

T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BESİN HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ  
ANABİLİM DALI

**MISIR SİLAJINDA AFLATOKSİN B1 VARLIĞININ VE  
SÜTE GEÇME DURUMUNUN ARAŞTIRILMASI**

Araştırma Görevlisi  
**Yakup KARAKAYA**

Tez Yöneticisi  
**Doç. Dr. Mustafa ATASEVER**

**Yüksek Lisans Tezi**

ERZURUM-2006

T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BESİN HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ  
ANABİLİM DALI

## MISIR SİLAJINDA AFLATOKSİN B1 VARLIĞININ VE SÜTE GEÇME DURUMUNUN ARAŞTIRILMASI

**Yakup KARAKAYA**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :** 10.08.2006  
**Tezin Sözlü Savunma Tarihi :** 25.09.2006  
**Tez Danışmanı :** Doç.Dr. Mustafa ATASEVER  
**Jüri Üyesi :** Doç. Dr. Derviş ÖZDEMİR  
**Jüri Üyesi :** Yrd. Doç. Dr. Ziya Gökalp CEYLAN  
**Jüri Üyesi :** Yrd. Doç Dr. Halit İMİK  
**Jüri Üyesi :** Yrd.Doç.Dr. Zekeriya ÖZÜDOĞRU  
**Enstitü Müdürü :** Doç Dr. Adnan TEZEL

Tez Yöneticisi  
**Doç. Dr. Mustafa ATASEVER**

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	4
ŞEKİL VE TABLOLAR DİZİNİ.....	5
ÖZET .....	6
SUMMARY .....	7
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİ .....	3
3. MATERYAL VE METOD.....	18
4. BULGULAR.....	21
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	23
6. KAYNAKLAR.....	28

## TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın yürütülmesinde her türlü desteği sağlayan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mustafa ATASEVER'e, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Atatürk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Leyla YILDIZ'a ve Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Mükerrerem KAYA'ya, tüm çalışmada desteğini gördüğüm Sayın Yrd. Doç. Dr. Ziya Gökalp CEYLAN'a, laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımcı olan 9 ncu Kor. "A" Tipi Gıda Kontrol Müfreze Komutanlığı personeli Sayın Yzb Tolga YAROĞLU'na, Sayın Yzb Korhan ÖZTURAN'a, Sayın Yzb Cemal ÜNSAL'a, Yzb. Nuri KUZU'ya ve mesai arkadaşlarım Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı Öğretim Elamanlarına ve manevi desteklerini hep yanımda hissettiğim anneme ve babama teşekkür ederim.

## ŞEKİL VE TABLOLAR DİZİNİ

- Şekil 1. Bazı Aflatoksinlerin Kimyasal Yapıları.
- Tablo 1. Bazı Küfler ve Ürettikleri Mikotoksinler.
- Tablo 2. Bazı Ülkelerde Süt ve Ürünlerinde Bulunabilecek Aflatoksinler İçin Belirlenmiş Maksimum Sınır Değerler.
- Tablo 3. Türkiye’de Gıda ve Yemlerdeki Aflatoksinler İçin Belirlenmiş Azami Miktar.
- Tablo 4. Aflatoksinlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.
- Tablo 5. Yem Örneklerinde Tespit Edilen Aflatoksin B<sub>1</sub> Miktarlarının Dağılımı.
- Tablo 6. Süt Örneklerinde Tespit Edilen Aflatoksin M<sub>1</sub> Miktarlarının Dağılımı.

## ÖZET

### **Mısır silajında aflatoksin B<sub>1</sub> varlığının ve süte geçme durumunun araştırılması**

Bu çalışmada, Erzurum ili Pasinler ilçe merkezi ve köylerindeki süt sığırcılığı işletmelerinden alınan mısır silajlarının aflatoksin B<sub>1</sub> ve bu yemi tüketen hayvanların sütlerinin aflatoksin M<sub>1</sub> içeriği yönünden ve aflatoksinin yemden süte geçiş durumu araştırıldı.

İncelenen yem örneklerinde aflatoksin B<sub>1</sub> miktarı ortalama 361,12±94.76 ppt ve süt örneklerindeki aflatoksin M<sub>1</sub> miktarı da ortalama 3.85±3.71 ppt olarak belirlendi. Tüketilen yemdeki aflatoksin B<sub>1</sub>'in %1,07'sinin süte aflatoksin M<sub>1</sub> olarak geçtiği saptandı.

Süt numunelerinin 6 adedinde (% 8.33) ölçülebilir aflatoksin M<sub>1</sub> tespit edilemedi. 66 örnekte (% 91.67) ise Türk Gıda Kodeksine göre kabul edilebilir sınırların altında aflatoksin M<sub>1</sub> belirlendi.

İncelenen 72 yem örneğinin 3 adedinde (% 4.16) aflatoksin B<sub>1</sub> saptanmadı. Diğer örneklerde ise standartlarda belirtilen sınırın altında aflatoksin B<sub>1</sub> saptandı. İncelenen yem örneklerinde saptanan aflatoksin B<sub>1</sub> miktarı ile süt örneklerindeki aflatoksin M<sub>1</sub> miktarı arasında çok önemli ilişki (P<0.01) ve pozitif korelasyon (+0.329) olduğu belirlendi.

Süt ve ürünlerindeki AFM<sub>1</sub> miktarının minimum düzeyde tutulabilmesi için, modern üretim teknikleri uygulanmalı, süt hayvanlarına verilen yemlerin depolanma koşulları uygun hale getirilmeli, gerekli kontroller yapılmalı ve süt üreticileri bu konuda bilinçlendirilmelidir. Gıda maddeleri ve yemler her aşamada aflatoksin yönünden analiz edilmeli ve kabul edilen sınırlardan fazla içerenlerin tüketimine izin verilmemelidir. Yem ve besinlerde küf bulaşmasını ve dolayısıyla aflatoksin oluşumunu önlemek için etkili, ekonomik ve uygulanabilir çalışmaların yapılması gereklidir.

**Anahtar Sözcükler:** Aflatoksin B<sub>1</sub>, Aflatoksin M<sub>1</sub>, Süt, Silaj, Yem, ELISA.

## SUMMARY

### **Aflatoxin B<sub>1</sub> in corn silage and its probability passing in milk**

The aim of this study was to determine the levels of aflatoxin B<sub>1</sub> contamination in corn silage samples and aflatoxin M<sub>1</sub> in milk samples collected from cow dairy farms in Pasinler (Erzurum, Turkey) region.

Average amount of aflatoxin B<sub>1</sub> in feed and aflatoxin M<sub>1</sub> in milk were found 361,12±94.76 ppt and 3.85±3.71 ppt respectively. It was found that, 1.07% aflatoxin B<sub>1</sub> passed to milk as a aflatoxin M<sub>1</sub>.

Aflatoxin M<sub>1</sub> was not found in 6 samples (8.33%) of the milk. Aflatoxin M<sub>1</sub> was found in 66 samples (91.67%) of the examined milk samples. None of the samples had aflatoxin M<sub>1</sub> greater than the maximum tolerance limit accepted by Turkish Standard and European Union.

Aflatoxin B<sub>1</sub> was not found in 3 samples (4.16%) of the silage. Aflatoxin B<sub>1</sub> was found in 69 samples (95.84%) of the examined silage samples. None of the samples had aflatoxin B<sub>1</sub> greater than the maximum tolerance limit accepted by Turkish Standard and European Union.

In the statistical analysis, there was positive correlation ( $P < 0.01$ ) between aflatoxin M<sub>1</sub> in the silage samples and aflatoxin M<sub>1</sub> in the examined milk samples.

To achieve minimum levels of AFM<sub>1</sub> in milk and milk products, modern production techniques should be employed, the animal feed storage conditions should be well- maintained and inspected, milk producers should be well-informed. Food and feed items should be analyzed for the presence of aflatoxin at every level, the consumption of the ones that contain aflatoxin in amounts higher than the tolerable limits valid in our country should not be permitted. In order to prevent mould growth, and consequently, forming of aflatoxin on animal feed and food, effective, economical and applicable chemical materials should be researched and field investigations should be conducted for confirmation of the applications.

**Keywords:** Aflatoxin B<sub>1</sub>, Aflatoxin M<sub>1</sub>, Milk, Silage, Feed, ELISA

## 1. GİRİŞ

Mikrobiyel flora, besin maddelerinin kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Bazı mikroorganizmalar (örn., koliform grubu, maya, küf) besin maddelerinde bir takım istenmeyen değişikliklere (örn., kokuşma, gaz oluşumu, küflenme) neden olabilir. Bu mikroorganizmalar arasında yer alan küfler, besinlerde istenmeyen renk ve lezzet değişiklikleriyle karakterize bozukluklara neden olurlar. Ayrıca, küfler salgıladıkları toksinlerle de halk sağlığı açısından tehlike oluşturabilmektedir.

Küf türlerinden 250 kadarının mikotoksin oluşturduğu ve bunların da 20–25 çeşidinin yem ve besinlerde bulunarak zehirlenmelere sebep olabileceği ifade edilmiştir<sup>1,2</sup>.

Başlıca önemli mikotoksinler; aflatoksin, okratoksin, zearalenon, sitrinin, patulin, streigmatosistin, trikotesen, PR toksin, penisillik asit, sporidesmin, ergot alkaloidleri, streovirindin, alternariol, tenuazonik asit, rubratoksin, sikloklorotin, slaframin, luteosikrin, rugulosin, tremorin A, kojik asit ve okzalik asittir<sup>3</sup>.

En yaygın bilinen mikotoksin aflatoksindir. Aflatoksinler, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus paraciticus*, *Aspergillus nomius* ile bazı *Penicillium* ve *Rhizopus* türleri tarafından sentezlenen, insan ve hayvanlarda akut ve kronik zehirlenmelere neden olan metabolitler olup, aflatoksin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, M<sub>1</sub> ve M<sub>2</sub> olmak üzere başlıca altı ana bileşikten oluşur<sup>1,4-6</sup>.

Aflatoksinler, karsinojenik, mutajenik ve teratojenik etkileri yanında, ısı işlemlere de dirençli olmaları nedeniyle sağlık açısından önem taşırlar<sup>7-9</sup>. Ayrıca aflatoksinlerin Reye sendromu, kwashiorkor, çocukluk dönemi sirozu, kronik gastrit ve bazı solunum hastalıklarına da sebep olabildiği belirtilmiştir<sup>6-10</sup>. Ayrıca, insan ve hayvanlarda sebebi bilinmeyen bazı hastalıkların da mikotoksinlerden kaynaklanabileceği düşünülebilir<sup>11,12</sup>. Bu nedenle aflatoksinlerin etkileri konusunda daha fazla çalışmalara ihtiyaç vardır.

Birçok ülke tarafından düzenleyici kontrol ölçümlerinin yapılmasına rağmen, aflatoksin içermeyen süt üretimi her zaman mümkün olmamaktadır. Modern analitik metotlar sayesinde sütteki çok düşük aflatoksin M<sub>1</sub> düzeyleri dahi belirlenebilmekte ve



bunun sonucunda bozucu etkisi olmamasına rağmen pozitif örneklerin yüzdesi artmaktadır. Aflatoksin M<sub>1</sub>'in sütlerde etkili düzeylerde gözlenmesi, sütün atılmasına yol açarak süt endüstrisinde ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bundan dolayı bu toksinin oluşumunun önlenmesi, uzaklaştırılması ve yok edilmesi ihtimallerini araştıran çalışmalar yapılmaktadır<sup>7</sup>.

