

Süt ve Ürünlerinde Aflatoksinler

İhsan BAKIRCI

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü - ERZURUM

ÖZET

Aflatoksinler, mikotoksin olarak bilinen fungal metabolitlerin bir alt grubu olup, *Aspergillus flavus* veya *Aspergillus parasiticus*'un birçok suşu tarafından meydana getirilen akut toksik, karsinojenik, mutajenik, teratojenik ve östrojenik bileşiklerdir. Başlıca aflatoksinler; aflatoksin B₁, B₂, G₁, G₂, M₁ ve M₂'dir. Bu bileşikler içerisinde aflatoksin B₁ (AFB₁) hem miktar ve hem de toksisite bakımından en başta gelenidir. AFB₁ ile kontamine olmuş yemleri tüketen süt hayvanının sütünde belli oranlarda, AFB₁'in bir metaboliti olan aflatoksin M₁ (AFM₁) salgılanmaktadır. Bundan dolayı, birçok ülkede süt ve süt ürünleriyle çocukların tükettiği sütlü ürünlerde bulunmasına izin verilen AFM₁ düzeyleri belirlenmiştir. Aflatoksinlerin bazı fiziksel ve kimyasal işlemlerle gıda ve yemlerden uzaklaştırılma imkanları bulunmaktadır. Ancak bu tekniklerin uygulanabilirliği ve maliyetleri konusunda daha fazla araştırmalara ihtiyaç vardır. Şimdilik problemin en iyi çözümü olarak, yemlerde fungal gelişmeyi minimum düzeyde tutmak olarak gözükmektedir.

Anahtar kelimeler: Aflatoksin, süt, süt ürünleri

Aflatoxins In Milk And Milk Products

SUMMARY

Aflatoxins belong to a group of secondary fungal metabolites known as mycotoxins and are commonly produced by most strains of *Aspergillus flavus* or *Aspergillus parasiticus*. They can cause acute toxic, carcinogenic, mutagenic, teratogenic and oestrogenic effects in animal species and humans. The major aflatoxins of concern are referred to as aflatoxins B₁, B₂, G₁, G₂, M₁, and M₂. In these compounds, the AFB₁ is usually predominant in amount and is the most toxic. When dairy cattle consumed feed contaminated with AFB₁, they excrete small amounts of aflatoxin M₁ in their milk. Therefore, many countries have regulations for permitted levels of aflatoxins in milk, milk products, and infant foods on milk basis. Some chemical and physical treatments of milk may lead to some degradation of AFM₁. However, the applicability and cost effectiveness of these techniques require further studies. Currently, the best solution of this problem seems to be holding the fungal growth at minimum levels in feeding-staffs.

Key Words: Aflatoxin, milk, milk Products

GİRİŞ

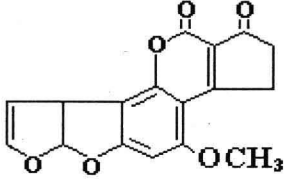
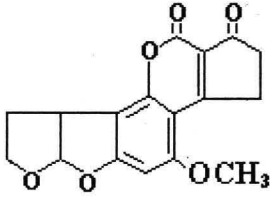
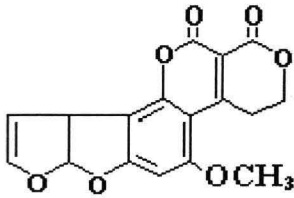
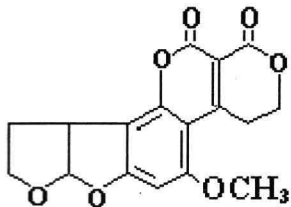
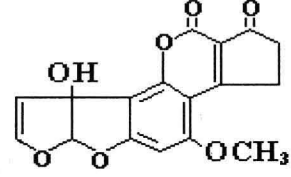
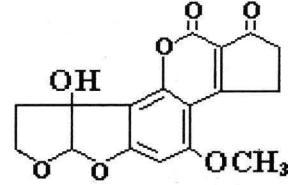
Yunanca ΜΥΚΗΣ (Fungus) ve ΤΟΕΙΚΟΝ (arrow-poison), yani "ok zehiri" kelimelerinden elde edilmiş olan "mycotoxin" terimi insan ve hayvanlarda patolojik değişimlere yol açan küf mantarlarının metabolitleridir (12,26). Bu bileşikler, İnsan ve hayvanlar tarafından alındığında, meydana gelen toksik sendromlara "mycotxicoses" denilmektedir. Mikotoksikozis, çok eskiden beri bilinmektedir. İlk tanıman mikotoksikozis, organlarda çeşitli nekrozlar ve kangren ile karakterize olan *ergotizm* olup, Orta Çağ Avrupa'sında "Kutsal Ateş" olarak tanınıyordu. Bu hastalık, *Claviceps purpurea* ile kontamine olmuş tahıl tanelerinin tüketilmesiyle ortaya çıkmıştır. Öte yandan, İkinci Dünya Savaşı yıllarında küflü tahıl ürünlerinin tüketilmesi sonucu Rusya'nın bazı bölgelerinde nüfusun yaklaşık % 10' undan fazlası bu tip zehirlenmelerden etkilenmiş ve birçok ölümler meydana gelmiştir. Ayrıca, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra birçok ülke tarafından Japonya'dan ithal edilen pirinçlerin tüketilmesi sonucunda da benzer problemler ortaya çıkmıştır. Fakat bütün bunlar o yıllarda "önemsiz hastalıklar" olarak değerlendirilmiş ve nihayet 1960'lı yıllarda İngiltere'de "Hindi X Hastalığı"nın ortaya çıkmasıyla, bu konudaki kanaatler değişmiştir (26). Ortaya çıkan bu hastalıktan binlerce hindi palazı ölmüş ve yapılan araştırmalarda hastalığı meydana getiren etkenin, hindilere verilen yemlerde protein kaynağı

