00 ^{de}	2,10±0,10 ^{ikl}
	5	1,96±0,01 ^{cdef}	1,92±0,01 ^a	1,91±0,01 ^{de}	1,95±0,00 ^l
	6	1,95±0,01 ^{def}	1,47±0,01 ^b	1,97±0,00 ^{cde}	2,30±0,05 ^{bcdef}
	7	1,91±0,01 ^f	1,46±0,00 ^b	2,06±0,01 ^{bc}	2,24±0,01 ^{efghij}
	8	1,96±0,00 ^{cdef}	1,90±0,10 ^a	1,98±0,01 ^{cde}	2,17±0,00 ^{efghij}
	9	2,01±0,01 ^{bc}	1,41±0,01 ^b	1,86±0,00 ^e	2,29±0,01 ^{defghi}
	10	1,98±0,01 ^{cd}	1,38±0,01 ^b	2,13±0,01 ^{ab}	2,14±0,00 ^{ghijk}
	11	1,97±0,01 ^{cde}	1,44±0,01 ^b	2,04±0,01 ^{bcd}	2,27±0,01 ^{defghij}
	12	1,92±0,01 ^{ef}	1,48±0,00 ^b	1,89±0,00 ^e	2,22±0,00 ^{efghij}
	13		1,88±0,00 ^a	1,99±0,01 ^{cde}	2,23±0,01 ^{efghij}
	14		1,39±0,01 ^b	1,99±0,00 ^{cde}	2,12±0,00 ^{ijkl}
	15		1,35±0,01 ^b	1,98±0,01 ^{cde}	2,23±0,01 ^{efghij}
	16		1,37±0,01 ^b	1,86±0,00 ^e	2,23±0,00 ^{efghij}
	17		1,92±0,01 ^a	2,22±0,01 ^a	2,25±0,01 ^{efghij}
	18		1,47±0,01 ^b	2,04±0,01 ^{bcd}	2,29±0,01 ^{defghi}
	19		1,46±0,00 ^b	1,99±0,00 ^{cde}	2,34±0,00 ^{bcdef}
	20		1,90±0,10 ^a	1,93±0,01 ^{cde}	2,28±0,01 ^{defghi}
	21				2,32±0,00 ^{cdefg}
	22				1,98±0,01 ^{kl}
	23				2,32±0,00 ^{cdefg}
	24				2,23±0,01 ^{efghij}
	25				2,29±0,00 ^{defghi}
	26				2,26±0,01 ^{efghij}
	27				2,33±0,00 ^{cdef}
	28				2,13±0,01 ^{hijkl}
	29				2,36±0,01 ^{bcde}
	30				2,31±0,00 ^{defgh}
	31				1,68±0,01 ^{mn}
	32				1,45±0,00 ^o
	33				1,72±0,01 ^{mn}
	34				1,55±0,00 ^{no}
	35				1,74±0,01 ^m
	36				1,60±0,00 ^{mno}
	37				1,75±0,01 ^{mn}
	38				1,70±0,00 ^{mn}
	39				2,60±0,10 ^a
	40				2,38±0,00 ^{bcde}
	41				2,50±0,10 ^{abc}
	42				2,45±0,01 ^{abcd}
	43				2,52±0,01 ^{ab}
	44				2,59±0,00 ^a
	45				2,50±0,01 ^{abc}
	46				2,62±0,01 ^a
Ortalama değer		1.98	1.54	1.98	2.18

*: Sonuçlar iki tekerrür ortalaması şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığın önemli olduğunu ifade etmektedir (p<0.05).

Çizelge 3. Çiğ manda sütü örneklerinde aflatoksin M1 dağılımı

AFM1 miktarına (ng/L) göre örnek sayısının dağılımı (%)					Yasal Sınırı Aşan Seviye (ng/L)	
0	<5	>50	Negatif	Limiti (50ng/L) aşan	Min.	Maks.
0	90	0	90(90)	0	<5	>50

Farklı uluslarda ve Türkiye’de yapılan çalışmalarda çiğ manda sütü örneklerinde farklı düzeylerde ve oranlarda AFM1 değeri tespit edilmiştir. Bu çalışmada analize alınan çiğ manda sütlerinde AFM1 varlığı bakımından Türk Gıda Kodeksi’nde belirtilen yasal limiti aşan örnek (50 ng/L) olmamıştır.