Aflatoksin problemi, yaygın olması nedeniyle çeşitli uluslararası çalışmalara konu olmaktadır. Uluslararası ticarete yaşanan bu problem, dünyanın belirli bir bölgesinde sınırlı kalmayıp uluslararası nitelik kazanmaktadır. Aşırı toksik ve karsinojenik etkileri nedeniyle, aflatoksinlerin besinlerde bulunma düzeyleri halk sağlığı ve ekonomik kayıplar yönünden dikkatleri üzerine çekmiştir. Bu nedenle çok sayıda ülke, aflatoksinlerin besinlerde bulunma miktarlarına yasal olarak sınırlamalar getirmiştir.

Birçok ülkede süt ve ürünlerinde bulunabilecek aflatoksin M<sub>1</sub> için sınır 0,5 ppb ve altındaki değerlerde tutulmaktadır. Kontroller, kanun ve tüzüklere bağlı olarak sıkı bir şekilde yapılmakta, belirlenen limitler üzerinde aflatoksin içeren gıda maddelerinin ithalatına ve ülke içinde tüketimine izin verilmemektedir.

Türk Gıda Kodeksine<sup>13</sup> göre süt ve ürünleri için sınır değerler 50 ppt olarak belirtilmiştir. Konunun bir değerlendirilmesi yapıldığında, aflatoksinin ürünlerde görüldüğü ancak, aflatoksinli yem tüketen hayvanın et, süt ve yumurtasına geçebildiği, dolayısıyla sorunun tüm bitkisel ve hayvansal ürünleri tehdit eder boyutlarda olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Küfler, tarımsal ürünlerin üretimi, işlenmesi, depolanması ve tüketimi sırasında ürünleri kontamine etmek sureti ile bozulmalara sebep olmaktadır. Süt işletmelerinde küflere sıklıkla rastlanabilmektedir. Aspergillus türü küfler hayvan yemlerine bulaşabilmekte ve daha sonra da süt ve ürünlerine geçebilmektedir. Son yıllarda Erzurum ve çevresinde silaj tüketiminin artması nedeniyle yemlerde ve sütte aflatoksinin daha fazla bulunabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle bu tez çalışması ile hayvan yemlerinde ve bu yemleri tüketen hayvanların sütlerinde aflatoksin içeriğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. GENEL BİLGİ

Küflenme dünyada sık karşılaşılan bir olgudur. Önceleri besin maddelerinin estetik bozulması şeklinde değerlendirilen küflenme sorunu, 1960'da İngiltere'de 100.000'den fazla hindinin toplu ölümüyle önemli zehirlenme kaynağı olduğu anlaşılmıştır. Araştırmalar, küflerin metabolizma ürünleri olan toksik maddeleri açıklığa kavuşturmuş ve hem insan hem de hayvan sağlığını ciddi şekilde tehdit eden boyutlarını ortaya çıkartmıştır. Çoğunlukla besinlerin tozlu ve lifli bir görünüm alması küflenme olarak nitelendirilir<sup>14</sup>.

Besinlerdeki küfler ürünün kalitesini düşürür ve ürünün sağlık açısından riskli olmasına yol açar. Küflerin ürettiği bu toksik maddelere mikotoksin denilmektedir. Mikotoksinlerle bulaşmış olan gıdaların insan ve hayvanlar tarafından tüketilmesi sonucu mikotoksikozis denilen hastalıklar ve hatta ölümle sonuçlanabilen zehirlenmeler meydana gelmektedir<sup>15-23</sup>.

Küflenmiş besinlerdeki toksik madde, küflerin metabolizma ürünü olan mikotoksinlerdir. Ancak, bütün küfler mikotoksin sentezleyemezler. Küf türünün 300.000'den fazla olduğu ve bunlardan 250 kadarının toksin sentezleyebildiği, yaklaşık 20 türün de oluşturdukları mikotoksinlerle insan ve hayvanlarda sağlık sorununa yol açtığı bildirilmiştir<sup>24,25</sup>.

Besin ve yemlerin, hammaddeden tüketime sunulana kadarki aşamalarında, şartlar küflerin gelişmesine uygun olduğu takdirde, ürünlere kontaminasyon olabilmekte ve halk sağlığı yönünden önemli problemler oluşturabilmektedir. Küflerin akut zehirleyici etkilerinin yanısıra, bazılarının (örn., aflatoksin) güçlü karsinojenik ve östrojenik etkileri vardır. Küfler, birçok besin maddesinin besin değerinde düşmeye ve ekonomik kayba yol açarlar. Çevresel koşullar küf gelişimine uygun olduğunda besinler küflenebilir. Küflenme nedeniyle her yıl dünyada, özellikle tahıl ve yağlı tohum ürünlerinin %1'inden fazlası zayı olmaktadır.

Küflenme, tümüyle küflerin rejenerasyon organları olan sporların şekillenmesi ve yayılmasıyla gerçekleşir. Küf sporları, uygun koşullarda hızla gelişerek hava ve su ile çevreye yayılır. Sporlar uygun olmayan koşullarda yıllarca canlı kalabilmekte ve uygun gelişme ortamında hızla çoğalmaktadırlar.

Küflenmiş besinlerin halk sağlığı yönünden yaratabileceği en önemli sakınca, mikotoksin küfleriyle doğal olarak kirlenmiş olmalarından kaynaklanır. Zaten, değişik derecelerdeki küflenme olguları sonucunda sıklıkla mikotoksinlerle kirlenme riski ortaya çıkar. Değişik derecelerde kirlenmiş olan besinler insanlarda latent, subakut, akut ve kronik nitelikli zehirlenmelere neden olabilir. Mikotoksikozis olarak adlandırılan bu çeşit zehirlenmeler, kirlenmeyi oluşturan mikotoksinin çeşidine, kirlenme boyutuna, hayvanın türüne, alınma sürecine göre oldukça değişik klinik belirtiler ve patolojik bozukluklarla kendini gösterir.

Küflerin gelişip çoğalması ve mikotoksin sentezleyebilmesi, birçok faktörün (örn., ısı, rutubet, havalandırma) etkisi ile besinin bazı niteliklerine (örn., gelişme süreci, rutubet içeriği, mekanik hasar, pH) bağlıdır. Genellikle ortamın rutubet içeriği ve ısı durumu, küflerin çoğalması yönünden kritik koşullar niteliğindedir. Rutubet içeriği % 9'dan düşük ortamlarda küflenme riski son derece azalır. Rutubetin %13 veya daha yüksek oranlarda olan besinler, 15°C'nin üstünde muhafaza edildiğinde kolayca küflenebilir.

Besinlerdeki küfler tümüyle bertaraf edilse dahi, bunların besinde oluşturduğu mikotoksinler aylarca parçalanmadan kalabilirler. Ayrıca, birçok mikotoksin (özellikle aflatoksin) ısı işlemlere ve kimyasal tepkimelere de dayanıklıdır. Bu nedenle besinlerin hazırlanması aşamasında toksik etkilerini sürdürürler.

Kolay küflenebilme ve mikotoksin hazırlanmasına uygun ortam oluşturabilmeleri bakımından bitkisel besin çeşitleri arasında önemli ayrımlar vardır. Şöyle ki; hasat edilmiş ve mekanik olarak parçalanmış mısır, yerfıstığı, ayçiçeği ve pamuk tohumu küspeleri, pirinç ve işlenmiş soya fasulyesi ürünleri çabuk küflenerek mikotoksinlerle kirlenebilir. Oysa hasarsız dane halindeki tahıllar ve yağlı tohumlar daha zor küflenir.

## 2.1. Aflatoksin

Bilinen ilk mikotoksikozis vakası, *Claviceps purpurea* tarafından meydana getirilen ve bazı organlarda nekroz ve gangren ile karakterize “Ergotizm” zehirlenmesidir. Bu hastalık *Claviceps purpurea* ile bulaşmış olan besin maddelerinin tüketilmesi sonucu ortaya çıkmış ve Orta Çağ Avrupa’sında uzun yıllar “Kutsal Ateş” adıyla anılmıştır. Rusya’nın bazı bölgelerinde nüfusun yaklaşık % 10’undan fazlasının, İkinci Dünya Savaşı yıllarında küflü gıdaların tüketilmesi sonucu, bu tip zehirlenmelerden etkilenmiş ve hatta birçok ölüm vakası meydana gelmiştir. Sözkonusu yıllarda, birçok ülkede Japonya’dan ithal edilen piringlerin tüketimi sonucu benzer vakalara rastlanmıştır. Ancak 1960’lı yıllara kadar bütün bu zehirlenmeler önemsiz hastalıklar olarak değerlendirilmiştir. Bu yıllarda İngiltere’de Turkey X Disease adı verilen bir hastalığın ortaya çıkmasıyla bu konudaki kanaatler değişmiştir. Bu hastalıktan dolayı binlerce hindi palazı telef olmuş ve yapılan incelemeler neticesinde, hastalığa hindilere protein kaynağı olarak verilen, Brezilya’dan ithal edilen yer fıstığında bulunan toksik bir maddenin sebep olduğu anlaşılmıştır. Daha sonraları bu konuyla ilgili olarak yapılan detaylı araştırmalar sonucunda bu toksik maddelerin “*Aspergillus flavus*” ve “*Aspergillus parasiticus*” tarafından sentezlenen bir bileşik olduğu ortaya çıkmış ve toksine kendini oluşturan küfün adına istinaden “aflatoksin” denilmiştir<sup>14,26-29</sup>.

Çok kuvvetli kanserojen olan aflatoksinlerin bulunmasıyla, bu konudaki çalışmalar daha da yoğunlaşmış ve bu tarihten itibaren tüm mikotoksinler ve mikotoksikozisler geniş bir şekilde ele alınarak canlılar üzerindeki hepatoksik, nefrotoksik, dermatoksik, nerotoksik, mutojenik ve diğer biyolojik etkileri ile metabolizma üzerindeki biyokimyasal etkileri üzerindeki araştırmalar hız kazanmıştır. Bu sayede birçok mikotoksinin insan ve hayvanlarda etyolojisi bilinmeyen hastalıkların etmeni olabileceği belirlenmiştir<sup>11,12</sup>.

Mikotoksinlerin büyük bir bölümününün *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Fusarium* cinsine ait küfler tarafından oluşturulduğu ifade edilmektedir. Bazı önemli mikotoksijenik küfler ve bunların ürettiği mikotoksinler Tablo 1’de gösterilmiştir<sup>4</sup>.

Tablo 1. Bazı Küfler ve Ürettikleri Mikotoksinler

Küf	Ürettiği mikotoksin
Aspergillus flavus Aspergillus parasiticus	Aflatoksinler
Aspergillus flavus	Siklopiyazonik Asit
Aspergillus ochraceus Penicillium viridicatum Penicillium cyclopium	Okratoksin A
Penicillium expansum	Patulin
Fusarium colmorum Fusarium graminearum Fusarium sporotrichioides	Deoksinivalenol
Fusarium sporotrichioides Fusarium poae	T-2 toksini
Fusarium sporotrichioides Fusarium graminearum Fusarium poae	Diasetoksiskirpenol
Fusarium culmorum Fusarium graminearum Fusarium sporotrichioides	Zearalenon
Fusarium moniliforme	Fumonisinler
Acremonium coenophialum	Ergopeptin alkolitleri
Acremonium lolii	Lolitrem alkolitleri
Phomopsis leptostromiformis	Fomopsinler
Pithomyces chartarum	Sporodesminler

Alfatoksinler, *Aspergillus* cinsi içerisinde yer alan *A. flavus* ve *A. parasiticus* türü küfler tarafından üretilmektedir<sup>30</sup>. Esas olarak küflü gıdalarda görülmesine karşın doğrudan insan tüketimine sunulan gıdalarda da alfatoksin oluşabileceği, çeşitli işleme yöntemlerinin bunu tamamen ortadan kaldıramadığı ve hayvan yeminde bulunabilecek alfatoksinlerin çok az bir oranda da olsa et, süt ve yumurta gibi gıdalara geçerek insan

sağlığı açısından risk oluşturabileceği ifade edilmektedir<sup>31,32</sup>. Gelişmiş ülkelerin birçoğu, bu riski azaltmak için gıda maddelerinde bulunabilecek alfatoksin miktarları için maksimum sınırları belirlemişlerdir<sup>24</sup>. Bazı ülkelerin süt ve süt ürünlerinde bulunabilecek aflatoksin miktarları için belirledikleri maksimum sınır değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir<sup>14</sup>.