olarak kullanılan ve Brezilya'dan ithal edilen yer fıstığı küspesindeki toksik bir faktörün olduğu anlaşılmıştır. Daha sonra bu konuda yapılan çalışmalar bu bileşiğin *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus*'un birçok suşu tarafından meydana getirilen bir metabolit olduğu tespit edilmiştir ve bundan sonra, toksine kendisini oluşturan fungusun adından dolayı "Aflatoksin" adı verilmiştir (6,22,26,31). Mikotoksinler, kimyasal yapıları bakımından çok geniş bir varyasyon gösterirler. Aflatoksinler, Okratoksinler, Zearelenonlar, Trikotesenler, Patulin ve Penisilik asit bunların başlıcalarıdır (27,29). Ancak bunlar içerisinde, süt teknolojisi açısından en önemli olan grup, aflatoksinlerdir. Daha önce de ifade edildiği gibi; aflatoksinler, *Aspergillus flavus* ile *Aspergillus parasiticus*'un bir çok suşu tarafından meydana getirilen toksik bileşiklerdir. Başlıca Aflatoksinler ise, Aflatoksin B₁, B₂, G₁, G₂, M₁ ve M₂'dir. İlk dört toksin birlikte bulunan bileşiklerdir. Bu bileşikler içerisinde AFB₁ hem miktar ve hem de toksisite bakımından en başta gelenidir. AFM₁ ise, AFB₁'in bir metabolizma ürünü olup, karaciğerde dönüşüme uğramaktadır (6-8,20, 27,30,31).

Fiziksel ve Kimyasal Özellikler

Aflatoksinlerin kimyasal yapıları birbirlerine oldukça yakındır ve yüksek oranda hidrojen içeren heterosiklik bileşiklerdir (6). Bazı aflatoksinlerin kimyasal bileşimleri şekil 1'de sunulmuştur. Fiziksel özelliklerine ait bir liste ise tablo

1'de verilmiştir. İlk yıllarda kağıt kromatografisi ile yapılan çalışmalarda tespit edilen toksik materyal tek bir komponent gibi algılanmış, daha sonra İnce Tabaka Kromatografisi (TLC) ile yapılan çalışmalarda adı geçen toksinin dört farklı bileşikten meydana geldiği anlaşılmıştır.

AFB₁AFB₂AFG₁AFG₂AFM₁AFM₂

Şekil 1. Bazı Aflatoksinlerin Kimyasal Yapıları (26)

Ultra viyole (UV) ışığı altında mavi renkli flüoresans veren iki bileşen aflatoksin B₁ (AFB₁) ve aflatoksin B₂ (AFB₂) olarak; sarı-yeşil renkte flüoresans yayan diğer iki bileşen ise, G₁, G₂ olarak adlandırılmıştır. Daha sonra, aflatoksin ihtiva eden yemleri tüketen süt veren hayvanların sütlerinde bu toksinin bir türevinin salgılandığı ortaya çıkmış ve sütte bulunmasından dolayı da buna, "süt toksini" (milk toxin) anlamında "aflatoksin M" adı verilmiştir (28,31). Aflatoksin M' in saptanmasından ardından yapılan çalışmalar, bu metabolitin aflatoksin B₁ ve B₂' nin 4-hidroksi türevleri olduğunu ortaya koymuş ve böylece aflatoksin M₁ (AFM₁) ve aflatoksin M₂ (AFM₂) diye iki ayrı bileşik izole edilmiştir (28).

