



ARAŞTIRMA

F.Ü.Sağ.Bil.Vet.Derg.
2023; 37 (1): 54 - 59
<http://www.fusabil.org>

İnek ve Anadolu Manda Çiğ Sütlerinde Aflatoxin M1 Düzeyinin Belirlenmesi

Berna DUMAN AYDIN^{1, a}
Ahmet ÇELİK^{1, b}
Hüsnü Şahan GÜRAN^{1, c}

¹ Dicle Üniversitesi,
Veteriner Fakültesi,
Gıda Hijyeni ve Teknolojisi
Ana Bilim Dalı,
Diyarbakır, TÜRKİYE

^a ORCID: 0000-0001-6116-3274

^b ORCID: 0000-0001-5934-7170

^c ORCID: 0000-0002-6674-5510

Bu araştırma Diyarbakır ilinde toplanan çiğ inek ve Anadolu manda sütlerinde aflatoxin M1 (AFM1) seviyesini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirildi. Bu amaçla Diyarbakır ilinde bulunan küçük ölçekli aile işletmelerinden 42 adet çiğ inek sütü ve 42 adet çiğ Anadolu manda sütü olmak üzere toplam 84 süt örneği materyal olarak kullanıldı. Süt örneklerinde AFM1 seviyesi Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay (ELISA) yöntemi ile belirlendi. Analiz edilen çiğ inek sütü örneklerinde AFM1 miktarının 36 (%85.7)'sında 5 ile 100 ng/L arasında ortalama 24.80±15.89 ng/L, 4 (%9.5) tanesinde ise 100 ng/L'den yüksek olduğu saptandı. AFM1 miktarı manda sütlerinin 16 (%38.1)'sında 5 ile 50 ng/L arasında ve ortalama 10.22±4.25 ng/L olarak bulunurken, örneklerin tamamının (%100) 50 ng/L seviyesinin altında olduğu belirlendi. İnek sütlerindeki ortalama AFM1 miktarının manda sütlerinden daha fazla olduğu ve bu farklılığın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlendi (P<0.05). İnek sütlerinin 7 (%16.6)'sında AFM1 miktarı Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Birliği direktiflerinde belirtilen maksimum limitlerin (50 ng/L) üstünde saptandı. Bu çalışma sonuçları Anadolu manda sütlerinin AFM1 açısından inek sütlerine göre daha az riskli olduğunu ve inek sütlerinin AFM1 açısından önemli bir kaynak olmaya devam ettiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çiğ süt, aflatoxin M1, inek, Anadolu mandası, ELISA

Determination of Aflatoxin M1 Levels in Raw Milk of Cow and Anatolian Water Buffalo

This study was aimed to determine the level aflatoxin M1 (AFM1) level in raw cow and Anatolian buffalo milk collected from Diyarbakır city. For this purpose, a total of 84 milk samples, 42 raw cow's milk and 42 raw Anatolian buffalo milk collected from small-scale family enterprises in Diyarbakır, were used as material. The level of AFM1 in milk samples were determined by ELISA method. In the analyzed raw cow milk samples, the amount of AFM1 was found to be between 5 and 100 ng/L in 36 (85.7%) and the average concentration was 24.80±15.89 ng/L, and it was higher than 100 ng/L in 4 (9.5%). In buffalo milks, AFM1 was found to be with average concentration of 10.22±4.25 ng/L between 5 and 50 ng/L in 16 (38.1%) samples, while it was below concentration of 50 ng/L in all samples (100%). AFM1 average concentration in cow's milk was higher than that in buffalo milk (P<0.05). The concentration of AFM1 in 7 (16,6%) of cow's milk was higher than the maximum tolerance limit (50 ng/L) accepted by the Turkish Food Codex and the European Union criteria. The results of this study showed that Anatolian buffalo milk is less risky for AFM1 than cow milk and cow milk continues to be an important source for AFM1.