Tablo 2. Bazı Ülkelerde Süt ve Ürünlerinde Bulunabilecek Aflatoksinler İçin Belirlenmiş Maksimum Sınır Değerler

Ülke	Ürün	Limit( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
Arjantin	Süt	0.5 ( $M_{1+}$ B <sub>1</sub> + B <sub>2</sub> + G <sub>1</sub> + G <sub>2</sub> )
Avusturya	Peynir	0.25
Belçika	Süt ve tozu	0.1
Brezilya	Süt ve ürünleri	0.5
Çekoslovakya	Tüm gıdalar	5
	Süt	0.5
Fransa	Süt tozu	0.2
Almanya	Süt	0.05
Hollanda	Süt ve ürünleri	0.05
	Peynir	0.2
İsveç	Süt ürünleri	0.05
İsviçre	Süt	0.05
	Peynir	0.01(B <sub>1</sub> + M <sub>1</sub> )
Usa	Süt	0.5
Rusya	Süt ürünleri	0.5

Günümüzde bu düzenleme sınırları ekonomik durumuna ve gelişme derecesine bağlı olarak ülkeden ülkeye büyük ölçüde değişkenlik göstermektedir. Türkiye’de de bu konuyla ilgili olarak çeşitli gıdalar<sup>13</sup> ve yemler<sup>33,34</sup> için belirlenen limitler Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Türkiye’de Gıda ve Yemlerdeki Aflatoksinler İçin Belirlenmiş Azami Miktar

Gıda-yem	Toplam aflatoksin		
	Aflatoksin B <sub>1</sub> (ppb)	Aflatoksin M <sub>1</sub> (ppt)	(B <sub>1</sub> + B <sub>2</sub> + G <sub>1</sub> + G <sub>2</sub> ) (ppb)
Gıda maddeleri	5	-	20
Tarım ürünleri	5	-	20
Çocuk mamaları	-	-	2
Süt	-	50	-
Peynir	-	250	-
Yem maddeleri	50	-	-

Aflatoksin M<sub>1</sub> ve M<sub>2</sub> toksinleri aflatoksijenik küfler tarafından direkt olarak sentezlenmemektedir. Bu toksinler, aflatoksin B<sub>1</sub> ve B<sub>2</sub> içeren yemlerle beslenen hayvanların bunları metabolize ederek sütlerine geçirmeleri sonucunda oluşmakta ve süttten izole edilmeleri nedeniyle de ‘M’ harfiyle simgelenmektedir<sup>35</sup>.

Aflatoksinler, kimyasal yapı olarak bifuran halkası ve lakton bağı içeren kumarin türevi bileşiklerdir<sup>20</sup>. Aflatoksin B<sub>2</sub> ve G<sub>2</sub> aflatoksin B<sub>1</sub> ve G<sub>1</sub>’in dihidro formlarıdır. Aflatoksin M<sub>1</sub> ve M<sub>2</sub> ise aflatoksin B<sub>1</sub> ve B<sub>2</sub>’nin OH grubu içeren formlarıdır. Aflatoksinlerin aldıkları bu harfler ultraviyole ışığı altında verdikleri renklere göre yapılmıştır. Ultraviyole ışığı altında, aflatoksin B<sub>1</sub> ve B<sub>2</sub> mavi renk verirken, aflatoksin G<sub>1</sub> ve G<sub>2</sub> yeşil-mavi renk vermektedir. Toksinlere verilen rakamlar ise toksisite derecesini göstermektedir. “1” ile simgelenenler yüksek “2” ile simgelenenler daha düşük toksisiteyi göstermektedir<sup>36</sup>.

Aflatoksin, *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* ve toksinojenik nitelikli diğer *Aspergillus* türleri ile bazı *Penicillium* ve *Rhizopus* türleri tarafından hazırlanan toksik metabolittir. Bu terim aflatoksin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, M<sub>1</sub> ve M<sub>2</sub> olmak üzere 6 çeşit ana bileşiğin ortak adıdır. Bunlardan aflatoksin B<sub>1</sub> doğal olarak küflenmiş besinlerde en sık karşılaşılan ve yüksek oranlarda bulunan metabolittir. G<sub>1</sub> ve G<sub>2</sub> metabolitleri daha seyrek ve B<sub>2</sub> en az karşılaşılan aflatoksin çeşitleridir. Bazı küflenmiş mısır örneklerinde B<sub>1</sub> ve B<sub>2</sub> metabolitlerinin yanında M<sub>1</sub> varlığına da rastlanmıştır. Ancak M<sub>1</sub> ve M<sub>2</sub> türevleri aflatoksin B<sub>1</sub> ve B<sub>2</sub>’nin sağmal hayvanlarda metabolik değişikliğe uğratarak sütle atılan şekilleri olarak kabul edilir<sup>37</sup>.

Yüksek molekül ağırlıklı bileşikler olan aflatoksinler, ultraviyole ışığı altında güçlü floresan verirler. Aflatoksin, saf haldeyken renksiz kristal formdadır, kaynama noktası yüksek olduğu için 300°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda parçalanabilmektedir. Aflatoksinlere ait bazı fiziksel özellikler Tablo 4'de<sup>38</sup> ve bazı kimyasal yapıları Şekil 1'de gösterilmiştir<sup>39</sup>.

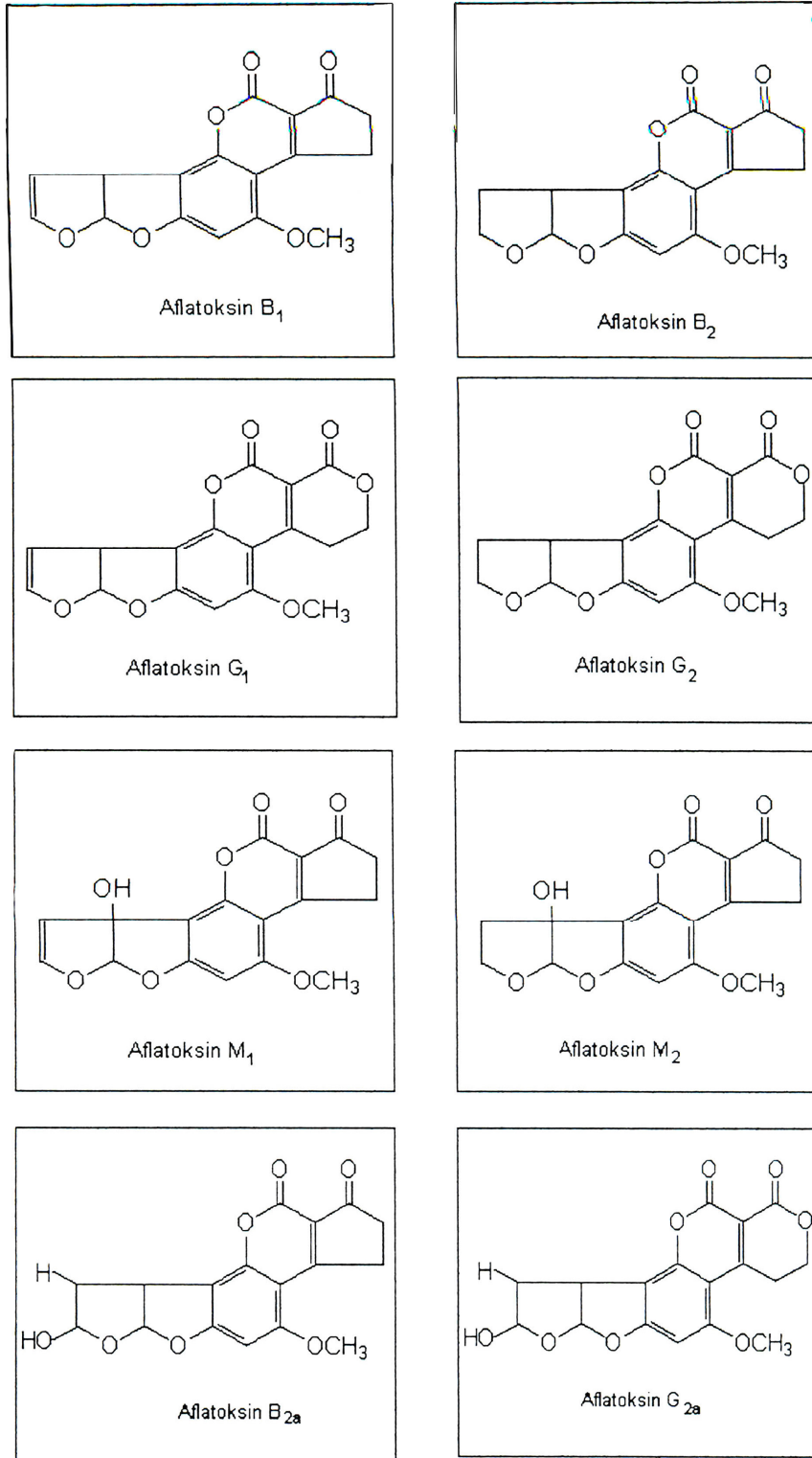
Tablo 4. Aflatoksinlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Aflatoksin	Molekül formülü	Molekül ağırlığı	Kaynama noktası	Ultraviyole absorpsiyonu	Floresans emisyonu(nm)
B <sub>1</sub>	C <sub>17</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	312	268–269	21,800	425
B <sub>2</sub>	C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	314	286–289	23,400	425
G <sub>1</sub>	C <sub>17</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	328	244–246	16,100	450
G <sub>2</sub>	C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>7</sub>	330	237–240	21,000	450
M <sub>1</sub>	C <sub>17</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	328	299	19,000	425
M <sub>2</sub>	C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>7</sub>	330	293	----	----

*A. flavus* ve *A. parasiticus*; 10–43°C ye kadar değişen bir sıcaklık aralığında gelişebilmektedirler<sup>40,41</sup>. Her iki türde pH 2.1–11.2 arasında gelişebilmekte ve optimum gelişme pH 3.5–8.0 aralığında olmaktadır. Aflatoksinler pH 3.5–8.0'de üretilebilmekte ve optimum üretim pH 6 düzeyinde gerçekleşmektedir. Bu mikroorganizmaların gelişebildiği minimum a<sub>w</sub> değeri 0.80–0.83 arasındadır<sup>40</sup>.

Aflatoksin sentezleyen *Aspergillus* türleri bütün dünyada yaygın bir şekilde bulunur ve her türlü iklim koşulunda kolayca üreyebilir. Çevre sıcaklığının 24 – 45°C olduğu ortamda ürün çeşidine göre % 9–14 arası veya daha yüksek oranlarda rutubet içeren besinler 3–4 günde bile ağır bir şekilde küflenebilir. *Aspergillus* türü küfler birçok besin maddesinde (örn., mısır, pamuk tohumu küspesi, ayçiçeği küspesi, soya fasulyesi unu, fındık, yerfıstığı, ceviz, yağlı tohumlar ile balık ve et-kemik unu, karma yem hazırlanmasında kullanılan hammaddeler) çok yaygın bir şekilde ve tehlikeli düzeylerde küflenme oluşturduğu bilinmektedir.