Tablo 1. Bazı Aflatoksinlerin Fiziksel Özellikleri (6)

| Aflatoksinler | Kapalı formülü | Mol ağırlığı | Erieme noktası(°C) | Maksimum flüoresans emisyonu (nm) | Rf değeri |
|----------------|--|--------------|---------------------|-----------------------------------|-----------|
| B ₁ | C ₁₇ H ₁₂ O ₆ | 312 | 268-269 | 425 | 0.56 |
| B ₂ | C ₁₇ H ₁₄ O ₆ | 314 | 286-289 | 425 | 0.53 |
| G ₁ | C ₁₇ H ₁₂ O ₇ | 328 | 244-246 | 450 | 0.48 |
| G ₂ | C ₁₇ H ₁₄ O ₇ | 330 | 237-240 | 450 | 0.46 |
| M ₁ | C ₁₇ H ₁₂ O ₇ | 328 | 299 | 425 | 0.40 |
| M ₂ | C ₁₇ H ₁₄ O ₇ | 330 | 293 | 425 | 0.30 |

Toksikolojik Özellikleri

Aflatoksin M₁'in toksik etkileri hakkında çok sayıda araştırma bulunmaktadır. İlk çalışmalar, aflatoksinle kontamine olmuş ceviz ve fındık gibi sert kabuklu meyvelerin kaba ununu tüketen hayvanların sütlerinde tespit edilen toksin ekstrakte edilerek ördek palazlarına verilmiş ve yapılan incelemeler sonucu bu hayvanların karaciğerlerinde lezyonların oluştuğu gözlenmiştir. AFB₁ 'in bir metaboliti olan AFM₁'in oluşumu karaciğerde gerçekleşmektedir. Toksikolojik çalışmalar ve çeşitli hayvansal denemeler sonucu elde edilen veriler, AFM₁'in gerek toksisite ve gerekse kanserojen özellik bakımından AFB₁'e göre oldukça düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak AFM₁'in özellikle yetişkinlere göre daha duyarlı olan bebek ve çocukların başlıca gıdaları olan süt ve ürünlerinde bulunması, dolayısıyla insan sağlığını doğrudan ilgilendirmesi açısından bu bileşik daha da önem kazanmaktadır (31). Öte yandan, bu konuda yapılan birçok araştırmada, her iki bileşimin de özellikle karaciğerde önemli tahribatlar meydana getirdiği ortaya çıkmıştır (8).

Aflatoksinlerin halk sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin ortaya çıkmasıyla, bu konuyla ilgili çeşitli uluslararası kuruluşlar harekete geçmiş ve 19 Haziran 1993 yılında Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO)'na bağlı Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) tarafından AFB₁ birinci dereceden , AFM₁ ise ikinci dereceden (class 2B) kanserojen maddeler grubuna alınmıştır (2,3,8,11). Ördek palazlarıyla yapılan toksikolojik çalışmalarda, AFM₁'in LD₅₀ değerinin birim hayvan başına 12-16 µg olduğu, karaciğer lezyonları ve böbreklerde hasar meydana geldiği tespit edilmiştir. Öte yandan, AFM₁'in 1.5 mg/kg-(vücut ağırlığı)'nın tek dozda ratlarda öldürücü olduğu gözlenmiştir (27).

Tablo 2. Çeşitli Aflatoksinlerin 1 Günlük Ördek Palazlarında LD₅₀ değerleri (6)

| Aflatoksinler | LD ₅₀ değeri (mg/kg- Vücut ağırlığı) |
|----------------|--|
| B ₁ | 0.36 |
| B ₂ | 1.7 |
| G ₁ | 0.8 |
| G ₂ | 2.5 |
| M ₁ | 0.8 |
| M ₂ | 3.1 |