Yapılan literatür taramasında Guo ve ark. (2019), Kamkar ve ark. (2014), Shaker ve Elsharkawy (2014) ve Hussain ve ark. (2010) tarafından yürütülen çalışmalarda manda sütündeki aflatoksin M1 varlığı oranı sırasıyla Çin (%9.40), İran (%52), Mısır (%100) ve Pakistan (%15.80) ülkelerinde bu çalışmadan daha yüksek oranda pozitif değerler tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada, De Roma ve arkadaşları (2017) manda sütü örneklerinin 28’inin (%7.2) kontaminasyon seviyesini 4-31 ng/L aralığında bulmuşlardır. Rahimi ve diğerleri (2010) çalışmalarında 75 farklı manda sütü örneğini incelemiş ve 75 örnekten 66’sında AFM1 miktarının Türk Gıda Kodeksi’nde (50 ng/L) belirtilen değerinin altında olduğunu belirtmişlerdir. Aksaray (Kevenk, 2021) ilinde yapılan benzer çalışmada sonuçların bulgularımızla uyumlu olduğu, kontamine olmuş örneklerin %27’sinin AFM1 için Avrupa Birliği (AB) yasal sınırlarından düşük olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan güncel çalışmalardan birinde Diyarbakır ilinde Anadolu çiğ manda sütlerinde AFM1 miktarı örneklerin %38.1’inde 5 ile 50 ng/L aralığında ve ortalama 10.22±4.25 ng/L olarak bulunurken, örneklerin %100’ünde 50 ng/L değerinin altında bulunmuştur (Duman-Aydın ve ark., 2023). Güncel çalışmaların diğerinde ise Mısır’ın farklı bölgelerinden Temmuz 2022 ile Nisan 2023 yılları arasında rastgele toplamda 90 adet çiğ manda sütü, Kareish peyniri ve yoğurt örneklerinde ELISA kiti kullanarak Aflatoksin M1’in varlığına bakılmıştır (Shahata ve Wafy, 2024). İncelenen çiğ süt ve süt ürünlerinden (Kareish peyniri ve yoğurt) 17 çiğ süt örneğinin (%56.67), 13 Kareish peyniri örneğinin (%43.33) ve 14 yoğurt örneğinin (%46.67) AFM1 açısından pozitif çıktığı ortaya konmuştur. Toplanan örneklerdeki AFM1 konsantrasyonları süt örneklerinde 4.35-55.48 ng/L, Kareish peyniri için 3.40-52.59 ng/kg ve Yoğurt için 5.69-58.34 ng/kg aralığında tespit edilmiştir. Bu durum Mısır ülkesine ait yönetmelikleri ve Avrupa Komisyonu Yönetmeliği tarafından belirlenen aflatoksin M1 sınırlarını (50 ng/kg) aştığına dikkat çekmiştir.

Yurt ve Uluçay (2017) tarafından Iğdır merkez ve ilçelerinde çiğ inek sütlerinin bazı fizikokimyasal analizleri ve aflatoksin

M1 (AFM1) miktarı incelenmiştir. Çalışma kapsamında 25 adet çiğ inek sütü numunesinin 20 tanesi (%80) Türk Gıda Kodeksi yasal limitinin üzerinde çıkarken sadece 5 tane örnek yasal limit olan maksimum 0.05 ppb’nin altında bulunmuştur.

Diyarbakır ilinde 42 adet çiğ inek sütü örneklerinde ELISA tekniği ile AFM1 miktarı incelenmiştir. Analiz edilen örneklerin 36’sının 5-100 ng/L aralığında, 4 tanesinin ise 100 ng/L’nin üzerinde olduğu belirlenmiştir. İnek sütlerinin 7 (%16.6)’sinde AFM1 yönünden 50 ng/L’nin üstünde değer saptanmıştır (Duman-Aydın ve ark., 2023).

Burdur ilinde gerçekleştirilen bir çalışmada; küçük işletmelerden toplanan 82 çiğ inek sütü örneğinin 48’inde (%58.5) AFM1 düzeyinin 5.06-50.63 ng/kg aralığında ve ortalama bulaşma oranının 15.53 ±1.49 ng/kg olduğu bildirilmiştir. Süt örneklerinin 1’inde (%1.2) AFM1 düzeyi Türk Gıda Kodeksi ve AB Yönetmeliği’nde belirtilen yasal sınırların üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Taşçı ve ark., 2022).

Iqbal ve ark. (2013) tarafından yürütülen bir çalışmada da AFM1’in süt ve süt ürünlerinde doğal bir kontaminant olduğu, en yüksek oluşumu ve seviyeleri Güney Asya ardından Afrika ülkelerinin takip ettiği bildirilmiştir. Ayrıca Avrupa’dan gelen süt ve süt ürünlerinde ise sıkı düzenlemelerden kaynaklı inek beslenmesinde kullanılan yemlerde AFB1 ve sütlerde AFM1 ile ilgili takip kontrol programları sayesinde nispeten düşük olduğu ifade edilmiştir.