Şekil 1. Bazı Aflatoksinlerin Kimyasal Yapıları

Küflenme derecesiyle aflatoksinlerin sentezleme miktarı arasında doğrusal bir ilişki yoktur. Genellikle ortamın giderek azalan rutubet içeriği kullanılabilir besin kompozisyonu aşırı sporlanma diğer küf ve bakteri türlerinin varlığı küflenme süresi ve iklim koşulları aflatoksin sentezini sınırlandırabilmektedir. Bu nedenle de açıkça ve ağır bir şekilde küflenmiş olan besinler 0.01–15.000 ppm düzeyleri arasında aflatoksin bulunabilirken, dikkati çekmeyecek derecede az küflenmiş olan besinlerde 1000 ppm'e kadar aflatoksin B<sub>1</sub> varlığına rastlanabilmektedir. Normal çevre koşullarına oldukça dayanıklı olan aflatoksinler ancak 300°C'nin üzerinde ısıtılmakla parçalanabilirler. Bu sebeple pastörizasyon ile sütlerdeki aflatoksin miktarında azalma olmamaktadır.

Aflatoksinlerle kirlenmiş olan besin maddeleri her aşamada halk sağlığı yönünden sakıncalı olabilmektedir. Bulaşık besinlerle alınan aflatoksinler sindirim kanalından kolayca emilerek, başlıca karaciğer ve yumuşak dokulara dağılarak metabolize olurlar. Kısmen makromoleküllere bağlanır ve önemli bir bölümü yağda çözünen metabolitlere çevrilir. Q1, P1, B2a, aflatoksikol, aflatoksin M<sub>1</sub> ve M<sub>2</sub> gibi bir defada alınan aflatoksinin %85-90'ı ilk 24 saatte dışkı, idrar ve sütle atılır.

Yem ve besinlerle alınan aflatoksinler sindirim kanalından sınırlı ölçüde emilirler. Dolaşıma geçen toksinler plazmadan çabuk ayrılır. Başlıca karaciğer ve kaslarda dağılım gösterirler. Vücuda giren aflatoksin B<sub>1</sub>'in % 85-90'ı ilk 24 saat içinde dışkı (%75 kadarı), idrar (%15–20) ve sütle değişmemiş veya metabolitleri halinde çıkarılır. Dışkıyla bu ölçüde atılma durumu ağızdan alınan toksinin sindirim kanalından sınırlı şekilde emildiğini gösterir. Bulaşık yem veya toksinin verilmesinin durdurulmasını takiben 3–6 gün sonra sütle, 6–9 gün sonra da idrar ve dışkıda aflatoksin kalıntılarına rastlanmamaktadır. Alınan aflatoksin B<sub>1</sub>'in sığır ve koyunlarda yaklaşık %0.1'i sütle aflatoksin M<sub>1</sub> halinde çıkarılır.

Süt ineği yemlerinde 400 ppb ve daha yüksek düzeylerde aflatoksin B<sub>1</sub> bulunması yavrularını zehirleyebilecek miktarda sütle aflatoksin M<sub>1</sub> çıkarılmasına yol açabilmektedir. Kanatlı yemlerindeki toksinin yaklaşık % 0.5'i yumurtaya geçebilmektedir. Şöyleki; 100–200 ppb aflatoksin B<sub>1</sub> ihtiva eden yemi yiyen kanatlıların yumurtalarında 0.2–3.3 ppb kalıntı bulunabilmektedir. Bu tür yumurtaları tüketenlerde sözkonusu düzeylerdeki aflatoksin kalıntıları herhangi bir olumsuz etkiye sebep olmamakla beraber yumurta sarısında %50'ye varan oranda embriyo ölümüne yol

açabilen aflatoksin miktarının 0.9 ppb olduğu dikkate alınır, konunun özellikle damızlık tavuk işletmeleri yönünden ne kadar önem taşıdığı kolayca anlaşılır.

Zehirlilik bakımından en güçlü olanı aflatoksin B<sub>1</sub>'dir. Bunu azalan sırasıyla aflatoksin G<sub>1</sub>, aflatoksin B<sub>2</sub> ve aflatoksin G<sub>2</sub> izler. Aflatoksin M<sub>1</sub>'in etki gücü aflatoksin B<sub>1</sub> ölçüsündedir. Aflatoksin G<sub>2</sub>'nin etki gücü ise aflatoksin B<sub>1</sub>'nin ancak %1'i kadarıdır; bu durum alınan aflatoksin B<sub>2</sub>'nin vücutta önce aflatoksin B<sub>1</sub>'e ve sonra da etkin metabolitlere dönüştürülmesiyle ilgilidir. Hayvanların çoğunda aflatoksin B<sub>1</sub>'in ÖD 50 değeri 0.5–10 mg/kg arasında değişir. Diğer yandan zehirlenme oluşturabilen besinlerdeki aflatoksin düzeyleri 10–100 ppm dolayındadır. Bu değer ördekler için 0.3 ppm ve buzağlar için de 2.2 ppm dolayındadır. Yemlerde 200 ppb'ye kadar bulunacak aflatoksin düzeylerinin hayvanlarda klinik olarak herhangi bir etkisi olmamaktadır. Diğer yandan 10 ppb'den fazla toksin içeren yemleri yiyen hayvanların süt ve yumurtalarında kalıntı bulunabileceği gözönünde tutulmalıdır.

Alınan toksinin miktarına bağlı olarak aflatoksinler; akut, subakut ve kronik nitelikte zehirlenmelere yol açarlar. Aflatoksinler, özellikle bağışıklık sisteminin baskı altına alınmasına ve kazanılmış direncin kırılmasına yol açarak birçok hastalığın ön plana çıkmasına sebep olduğundan, çoğu kez gözden kaçabilmektedirler. Ayrıca gelişme hızında yavaşlama, besin değerlendirilmesinde azalma, hayvanlarda karkas kalitesi ve hastalıklara dirençte düşme, besinlerdeki küçük miktarlarda bulunan toksinin yol açtığı etkilerdir.

Aflatoksinlerle akut zehirlenmeler hayvanlarda ani ölüm veya iştahsızlık, solunum güçlüğü, burun akıntısı, durgunluk, kansızlık, öksürük, kanlı sürgün, çarpınmalar, bitkinlik belirtilerine neden olur. Subakut olaylarda sarılık, hematom, kanamalı barsak yangısı, trombosit sayısında azalma ve yukarıda sayılan belirtiler şiddeti azalmış şekilde görülür. Akut ve subakut olaylarda etkilenen hedef organ karaciğerdir. Zehirleyici olabilecek miktarlarda aflatoksin B<sub>1</sub>'in alınmasını takiben 3–6 saat içinde karaciğer görevinde bozukluk ve yağlı değişiklikler ortaya çıkar; bunları karaciğer nekrozu izler. Anılan karaciğer hasarı pıhtılaşma mekanizmasının bozulmasına, sarılık ve karaciğer kaynaklı serum proteinlerinde azalmaya yolaçar. Kanın pıhtılaşma yeteneğinin bozulması ve kapillar damarların kolayca çatlayabilmeleri sonucu vücudun mukoz zarları ve boşluklarında yaygın kanamalar oluşur. Yemde

bulunan 1–1.2 ppm aflatoksin B<sub>1</sub>, tavuk ve etlik piliçlerde akut karaciğer yangısı, şiddetli kanama ve ölüm yapabilmektedir. Diğer yandan böbrek tubüllerinde nekroz ve bursa fabrikus da dâhil lenf dokuda küçülme dikkat çeker.

Kronik zehirlenme; gelişme hızı yem tüketimi ve yemden yararlanmanın azalması kıl örtüsünün bozulması, kansızlık, özellikle etlik piliçlerde karkas kalitesinde düşme ve berelenme–çürüme oluşması, karnın büyümesi (karın boşluğunda sıvı toplanmasından dolayı) hafif sarılık, iştahsızlık, hem doğal (makrofajlar ve komplemen aracılı) hem de kazanılmış (hücrel ve humoral) bağışıklığın baskı altına alınması ve strese uyum yeteneğinin bozulmasıyla seyreder.

Gerek bağışıklığın yetersiz kalmasında gerekse doğal direncin kırılmasında aflatoksinler hazırlayıcı faktör olarak iş görürler. Zira ortaya çıkacak belirtiler aflatoksin zehirlenmesinden ziyade bulaşıcı bir hastalığı gösterecektir. Sığırlarda yavru atma, süt veriminde azalma veya tümüyle kesilme oluşabilir. Serum ve karaciğer vitamin A düzeyi azalır ve protein sentezi bozulur. Protein sentezinin engellenmesi yemle alınması gereken protein miktarını (veya protein ihtiyacını) artırır. Kanatlılarda yumurta verimi, yumurtadan civciv çıkım oranı düşer ve yumurta ağırlıkları azalır.

Süt hayvanlarının aflatoksin B<sub>1</sub> içeren yemlerle beslenmeleri sonucunda sütlerinde aflatoksin M<sub>1</sub>'e rastlanabilir. Aflatoksin B<sub>1</sub>'in metaboliti olan aflatoksin M<sub>1</sub> süt hayvanlarının karaciğerlerinde metabolize olarak süt bezleri ile süte salgılanır<sup>42</sup>. Süt veren hayvanların yemlerle beraber aldıkları aflatoksin B<sub>1</sub>'in hangi oranlarda aflatoksin M<sub>1</sub>'e dönüştüğünü saptamak amacıyla yapılmış çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların birçoğunda genel bir yargı olarak tüketilen yemdeki aflatoksin B<sub>1</sub>'in %0.35-5'i arasında değişen oranlarda sütte aflatoksin M<sub>1</sub> olarak görüldüğü belirtilmektedir<sup>9, 43,44</sup>.

Yapılan bu çalışmalarda<sup>9,14,45</sup> elde edilen farklılıkların nedeni aflatoksin B<sub>1</sub>'in aflatoksin M<sub>1</sub>'e dönüşüm oranının hayvandan hayvana, günden güne, bir süt verme döneminden diğerine, sağım zamanına hatta sağım aralığına ve hayvanın süt verim düzeyine bağlı olmasından dolayı değiştiği rapor edilmiştir. Ayrıca yemlerle beraber alınan aflatoksin B<sub>1</sub> düzeyinin de dönüşüm oranına etkili olabileceği bildirilmektedir<sup>9</sup>.

Aflatoksin B<sub>1</sub> içeren yemlerin tüketilmesinden 12–24 saat sonra aflatoksin M<sub>1</sub> hayvanın sütünde belirlenebilmektedir<sup>6,46</sup>. Sütteki aflatoksin M<sub>1</sub>'in en yüksek düzeyine yemin tüketilmesinden 3–4 gün sonra ulaştığı bildirilmiştir<sup>5, 14</sup>. Aflatoksin B<sub>1</sub> içeren yemlerin alımı bırakıldıktan ancak 72 saat sonra sütteki aflatoksin M<sub>1</sub> konsantrasyonunun belirlenebilen limitin altına düştüğü saptanmıştır<sup>14,46</sup>. Oruç<sup>47</sup>, aflatoksin B<sub>1</sub> yemle alındıktan 6–24 saat sonra sütte aflatoksin M<sub>1</sub>, tespit edildiğini, 12–48 saat içinde en yüksek düzeye ulaştığını ve aflatoksin B<sub>1</sub> içeren yem tüketimi kesildikten 72–96 saat sonra sütte aflatoksin M<sub>1</sub> seviyesinin azalmasını bildirmiştir. Bu araştırmacı ayrıca, aflatoksin B<sub>1</sub> in metaboliti olan aflatoksin M<sub>1</sub> 'in sütle %0.8–2.2 oranlarında atıldığını ifade etmiştir.