Kontaminasyon Kaynakları

Yem kontaminantları olarak aflatoksinlerin keşfinden kısa bir süre sonra, Allcroft and Carnaghan (1), yemle aflatoksin alan hayvanların sütlerinde ve bu sütlerden elde edilen mamullerde de bu bileşiklerin oluşabileceğini rapor etmişlerdir. Bu araştırmacılar, daha sonra yaptıkları araştırmalarda, inek sütlerinde AFM₁ tespit etmişlerdir. AFB₁'in kantitatif olarak süte geçişi üzerinde ilk araştırma Van der Lind et al. (25) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu bilim adamları araştırmalarında, iki adet yüksek verimli (28 l/gün) süt ineği ile, iki adet düşük verimli (12 l/gün) süt ineğinden her birine 4 mg/kg /gün düzeyinde AFB₁ içeren yer fıstığı rasyonundan 2 kg, 18 gün süreyle yedirmişler ve daha sonra bu hayvanlardan elde edilen sütleri günlük olarak

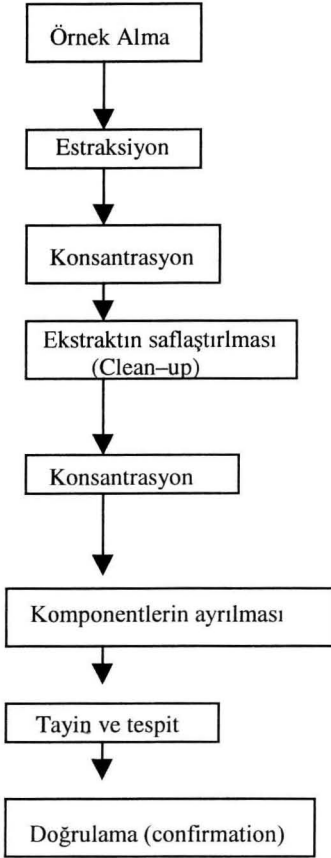
AFM₁ yönünden kimyasal testlere ve biyolojik deneylere tabi tutmuşlardır. Bu araştırmada, AFB₁'in tüketiminden

sonra ilk 12-24 saat içinde sütlerde rahatlıkla "toksin" tayin edilmiş ve toksin içeriğinin belli bir süre sonra maksimuma ulaştığı, sütteki AFM₁'in ancak yemlerde saptanan AFB₁'in % 1'i kadar olduğu gözlenmiştir. Literatürde AFM₁'in sütle birlikte salgılanmasıyla ilgili olarak farklı bildirimler bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar (17,18,25), AFB₁'in yemle birlikte kesilmesinden sonra, 3-6 gün arasında AFM₁ salgılandığını ileri sürerken, bazıları (26, 31), bu sürenin daha kısa olduğunu rapor etmektedirler.

Sütle birlikte salgılanan AFM₁ ile, yemdeki AFB₁ konsantrasyonları arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğu, ancak bunun süt hayvanına, süt verimine, laktasyon dönemine ve sağım zamanına, hatta sağım aralığına göre değiştiği birçok araştırmacı tarafından rapor edilmektedir (16, 19, 26, 31). Bazı araştırmacılar, bu farklılıkta deneysel tekniklerin de etkisinin bulunduğunu belirtmektedirler (19,30).