Key Words: Raw milk, aflatoxin M1, cow, Anatolian water buffalo, ELISA

Giriş

Süt, insan sağlığı için gerekli olan mikro ve makro besin unsurlarını yapısında bulunduran hayvansal kaynaklı önemli bir biyolojik sıvıdır. Aynı zamanda çiğ sütün çeşitli endüstriyel ve teknolojik uygulamalara uygun olması dünyada büyük ilgi görmesine neden olmaktadır (1). Dünya'da süt üretimi 2021 yılında %1.1 artarak 887 milyon tona ulaşmış olup 2028 yılında üretimin 981 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir (2, 3). Süt üretiminde %81'lik payı ile inek sütü dünyada birinci sırada yer alırken bunu %15 ile manda sütü takip etmektedir (3). Dünya süt üretiminin %52.4'ü sırasıyla Hindistan (%22.9), Avrupa Birliği (AB) (%17.7) ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) (%11.8) tarafından karşılanmaktadır (4). Türkiye 2020 yılında dünya inek sütü üretiminde sekizinci manda sütü üretiminde ise dokuzuncu sırada yer almıştır. Türkiye'de üretilen toplam süt miktarının 2021 yılında 23.2 milyon ton düzeyinde olduğu bildirilmiştir (5). Türkiye'de sığır ve manda varlığı açısından Diyarbakır sırasıyla beşinci ve ikinci sırada yer almaktadır (6). Türkiye'deki mandalar Akdeniz mandaları grubunda, nehir mandaları içinde yer alan Anadolu mandası ırkı olup 2004 yılı itibarıyla ırk tescilli yapılmış ve tanımlanmıştır (7, 8).

Her yaş grubu tarafından tüketilen sütte bulunabilen aflatoxin M1 (AFM1) gibi toksik bileşikler günümüzde en önemli halk sağlığı sorunları arasında yer almaktadır (9). Aflatoxin B1 (AFB1) ile kontamine olmuş yemlerin süt sığırları tarafından alınması sonrası AFB1'in bir metaboliti olarak oluşan AFM1, Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından grup 1 insan kanserojeni olarak sınıflandırılmaktadır (10). AFM1'in sütün işlenmesi sırasında (pastörizasyon, kurutma vb.) ve/veya fermentasyonundan sonra da stabil kalabilmesi peynir, yoğurt, süt tozu ve tereyağı gibi birçok süt ürününde de belli düzeylerde bulunması ile sonuçlanmaktadır (11). Bu durum ülkelerin süt ve süt ürünlerindeki AFM1 tehlikesini azaltmak için yasal limitler uygulamasını zorunlu hale getirmiştir. Bu kapsamda sütte AFM1 için maksimum yasal

Geliş Tarihi : 27.12.2022
Kabul Tarihi : 22.02.2023

Yazışma Adresi Correspondence

Hüsnü Şahan GÜRAN
Dicle Üniversitesi,
Veteriner Fakültesi,
Gıda Hijyeni ve Teknolojisi
Ana Bilim Dalı
Diyarbakır – TÜRKİYE

sahanguran@yahoo.com

limit AB ülkelerinde 0.05 µg/kg (50 ng/L), Kodeks Alimentarius Komisyonu ve ABD'de 0.5 µg/kg (500 ng/L) olarak belirlenmiştir (12-14). Türkiye'de ise sütte AFM1 için maksimum yasal limit yürürlükteki Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğine göre 0.05 µg/kg (50 ng/L) olarak uygulanmaktadır (15).

Dünya süt üretiminin önemli bir kısmını oluşturan çiğ inek sütlerinde AFM1 miktarı oldukça geniş bir aralıkta 5 ng/L ile 774 ng/L arasında değişen miktarlarda bulunabilmektedir (Tablo 1). Türkiye'de ise çiğ inek sütlerinde AFM1 miktarı farklı araştırmacılar tarafından 0.40 ile 866.6 ng/L arasında bildirilmiştir (Tablo 2). İnek sütünden sonra dünyada en fazla üretimi yapılan manda sütüne son yıllarda artan ilgi, manda sütünden

kaynaklanabilecek risklerin daha yakından bilinmesini ve takip edilmesini zorunlu hale getirmektedir (16). Yapılan literatür taramalarında Türkiye'de üretilen manda sütlerinde AFM1 düzeylerinin tespitine yönelik sınırlı sayıda araştırmada AFM1 miktarı 3 ng/L ile 50 ng/L arasında bildirilmiştir (Tablo 2). Hem sütçü inek sayısı ve inek sütü üretiminde hem de manda varlığı ve manda sütü üretiminde Türkiye'de önemli bir noktada bulunan Diyarbakır ilinde çiğ inek ve Anadolu manda sütlerinde AFM1 varlığı ile ilgili herhangi bir araştırmaya veya bilgiye rastlanılamamıştır. Bu kapsamda bu çalışma ile Diyarbakır ilinde faaliyet göstermekte olan aile tipi süt işletmelerinde üretilen çiğ inek ve Anadolu manda sütlerindeki AFM1 düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tablo 1. Dünyada çiğ sütlerde tespit edilen AFM1 düzeyleri