Sütteki aflatoksin M<sub>1</sub> oranında mevsimlere bağlı olarak farklılıklar olabildiği bildirilmiştir<sup>9,14,45</sup>. Bunun nedeninin süt hayvanlarının kış aylarında büyük oranda karışık yemlerden, yaz ve bahar aylarında ise daha çok doğadan yararlanmalarından kaynaklandığı vurgulanmaktadır. Dolayısıyla genel olarak sütlerin soğuk mevsimlerde sıcak mevsimlere nazaran daha yüksek miktarlarda aflatoksin M<sub>1</sub> içerdikleri ifade edilmiştir<sup>48–51</sup>.

Birçok ülkede, farklı süt çeşitlerinde bulunan aflatoksin M<sub>1</sub> düzeylerini araştıran çalışmalar yapılmıştır. Kim ve ark.<sup>52</sup>, Kore'deki 70 pastörize süt örneğinin % 76'sında ortalama olarak 18 pg/g düzeyinde aflatoksin M<sub>1</sub>'i ELISA yöntemi kullanarak tespit etmişlerdir. Galvano ve ark.<sup>53</sup>, İtalya da 161 süt örneğinin % 78'inde ortalama olarak 6.28 ng/l düzeyinde aflatoksin M<sub>1</sub> saptamışlardır. Roussi ve ark.<sup>54</sup> tarafından Yunanistan'daki süpermarketlerden toplanan toplam 114 pastörize, UHT ve konsantre süt örnekleri ile toplam 52 çiğ inek, koyun ve keçi sütlerinin aflatoksin M<sub>1</sub> içerikleri immunoaffinite kolon ekstraksiyonu ve HPLC yöntemiyle analiz edilmiştir. Bu çalışma sonucunda pastörize, UHT, konsantre, çiğ inek, koyun ve keçi sütlerinin aflatoksin M<sub>1</sub> ile kontaminasyon oranlarının sırasıyla % 85.4, 82.3, 93.3, 73.3, 66.7 ve 40 olduğu gözlenmiştir. Ancak sadece bir inek sütü ve iki konsantre süt örneği Avrupa Topluluğu'nun limiti olan 50 ng/l'yi aşmıştır. Garrido ve ark.<sup>55</sup> Brezilya'daki süpermarketlerden toplanan 60 UHT ve 79 pastörize süt örneklerinden % 20.9'unun aflatoksin M<sub>1</sub> konsantrasyonunun 50–240 ng/l aralığında olduğunu ve dolayısıyla Avrupa Birliği'nin belirlediği limit olan 50 ng/l'yi geçtiğini gözlemlemişlerdir.

Nakajima ve ark.<sup>56</sup> tarafından Japonya'da üretilen sütlerin aflatoksin M<sub>1</sub> içeriği üzerine yapılan ilk sistematik çalışma sonucunda analiz edilen 208 pastörize süt örneğinin % 90'nının 0.014 µg/kg konsantrasyonunda aflatoksin M<sub>1</sub> içerdiği saptanmıştır. Bakırcı<sup>57</sup>, Van ilinde toplanan 90 çiğ süt örneğinin 35'inde (% 44.30) Türkiyede ve Avrupa Birliği'nde kabul edilen en yüksek tolerans limitinden (0.05 µg/kg) daha yüksek düzeyde aflatoksin M<sub>1</sub> oldğu saptamıştır.

Sütlerin süt tozuna çevrilmesiyle aflatoksin M<sub>1</sub> seviyesi 8 kata kadar artış göstermektedir. Sütün krema, yağ, peynir gibi ürünlere dönüştürülmesi yağda çözünen aflatoksin M<sub>1</sub>'i dağıtmaktadır. Yağ yapım aşamasında aflatoksin M<sub>1</sub>'in %10'u kremaya geçmektedir. Ancak büyük bir kısmı sütte kalmaktadır<sup>58,59</sup>.

Blanco ve ark.<sup>60</sup> yaptıkları bir çalışmada, 10 adet süt tozu numunesini aflatoksin yönünden analiz etmişler ve sonuçta numunelerin hepsinde 0.1- 0.5 µg/L seviyelerinde aflatoksin M<sub>1</sub> bulduklarını bildirmişlerdir.

Dogamala ve ark.<sup>61</sup> Polonya'da yaptıkları bir çalışmada toplam 30 süt numunesini analiz etmişler çalışma sonucunda 6 süt numunesinde (%30) 3.6–10.6 ng/L seviyelerinde aflatoksin M<sub>1</sub> saptamışlardır.

Meerarani ve ark.<sup>62</sup> Hindistan'da yaptıkları bir çalışmada, 375 süt örneğini aflatoksin M<sub>1</sub> seviyesi bakımından incelemişler inceleme sonucunda 36 süt örneğinde (%11) 0.1- 1.0 µg/L seviyelerinde aflatoksin M<sub>1</sub> tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Saitanu<sup>63</sup> incelediği 67 çiğ süt numunesinin 17'sinde 63 pastörize süt numunesinin 20'sinde, 63 UHT süt numunesinin 7'sinde, 60 steril süt numunesinin 3'ünde 0.5 ppb seviyelerinde aflatoksin M<sub>1</sub> bulunduğunu bildirmiştir.

Polzhofer<sup>64</sup>, 1972–1974 yılları arasında piyasadan topladığı 260 süt, 41 süt tozu, 54 yoğurt, 80 taze peynir, 65 Camembert, 77 sert peynir ve 134 adet işlenmiş peynir örneğini aflatoksin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> ve M<sub>1</sub> kontaminasyonu bakımından analize tabi tutmuş ve araştırma sonucunda ürünlere sadece aflatoksin M<sub>1</sub> bulunduğunu rapor etmiştir.

Karaioannoglo ve ark.<sup>65</sup> Yunanistan'da topladıkları 99 çiğ süt numunesinin 4 tanesinde aflatoksin M<sub>1</sub>'e rastlarken, pastörize edilmiş süt numunelerinin hiçbirinde rastlamamışlardır.

Brezilya'da 100 adet ticari süt numunesinden yapılan çalışmada<sup>66</sup> yalnız bir numunede aflatoksin M<sub>1</sub> (200ng/l) tespit edilirken, iki çiftlikten alınan 50 süt numunesinin dokuzunda 100–1680 ng/l arasında aflatoksin M<sub>1</sub>'e rastlanmıştır.

Portekiz'de çiftliklerden toplanan 31 çiğ sütün 25'inde (%80.60), süpermarketlerden toplanan 70 UHT sütün 59'unda (%84.20) aflatoksin M<sub>1</sub> tespit edilmiştir<sup>46</sup>.

Sarımehmetoğlu ve ark.<sup>67</sup>, Ankara'da, değişik firmalara ait 85 pastörize süt örneğinin % 63,86' sında belirlenen aflatoksin M<sub>1</sub>'in Türk Gıda Kodeksi'nde belirtilen tolerans limitlerini aştığını bildirmiştir.

Aflatoksin sıklıkla hasattan önce tarlada ekinlerde oluşur. Eğer ekinin kurutulması aksatılırsa ve depolama esnasında küf gelişimi için su miktarının kritik değerleri aşılsa hasat sonrası kontaminasyonu gözlenir. Böcek ve kemirgen istilası da bazı depolanmış ürünlerde küf gelişimini kolaylaştırır<sup>9</sup>.

Aflatoksinler genellikle sütte, peynirde, mısırdada, fıstıkta, pamuk tohumunda, fındıkta, bademde, incirde, baharatlarda ve diğer gıda ve yem çeşitlerinde gözlenir. Süt, yumurta ve et ürünlerinin de bazen aflatoksin bakımından kontamine olmaları hayvanların aflatoksin içeren yemlerle beslenmesi sonucu gözlenir. Bununla beraber aflatoksin kontaminasyonu bakımından en yüksek riske sahip gıdalar mısır, fıstık ve pamuk tohumudur<sup>44</sup>.

Küf gelişimi ve aflatoksin kontaminasyonu, küflerle, konakla ve çevreyle etkileşimin sonucudur. Bu faktörlerin uygun kombinasyonu ile istila ve substratın kolonizasyonu ve üretilecek olan aflatoksinin tipi ve miktarı tespit edilebilir. Bununla beraber, toksin oluşumunu tam olarak neyin başlattığı iyi bilinmemesine rağmen, küf gelişimi için uygun bir substrat gereklidir. Küf istilası ve toksin üretimi için su, yüksek sıcaklık ve bitkinin böcekler tarafından zarar görmesi başlıca belirleyici faktörlerdir. Küf gelişimini ve toksin oluşumunu, zayıf gübreleme ve yabancı otlar da etkilemektedir.

Aflatoksin oluşumu ayrıca diğer mikroorganizmaların gelişimi ile de etkilenmektedir. Örneğin yer fıstığı ve mısırın hasat öncesi aflatoksin kontaminasyonu; yüksek sıcaklık, uzun süreli kuraklık ve yüksek böcek aktivitesi ile alakalı iken, mısır ve yer fıstığının hasat sonrası aflatoksin kontaminasyonu, ılık sıcaklık ve yüksek nem ile alakalıdır.



### **3. MATERYAL VE METOD**

#### **3.1. Materyal**

Bu araştırmada Erzurum ili Pasinler ilçe merkezi ve köylerindeki 72 adet süt sığırcılığı işletmesinden alınan mısır silajları (72 adet) ve bu yemi tüketen hayvanların sütleri (72 adet) numune olarak kullanılmıştır.

#### **3.2. Metod**

##### **3.2.1. Örneklerin toplanması**

Erzurum'da mısır silajı üretiminin yoğun yapıldığı Pasinler ilçe merkezi ve köylerinden 72 adet 250 g mısır silajı rneği uygun poşetlere ve 72 adet 250 ml süt rneği de steril kavanozlara alındı. Alınan bu örnekler soğuk muhafaza altında laboratuara getirilmiş ve analiz yapılıncaya kadar  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$  lik ısıda muhafaza edildi.

##### **3.2.2. Aflatoksin analizi**

Bu çalışmada aflatoksin  $M_1$  ve  $B_1$  analizi için ELISA yöntemi kullanılmıştır<sup>68</sup> (rbiofarm RIDASCREEN aflatoksin  $M_1$  test kitleri ile çalışılmıştır).

##### **3.2.2.1. Aflatoksin $M_1$ Analizinin Yapılışı**

###### **3.2.2.1.1. Süt rneklerin Hazırlanması**

- Süt rneklerinin yağını almak için santrifüj edildi, 3500 devir /20 d / 10 °C.
- Santrifüjden sonra, üstteki krema tabakası pastör pipeti ile çekilerek alındı.
- Ayrılmış süt testte direkt olarak kullanıldı (her kuyucuğa 100  $\mu\text{l}$ ).

###### **3.2.2.1.2. Analizin Test Prosedürü**

- Standartlar ve örnekler için yeterli sayıda kuyucuk pleyte yerleştirildi. Standart ve örnek pozisyonları bir kenara not edildi.
- Standart solüsyonlardan ya da hazırlanmış örnekten 100  $\mu\text{l}$  alıp kuyucuklara ilave

edildi. Oda ısısında, karanlık ortamda 60 d inkubasyona bırakıldı.

- Kuyucuklardaki sıvı dışarı boşaltıldı. Kuyucuklar 250 µl distile su ile yıkanarak tekrar boşaltıldı ve aynı işlem bir kez daha tekrar edildi.
- Kuyucuklara 100 µl dilüe edilmiş enzim konjugat ilave edildi ve oda ısısında tekrar 60 d inkubasyona bırakıldı.
- İnkubasyondan sonra kuyucuklardaki sıvı boşatılarak tekrar 2 kez yıkama işlemi yapıldı.
- Daha sonra her bir kuyucuğa 50 µl substrat ve 50 µl kromojen ilave edilerek iyice karıştırıldı ve 30 d oda ısısında karanlıkta inkubasyona bırakıldı.
- İnkubasyon sonunda her bir kuyucuğa 100 µl stop solüsyonu koyularak iyice karıştırıldı ve absorbansı 450 nm'de ELISA okuyucu ile okundu.
- Sonuçlar hesaplanırken kalibrasyon eğrisi üzerinden elde edilen konsantrasyonlar dilusyon faktörleri ile çarpıldı (Dilusyon Faktörü: 1).