Analiz Metotları

Süt ve ürünlerinde aflatoksinlerin kontrol edilmesinde güvenilir ve doğru sonuç veren tayin metotlarına ihtiyaç bulunmaktadır. AFM₁ tayini için kullanılan geleneksel analitik yöntemler, flüoresans ölçüleriyle sonuçların değerlendirildiği İnce Tabaka Kromatografisi (TLC) veya Yüksek Performanslı Likit Kromatografisi (HPLC)'ne dayanmaktadır. Bunlara ilaveten, son yıllarda gerek arazide çalışan ve sınırlı teknik bilgiye sahip olan kişiler ve gerekse bu konuda yeterli bilimsel ve teknik bilgiye sahip olmayan laboratuvar teknisyenleri tarafından aflatoksin tayinine imkan veren metotlara talep artmış ve bu talebi karşılamak üzere, daha çok klinik laboratuvarlarında rutin olarak kullanılabilen immuno-kimyasal testler, süt ve diğer ürünlerdeki aflatoksinler için hızlı tetkik yöntemleri olarak kullanılmak üzere modifiye edilmişlerdir. Bu metotlar içerisinde en yaygın olarak kullanılanları, RIA (Radio İmmuno Assay) ve ELISA (Enzyme-Linked İmmunosorbent Assay)'dır. Bu metotlarla 2 ng/l düzeyinde toksin tayini yapılabilmektedir (31). Süt ürünlerinde bulunan aflatoksinlerin analizine ait metotların ana hatları Şekil 2'de verilmiştir. AFM₁'in analize hazırlanmasında ve örnek almada önemli bir problem söz konusu değildir. Çünkü bu toksin sütte homojen bir şekilde dağılmış vaziyettedir. Bununla birlikte, ekstraksiyon ve saflaştırma (clean-up) basamaklarında oldukça dikkat gerekmektedir (29). Öte yandan, mikotoksinler peynirlerin gerek dış yüzeylerinde ve gerekse iç kısımlarında oluşabileceği için, genellikle homojen bir şekilde örnek almada güçlükler söz konusu olabilmektedir (27, 31). AFM₁; metanol, aseton, kloroform gibi bileşiklerin bir veya birden fazlasının su ile kombinasyonu ile ekstrakte edilebilen yarı polar bir bileşiktir. Dolayısıyla uygulamadaki başarı, solvent seçimine, saflaştırma ve tayin basamaklarına bağlıdır. Seçilecek iyi bir ekstraksiyon yöntemi ile etkin, ekonomik ve kolay analiz yapma imkanı bulunmaktadır. Bilindiği gibi süt ve ürünleri; şeker,yağ, proteinler, mineral maddeler ve vitaminler gibi, birçok bileşenden oluşan, kompleks yapıya sahip ürünlerdir. Bundan dolayı, aflatoksinler ve bu ürünlere özgü olan AFM₁'in ekstraksiyonunda bir takım güçlükler söz konusu olabilmektedir (28).



Şekil 2. Aflatoksinlerin Tayinine Ait Analitik Prosedür (27)

AOAC (Association of Official Analytical Chemists), IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) ve IDF (International Dairy Federation) gibi uluslararası kuruluşların da resmi metot olarak kabul ettiği, alternatif ekstraksiyon yöntemleri mevcuttur (21,24). Örneklerin ekstrakte edilmesinden sonra, diğer bir önemli kademe ise, "clean-up" diye tabir edilen ekstraktın kısmi saflaştırma işlemidir. Bu işlem nihai tayinde, TLC veya HPLC ile kantitatif ölçümler esnasında araya girebilen çeşitli yabancı maddeler, lipitler ve benzeri unsurların uzaklaştırılması için gereklidir. Bu amaç için genellikle laboratuvarlarda hazırlanan kolonlar veya ticari olarak piyasada satılan kartuşlar başarılı bir şekilde kullanılabilir (28,31).

Kalıntı Düzeyleri

Birçok ülkede, süt ve süt ürünlerinde bulunmasına izin verilen maksimum AFM₁ tolerans değerleri ve bunlarla ilgili yasal hükümler ve sınırlamalar mevcuttur. Bu tolerans değerlerinin belirlenmesinde, aflatoksinlerin çeşitli özellikleri ile ülke koşulları önemli rol oynamaktadır (15,23). Çeşitli ülkelerde süt ve süt ürünlerinde bulunmasına izin verilen maksimum AFM₁ düzeyleri tablo 3'te özetlenmiştir.

Tablo 3. Çeşitli ülkelerde süt ve ürünlerinde bulunmasına İzin Verilen Maksimum AFM₁ Düzeyleri (4,26)

| Ülkeler | Ürünler | Maksimum Limit (ppb) |
|----------|---------------------------------------|----------------------|
| A.B.D. | Süt ve ürünleri | 0.5 |
| Almanya | Süt Bebek sütleri | 0.05 0.01 |
| Belçika | Süt, süt tozu ve kondanse sütler | 0.1 |
| Brezilya | Süt ve ürünleri | 0.5 |
| Fransa | Çocuklar için süt tozu | 0.2 |
| Hollanda | Süt ve ürünleri Peynir Tereyağı | 0.05 0.2 0.02 |
| İsveç | Sıvı süt ürünleri | 0.05 |
| İsviçre | Süt, süt tozu, kondanse süt | 0.05 |
| Nijerya | Süt | 1.0 |
| Türkiye | Süt ve ürünleri | 0.05 |

Tablodan da izlenebileceği gibi, tolerans değerleri ülkeden ülkeye değişmekle birlikte, başlıca iki tolerans piki (0.05 ppb ile 0.5 ppb) dikkat çekmektedir.