Ülke	Süt Türü	Örnek Sayısı	Pozitif Örnek Sayısı (%)	Ortalama (ng/L)	Yöntem	Yasal Sınırı Aşan (%)*	Kaynak
Sırbistan	İnek	40	95	190	ELISA	75	43
Etiyopya	İnek	64	100	319	ELISA	62.5	40
İtalya	İnek	416	12.3	37	HPLC	Belirtilmemiş	36
İran	İnek	60	69	55	ELISA	28	34
Pakistan	İnek	40	37.5	14	HPLC	20	33
Mısır	İnek	35	100	40.27	ELISA	25.71	41
Yemen	İnek	18	77.77	47	HPLC	22.22	38
Ekvator	İnek	209	100	77.4	LFIA	59.3	39
Bangladeş	İnek	50	70	699.07	ELISA	97	37
Brezilya	İnek	635	52.6	21	HPLC	10	35
Brezilya	İnek	129	100	19.5	ELISA-HPLC	13.95	42
Fransa	İnek	264	3.4	5-26	HPLC	0	32
İran	Manda	60	79	116	ELISA	52	34
Pakistan	Manda	55	34.5	13	HPLC	15.8	33
Çin	Manda	136	62.5	37.4 ± 18.7	HPLC	9.4	47
Mısır	Manda	30	100	16.8-130.6	ELISA	93	45
İtalya	Manda	388	7.2	Belirtilmemiş	HPLC	0	36

* Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği (15) ve Avrupa Birliği Direktiflerine (14) göre sütlerde belirlenen AFM1 sınırı (50 ng/L)

Tablo 2: Türkiye'de çiğ sütlerde tespit edilen AFM1 düzeyleri

İl	Süt Türü	Örnek Sayısı	Pozitif Örnek Sayısı (%)	Ortalama (ng/L)	Yöntem	Yasal Sınırı Aşan (%)*	Kaynak
Kars	İnek	50	56	10.02	ELISA	0	22
Samsun	İnek	36	61	2.32	ELISA	0	17
Mersin	İnek	53	86.7	Belirtilmemiş	HPLC	73.5	19
Adana	İnek	176	30.1	46	HPLC	17	20
Bursa	İnek	30	100	7.23	ELISA	0	25
Kayseri	İnek	90	100	59.9	ELISA	70	26
Türkiye	İnek	35	100	25.45	ELISA	14.2	30
Burdur	İnek	78	30.7	47.54	ELISA	45.8	21
Burdur	İnek	82	58.5	15.53	ELISA	1.2	23
İğdır	İnek	25	100	130	HPLC	80	27
Kırıkkale	İnek	154	100	1.73	ELISA	0	28
Nevşehir	İnek	28	75	30	HPLC	15	24
Şanlıurfa	İnek	38	94.7	56.74	ELISA	55.2	31
Niğde	İnek	30	100	15.88	ELISA	10	29
Elazığ	İnek	50	34	Belirtilmemiş	HPLC	2	18
Kayseri	Manda	10	100	6.44	ELISA	0	46
Bursa	Manda	10	100	8.94	ELISA	0	46
Afyonkarahisar	Manda	126	27	3	HPLC	0	48
Aksaray	Manda	250	69.6	Belirtilmemiş	ELISA	0	51

* Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği (15) ve Avrupa Birliği direktiflerine (14) göre sütlerde belirlenen maksimum AFM1 sınırı (50 ng/L)

Gereç ve Yöntem

Araştırma ve Yayın Etiği: Bu çalışma için Dicle Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan etik kurul onayı gerekmediğine dair 26.12.2022 tarih ve 2021/417372 karar no'lu belge alınmıştır.

Çalışma Dizaynı ve Örneklerin Toplanması: Diyarbakır ilinde bulunan aile tipi küçük süt işletmelerinden Eylül 2022-Kasım 2022 tarihleri arasında temin edilen 42 adet çiğ inek sütü ve 42 adet çiğ manda sütü olmak üzere toplam 84 adet örnek materyal olarak kullanıldı. Süt örnekleri steril polipropilen tüp (50 mL) içerisinde toplandıktan sonra soğuk zincir altında Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin/Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Ana Bilim Dalı laboratuvarlarına getirilerek aynı gün içinde AFM1 yönünden analiz edildi.

Örneklerin Hazırlanması: Her bir süt örneğinden 5 ml test tüplerine aktarıldı ve 4 °C'de 30 dk bekletildikten sonra 3000 devirde 10 dk santrifüj (Thermo Scientific, US) edildi. Tüpün üstünde oluşan yağ tabakası Pastör pipeti yardımı ile uzaklaştırıldıktan sonra 100 µL alınarak direkt ELISA testinde kullanıldı. Süt örneklerinde AFM1 düzeyi ELISA yöntemi ile Romer Labs (Avusturya) tarafından önerilen protokole göre AgraQuant® Aflatoxin M1 High Sensitiviy Mycotoxin test kiti kullanılarak tespit edildi. Üretici firma tarafından test kitinin süt için kantitatif ölçüm limiti 5 ile 100 ppt arasında ve tespit limiti (limit of detection, LOD) 2.9 ppt olarak belirlenmiştir. Sonuçların değerlendirilmesi Romer Labs (Avusturya) tarafından sağlanan program kullanılarak yapıldı.