### **3.2.2.2. Aflatoksin B<sub>1</sub> Analizinin Yapılışı**

#### **3.2.2.2.1. Yem Örneklerin Hazırlanması**

- 5 g yem numunesine 25 ml % 70 lik metanol eklendi.
- Yaklaşık 3 d karıştırıldı.
- Whatman No:1 filtreden süzüldü.
- Temiz cam tüpe 1 ml filtrat alındı.
- Üzerine 1 ml distile su ilave edildi.
- Hazırlanan bu karışımdan her kuyucuğa 50 µl testte direkt olarak kullanıldı.

### 3.2.2.2.2. Analizin Test Prosedürü

- Standartlar ve örnekler için yeterli sayıda mikrotitler kuyucuk pleyte yerleştirildi. Standart ve örnek pozisyonları bir kenara not edildi.
- Standart solüsyonlardan ve hazırlanmış örneklerden 50 µl alıp kuyucuklara ilave edildi.
- Kuyucuklara 50 µl dilüe edilmiş enzim konjugat ilave edildi ve oda ısısında 30 d inkubasyona bırakıldı.
- İnkubasyondan sonra kuyucuklardaki sıvı boşatılarak yıkama işlemi yapıldı.
- Daha sonra her bir kuyucuğa 100 µl substrat/kromojen ilave edilerek iyice karıştırıldı ve 15 d oda ısısında karanlıkta inkubasyona bırakıldı.
- İnkubasyon sonunda her bir kuyucuğa 100 µl stop solüsyonu koyularak iyice karıştırıldı ve absorbansı 450 nm'de ELISA okuyucu ile okundu.
- Sonuçlar hesaplanırken kalibrasyon eğrisi üzerinden elde edilen konsantrasyonlar dilüsyon faktörleri ile çarpıldı (Dilüsyon Faktörü: 10).

### 3.2.3. İstatistik analizleri

Çalışmanın istatistiki analizleri SPSS 10.0 paket istatistik programı ile korelasyon analizi yapıldı.

#### 4. BULGULAR

Yapılan çalışmada, toplam 72 adet yem örneği aflatoksin B<sub>1</sub> yönünden ve 72 adet süt örneği de aflatoksin M<sub>1</sub> yönünden incelendi.

İncelenen yem örneklerinde aflatoksin B<sub>1</sub> miktarı ortalama 361.12±94.76 ppt ve süt örneklerindeki aflatoksin M<sub>1</sub> miktarı da ortalama 3.85±3.71 ppt olarak belirlendi. Tüketilen yemdeki aflatoksin B<sub>1</sub>'in %1.07'sinin süte aflatoksin M<sub>1</sub> olarak geçtiği saptandı.

Yem örneklerinde tespit edilen aflatoksin B<sub>1</sub> miktarlarının dağılımı Tablo 5'de ve süt örneklerinde tespit edilen aflatoksin M<sub>1</sub> miktarlarının dağılımı da Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 5. Yem Örneklerinde Tespit Edilen Aflatoksin B<sub>1</sub> Miktarlarının Dağılımı

	Örneklerde tespit edilen aflatoksin B <sub>1</sub> *		
	Saptanamadı	< 20	> 20 <sup>a</sup>
Örnek sayısı	3	69	0
Örnek oranı	%4.17	% 95.83	% 0

\*:ppb

<: den az

>: den fazla

<sup>a</sup>: Yem yönetmeliğinde<sup>36,37</sup> belirtilen yemler için en üst limit aflatoksin B<sub>1</sub> değeri (20 ppb=20000 ppt).

İncelenen 72 yem örneğinin 3 adedinde (% 4.16) aflatoksin B<sub>1</sub> saptanmadı. Diğer örneklerde ise Yem Yönetmeliğinde<sup>33,34</sup> belirtilen sınırın altında aflatoksin B<sub>1</sub> saptandı. Örneklerin tümünün aflatoksin B<sub>1</sub> içeriği yemler için izin verilen yasal standartların<sup>33,34</sup> altında bulundu.

Tablo 6. Süt Örneklerinde Tespit Edilen Aflatoksin M<sub>1</sub> Miktarlarının Dağılımı

	Örneklerde tespit edilen aflatoksin M <sub>1</sub> *				
	Saptanamadı	< 5	5–10	10–50	> 50 <sup>a</sup>
Örnek sayısı	6	44	15	7	-
Örnek oranı	%8.33	% 61.11	% 2.83	% 9.72	% 0

\*: ng/kg (=ppt)

&lt;: den az

&gt;: den fazla

<sup>a</sup>: Türk Gıda Kodeksinde<sup>13</sup> sütler için en üst limit aflatoksin M<sub>1</sub> miktarı (0.05 ppb=50 ppt).

Yapılan çalışmada, 72 süt örneğinden hiç birisinde aflatoksin M<sub>1</sub> miktarının Türk Gıda Kodeksine<sup>13</sup> göre kabul edilebilir sınırların üzerinde (50 ppt) olmadığı saptandı.

Süt numunelerin 6 adedinde (% 8.33) ölçülebilir aflatoksin M<sub>1</sub> tespit edilemedi. 66 örnekte (% 91.67) ise Türk Gıda Kodeksine<sup>13</sup> göre kabul edilebilir sınırların altında aflatoksin M<sub>1</sub> belirlendi.

İncelenen yem örneklerinde saptanan aflatoksin B<sub>1</sub> miktarı ile süt örneklerindeki aflatoksin M<sub>1</sub> miktarı arasında çok önemli ilişki (P<0.01) ve pozitif korrelasyon (+0.329) olduğu belirlendi.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Erzurum ili Pasinler ilçe merkezi ve köylerindeki 72 adet süt sığırcılığı işletmesinden alınan mısır silajlarının aflatoksin B<sub>1</sub> ve bu yemi tüketen hayvanların sütlerinin aflatoksin M<sub>1</sub> içeriği yönünden incelendi ve aflatoksinin yemden süte geçiş durumu araştırıldı.

Küfler tarım ürünlerinin üretimi, işlenmesi, depolanması ve tüketimi sırasında ürünleri kontamine etmek sureti ile bozulmalara sebep olmaktadır. Son yıllarda Erzurum ve çevresinde silaj tüketiminin artması nedeniyle yemlerde ve sütte aflatoksin daha fazla bulunabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle çalışmada hayvan yemleri ile ve bu yemleri tüketen hayvanların sütlerinde aflatoksin içeriğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yemlerde ve sütte aflatoksinlerin tespit edilmesi amacıyla çeşitli yöntemler (örn., TLC, HPLC ve ELISA ) kullanılmaktadır<sup>69</sup>. Analizlerde farklı yöntemlerin kullanılması, yöntemlerin duyarlılık derecelerinin farklı olması da aflatoksinlerin saptanma seviyelerinde farklı sonuçlar elde edilmesine neden olmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada daha yaygın yöntem olan ELISA sistemi tercih edildi.

Aflatoksin M<sub>1</sub>, süt ve ürünlerinde besin hijyeni açısından ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Süttten kremanın ayrılması işlemi sırasında aflatoksin M<sub>1</sub>'in bir kısmı kremaya geçer, geri kalan kısmı kazeine bağlanma özelliğinden dolayı sütte kalır<sup>42,58,59</sup>.

Bu çalışmada tüketilen yemdeki aflatoksin B<sub>1</sub>' in %1.07 si aflatoksin M<sub>1</sub> olarak süte geçtiği saptandı. Bu durum benzer çalışmalarda<sup>9,14,43,47</sup> da tüketilen yemdeki aflatoksin B<sub>1</sub>'in %0.35 ile 5'inin süte aflatoksin M<sub>1</sub> olarak geçtiğini ortaya koymuştur.

Yapılan çalışmada incelenen 72 süt örneğinden hiç birisinde aflatoksin M<sub>1</sub> miktarının Türk Gıda Kodeksine<sup>13</sup> göre kabul edilebilir sınırların üzerinde olmadığı saptandı. Süt numunelerin 6 adedinde (% 8.33) ölçülebilir aflatoksin M<sub>1</sub> tespit edilemedi. 66 örnekte (%91.67) ise Türk Gıda Kodeksine<sup>13</sup> göre kabul edilebilir sınırların altında aflatoksin M<sub>1</sub> belirlendi.

Galvano ve ark.<sup>42</sup> İtalya’da yaptıkları bir çalışmada 159 süt örneği, 97 süt tozu örneği ve 114 yoğurt örneği olmak üzere toplam 360 numunede aflatoksin M<sub>1</sub> yönünden incelenmiş sonuçta; sütlerin 136 (%86)’sında, süt tozunun 81 (%84) ‘inde ve yoğurdun 91 (%80) ‘inde aflatoksin M<sub>1</sub> tespit etmişlerdir. Tespit edilen ortalama aflatoksin M<sub>1</sub>’in süt örneklerinde 10.19 ppb, süt tozu örneklerinde 21.77 ppb, yoğurt örneklerinde 18.08 ppb olduğunu kaydetmişlerdir.

Demirer<sup>70</sup> yaptığı bir araştırmada 150 süt, 24 süt tozu, 21 yoğurt, 22 tereyağı ve 102 peynir örneği olmak üzere toplam 334 örneğin hiç birisinde tespit edilebilir seviyede aflatoksine rastlanmamıştır.

Çoksöyler<sup>71</sup>, Türkiye’nin çeşitli illerinden toplandığı 101 adet çiğ süt, 9 adet küflü çökelek ve 4 adet küflü tulum peyniri örneğini aflatoksin yönünden incelemiştir. Analiz ettiği süt, tulum peyniri ve çökelek örneklerinin hiçbirisinde tespit edilebilir miktarda aflatoksine rastlamadığını bildirmiştir.

Bu araştırmada sütlerde belirlenen aflatoksin M<sub>1</sub> düzeyi birçok araştırmacının<sup>42,48,61,62</sup> bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Aflatoksin açısından mısır, yerfıstığı, pamuk tohumu, Brezilya fıstığı, şamfıstığı ve Hindistan cevizi yüksek risk taşıyan tarım ürünleridir. Yerfıstığı pamuk tohumu ve Hindistan cevizinden yenilebilir yağ elde edildiğinden daha fazla önem taşırlar<sup>45,59,72</sup>.

Yağlı tohumlar kontamine olduklarında, hem yağda hem de posada aflatoksin bulunur. Bu posalar hayvan yemi olarak kullanıldıklarından, hayvanlarda önemli sorunlar meydana getirirler. Şamfıstığı da aflatoksin seviyesi açısından insanlar için tehlike oluşturabilmektedir. İran’dan getirilen şamfıstıklarının %70’inde 11–400 µg/kg seviyelerinde aflatoksin bulunmuştur<sup>59</sup>.

Fiğ, badem, ceviz ve pirinç aflatoksin kirliliği açısından daha az risk taşırlar. Soya fasulyesi, sorgum, pirinç, buğday, yulaf ve darı, diğer tarım ürünlerine göre toprakta aflatoksin kontaminasyonuna karşı daha dirençlidirler. Ancak yüksek rutubet ve ısıda depolanırsa kolayca aflatoksinle kontamine olurlar. Ayrıca kakao, zeytin, kavun tohumu ve ayçiçeği tohumlarında da aflatoksin varlığı rapor edilmiştir<sup>73</sup>.