Kontrol

Çeşitli Teknolojik İşlemlerin Etkisi

Çeşitli araştırmalar, AFM₁ ile kontamine olmuş süten imal edilen mamullerde de aflatoksinlerin bulunduğunu göstermektedir. Öyle ki, AFM₁, gerek çiğ süt ve gerekse işlenmiş sütte stabil bir durumda olup, genellikle pastörizasyon ve sterilizasyon gibi ısı işlemleri ile; peynir, yoğurt, krema ve tereyağı gibi ürünlere işlemenin bu toksinler üzerinde fazla etkili olmadığı yapılan bir çok araştırma sonucunda anlaşılmıştır (29). Öte yandan, AFM₁'in peynirlerde diğer süt ürünlerine göre daha yüksek oranlarda (yaklaşık 2.5-5.8 kat daha fazla) çıktığı; bu durumun, toksinin kazein fraksiyonuna olan ilgisinden kaynaklandığı çeşitli araştırmacılar (9, 31, 34) tarafından saptanmıştır. Bu konuda Hollanda'da yapılan iki ayrı araştırmada, doğal olarak kontamine olmuş sütler; pastörizasyon ve sterilizasyon gibi ısı işlemlere tabi tutulmuş; yoğurt, peynir ve tereyağına işlenerek AFM₁ yönünden analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, AFM₁'in ısı işlemlerden hemen hemen hiç etkilenmediği, yoğurttaki bir miktar artış gösterdiği, ancak bu artışın AFM₁ içeriğinde meydana gelen gerçek bir artış olmayıp, muhtemelen ekstraksiyon işleminin yoğurttaki daha etkin olmasından kaynaklandığı, peynirdeki artışın ise, daha önce de ifade edildiği gibi, toksinin kazeine olan ilgisinden kaynaklandığı şeklinde izah edilmektedir (29).

Bazı Fiziksel ve Kimyasal İşlemlerin Etkisi

AFM₁'in parçalanması veya inaktif hale getirilmesi hususunda çeşitli yöntemler denenmiştir. Genel olarak bu işlemler; bisülfid ve/veya sülfidlerle kimyasal muamele, hidrojen peroksitle inaktif hale getirme veya ultra viyole ile ışınlamak suretiyle parçalama gibi işlemlerden oluşmaktadır.

Uygulanan işlemler sonucunda, AFM₁ miktarında % 3.6-100 arasında bir azalma sağlandı; ancak, uygulanan bu metotların, en azından şimdilik, süt endüstrisinde uygulanabilirliğinin söz konusu olmadığı, çünkü bu şekilde muamele edilen ürünlerin biyolojik güvenilirliği, besin değeri, fonksiyonel özellikleri ve organoleptik kaliteleri hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır. Dolayısıyla, bu konuda daha fazla araştırma ve incelemeye ihtiyaç bulunduğu, bu konuyla ilgilenen bilim adamlarının hemen hemen ortak görüşüdür (5,10, 13, 14, 28,32-34).

SONUÇ

Halk sağlığının korunması açısından büyük önem arz eden bu konuda alınacak ilk önlem yemlerde oluşan aflatoksinlerin kontrol altına alınmasıdır. Çünkü, kontamine olmuş yemlerin süt hayvanları tarafından tüketilmesinden sonraki çabalar, kontamine olmuş ürünün içerdiği aflatoksini, bisülfitlerle muamele, ultra viyole ışığına maruz bırakma gibi, bazı yöntemlerle parçalama işlemlerinden ibarettir. Bu tip işlemler ise, hem pahalı ve hem de tüketime sunulacak ürünler üzerinde bir takım olumsuz etkilere sahip bulunmaktadır. Dolayısıyla, sütlerde oluşan AFM₁ miktarının minimuma indirilmesinin en kolay ve kestirme yolu yemlerde AFB₁ oluşumunu engellemekten geçmektedir. Bunun için de, bir çok ileri Batı ülkelerinde olduğu gibi, süt hayvanlarına verilen yemlerin iyi kontrol edilmesi ve yemlerde bulunmasına izin verilen AFB₁ miktarının daha aşağılara düşürülmesi gerekmektedir. Avrupa Topluluğu Ülkelerinde, 1984 yılında süt hayvanlarına verilen yemlerdeki maksimum aflatoksin miktarı 10 ppb olarak öngörüldüğü halde, daha sonra bu düzey 1991 yılından itibaren AFB₁ için 5 ppb'ye düşürülmüştür. Bununla sütteki AFM₁ düzeyi yaklaşık 0.02 ppb olarak hedeflenmiştir (30). Ülkemizde 1997 yılında yeniden düzenlenen Türk Gıda Kodeksinde ne yazık ki, bu konuyla ilgili herhangi bir hüküm bulunmamaktadır. Dolayısıyla, önemli bir eksikliklerdir. Öte yandan, bebek ve çocukların tüketimine sunulan süt ve sütü mamuller için belirlenen tolerans değerleri ise, ülkemiz dahil genel olarak daha düşük düzeylerde (0.01 ppb) tutulmaktadır.