Örneklerin Analiz Edilmesi: Farklı konsantrasyonlarda AFM1 içeren standart solüsyonlar (0, 5, 10, 25, 50, 100 ppt) ve hazırlanan süt örneklerinin herbirinden otomatik pipet yardımı ile 100 µL alındı ve ELISA kuyucuklarına aktararak oda sıcaklığında (25 °C) 45 dk bekletildi. İnkübasyon sonunda kuyucuklar üretici firma tarafından önerildiği şekilde hazırlanan yıkama solüsyonu ile beş kez yıkandı. Her bir kuyucuğa 100 µL konjugat ilave edildi ve 15 dk oda sıcaklığında

(25 °C) inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonrası yukarıda açıklandığı gibi yıkama basamağı tekrar edildi. Her bir kuyucuğa 100 µL substrat ilave edildi ve oda sıcaklığında (25 °C) 15 dk inkübe edildi. Son olarak her bir kuyucuğa 100 µL durdurma (stop) solüsyonu ilave edilerek 10 dk içinde ELISA okuyucuda (Thermo Scientific, US) 450 nm dalga boyunda okundu.

Veri Analizi: AFM1 miktarı kantitatif ölçüm limiti [5-100 ng/L] içinde olan pozitif örnekler istatistiksel analizler yönünden değerlendirilmeye alındı. AFM1 miktarlarının istatistiksel açıdan karşılaştırılmasında SPSS 20 paket programı kullanılarak gerçekleştirildi (SPSS Inc., Chicago, USA). İnek ve manda sütlerinde saptanan AFM1 ortalamaları parametrik olmayan testler arasında yer alan Mann-Whitney U testi kullanılarak istatistiksel açıdan karşılaştırıldı. P<0.05 istatistiksel açıdan önemli kabul edildi.

Bulgular

Bu çalışmada Diyarbakır ilinde üretici seviyesinde temin edilen çiğ inek ve Anadolu manda sütü örnekleri AFM1 seviyeleri yönünden incelendi. Elde edilen veriler Tablo 3 ve Tablo 4'te gösterilmiştir. Analiz edilen 42 adet çiğ inek sütü örneğinin 36 (%85.7)'sında AFM1 miktarı 5 ile 100 ng/L arasında ve ortalama 24.80±15.89 ng/L saptandı. İnek sütlerinin 4 (%9.5)'ünün 100 ng/L'den yüksek ve 2 (%4.7)'sinin 5 ng/L'nin altında olduğu belirlendi. Analiz edilen çiğ manda sütlerinin 16 (%38.1)'sında AFM1 miktarı 5 ile 50 ng/L arasında ve ortalama 10.22±4.25 ng/L olarak belirlendi. İnek sütlerinden farklı olarak manda sütlerinde AFM1 miktarı en yüksek 22.20 ng/L düzeyinde tespit edildi. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğinde (15) ve Avrupa Birliği direktiflerinde (14) süt için belirlenen limitlere göre inek sütlerinin 7 (%16.6)'sinin yasal limitleri aştığı ancak manda sütlerinin tamamının (%100) yasal limitler içinde olduğu saptandı. İnek ve manda sütlerindeki AFM1 miktarı istatistiksel açıdan önemli bulundu (P<0.05).

Tablo 3. Çiğ süt örneklerinde AFM1 varlığı ve miktarı

Süt türü	n	Pozitif Örnek Sayısı (%)	Ortalama±SS (ng/L)	Median (ng/L)	P
İnek	42	40 (95.2)	24.80±15.89 ^a	24	< 0.05
Manda	42	16 (38.1)	10.22±4.25 ^b	8.91	

Sadece tespit limitinin (LOD; 5 ng/L) üzerinde olan pozitif örneklerin ortalama ve medyan değerleri dikkate alındı

SS: Standart sapma

^{a,b}: Aynı sütünde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05)

Tablo 4. Çiğ süt örneklerinde AFM1 miktarlarının dağılımı

Süt türü	Örnek Sayısı	En Az (ng/L)	En Çok (ng/L)	Örneklerin Dağılımı (ng/L)				Yasal Sınırı Aşan (%) [*]
				< 5 (%)	5-50 (%)	50-100 (%)	> 100 (%)	
İnek	42	< 5	> 100	2 (4.7)	34 (80.9)	2 (4.7)	4 (9.5)	7 (16.6)
Manda	42	< 5	22.20	26 (61.9)	16 (38.1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

* Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğine (15) göre sütlerde belirlenen AFM1 sınırı (50 ng/L)

Tartışma

Her ne kadar süt endüstrisinde maksimum AFM1 seviyeleri ulusal ve uluslararası mevzuatlar çerçevesinde izleniyor olsa da küçük ölçekli ve/veya aile tipi işletmelerde üretilen sütler AFM1 açısından potansiyel bir risk olarak görülmektedir. Bu çalışmada küçük ölçekli aile tipi işletmelerden toplanan çiğ inek sütlerinin %95.2'sinde AFM1 saptanmıştır. Bu oran Türkiye'de çiğ inek sütlerinde AFM1 oranlarının %30 ile %86.7 arasında bildirildiği çalışmalardan (17-24) yüksek, %100 bildiren çalışmalardan (25-30) düşük ve %94.7 bildiren çalışmalara (31) ise benzer olduğu tespit edilmiştir. Farklı ülkelerde yapılan çalışmalarda %3.4 ile %100 arasında değişen oranlarda AFM1 saptanan çalışmalar bulunmaktadır (32-41). Bu çalışmada çiğ inek sütlerinde tespit edilen ortalama AFM1 miktarı (24.80 ± 15.89 ng/L) yapılan diğer bazı araştırmalarda (17, 22, 23, 25, 28, 29, 33, 35, 42) bildirilen miktarlardan yüksek iken, bazılarında da (20, 21, 24, 26, 27, 30, 31, 34, 36-41, 43) daha düşük miktarlarda bulunmuştur. Sütlerde AFM1 miktarı hayvanın irkına, yetiştirme yöntemine, laktasyon dönemine, beslenme şekli ve mevsimsel değişkenler gibi birçok faktöre bağlı olabilmektedir (44).

İnek sütünün aksine manda sütünün endüstriyel kullanımının sınırlı olması, manda yetiştiriciliğindeki zorluklar gibi durumlar literatürde manda sütünde AFM1 ile ilgili daha sınırlı sayıda veri bulunmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada manda sütlerinde tespit edilen ortalama AFM1 miktarı (10.22 ± 4.25 ng/L) önceki araştırmalarda (33, 45, 46) bildirilen AFM1 miktarlarıyla (6.44 ng/L ile 16.89 ng/L) benzerlik göstermektedir. Ancak AFM1 miktarının bu çalışmadan tespit edilen değerlerden daha yüksek (37.4 ng/L) (47) veya daha düşük (3 ng/L) (48) bildirildiği araştırmalarda bulunmaktadır.

Bu çalışmada manda sütlerinde AFM1 miktarı (10.22 ± 4.25 ng/L) çiğ inek sütlerindeki AFM1 miktarı (24.80 ± 15.89 ng/L) ile karşılaştırıldığında manda sütlerinde AFM1 miktarı daha düşük bulunmuştur ($P < 0.05$). AFM1 miktarının manda sütlerinde daha düşük tespit edilmiş olmasının nedeni, Türkiye'de sütçü ineklerin aksine Anadolu mandalarının çoğunlukla otlatma yoluyla beslenmeleri, küspe (özellikle pamuk), mısır ve konsantre yemler gibi aflatoksin B1 kontaminasyonu açısından riskli yemlerin kullanılmaması gibi faktörlerle ilişkilendirilebilir (44). Ayrıca bazı araştırmacılar laktik asit bakteri sayısının inek sütlerine göre manda sütlerinde daha yüksek sayılarda bulunmasından dolayı laktik asit bakterilerinin AFB1 ve AFM1'i bağlayarak manda sütlerinde AFM1 düzeyinin daha düşük olmasında etkili olduğunu bildirmiştir (49).

Türkiye'de sütler için maksimum kabul edilebilir AFM1 sınırı TGK yönetmeliğinde ve Avrupa Birliği (AB) direktiflerinde belirlenen limit olan 50 ng/L olarak uygulanmaktadır (14, 15). Bu çalışmada çiğ inek sütü örneklerinin %16.6'sında AFM1 miktarının kabul edilebilir limitin üstünde olduğu saptanmıştır. Türkiye'de her ne

kadar analiz edilen çiğ inek sütlerinin bir kısmında AFM1 miktarı yasal limitler içinde (< 50 ng/L) olduğunu tespit eden araştırmalar (17, 22, 25, 28) olsa da önceki çalışmaların önemli bir kısmı çiğ inek sütlerinde yasal limitlerin üstünde (> 50 ng/L) AFM1'in bulunduğunu göstermektedir (18, 19-21, 23, 24, 26, 27, 29-31). Avrupa Birliği (AB) ülkeleri ile Türkiye dahil gelişmekte olan veya az gelişmiş ülkeler kıyaslandığında özellikle AB ülkelerinde üretilen sütlerin çoğunda daha düşük düzeylerde AFM1 miktarlarının saptandığı dikkatleri çekmektedir (Tablo 1 ve 2). Bu durum AB ülkelerinde yasal düzenlemelerin inek beslenmesinde kullanılan yem maddelerinde AFB1 ve sütlerde AFM1 ile ilişkili katı kuralların bulunması ve sıkı kontrol-izleme programlarının uygulanması ile açıklanmaktadır (50).