Tayland'daki mısırların % 35'inde, Filipinler'deki mısırların % 97'sinde ve Uganda'daki mısırların % 40'ında Aflatoksin B<sub>1</sub> tespit edilmiştir<sup>73</sup>.

Amerika Birleşik Devletleri'nde 644 mısır örneği aflatoksin yönünden analiz edilmiş ve sonuçta örneklerin % 1.6'sında ortalama 300 ppb düzeyinde aflatoksin tespit edilmiştir<sup>74</sup>.

Chiou ve Tsao<sup>75</sup>, Tayvan'da yerfıstıklarında farklı yıllarda 60'ar örnekte aflatoksin bakımından çalışmalar yapmışlar ve çalışmaların sonucunda 1994 yılında alınan örneklerin %66.7'sinde 1.930-150 ppb, 1995 yılında alınan örneklerin %85'inde 4.040-160 ppb., 1996 yılında alınan örneklerin %61.7'sinde 4.10-32 ppb arasındaki seviyelerde aflatoksin bulmuşlardır.

Şanlı ve ark.<sup>76</sup>, Ankara ve Aydın yöresinden sağlanan toplam 54 adet kuru incir örneğini mikotoksin yönünden incelemişler ve ortalama kirlilik değerlerini; aflatoksin B<sub>1</sub> için 124 ppb, aflatoksin B<sub>2</sub> için 27 ppb aflatoksin G<sub>2</sub> için 59 ppb düzeylerinde tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Tarım ve Köyişleri Bakanlığının "Gıda ve yemlerde katkı-kalıntı ve bulaşanların izlenmesi" projesi kapsamında, 1990-1994 yılları arasında Türkiye'de üretilen veya ithal edilen bazı gıda maddeleri aflatoksin ve okratoksin yönünden araştırılmıştır. Bu çalışmada yerfıstığı ve mamullerinden 514, fındık ve mamullerinden 334, antepfıstığından 198, susam ve tahinden 175, incirden 92, kırmızıbiberden 60 olmak üzere toplam 1414 adet gıda numunesi analiz edilmiştir. Analiz sonucunda yerfıstığı ve mamullerinin %15.4'ünde, fındık ve mamullerinin %0.3'ünde, antepfıstığının %3.5'inde, susam ve tahin %0.6'sında, incirin %9.8'inde, kırmızıbiberin %46.7'sinde Türkiye'de aflatoksin için verilen limitlerin üzerinde total aflatoksin tespit edilmiştir<sup>77</sup>.

Birçok araştırmacı<sup>78-80</sup> gıda ve yem örneklerini aflatoksin yönünden incelemiş ve çalışmaların sonunda yem, fındık, mısır, esmer buğday, şamfıstığı, hindistancevizi, kırmızı biber, beyaz biber ve diğer gıdalarda da aflatoksin rastladıklarını bildirmişlerdir.



Selim ve ark.<sup>79</sup>, inceledikleri örnekler arasında aflatoksin B<sub>1</sub>'in ortalama düzeyinin en yüksek olduğu ürünler arasında, şifalı bitkiler, tıpta kullanılan bitkiler, tahıllar ve baharatların olduğunu saptamışlardır.

İncelenen 72 yem örneğinin 3 adedinde (% 4.16) aflatoksin B<sub>1</sub> saptanmamıştır. Diğer örneklerde ise Yem Yönetmeliğinde<sup>33,34</sup> belirtilen sınırın altında aflatoksin B<sub>1</sub> saptanmıştır. Bu çalışmada yemlerde belirlenen aflatoksin B<sub>1</sub> düzeyi birçok araştırmacının<sup>59,73,74,77</sup> bulgularıyla benzerlik arz etmektedir.

Bu çalışmada, Erzurum Pasinler ilçesinden temin edilen mısır silajları aflatoksin B<sub>1</sub> ve bu yemi tüketen hayvanların sütleri aflatoksin M<sub>1</sub> seviyeleri saptanmasına yönelik olup, yem ile süt arasındaki aflatoksin ilişkisini incelemek, sağlık risklerini önlemek ve tedbir almak amacıyla yapılmıştır. Süt hayvanlarının yemleriyle aldıkları aflatoksin B<sub>1</sub>'in hayvanların sütüne geçtiği ve sütte aflatoksin M<sub>1</sub> bulunduğu anlaşılmıştır. Çalışmada yem ve sütlerde aflatoksin bulunması, Erzurum çevresinde tüketilen et, süt ve ürünlerinin kronik sağlık sorunlarına neden olabileceğini düşündürmektedir. Yemin, özellikle silajın, üretim ve depolama esnasında şartlar uygun olduğu takdirde toksijenik küf kontaminasyonu, dolayısıyla aflatoksin bulaşma riski her zaman gözönünde tutulmalıdır. Bu nedenle silajın üretiminden tüketimine kadar tüm işlemler, küf gelişimini en aza indirecek şekilde gerçekleştirilmelidir. Bu amaçla modern üretim teknikleri uygulanmalı, uygun biçimde depolanmalı ve sürekli olarak kontrol edilmelidir. Aflatoksin oluşumuna uygun şartlar oluşturulmamalıdır. Uygun şartlar altında biçimi yapılan silajlık materyalin silolama işlemi yapılırken; yemlerin arasında fazla oksijen kalmayacak şekilde silolara doldurulmalıdır. Siloya doldurulan materyalde oksijen yaklaşık 6 saat içerisinde kullanılarak anaerobik ortam oluşur. Bu ortamda laktik asit bakterileri üreyerek laktik asit miktarı artar. Eğer anaerobik şartlar iyi bir şekilde devam ettirilirse, pH 4 civarında kalır ve önemli bir kontaminasyon oluşmaz. Fakat herhangi bir şekilde anaerobik şartlarda değişiklik olursa (örn., silo içerisine hava ve su girmesi), silajda küfler üreyerek aflatoksin oluşumuna yol açabilirler.

Yemlerde aflatoksin B<sub>1</sub> ve sütlerde de aflatoksin M<sub>1</sub>'in kontrolü ve detoksifikasyonu göz önünde bulundurulması gereken bir olgu olarak ortaya çıkmaktadır. Yem ve sütlere periyodik kontrol programları uygulanarak kontrol altında tutulmalı ve yüksek düzeyde aflatoksin içeren ürünlerin kullanılmalrı önlenmelidir.

Ayrıca, silaj üretiminde hijyene ve teknolojiye özen gösterilmesinin gerekliliği de ortaya çıkmıştır.

Yemlerde, yasal olarak aflatoksin B<sub>1</sub>'in 20000 ppt bulunmasına izin verilmektedir. Bu çalışmada da belirlendiği gibi aflatoksin B<sub>1</sub>'in yaklaşık %1'i süte aflatoksin M<sub>1</sub>, olarak geçmektedir. Bu nedenle yasal miktarın azaltılması gerekli olduğu düşünülmektedir.

Araştırma, Pasinler ilçesindeki yem ve sütlerde aflatoksin bulunduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, Erzurum çevresinde aflatoksinden kaynaklanan kronik sağlık sorunlarının olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, yemdeki aflatoksin B<sub>1</sub>'in M<sub>1</sub> olarak süte geçtiği ortaya konulmuştur. Bu nedenle halk sağlığı açısından, hayvana verilen yemlerin aflatoksin içeriği de önemlidir. Silaj üretimi ve depolanma şartları küf kontaminasyonunu en aza indirecek şekilde gerçekleştirilmelidir. Bölgede periyodik kontrol programları uygulanmalıdır.

## 6. KAYNAKLAR

1. Steyn PS. Mycotoxins, general view, chemistry and structure. *Toxicology Letters*. 1995; 82/83: 843–851.
2. Şanlı Y. Mikotoksinler. In: “Veteriner Klinik Toksikolojisi” pp. 487-548. Güngör Matbaacılık, İstanbul, 2002; 808 s.
3. Topal Ş. Gıdalarda k f kontaminasyon riskleri ve  nlemleri: Gıda Sanayinde Mikrobiyoloji ve Uygulamaları. T B TAK Marmara Araştırma Merkezi Gıda ve Soğutma Teknolojileri Bölümü Yayınları. T B TAK Marmara Araştırma Merkezi Matbaası, Kocaeli, 1993; 124: 174–187.
4. Mello JPF, Macdonald AMC. Mycotoxins. *Animal Feed Science Technology*. 1997; 69: 155–166.
5. Marth EH. Aflatoxin in milk, cheese and other dairy products, Marschall Italian & Specialty cheese seminars, 1979.
6. Sibanda L, De Saeger S, Van Peteghem C. Development of portable field immunoassay for the detection of aflatoxin M<sub>1</sub> in milk. *International Journal of Food Microbiology*. 1999; 48: 203–209.
7. Govaris A, Roussi V, Koidis PA, Botsoglou NA. Distribution and stability of aflatoxin M<sub>1</sub> during processing, ripening and storage of Teleme cheese. *Food Additives and Contaminants*. 2001; 5: 437–443.
8. Srivastava VP, Bu-Abbas A, Alaa-Basuny, Al-Johar W, Al-Mufti S and Siddiqui MKJ. Aflatoxin M<sub>1</sub> contamination in commercial samples of milk and dairy products in Kuwait. *Food Additives and Contaminants*. 2001; 11: 993–997.
9. Veldman A, Meijst JAC, Borggreve GJ, Heeres-van der Tol JJ. Carry-over of aflatoxin from cow’s food to milk. *Animal Production*. 1992; 55: 163–168.
10. Herrman T. Mycotoxins in Feed Grains and Ingredients. Department of Grain Science and Industry. 1995.
11. Arda M. Mikotoksinler ve mikotoksikosis. *Veteriner Hekimleri Derneği Dergisi*. 1975; 45 (3):5–18.
12. Karapınar M. Mikotoksinler. *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*. 1981; 2: 159–167.

13. Türk Gıda Kodeksi, Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ, Resmi Gazete, 23.9.2002, No: 2002/63.
14. Van Egmond HP. Aflatoxin M<sub>1</sub>: Occurrence, toxicity, regulation. In: Van Egmond HP(Ed.), *Mycotoxins in Dairy Products*. London, Elsevier, 11–49, 1989.
15. Başkaya, R. ve Atasever, M. Civil Peynirinde Aflatoksin M<sub>1</sub> Düzeyinin Belirlenmesi. II. Ulusal Mikotoksin Sempozyumu, 23–24 Mayıs 2005, İstanbul.
16. Başkaya, R. Civil Peynirinde Elisa Yöntemiyle Aflatoksin M<sub>1</sub> Seviyesinin Saptanması. Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 2004.
17. Özturan K. Süt ve Süt Ürünlerinde ELISA Yöntemiyle Aflatoksin M<sub>1</sub> Aranması. Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 2005.
18. Çoksöyler N, Çakmakçı L. Deneysel depolama koşullarında yarfıstığının gelişimi. 9. Ulusal Biyoloji Kongresi 21–23 Eylül 1998, Kongre Kitabı, Sivas Cilt. 1: 173–177.
19. Filtenborg O, Frisvad JC, Tharane U. Molds in food spoilage. *International Journal of Food Microbiology*. 1996; 33: 85–102.
20. Karapınar M, Gönül ŞA. Gıda kaynaklı küf intoksikasyonları. *Gıda Mikrobiyolojisi* (2.baskı), Mengi Tan Basımevi, İzmir, 1999; 153-163.
21. Miller JD. Fungi and mycotoxins in grain: implications for stored product research. *Journal of Stored Production Resources*. 1995; 31: 1-16.
22. Richard JL, Bennet GA, Ross PF, Nelson PE. Analysis of naturally occurring mycotoxins in feedstuff and food. *Journal of Animal Science*. 1993; 71: 2563–2574.
23. Sert S. Bazı karma yem ve karma yem hammaddelerinin aflatoksin yönünden araştırılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 1984; 15: 55-63.
24. Van-Egmond HP. Mycotoxins. *International Dairy Federation Special Issue*. 1991; 9101: 131–145.
25. Vural N. Toksikoloji. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları*, 1984; 56, 391–395.