Ülkemiz açısından konunun bir başka önemi ise, denetim ve kontrollerin yetersizliğidir. Ayrıca, bu konu üzerindeki bilimsel araştırma ve incelemelerin azlığı da göz önünde bulundurulacak olursa, problemin ne ölçüde bir endişe kaynağı olduğu ortadadır. Bütün bu sebeplerden dolayı, süt ve süt mamullerindeki AFM₁ miktarının minimum düzeylerde tutulabilmesi için, süt hayvanlarına verilen yemlerin depolanma koşulları uygun hale getirilmeli ve gerekli kontroller yapılmalı, süt üreticileri bu konuda bilgilendirilmeli ve bilinçlendirilmelidir. Yapılan araştırmalar başlangıç kabul edilerek, bu konuda yapılacak olan bilimsel araştırmalar daha uzun süreli ve kapsamlı yapılmalı, ülkemizdeki mevcut durum, sorunlar ve çözüm önerileri her yönüyle ortaya konulmalıdır. En önemlisi, bu konudaki mevzuat, bir çok ileri batı ülkesinin de kabul ettiği tolerans değerlerine göre yeniden düzenlenmelidir.

KAYNAKLAR

1-Allcroft, R. and Carnaghan, R.B.A. (1963): Groundnut toxicity: An examination for toxin in human food

products from animals feed toxic groundnut meal. Vet. Res. 75, 259-26.

2-Anon. (1992): Aflatoxin Food Protection Reort. 8 (10): 1. Publ. Mountly By Charles Felix Assoc.

3-Anon. (1993): Technical profile: the quantitative advantage for mycotoxin testing. World Grain the Inter. Mag. Grain, Flour and Feed.

4-Anon. (1997): Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği. Resmi Gazete, 23172,124.

5-Applebaum, R. S. and Marth, E. H. (1982): Inactivation of aflatoxin M₁ in milk using hydrogen peroxide and hydrogen peroxide plus riboflavin or lactoperoxidase. J. Food Prot. 45 (6): 557-560.

6-Applebaum, R. S., Bracket, R. E., Wiseman, D. V. and Marth, E. H. (1982): Aflatoxin: Toxicity to dairy cattle and occurrence in milk and milk product-a review. J. Food Prot. 45 (8): 752-777.

7-Blanco, J. L., Carrion, B.A., Liria, N., Diaz, S., Garcia, M.E., Dominguez, L. and Suarez, G. (1993): Behavior of aflatoxins during manufacture and storage of yoghurt. Milchwissenschaft,48(7),385-387.

8-Cathey, C. G., Huang, Z. G., Sarr, A. B., Clement, B. A. and Phillips, T. D. (1994): Development and evaluation of a minicolumn assay for the detection of aflatoxin M₁ in milk. J. Dairy Sci. 77: 1223-1231.

9-Dosako, S., Kaminogawa, S., Taneya, S. and Yamauchi, K. (1980):Hydrophobic surface areas and net charges of s₁-k casein and s₁-k casein, casein complex. J. Dairy Research 47:123-129.

10-Doyle, M. P. and Marth, E. H. (1978): Bisulfite degrades aflatoxin: effect of temperatures and concentration of bisulfite. J. Food Prot. 41 (10): 774-780.

11-Dragacci, S., Gleizes, E., Fremy, J. M. and Candlish, A.A.G.(1995): Use of immunoaffinity chromatography as a purification step for the determination of aflatoxin M₁ in cheeses. Food Add. and Cont. 12 (1): 59-65.

12-Fox, P.F., O'connor, T.P. and Mcsweeney, L.H. (1996): Cheese: Physical, Biochemical, and Nutritional Aspects. Advances in Food and Nutrition,39,163-328.

13-Hagler, W. M. Jr., Hutchins, J. E. and Hamilton, P. B. (1982): Destruction of aflatoxin in corn with sodium bisulfite. J. Food Prot. 45 (14): 1287-1291.