Bu çalışmada çiğ manda sütü örneklerinin tamamının (%100) kabul edilebilir maksimum AFM1 miktarının (50 ng/L) altında olduğu belirlendi. Benzer şekilde Türkiye'de manda sütleri ile ilgili yapılan önceki çalışmaların tamamında bu sütlerin kabul edilebilir maksimum AFM1 miktarını (50 ng/L) aşmadığı bildirilmiştir (46, 48, 51). Ancak İran, Pakistan, Mısır ve Çin'de manda sütlerinin AFM1 miktarlarının incelendiği çalışmalarda örneklerin sırasıyla %8, %15.8, %93 ve %9.4'ünün AB direktiflerinde belirlenen maksimum kabul edilebilir AFM1 sınırının (50 ng/L) üstünde olduğu bildirilmiştir (33, 45, 47, 49).

Sütlerde aflatoksin M1 tespitinde ince tabaka kromatografi (thin layer chromatography, TLC), tandem kütle spektrometri (MS/MS, LC-MS/MS), yatay akış immunoassay (lateral-flow immunoassay, LFIA), ELISA ve yüksek performans sıvı kromatografi (high performance liquid chromatography, HPLC) gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır (44, 52). Ancak ELISA'nın, her ne kadar duyarlılığı kısmen HPLC gibi yöntemlerden daha düşük olsa da ucuz ve kullanımının kolay oluşu yönüyle sütlerde AFM1 taramalarında uzun yıllardır en sık kullanılan yöntemler arasında olmaya devam etmektedir (52, 53).