SONUÇ

Türkiye’de manda yetiştiriciliği ağırlıklı olarak süt üretimi için yapılmakta olup, farklı iklim ve doğa koşullarına uyum sağlayabilmeleri nedeniyle kırsal alanda önemli bir ekonomik faaliyet alanıdır. Manda sütü protein, vitamin, mineral ve laktoz intoleransı yönünden zengin olması nedeniyle de, besleyici ve tercih edilen bir besin kaynağıdır. Bu çalışmanın sonuçları Karabük merkez ve ilçelerinden alınan çiğ manda süt örneklerinin AFM1 kontaminasyonunun AB sınırının (50 ng/L) altında ve Türk Gıda Kodeksi’nde belirtilen sınırdan yüksek olmadığını göstermiştir. Araştırma kapsamında Karabük merkez ve ilçelerinde AFM1 kontaminasyonu açısından risk taşımadığını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar halk sağlığı açısından önemlidir çünkü her yaş grubundan insan farklı miktarlarda süt ve süt ürünleri tüketebilir. Ayrıca "tarladan sofraya" stratejisi ile AFM1 riskinin süt ve süt

ürünlerinde aralıklarla izlenmesinin hayvan sağlığı, halk sağlığı, toplumsal farkındalık ve ülke ekonomisi için önemli olacağına inanılmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde finansal destek sağlayan Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkürlerimizi sunarız (Proje Numarası: KBÜBAP-23-DS-127). Ayrıca Karabük İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'ne, İlçe Müdürlükleri'ne ve kurumun Veteriner Hekimlerine Manda sütü temin edilmesinde katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Alborzi S, Rashidi M, & Astaneh B (2006) Aflatoxin M1 contamination in pasteurized milk in Shiraz (south of Iran). Food Control, 17(7): 582-584.
- Anonim (2023a) (<https://karabuktartimormangovtr/Menu/16/Tarimsal-Yapi>) Erişim tarihi:25/07/2023
- Anonim (2023b) Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. 29 Aralık 2011 tarih ve 28157 sayılı Resmi Gazete <https://www.resmigazetegovtr/eskiler/2011/12/20111229M3-8htm> / Erişim tarihi:25/07/2023
- Creppy EE (2002) Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. Toxicol Letters, 127: 19-28.
- da Rocha MEB, Freire FDCO, Maia FEF, Guedes, MIF, & Rondina, D (2014) Mycotoxins and their effects on human and animal health. Food Control, 36(1): 159-165.
- de Roma A, Rossini C, Ritieni A, Gallo P, & Esposito M (2017) A survey on the Aflatoxin M1 occurrence and seasonal variation in buffalo and cow milk from Southern Italy. Food Control, 81:30-33.
- Duman-Aydın B, Çeli, A ve Güran HŞ (2023) İnek ve Anadolu Manda Çiğ Sütlerinde Aflatoksin M1 Düzeyinin Belirlenmesi.F.Ü.Sağ.Bil. Vet.Derg 37 (1): 54–59.
- European Commission Regulation (EC) (2006) No 1881 Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs Official Journal of the European Union, L364, 5–24.
- FAO (2003) Food and Agriculture Organization.Worldwide regulations for mycotoxins in food and feed in 2003.
- FDA (2005) Drug Administration Compliance Policy Guide (CPG) Sec 527400 Whole Milk, Lowfat Milk, Skim Milk-Aflatoxin M1 Food and Drug Administration: Silver Spring, MD, USA.
- Fakhri Y, Rahmani J, Oliveira CAF, Franco, LT, Corassin, CH, Saba S, & Khaneghah AM (2019) Aflatoxin M1 in human breast milk: A global systematic review, meta-analysis, and risk assessment study (Monte Carlo simulation).Trends in Food Science & Technology,88: 333-342.
- Galvano F, Galofaro V, & Galvano G (1996) Occurrence and stability of aflatoxin M1 in milk and milk products: a worldwide review. Journal of Food Protection, 59(10): 1079-1090.
- Ghanem I, & Orfi M (2009) Aflatoxin M1 in raw, pasteurized and powdered milk available in the Syrian market.Food Control,20(6): 603-605.
- Guo L, Wanga Y, Feib P, Liuc J, Ren D (2019) A survey on the aflatoxin M1 occurrence in raw milk and dairy products from water buffalo in South China. Food Control 105: 159-163.
- Hizo, M. N. S., Solmaz, H., & Uçkun, M. (2024) Çiğ Süt ve Tereyağı Örneklerinde Aflatoksin M1 Aranması. Commagene Journal of Biology, 8(2): Article 2.
- Hussain I, Anwar J, Asi M R, Munawar MA, & Kashif, M (2010) Aflatoxin M1 contamination in Milk from five dairy species in Pakistan. Food Control, 21(2): 122–124.
- IARC (1993) IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, some naturally occurring substances: heterocyclic aromatic amines and mycotoxins Lyon, 56.
- Iqbal SZ, Asi, MR, & Jinap, SJFC (2013) Variation of aflatoxin M1 contamination in milk and milk products collected during winter and summer seasons. Food Control, 34(2): 714-718.
- Iqbal SZ, Nisar S, Asi MR, & Jinap S (2014) Natural incidence of aflatoxins, ochratoxin A and zearalenone in chicken meat and eggs. Food Control, 43:98-103.
- Ih, MH, Barbosa, CB, Okada, IA, & Trucksess, MW (2011) Occurrence of Aflatoxin M1 in Dairy Products in Brazil. Food Control, 22(12):1971–1974.
- Kabak B, & Ozbey F (2012) Aflatoxin M1 in UHT milk consumed in Turkey and first assessment of its bioaccessibility using an in vitro digestion model. Food Control, 28(2):338-344.
- Kamkar A, Yazdankhah S, Mohammadi Nafchi A, & Mozaffari Nejad AS (2014) Aflatoxin M1 in raw cow and buffalo milk in Shush city of Iran. Food Additives Contaminants: Part B, 7(1):21-24
- Kumar A, Pathak H, Bhadauria S, & Sudan J (2021) Aflatoxin contamination in food crops: causes, detection, and management: a review. Food Production, Processing and Nutrition,3:1-9.
- Kevenk TO (2021) Aflatoxin M1 contamination of Anatolian water buffalo milk. Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi, 32(2):107-110.
- Kos J, Lević J, Đuragić O, Kokić B, & Miladinović I (2014) Occurrence and estimation of aflatoxin M1 exposure in milk in Serbia. Food Control, 38:41-46.
- Matabaro E, Ishimwe N, Uwimbabazi E, Lee, BH (2017) Current Immunoassay Methods for The Rapid