14-Hagler, W. M. Jr., Hutchins, J. E. and Hamilton, P. B. (1983): Destruction of aflatoxin B₁ with sodium bisulfite: Isolation of the major product aflatoxin B₁.J. Food Prot. 46 (4): 295-300.

15-Hansen, T. J. (1993): Quantitative testing for mycotoxins. Amer. Assoc. Cereal Chem.Inc. 38 (3): 346-348.

16-Kiermeier, F., Reindardt, V. and Behringer, G. (1975): Zom vorkommen von aflatoxinen in rahmilch. Dtsch. Lebensm-Rdsc. 71: 35-38.

17-Masri, M. S., Page, J.R. and Garcia, V.C. (1968): Analysis for aflatoxin M in milk. J.Assoc. Anal. Chem. 51(3):594-600.

18-Masri, M. S., Page, J.R. and Garcia, V.C. (1969): Modification of method for aflatoxins in milk. J.Assoc. Anal. Chem. 52(3):641-643.

19-Mertens, D. R. (1979): Biological effects of mycotoxins upon rumen function and lactating dairy cows. (In) Interactions of mycotoxins in Animal Production,

Proceedings of a Symposium, National Academy of Sci., 118-136. Washington D. C.

20-Rasic, J.L. Skrinjar, M .and Markov, S. (1991): Decrease of aflatoxin B₁ in yoghurt and acidified milks. *Mycopathologia*, 113(2),117-119.

21-Scott, P.M. (1989): Methods for determination of aflatoxin M₁ in milk and milk productsa review of performance characteristics. *Food Addit. and Contam.*, 6(3), 283-305.

22-Stoloff, L. (1980): Aflatoxin M₁ in perspective. *J. Food Prot.* 43 (3): 226-230.

23-Stoloff, L.,Van Egmond, H.P. and Parks, D.L.(1991):Rationales for the establishment of limits and regulations for mycotoxins. *Food Addit. and Contam.* 8 (2): 231-222.

24-Stubblefield, R. D. and Van Egmond, H.P. (1989): Chromatographic methods of analysis for aflatoxin AFM₁. (In) *Mycotoxins in Dairy Products*. H.P.Van Egmond (Editor), 57-94.Elsevier Applied Science London and New York.

25-Van der Linde, J. A., Frens, A. M., De Iongh, M. and Vles, R. O. (1964): Inspection of from milk cows fed aflatoxin-containing groundnut meal. *Tijdschr.-Diergeneesk.* 89: 1082-1088.

26-Van Egmond, H. P. (1989):Aflatoxin M₁: occurrence, toxicity, regulation. (In) *Mycotoxins in Dairy Products*. H.P. Van Egmond (Editor), 11-54. Elsevier Applied Science London and New York.

27-Van Egmond, H. P. (1991): Mycotoxins. (In) *Monograph on Residues and Contaminants in Milk and Products*. IDF. Special Issue, 9101, 131-145.

28-Van Egmond, H. P. (1994): Aflatoxin in milk. *The Toxicology of Aflatoxins: Human Health, Vet. Agric. Sig.* Academic Press. Inc., 365-381.

29-Van Egmond, H. P. and Paulsch, E. (1986): Mycotoxins in milk and milk products. *Neth. Milk Dairy J.* 40: 175-188.

30-Veldman, A., Meijst, A.C., Borggreve,G.J. and Heeres-Van Der Tol, J.J.(1992): Carry-over aflatoxin from cows' food to milk. *Anim. Prod.*, 55,163-168.

31-Wood, G. E. (1991): Aflatoxin M₁. (In) *Mycotoxin and Phytoalexins*. R.P. Sharma and D.K. Salunkhe (Editors), 145-163. CRC Press, London.

32-Yousef, A. E. and Marth, E. H. (1985): Deradation of aflatoxin M₁ in milk by ultraviolet energy. *J. Food Prot.* 48 (8): 697-698.

33-Yousef, A. E. and Marth, E. H. (1986): Use of ultraviolet energy to degrade aflatoxin M₁ in raw or heated milk with and without added peroxide. *J. Dairy Sci.* 69: 2243-2247.

34-Yousef, A. E. and Marth, E. H. (1989): Stability and degradation of aflatoxin M₁(In) *Mycotoxins in Dairy Products*. H.P. Van Egmond (Editor), 127-161. Elsevier Applied Science London and New York.