Sonuç olarak; bu çalışmada elde edilen veriler Anadolu manda sütlerinin AFM1 açısından inek sütlerine göre daha az riskli olduğunu göstermektedir. Özellikle inek sütlerinin %95.2'sinde en az 5 ng/L ve üzerinde AFM1 tespit edilmiş olması inek sütlerinin AFM1 açısından önemli bir kaynak olmaya devam ettiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle özellikle sütçü inek beslenmesinde kullanılacak yemlerde aflatoksin oluşumunun önlenmesine (yemlerin üretimi ve depolanması, yemlere toksin bağlayıcıların ilavesi vb.) yönelik alınacak tedbirler kritik bir noktayı oluşturacaktır. Ayrıca hayvan yemlerinde ve sütlerde aflatoksin miktarlarının sıkı kontrol-izleme programları ile takip edilmesi, üretici düzeyinde aflatoksinler ile ilgili bilgilendirmelerin yapılması AFM1 miktarının minimum düzeylerde tutulabilmesinde önemli katkılar sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Turan Z, Şanver D, Öztürk K. Türkiye'de hayvancılık sektöründen süt inekçiliğinin önemi ve yurt içi hasılaya katkısı ve de dış ülkelerle karşılaştırılması. Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 2017; 10: 60-74.
- The Organisation for Economic Co-operation and Development. "OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028". <https://www.oecdilibrary.org/> / 19.12.2022.
- The Organisation for Economic Co-operation and Development. "OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030". <https://www.oecdilibrary.org/> / 19.12.2022.
- Yasan Ataseven Z. "Tarım ürünleri piyasaları / Süt, 2022". <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Menu/27/Tarim-Urunleri-Piyasaları/> / 19.12.2022.
- Ulusal Süt Konseyi. "Dünya ve Türkiye'de süt sektör istatistikleri, Süt Raporu, 2021". <https://ulusalsutkonseyi.org.tr/2021-sut-raporu-3927/> / 19.12.2022.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). <http://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&locale=tr/> / 19.12.2022.
- Yerli hayvan ırk ve hatlarının tescili hakkında tebliğ, Tebliğ no: 2004/39 <https://www.mevzuat.gov.tr/anasayfa/MevzuatFihristDetaylframe?MevzuatTur=9&MevzuatNo=6109&MevzuatTertip=5/> / 19.12.2022.
- Atasever S, Erdem H. Manda yetiştiriciliği ve Türkiye'deki geleceği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2008; 23: 59-64.
- Madalı B, Ayaz A. Süt ve süt ürünlerinde aflatoksin M1: Maruziyet ve sağlık riskleri. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi 2017; 4(1): 1-14.
- World Health Organization (WHO), International Agency For Research on Cancer (IARC). Monograph on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans 2002; 82: 168-171.
- Food and Agriculture Organisation (FAO). Safety evaluation of certain mycotoxins in food. International Programme on Chemical Safety. Food and Nutrition Paper 2001; 74. World Health Organization, Geneva.
- Codex Alimentarius Commission (CAC). Codex General Standard for Contamination and Toxins in Food and Feed; CODEX STAN 193-1995; WHO: Geneva, Switzerland,
- Food and Drug administration (FDA). Sec. 527.400 Whole milk low fat, milk skim milk aflatoxin M1 (CPG 7106.210). In FDA compliance policy guides. Washington, DC: US FDA, 1996: 219.
- European Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006, setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Off J Eur Union, L364/5.
- Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. 29 Aralık 2011 tarih ve 28157 sayılı Resmi Gazete. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-8.htm/> / 19.12.2022.
- Aydın BD, Çelik A, Uçar U, Güran HŞ. Diyarbakır bölgesinde üretilen Anadolu manda sütlerinde somatik hücre sayısının ve mikrobiyolojik kalitenin araştırılması. Dicle Üniv Vet Fak Derg 2022; 15: 93-98.
- Aksoy A, Yavuz O, Güvenç D, et al. Determination of aflatoxin levels in raw milk, cheese and dehulled hazelnut samples consumed in Samsun province, Turkey. Kafkas Univ Vet Fak Derg 2010; 16: 513-516.
- Kızıl M, Demir P, Erkan S, Öksüztepe G. Elazığ ilinde satılan çiğ süt ve UHT sütlerde aflatoksin M1 düzeyi. Dicle Üniv Vet Fak Derg 2017; 10: 115-121.
- Delialioğlu N, Otağ F, Öcal ND, Aslan G, Emekdaş G. Investigation of aflatoxin M1 levels in raw and market milks in Mersin province, Turkey. Mikrobiyol Bul 2010; 44: 87-91.
- Gölge Ö. A survey on the occurrence of aflatoxin M1 in raw milk produced in Adana province of Turkey. Food Control 2014; 45: 150-155.
- Bayezit M, Erdemli Köse SB, Şahindokuyucu Kocası F. Aflatoxin M1 in UHT cow milk samples collected in Burdur, Turkey. Mehmet Akif Ersoy University Journal of Health Sciences Institute 2019; 7: 1-7.
- Aksoy A, Sezer Ç. Evaluation of aflatoxin M1 presence in raw milk and some cheese types consumed in Kars. Kocatepe Vet Derg 2019; 12: 39-44.
- Taşçı F, Erol Z, Şahindokuyucu Kocası F. Investigation of aflatoxin M1 residue in raw cow milk samples in Burdur. KSU J Agric Nat 2022; 25: 497-505.
- Tekin S, Leblebici Z. Investigation for contaminations of raw milk on milk collection units in Nevşehir province. Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology C- Life Sciences and Biotechnology 2022; 11: 57-65.
- Oruç HH, Temelli S, Sorucu A. Bursa'da Çiğ süt ve UHT sütlerde aflatoksin M1 düzeyleri. Uludağ Üniv J Fac Vet Med 2011; 30: 1-4.
- Buldu HM, Koç AN, Uraz G. Aflatoxin M1 contamination in cow's milk in Kayseri (central Turkey). Turk J Vet Anim Sci 2011; 35: 87-91.
- Yurt B, Uluçay B. Iğdır'da üretilen sütlerin bazı kimyasal özellikleri ve aflatoksin M1 miktarının belirlenmesi. Türk Doğa ve Fen Dergisi 2017; 6: 32-39.
- Yıldırım E, Macun HC, Yalçınkaya İ, et al. Survey of aflatoxin residue in feed and milk samples in Kırıkkale province, Turkey. Ankara Üniv Vet Fak Derg 2018; 65: 199-204.
- Karadal F, Ertuş Onmaz N, Hızlısoy H, ve ark. Niğde ilindeki çiğ koyun, keçi ve inek sütlerinde aflatoksin M1 düzeyleri. Kocatepe Vet Derg 2018; 11: 119-125
- Türkoğlu Ç, Keyvan E. Determination of aflatoxin M1 and ochratoxin A in raw, pasteurized and UHT milk in Turkey. Acta Sci Vet 2019; 47: 1626.
- Temamoğulları F, Kanıcı A. Short communication: Aflatoxin M-1 in dairy products sold in Sanliurfa, Turkey. J Dairy Sci 2014; 97: 162-165.
- Boudra H, Barnouin J, Dragacci S, Morgavi DP. Aflatoxin M1 and ochratoxin A in raw bulk milk from French dairy herds. J Dairy Sci 2007; 90: 3197-3201.