- Detection of Aflatoxin in Milk and Dairy Products. *Compr Rev. Food Sci. Food Saf* 16: 808- 820.
- Mohammadi H (2011) A review of aflatoxin M1, milk, and milk products. *Aflatoxins-Biochemistry and Molecular Biology*, 397-414.
- Prandini A, Tansini G, Sigolo S, Filippi L, Laporta M, & Piva G (2009) On the occurrence of aflatoxin M1 in milk and dairy products. *Food and Chemical Toxicology*, 47: 984-991.
- Pizzutti IR, de Kok A, Scholten J, Righi LW, Cardoso CD, Rohers, GN, & da Silva, RC (2014) Development, optimization and validation of a multimethod for the determination of 36 mycotoxins in wines by liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Talanta*, 129:352-363.
- Rahimi E, Bonyadian M, Rafei M, & Kazemeini HR (2010) Occurrence of aflatoxin M1 in raw milk of five dairy species in Ahvaz, Iran. *Food and Chemical Toxicology*, 48(1):129-131.
- Ryser ET (2001) Public health concerns In: *Applied Dairy Microbiology*, Second Edition, (Revised and Expanded), Editors: Marth EH, Steele JL, pp: 397-546, Marcel Dekker Inc, NY, USA
- Shahata MM, & Wafy, YS (2024) Evaluation of Aflatoxin M1 in raw buffalo milk and some dairy products in Assiut governorate, Egypt. *Catrina: The International Journal of Environmental Sciences*, 30(1):65-70.
- Shaker E and Elsharkawy, EE (2014) Occurrence and the level of contamination of aflatoxin M1 in raw, pasteurized, and ultra-heat treated buffalo milk consumed in Sohag and Assiut, upper Egypt. *J. Environ Occup Sci* 3: 136-140.
- Shundo L, Navas SA, Lamardo LCA, Ruvieri V, & Sabino M (2009) Estimate of aflatoxin M1 exposure in milk and occurrence in Brazil. *Food Control*, 20(7): 655-657.
- Taşçı F, Erol Z, Şahindokuyucu Kocasarı F (2022) Investigation of aflatoxin M1 residue in raw cow milk samples in Burdur. *KSU J. Agric. Nat.*, 25(2): 497-505.
- Xiong J L, Wang YM, Ma MR, & Liu, JX (2013) Seasonal variation of aflatoxin M1 in raw milk from the Yangtze River Delta region of China. *Food Control*, 34(2):703-706
- Yurt B, & Uluçay B (2017) Iğdır’da üretilen sütlerin bazı kimyasal özellikleri ve aflatoksin M1 miktarının belirlenmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 6(2): 32-39.
- Zinedine A, González-Osnaya L, Soriano JM, Moltó, JC, Idrissi, L, & Manes, J (2007) Presence of aflatoxin M1 in pasteurized milk from Morocco. *International Journal of Food Microbiology*, 114(1):25-29.