26. Peraica M., Radic B., Lucic A., Pavlovic M. Toxiceffects mycotoxins in human. Bulletin of the World Health Organization. 1999; 77(9): 754–766.
27. Gillespie JR. Animal Nutrition and Feding. USA, Delmar Publisher Inc. 1987; 15: 278-287.
28. Bakırcı İ. Sütlerde aflatoksin M<sub>1</sub> oluşumu ve ürünlere geçişi üzerinde bir araştırma. Yüzüncü yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Van, 1995.
29. Whyllie TD, Morehouse LG. Mycotoxic fungi and chemistry of mycotoxins. Mycotoxic Fungi, Mycotoxins, Mycotoxicoses, Marcel Dekker Inc, b1, pp. 131-135, New York, 1977
30. Aran N. Gıda kaynaklı mikrobiyal toksinler. Gıda sanayi. 1993; 7(11) : 42- 268.
31. Bullerman LB. Significance of mycotoxins to food safety human health. Journal of Food Protection. 1979; 42: 65–86.
32. Çoksöyler N. İçel Yöresinde Yetistirilmekte Olan Yerfıstıklarında Aflatoksin Olusumu Üzerine Arastırmalar. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Ankara İl Kontrol Laboratuvarı Müdürlüğü. Yayın No:6. Ankara, 1987, 28.
33. Resmi Gazete. Yem Yönetmeliği 15.5.1997 tarihli ve 22990 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan, Ankara.
34. Resmi Gazete. Yemlerde istenmeyen maddeler tebliği, Tebliğ No: 2005/3, Ankara.
35. Tunail N. Aflatoksinlerin detoksifikasyonu In, “Gıda mikrobiyolojisi ve Uygulamaları” Sim Matbaacılık, Ankara, 2000; 522.
36. Sert S. Gıda ve yem maddelerinde aflotoksinler. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 1983; 14: 181–187.
37. Kaya S. Veteriner Klinik Toksikoloji. Ankara, Medisan Yayınevi, 1995: 283–328
38. Applebaum RS, Marth EH. Inactivation of aflatoxin M<sub>1</sub> in milk using hydrogen peroxide and hydrogen peroxide plus riboflavin or lactoperoxidase. Journal of Food Protection. 1982; 45(6): 557–560.
39. Betina V. Mycotoxins - chemical, biological and environmental aspects. Elsevier Publishing, Amsterdam, 1989.

40. Sweeney MJ, and Dobson ADW. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. *International Journal of Food Microbiology*. 1998; 43: 141–158.
41. Rustom IYS. Aflatoxin in food and feed: occurrence, legislation and inactivation by physical methods. *Food Chemistry*. 1997; 59(1): 57–67.
42. Galvano F, Galofaro V, De Angelis A, Galvano M, Bognanno M, Galvano G. Survey of the occurrence of aflatoxin M<sub>1</sub> in dairy products marketed in Italy. *Journal of Food Protection*. 1998; 61: 738–741.
43. Scott PM. Methods for determination of aflatoxin M<sub>1</sub> in milk and milk products review of performance characteristics. *Food Additives and Contaminants*. 1989; 6: 283–305.
44. Van Egmond HP, Paulch VH. Mycotoxins in milk and milk products. *Netherlands milk and dairy journal*. 1986; 40: 175–188.
45. Wood GE. Mycotoxins in foods and feeds in the United States. *Journal of Animal Science*. 1992; 70: 3940–3949.
46. Martins ML, Martins HM. Aflatoxin M<sub>1</sub> in raw and ultra high temperature treated milk commercialized in Portugal, *Food Additives and Contaminants*. 2000; 17 (10): 871–874.
47. Oruç HH. Süt ve Süt Ürünlerinde Aflatoksin M<sub>1</sub> ve Türkiye’deki Durumu. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2003; 22 (1-2-3): 121-125.
48. Blanco JL, Dominguez L, Gomez-Lucia E, Arayzabal JFF, Garcia JA, Suarez G. Presence of Aflatoxin M<sub>1</sub> in commercial Ultra-High-Temperature-Treated milk. *Applied and Environmental Microbiology*. 1988; 54 (6): 1622–1623.
49. Galvano F, Galofaro V, Galvano G. Occurrence and stability of aflatoxin M<sub>1</sub> in milk and milk products: A worldwide Review. *Journal of Food Protection*. 1996; 59 (10): 1079–1090.
50. Panariti E. Seasonal variations of aflatoxins M<sub>1</sub> in the farm milk in Albania, *Arh. Hig. Rada Toksikol*. 2001; 52: 37–41.
51. Piva G, Pietri A, Galazzi L, Curto O. Aflatoxin M<sub>1</sub> occurrence in dairy products marketed in Italy. *Food Additives and Contaminants*. 1987; 5: 133–139.

52. Kim EK, Shon DH, Ryu D, Park JW, Hwang HJ and Kim YB. Occurrence of aflatoxin M<sub>1</sub> in Korean dairy products determined by ELISA and HPLC. *Food Additives and Contaminants*. 2000 17 (1): 59–64.
53. Galvano F, Galofaro V, Ritieni A, Bognanno M, De Angelis A and Galvano G. Survey of the occurrence of aflatoxin M<sub>1</sub> in dairy products marketed in Italy. *Food Additives and Contaminants*, 2001; 18 (7): 644–646.
54. Roussi V, Govaris A, Varagouli A and Botsoglou NA. Occurrence of aflatoxin M<sub>1</sub> in raw and market milk commercialized in Greece. *Food Additives and Contaminants*. 2002; 19 (9): 863–868.
55. Garrido NS, Iha MH, Santos Ortolani MR and Duarte Favaro RM. Occurrence of aflatoxins M<sub>1</sub> and M<sub>2</sub> in milk commercialized in Ribeirao Preto-SP, Brazil. *Food Additives and Contaminants*. 2003; 20 (1): 70-73
56. Nakajima M, Tabata S, Akiyama H, Itoh Y, Tanaka T, Sunagawa H, Tyonan T, Yoshizawa T and Kumagai S. Occurrence of aflatoxin M<sub>1</sub> in domestic milk Japan during the winter season. *Food Additives and Contaminants*. 2004; 21 (5): 472–478.
57. Bakırcı İ. A study on the occurrence of aflatoxin M<sub>1</sub> in milk and milk products produced in Van province of Turkey. *Food Control*. 2001; 12: 47–51.
58. Barbieri G, Bergamini C, Ori E, Reska P. Aflatoxin M<sub>1</sub> in parmesan cheese: HPLC determination, *Journal of Food Science*, 1994; 56 (6): 1313–1331.
59. Pittet A. Natural occurrence of mycotoxins in foods and feeds-an updated review. *Rev. Med. Vet.*, 1998; 149 (6): 479-492.
60. Blanco JL, Domingues L, Gomez-Lucia E, Garayzabal JFF, Garcia JA, Suarez G. Presence of aflatoxin M<sub>1</sub> in commercial ultra-high temperature treated milk. *Appl. Environ. Microbiology*. 1993; 54 :1622-1623.
61. Domagala BJ, Kiszka J, Blüthgen A, Heeschen W. Contamination of milk with aflatoxin M<sub>1</sub> in Poland. *Milchwiss*. 1997; 52 (11): 631-633.
62. Meerarani S, Ramadass P, Padmanaban CD, Nachimuthu K. Incidence of aflatoxin M<sub>1</sub> in milk samples Chennai (Madras) city. *Journal of Food Science Technology*. 1997; 34 (6): 506-508.
63. Saitanu K. Incidence of aflatoxin M<sub>1</sub> in Thai milk products. *Journal of Food Protection*. 1997; 60 (8): 1010–1012.

64. Polzhofer K. Aflatoxinbestimmung in milch und milchprodukten. Z. Lebensm. Unters.-Forsch. 163, 1977; 175-177.
65. Karaionnaglou P. Aflatoxin production on white brined Feta Cheese. Milchwissensch. 1984; 39: 671-674.
66. Sabino M, Purchio A, Zorzetto MAP. Variations in the levels of aflatoxin in cow's milk consumed in the city of Sao Paulo, Brazil. Food Additives and Contaminants. 1989; 6: 321-326.
67. Sarımehtetoğlu B, Çelik TH, Özdemir H. Pastörize sütlerde ELISA yöntemiyle Aflatoksin M<sub>1</sub> varlığının ve düzeylerinin saptanması, IV. Ulusal Veteriner Mikrobiyoloji Kongresi, 26–28 Eylül, Ankara, 2000, 16–17.
68. Anonym. Enzyme immunoassay for the quantitative analysis of aflatoxin M<sub>1</sub>. Art.no:R.1101.R-Biopharm GmbH, darmstadt. Germany: 1999.
69. Scott PM. Recent developments in methods of analysis farmycotoxins foodstuffs. Trends in Anal Chemistry. 1993; 12 (9): 373–380.
70. Demirer MA. Süt ve süt ürünlerinde aflatoksin M<sub>1</sub> ve B<sub>1</sub> aranması üzerine araştırmalar. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 1973; 20 (2): 421–430.
71. Çoksöyler N, Köşker Ö. Süt ve mamüllerinde aflatoksin üretimi üzerinde araştırmalar. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Diploma sonrası yüksek okul ihtisas Tez özetleri, Ankara Üniversitesi Basımevi, 1980; S.436–456.
72. Pier AC. Major biological consequences of aflatoxicosis in animal production. Journal of Animal Science. 1992; 70: 3964–3967.
73. Concon JM.(1988). Contaminants and additives food toxicology part-B. Mavcel Dekkes. Inc. Newyork. p. : 667–743.
74. Price WD, Lovell RA, Mc Chesney DG. Naturally occurring toxins in feedstuffs: Center for Veterinary Medicine Perspective. Journal of Animal Science. 1993; 71: 2556–2562.
75. Chiou RYY, Tsao HH. Aflatokxin content of single peanut kernels in commercial lots and in kernels artificially infected with Aspergillus parasiticus. Journal of Food Protection. 1997; 60 (7): 843–848.
76. Şanlı Y, Yavuz H, Akar F. Kuru incir örneklerinde mikotoksin kirlilikleri. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 1990; 37 (2) :293–308.



77. Anonym. Gıda ve Yemeklerde Mikotoksin Düzeylerinin Tesbiti T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Gıdalarda Katkı-Kalıntı ve Bulaşanların izlenmesi, Bursa, 1996.
78. Demirer MA, Akkılıç M, Özalp E, Kaymaz Ş, İnan T. Piyasada satılan bazı karma yemlerin ve yem ham maddelerinin mycofloralarının belirlenmesi ve bunlarda bulunan Aspergillus suşlarının aflatoksin yapabilme yeteneklerinin araştırılması. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 1979; 26 (3-4): 64-82.
79. Selim MI, Popenderf W, İbrahim MS, El Sharkawy S, El Kashory E. Aflatoxin B<sub>1</sub> in common Egyptian foods Journal. AOAC Internatinal. 1996; 79 (5) :1124-1129.
80. Tabata S, Kamimura H, Tamura Y, Yasuda K, Ushuyama H, Hasimoto H, Nishijima M, Nishima T. Investigation of aflatoxins contamination in food and foodstuffs. Journal of Food Hygien. Soc. Jpn., 1978; 28: 395-401.