33. Hussain I, Anwar J, Asi MR, Munawar MA, Kashif M. Aflatoxin M1 contamination in milk from five dairy species in Pakistan. *Food Control* 2010; 21: 122-124.
34. Kamkar A, Yazdankhah S, Nafchi AM, Nejad ASM. Aflatoxin M1 in raw cow and buffalo milk in Shush city of Iran. *Food Addit Contam Part B* 2014; 7: 21-24.
35. Santili ABN, Costa de Camargo A, Nunes RSR, et al. Aflatoxin M1 in raw milk from different regions of São Paulo state-Brazil. *Food Addit Contam Part B Surveill* 2015; 8: 207-214.
36. De Roma A, Rossini C, Ritieni A, Gallo P, Esposito M. A survey on the Aflatoxin M1 occurrence and seasonal variation in buffalo and cow milk from Southern Italy. *Food Control* 2017; 81: 30-33.
37. Tarannum N, Nipa MN, Das S, Parveen S. Aflatoxin M1 detection by ELISA in raw and processed milk in Bangladesh. *Toxicol Rep.* 2020; 7: 1339-1343.
38. Murshed S. Evaluation and Assessment of aflatoxin M1 in milk and milk products in Yemen using high-performance liquid chromatography. *J Food Qual* 2020; 8839060: 1-8.
39. Puga-Torres B, Salazar D, Cachiguango M, Cisneros G, Gómez-Bravo C. determination of aflatoxin M1 in raw milk from different provinces of Ecuador. *Toxins* 2020; 12: 498.
40. Zebib H, Abate D, Woldegiorgis AZ. Aflatoxin M1 in raw milk, pasteurized milk and cottage cheese collected along value chain actors from three regions of Ethiopia. *Toxins* 2022; 14: 276.
41. Esam RM, Hafez RS, Khafaga NIM, Fahim KM, Ahmed LI. Assessment of aflatoxin M1 and B1 in some dairy products with referring to the analytical performances of enzyme-linked immunosorbent assay in comparison to high-performance liquid chromatography. *Vet World* 2022; 15: 91-101.
42. Picinin LCA, Cerqueira MMOP, Vargas EA, et al. Influence of climate conditions on aflatoxin M1 contamination in raw milk from Minas Gerais State, Brazil. *Food Control* 2013; 31: 419-424.
43. Kos J, Levic J, Duragic O, Kokic B, Miladinovic I. Occurrence and estimation of aflatoxin M1 exposure in milk in Serbia. *Food Control* 2014; 38: 41-46.
44. Mollayusefian I, Ranaei V, Pilevar Z, et al. The concentration of aflatoxin M1 in raw and pasteurized milk: A worldwide systematic review and meta-analysis. *Trends Food Sci Technol* 2021; 115: 22-30.
45. Shaker E, Elsharkawy EE. 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* 2014; 3: 136-140.
46. Hızo MNS. Süt ve Tereyağında Aflatoxin M1 Aranması. Yüksek Lisans Tezi, Karabük: Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2022.
47. Guo L, Wanga Y, Feib P, Liuc J, Ren D. A survey on the aflatoxin M1 occurrence in raw milk and dairy products from water buffalo in South China. *Food Control* 2019; 105: 159-163.
48. Kara R, İnce S. Aflatoxin M1 in buffalo and cow milk in Afyonkarahisar, Turkey. *Food Addit Contam Part B* 2014; 7: 7-10.
49. Rahimi E, Bonyadian M, Rafei M, Kazemeini HR. Occurrence of aflatoxin M1 in raw milk of five dairy species in Ahvaz, Iran. *Food Chem Toxicol* 2010; 48: 129-131.
50. Iqbal SZ, Jinap S, Pirouz AA, Faizal AA. Aflatoxin M1 in milk and dairy products, occurrence and recent challenges: A review. *Trends Food Sci Technol* 2015; 46: 110-119.
51. Kevenk TO. Aflatoxin M1 contamination of Anatolian water buffalo milk. *Etlık Vet Mikrobiyol Derg* 2021; 32: 107-110.
52. Vaz A, Cabral Silva AC, Rodrigues P, Venâncio A. Detection methods for aflatoxin M1 in dairy products. *Microorganisms* 2020; 8: 246.
53. Ketney O, Santini A, Oancea S. Recent aflatoxin survey data in milk and milk products: A review. *Int J Dairy Technol* 2017; 70: 320-331.